

# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

INFLUENCIA DE LOS DISIPADORES DE  
FLUIDO VISCOSO EN EL COMPORTAMIENTO  
SÍSMICO DE UNA EDIFICACIÓN APORTICADA,  
TRUJILLO 2020

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERO CIVIL



Autor:

Anthony Patrick Principe Quiñones

Asesor:

Mg.Ing. Ramírez Mercado Roger Estuardo

Trujillo - Perú

2020

## DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a **DIOS**, por haberme dado la capacidad y la oportunidad de llegar hasta este momento de mi carrera profesional, gozando de buena salud física y emocional. Además, por permitirme dar un paso muy importante en mi formación profesional como **futuro ingeniero civil**.

A mis amados padres **Ricardo Principe López** y **Teresa Martha Quiñones Ulloa**, a mis queridos hermanos y familiares por todo ese apoyo incondicional durante mi vida académica. Gracias por demostrarme siempre su cariño, respeto y confianza.

A todos mis profesores de la **facultad de ingeniería Civil** por haberme guiado y brindado su conocimiento durante los 10 ciclos académicos, por enseñarme que rendirse antes de la meta no es la opción, por darme esa ética profesional y demás valores laborales.

Al **Mg. Ing. Ramírez Mercado Roger Estuardo** por ser el primero de mis profesores en brindarme su apoyo incondicional desde el primer momento que se le propuso ser parte de este proyecto de investigación y guiarme en esta etapa universitaria.

Por último, a todos mis amigos por darme ese aliento de superación profesional y por su apoyo incondicional durante los 10 ciclos de la carrera de ingeniería civil.

Esta tesis está inspirada en todas aquellas personas que aportaron con un granito de arena en mi formación como **persona y futuro ingeniero Civil**.

## AGRADECIMIENTO

Primeramente, quiero agradecer a **DIOS** padre por haberme bendecido y haberme dado la oportunidad de pertenecer al Programa de Becas y Créditos Educativos **PRONABEC** y haber llegado con éxito a la meta de superación profesional como futuro Ingeniero civil.

Agradezco infinitamente a mis padres **Ricardo Principe López** y **Teresa Martha Quiñones Ulloa**, por todo ese apoyo incondicional en todas mis decisiones y por estar siempre en las buenas y en las malas durante mi formación académica. A mis hermanos que siempre han estado ahí para darme un consejo y apoyarme durante este camino académico y personal.

Expreso mi agradecimiento a todos los docentes de la Facultad de Ingeniería Civil de la **Universidad Privada del Norte**, cada uno de ellos apporto en mi formación como profesional y por el apoyo prestado en el desarrollo del presente trabajo de investigación.

En particular Quiero agradecer al **Mg. Ramírez Mercado Roger Estuardo**, por su constantes guías, consejos y asesoramientos de la presente Tesis.

Agradecer a todos mis compañeros de la **Promoción 2014-2 de la carrera de Ing. Civil** por haberme acompañado estos 5 años de mi vida universitaria y por todo ese apoyo incondicional en todos los momentos de mi vida.

Por último, quiero agradecer a todos mis amigos que conocí durante estos 5 años de vida universitaria por darme ese aliento de superación profesional y por todo ese apoyo incondicional en el mundo de la ingeniería civil.

Gracias a todas esas personas por guiarme y lograr ser un profesional cabal en sus decisiones como **futuro ingeniero Civil**.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>AGRADECIMIENTO</b>	<b>3</b>
<b>ÍNDICE DE CONTENIDO</b>	<b>4</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b>	<b>6</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	<b>8</b>
<b>ÍNDICE DE ECUACIONES</b>	<b>11</b>
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN</b>	<b>14</b>
1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA	14
1.2. ANTECEDENTES	19
1.3. BASES TEÓRICAS	25
1.4. JUSTIFICACIÓN:	72
1.5. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	73
1.6. OBJETIVOS	73
1.7. HIPÓTESIS GENERAL	73
<b>CAPÍTULO II. METODOLOGÍA</b>	<b>74</b>
2.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	74
2.1.1. Por el Propósito:	74
2.1.2. Según el Nivel de la Investigación:	74
2.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN:	74
2.3. POBLACIÓN Y MUESTRA (MATERIALES, INSTRUMENTOS Y MÉTODOS)	75
2.3.1. Población	75
2.3.2. Muestra	75
2.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS	77
2.4.1. Técnicas e instrumento de recolección de datos:	77
2.4.2. Técnicas de procesamiento de datos	78
2.4.3. Técnicas de Análisis de datos	78
2.5. CRONOGRAMA	79
2.6. PROCEDIMIENTO DEL PROYECTO:	80
2.7. ASPECTOS ÉTICOS	81
<b>CAPITULO III. DESARROLLO DE TESIS</b>	<b>82</b>
3.1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	82
3.2. DISEÑO SISMORRESISTENTE DEL PROYECTO	87
3.2.1. Zonificación	87

3.2.2. Perfil del Suelo _____	88
3.2.3. Factor de Amplificación Sísmica (C) _____	88
3.2.4. Factor de uso (U) _____	88
3.2.5. Coeficiente de Reducción de las Fuerzas Sísmicas (Ro) _____	88
3.2.6. Irregularidad _____	89
3.2.7. Coeficiente de reducción de fuerzas (R) _____	89
3.3. PREDIMENSIONAMIENTO DE LA EDIFICACIÓN _____	89
3.4. ESTRUCTURACIÓN DEL PROYECTO: _____	94
3.5. METRADO DE CARGAS DE LA EDIFICACIÓN: _____	96
3.6. ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE LA EDIFICACION: _____	99
3.7. DISEÑO DE LOS DISIPADORES DE FLUIDO VISCOSO _____	102
3.7.1. Factor de reducción de Respuesta (B) _____	102
3.7.2. Amortiguamiento Efectivo (Beef) _____	102
3.7.3. Amortiguamiento Viscoso Objetivo (Bvisc) _____	102
3.7.4. Estimación del Coeficiente (C) _____	103
3.7.5. Parámetro Lambda ( $\lambda$ ) _____	103
3.7.6. Amplitud de Desplazamiento del modo Fundamental (A) _____	103
3.7.7. Angulo de Inclinación del Disipador ( $\emptyset$ ) _____	104
3.7.8. Cálculo de las dimensiones del Disipador _____	107
3.7.9. Elección del Disipador de Fluido Viscoso _____	105
3.7.10. Elección del Disipador de Fluido Viscoso _____	106
3.7.11. Ubicación de los Disipadores de Fluido Viscoso _____	109
<b>CAPITULO IV. RESULTADOS _____</b>	<b>110</b>
<b>CAPITULO V. DISCUSIÓN _____</b>	<b>132</b>
<b>CAPITULO VI REFERENCIAS _____</b>	<b>149</b>
<b>CAPITULO VII: ANEXOS _____</b>	<b>152</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1:Parámetros Lambda Dependientes de $\alpha$	45
Tabla N° 2.Condiciones de Verificación de los modos de Vibración.	59
Tabla N° 3.Peso Específico del Material	63
Tabla N° 4. Propiedades de los Materiales	63
Tabla N° 5.Clasificación de las derivas según el nivel de daño ASUS 99.	70
Tabla N° 6.Condiciones para la selección de la muestra	76
Tabla N° 7.Técnicas e instrumentos de procesamiento de datos	78
Tabla N° 8.Operacionalidad de Variables general	79
Tabla N° 9.Operacionalidad de Variables Detallado	78
Tabla N° 10.Perfil del Suelo	88
Tabla N° 11.Coeficiente de reducción Sísmica	88
Tabla N° 12.Coeficiente de reducción Sísmica	88
Tabla N° 13.Predimensionamiento de Vigas	91
Tabla N° 14.Zapatatas Dimensiones	93
Tabla N° 15.Metrado de Cargas de la estructura Primer piso	96
Tabla N° 16.Metrado de Cargas de la estructura Segundo Hasta séptimo Piso	97
Tabla N° 17.Metrado de Cargas de la estructura Octavo Piso	98
Tabla N° 18.Parámetros de Sitio:	99
Tabla N° 19.Fuerza Cortante en la Base (V):	99
Tabla N° 20.Distribución Sísmica	100
Tabla N° 21.periodo Fundamental de Vibración	100
Tabla N° 22.Fuerzas sísmicas de la Estructura	101
Tabla N° 23.Excentricidad de la estructura	101
Tabla N° 24.Centro de Gravedad de la estructura	101
Tabla N° 25.Masas inerciales de la edificación	102
Tabla N° 26.Dimenciones del Perfil del Disipador	107
Tabla N° 27. Elección del brazo metálico del Disipador Viscoso	105
Tabla N° 28.Desplazamientos en X & Y	110
Tabla N° 29.Distorsiones de Entrepiso $\leq 0.007$ Según Norma E030” Diseño Sismorresistente”	111
Tabla N° 30.Desplazamientos en X & Y	112
Tabla N° 31. Distorsiones de Entrepiso $\leq 0.007$ Según Norma E030” Diseño Sismorresistente”	112
Tabla N° 32.Desplazamientos	115
Tabla N° 33. Distorsiones de Entrepiso $\leq 0.007$ Según Norma E030” Diseño Sismorresistente”	115
Tabla N° 34. Desplazamientos	116
Tabla N° 35. Distorsiones de Entrepiso $\leq 0.007$ Según Norma E030” Diseño Sismorresistente”	116
Tabla N° 36.Resumen de procesamiento de casos	125
Tabla N° 36.Resumen Descriptivo	125

Tabla N° 38.Prueba de normalidad _____	126
Tabla N° 39.Resumen de procesamiento de casos _____	127
Tabla N° 40.Resumen Descriptivo _____	127
Tabla N° 41.Prueba de normalidad _____	128
Tabla N° 43. Estadística de Prueba _____	130
Tabla N° 44.Prueba de rango con signo de Wilcoxon eje Y _____	131
Tabla N° 45. Estadística de Prueba _____	131
Tabla N° 46.Derivas según el nivel de daño ASUS 99. _____	140
Tabla N° 47.Clasificación de los perfiles de suelo _____	153
Tabla N° 48.Parámetros de Sitio _____	153
Tabla N° 49.Factor de uso de las edificaciones _____	155
Tabla N° 50.Coeficiente de reducción Sísmica _____	156
Tabla N° 51.Límites de Distorsión entrepiso _____	159
Tabla N° 51.Cargas de diseño _____	162
Tabla N° 52.Columnas Centrales, bordes y esquineras. _____	177
Tabla N° 53.Columnas método de Inercia _____	177
Tabla N° 55.Propiedades de las placas _____	180
Tabla N° 56.Elementos de confinamiento _____	180
Tabla N° 57.Propiedades de las placas _____	180
Tabla N° 58.Elementos de confinamiento _____	180
Tabla N° 59.Zapatatas Dimensiones _____	183
Tabla N° 60.Verificación de Cortantes _____	183
Tabla N° 61.Participación de Masa Sin Disipadores _____	190
Tabla N° 61.Participación de Masa Con Disipadores _____	191
Tabla N° 63.Fuerzas Internas Sin Disipador _____	192
Tabla N° 64.Fuerzas Internas Con Disipador _____	192
Tabla N° 65.Periodo En X _____	193
Tabla N° 66.Periodo En Y _____	193
Tabla N° 67.Periodo informático _____	194
Tabla N° 68.Periodo informático _____	194
Tabla N° 69.Ficha de recolección de datos del periodo informativo _____	203
Tabla N° 70.Ficha de recolección de datos de los desplazamientos en X & Y. _____	203
Tabla N° 71.Ficha de recolección de datos de las distorsiones de entrepiso _____	203
Tabla N° 72.Ficha de recolección de datos de las fuerzas sísmicas _____	204
Tabla N° 73.Ficha de recolección de datos de la participación de masa _____	204

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Sistema de clasificación de control sísmico	25
Figura 2. Dependencia de los Disipadores de Energía	26
Figura 3. Comportamiento de los Disipadores Viscosos	28
Figura 4. Disipadores de Fluido Viscoso	29
Figura 5. Componentes de los Disipadores de Fluido Viscoso	30
Figura 6. Disposición de los disipadores en una edificación	37
Figura 7. Conexiones en la Disposición Diagonal.	37
Figura 8. Disposición Diagonal y Chevron 1 grado de libertad	39
Figura 9. Representación Matemática del Modelo Maxwell.	40
Figura 10. Clasificación de la estructura en función de su altura.	42
Figura 11. Relación Daño/Deriva según el tipo de estructura.	42
Figura 12. Exponentes de Velocidad	45
Figura 13. Propiedades del Disipador en el Software SAP2000 V.20	48
Figura 14. Dispositivo incorporado en la estructura	49
Figura 15. Balance energético de un edificio con disipadores Sísmicos	50
Figura 16. Desplazamientos Máximos	51
Figura 17. Diseño Sismorresistente Convencional	53
Figura 18. Comparación de espectro convencional vs espectro con amortiguamiento	54
Figura 19. Comparación entre estructura muy dúctiles y resistentes	55
Figura 20. Representación de las fuerzas laterales y las masas Inerciales	57
Figura 21: Espectro de Demanda	58
Figura 22: Intervalos del suelo Intermedio	58
Figura 23: Rotura Plástica	60
Figura 24: Diseño de Placa estructural	66
Figura 25. Desempeño Estructural en el Rango Elástico.	71
Figura 26. Cronograma de actividades programadas durante la investigación	79
Figura 27. Desarrollo de la investigación	80
Figura 28. Vista Aérea de la ubicación del proyecto. Trujillo, La libertad	82
Figura 29. Plano Arquitectónico Primer nivel	84
Figura 30. Plano Arquitectónico. 2 nivel hasta 7 nivel.	85
Figura 31. Plano Arquitectónico Octavo nivel	86
Figura 32. Mapa Sismicidad	87
Figura 33. Cálculo de losa Aligerada.	89
Figura 34. Detalle de Losa Aligerada	90
Figura 35. Detalle estructural de Vigas VP & VS	91
Figura 36. Detalle estructural de Las Columnas	92
Figura 37. Detalle de muros Estructurales	92
Figura 38. Detalle estructural de las Zapatas	93
Figura 39. Corte lateral Software Revit 2019	94
Figura 40. Corte Frontal	95
Figura 41. Estructura Convencional	95
Figura 42. Parámetro Lambda	103



Figura 43. Propiedades de los Disipadores	105
Figura 44. Características Geométricas del Disipador	106
Figura 45. Características Geométricas del Disipador	107
Figura 46. Posición de los Disipadores	108
Figura 47. Disposición de los Disipadores en 2D Cortes	109
Figura 48. Disposición de los Disipadores en 3D	109
Figura 49. Plano de Derivas de Entrepiso	110
Figura 50. Fuerzas dinámicas en el eje "X"	113
Figura 51. Fuerzas dinámicas en el eje "Y"	113
Figura 52. Participación de Masa $\leq 90\%$	114
Figura 53. Fuerzas Dinámicas Con Disipadores - Eje "X"	117
Figura 54. Fuerzas dinámicas con Disipador - Eje "Y"	118
Figura 55. Participación de Masa $\leq 90\%$	118
Figura 56. Reducción Sísmica Análisis Estático Nodo A - D	119
Figura 57. Reducción Sísmica Análisis Estático Nodo B - C	120
Figura 58. Reducción Sísmica Análisis Estático Nodo A - B	120
Figura 59. Reducción Sísmica Análisis Estático Nodo C - D	121
Figura 60. Reducción Sísmica Análisis Dinámico Nodo A - D	121
Figura 61. Reducción Sísmica Análisis Dinámico Nodo B - C	122
Figura 62. Reducción Sísmica Análisis Dinámico Nodo A - B	123
Figura 63. Reducción Sísmica Análisis Dinámico Nodo C - D	123
Figura 64. Disipación de Energía	133
Figura 65. Disipación de Energía Análisis Estático	135
Figura 66. Disipación de Energía Análisis Dinámico	135
Figura 67. Derivas de Entrepiso en el eje x	137
Figura 68. Derivas de Entrepiso en el eje y	137
Figura 69. Derivas de Entrepiso máximas eje x	138
Figura 70. Derivas de Entrepiso máximas eje y	138
Figura 71. Clasificación de Daño Análisis estático eje x	141
Figura 72. Clasificación de Daño Análisis Dinámico eje x	141
Figura 73. Clasificación de Daño Análisis estático eje y	142
Figura 74. Clasificación de Daño Análisis Dinámico eje Y	142
Figura 75. Reducción de Derivas análisis estático eje x	144
Figura 76. Reducción de Derivas análisis Dinámico eje x	144
Figura 77. Reducción de Derivas análisis estático eje Y	145
Figura 78. Reducción de Derivas Análisis Dinámico eje Y	145
Figura 79. Factor de Zona Perú 2018	152
Figura 80. Espectro de Diseño	161
Figura 81. Planta Típica de Diseño	164
Figura 82. Centro de Masa Estructural	164
Figura 83. Cortes y Elevaciones Sin Disipador	165
Figura 84. Cortes y Elevaciones Con Disipador	165
Figura 85. Propiedades del Concreto y Acero SAP2000 V.20	166
Figura 86. Secciones de Columnas y vigas Sap2000 V.20	166

Figura 87.Patrones de Carga Estática SAP2000 V.20 _____	167
Figura 88.Patrones de carga Dinamica SAP2000 V.20 _____	167
Figura 89.Combinaciones de Carga SAP2000 V.20 _____	167
Figura 90.Centros de Masa Análisis modal SAP2000 V.20 _____	168
Figura 91.Propiedades del Disipador Viscoso SAP2000 V.20 _____	168
Figura 92.Disposición de los Disipadores SAP2000 V.20- Corte y 3D_____	169
Figura 93.Disposición de los Disipadores en su Instalación en la estructura_____	171
Figura 94.Calculo de los espectros de Diseño Noma E030 _____	172
Figura 95.Hoja técnica de los Disipadores de Fluido Viscoso TABLA 1 _____	186
Figura 96.Hoja técnica Disipadores de Fluido Viscoso TABLA 2 _____	186
Figura 97.Hoja técnica Disipadores de Fluido Viscoso TABLA 3 _____	187
Figura 98.Hoja técnica Disipadores de Fluido Viscoso TABLA 3 _____	187
Figura 99.Hoja técnica Disipadores de Fluido Viscoso TABLA 4 _____	187
Figura 100.Hoja técnica Disipadores de Fluido Viscoso TABLA 5 _____	188
Figura 101.Hoja técnica Disipadores de Fluido Viscoso TABLA 6 _____	188
Figura 102. Fuerzas dinamicas en el eje “X” _____	193
Figura 103.Observación Experimental Desplazamientos Máximos eje X_____	195
Figura 104.Observación Experimental Desplazamientos Máximos eje Y_____	196
Figura 105.Observación Experimental Fuerzas Internas Cortantes Máximas. _____	197
Figura 106.Observación Experimental Fuerzas Internas Momentos Máximos. _____	198
Figura 107.Observación Experimental Desplazamientos Máximos eje X_____	199
Figura 108.Observación Experimental Desplazamientos Máximos eje X_____	200
Figura 109.Observación Experimental Fuerzas Internas Cortantes Máximas. _____	201
Figura 110.Observación Experimental Fuerzas Internas Momentos Máximos. _____	202

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Ecuación de condición de equilibrio	38
Ecuación 2. fuerza en el disipador	39
Ecuación 3. Ecuación de Maxwell	40
Ecuación 4. Reducción de Respuesta	41
Ecuación 5. Amortiguamiento Efectivo	43
Ecuación 6. Coeficiente de Amortiguamiento	43
Ecuación 7. Amplitud de Desplazamiento	44
Ecuación 8. Ecuación de Rigidez del disipador	46
Ecuación 9. Ecuación de Tensión Nominal	46
Ecuación 10. Ecuación de Rigidez del disipador	47
Ecuación 11. Límite de Pandeo inelástico	47
Ecuación 12. Límite de Pandeo elástico	47
Ecuación 13. Esfuerzo crítico de Pandeo	47
Ecuación 14. Esfuerzo crítico de Pandeo	48
Ecuación 15. Balance de Energía Sísmica	49
Ecuación 16. Cálculo de Deriva de Entrepiso	59
Ecuación 17. Ecuación del Cortante Basal	61
Ecuación 18. Diseño de Cargar más Desfavorables	61
Ecuación 19. Cálculo de Losa Aligerada	64
Ecuación 20. Cálculo de Vigas	64
Ecuación 21. Cálculo de Columna Central	65
Ecuación 22. Cálculo de Columna Esquinera	65
Ecuación 23. Cálculo de Columna excéntrica	65
Ecuación 24. Condición Diseño por Flexión	66
Ecuación 25. Cálculo del área de acero	66
Ecuación 26. Cálculo de cuantía mínima	67
Ecuación 27. Profundidad bloque de compresión	67
Ecuación 28. Condición de Falla Dúctil	67
Ecuación 29. Condición de Fuerza Cortante	68
Ecuación 30. Cortante del Concreto	68
Ecuación 31. Cortante del Acero	68
Ecuación 32. Cálculo del Grupo Experimental	75
Ecuación 33. Cálculo de Hipótesis Wilcoxon	78
Ecuación 34. Coeficiente de reducción	89
Ecuación 35. Fuerza Espectral	100
Ecuación 36. Factor de Amplificación	154
Ecuación 37. Coeficiente de reducción	157
Ecuación 38. Fuerza Cortante	157
Ecuación 39. Constante Sísmica	157
Ecuación 40. Período Fundamental	158
Ecuación 41. Período Fundamental Alternativo	158
Ecuación 42. Seudo aceleración espectral	161

## RESUMEN

La presente investigación se realizó en la ciudad de Trujillo, con el objetivo de determinar la influencia de los disipadores de fluido viscoso incorporados en una edificación convencional de 8 niveles. Para el desarrollo de la tesis se utilizó un diseño Experimental, del nivel Preexperimental, cuyo muestreo fue no probabilístico por juicio de experto. La recolección de datos se realizó mediante la observación experimental. El instrumento utilizado fue la ficha de observación. Para analizar los datos se empleó una inferencia estadística. La problemática se enfoca en las estructuras que se ubican en zonas altamente sísmicas y que no contemplan un sistema de protección sísmica, siendo este un peligro latente para las vidas humanas. Como una alternativa de solución se propuso los disipadores de fluido viscoso. Se uso 32 Disipadores Viscosos en toda la estructura. Demostrando que la disipación de energía oscila entre el 30% y 70%. Además, los esfuerzos dinámicos se reducen entre el 40% y 65%. Logrando así determinar el grado de reducción del daño estructural. Finalmente, con los datos obtenidos se validó la Hipótesis planteada en esta investigación. En conclusión, los sistemas estructurales que incorporen Disipadores Viscosos presentan un mejor comportamiento estructural respecto al modelo convencional de Sistema tradicional.

### **PALABRAS CLAVES:**

Disipadores de fluido viscoso, Edificaciones con disipadores de fluido viscoso, Análisis Sísmico con disipadores de fluido viscoso.

## ABSTRACT

The present investigation was carried out in the city of Trujillo, with the objective of determining the influence of the viscous fluid dissipators incorporated in a conventional 8-level building. For the development of the thesis an Experimental design was used, of the Pre-experimental level, whose sampling was non-probabilistic by expert judgment. Data collection was performed through experimental observation. The instrument used was the observation sheet. Statistical inference was used to analyze the data. The problem focuses on structures that are located in highly seismic zones and that do not contemplate a seismic protection system, this being a latent danger for human lives. Viscous fluid sinks were proposed as an alternative solution. 32 Viscous Heatsinks were used throughout the structure. Proving that energy dissipation ranges from 30% to 70%. Furthermore, dynamic stresses are reduced between 40% and 65%. Thus achieving the degree of reduction of structural damage. Finally, with the data obtained, the Hypothesis proposed in this investigation was validated. In conclusion, the structural systems that incorporate Viscous Heatsinks present a better structural behavior with respect to the conventional model of the traditional System.

### KEYWORDS:

Viscous fluid heatsinks, buildings with viscous fluid heatsinks, seismic analysis with viscous fluid heatsinks.

## **CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN**

### **1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA**

En el mundo actual toda la litosfera terrestre está dividida por placas tectónicas, en donde las podemos subdividir como Microplacas y Macroplacas, estas están repartidas como piezas de un rompecabezas por todo el planeta tierra y a su vez están en constante movimiento liberando grandes cantidades de energía las cuales se convierten en pequeños y grandes sismos repartidos por todo el planeta tierra. Entre las fallas más resaltantes tenemos el cinturón de fuego del pacifico, el cual abarca los continentes más grandes del planeta tierra como son América, Asia y Australia. Esta es una de las zonas más críticas del mundo sísmico, donde se presentan fenómenos geológicos fuera del control humano. Entonces la alta actividad sísmica que existe en nuestro continente “América” se debe al Cinturón de Fuego del Pacífico y su sismicidad está asociada con los esfuerzos de las placas tectónicas de “Nazca” y la “Sudamericana”. Los estados de esfuerzo que se presentan en esta zona son ocasionados por placa subducente “Nazca” la cual se introduce bajo la placa “Sudamericana” liberando grandes cantidades de energía a la superficie terrestre, esto ocurre debido al balance geológico del planeta de manera natural. Asimismo, las fuerzas que se producen y las que actúan dependen netamente de la viscosidad y de la velocidad del proceso de subducción, entonces estas son las razones por la que se producen los sismos en nuestro continente (Santos, 2018).

Según la clasificación sísmica mundial los países que se encuentran dentro de una zona alta peligrosidad sísmica se les clasifica en la escala de Richter y según grado de intensidad en la escala de Mercalli modificada. EL Perú es un país que se ubica en Sudamerica y le corresponde clasificarse en los sismos de gran magnitud en la escala de Richter y en la escala Mercalli Modificada tiene una calificación de IX como “Muy Destructivo”,

aproximadamente 18 millones de peruanos viven en zonas altamente sísmicas correspondientes a las zonas 3 y 4 del mapa sísmico del Perú clasificada en la Norma E030 “Diseño Sismorresistente”. Esta zona está expuesta a las constantes amenazas de eventos sísmicos, por lo tanto, el peligro que trae consigo es latente ya que ante un evento sísmico la pérdida de vidas humanas, infraestructura sería evidente (Casana, 2018).

El Perú trae consigo cicatrices de estos acontecimientos sísmicos naturales, esto nos dejan una gran enseñanza, debido a que estos eventos son impredecibles e indetectables por la tecnología actual y que pueden suceder en cualquier instante sin previo aviso. En agosto del año 2007, se produjo un terremoto de gran intensidad de 7,9 grados de magnitud en la escala de Richter que duro aproximadamente 120 segundos, este fue uno de los terremotos de mayor intensidad registrados en nuestro país después del terremoto de 1970. El epicentro se localizó a 60 km al oeste de Pisco en la provincia de Ica. El Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI) reporto que hubo un total de 58,581 edificaciones destruidas y 13,585 edificaciones dañadas en las regiones aledañas al epicentro. (Saldaña, 2017).

Debido a los eventos sísmicos ocurridos y a la probabilidad latente que existe, es de gran importancia empezar a prevenir, diseñando edificaciones que sean seguras y que cumplan todos los parámetros mínimos exigidos por la norma Peruana E-030 “Diseño Sismorresistente”, teniendo como fin evitar el colapso de las estructuras. Sobre todo, es importante en edificaciones que tienen una gran demanda de personas. Ya que estas estructuras cumplen funciones importantes en la sociedad y las actividades que se realizan en estas no deberían de suspenderse ante un sismo, entre ellas tenemos; Las edificaciones que abarcan una gran cantidad de personas como son los centros de salud, Las estaciones de Bomberos, Centros penitenciario, Aeropuertos, Fabricas, Oficinas privadas y públicas, los centros educativos y edificaciones de acceso público importante y al uso que se les podría dar después de un acontecimiento sísmico”. (Mantilla, 2018).

Por este motivo las experiencias ocurridas en nuestro país dejan una gran enseñanza para las posteriores generaciones, ya sabemos que existen zonas altamente sísmicas y las tenemos identificadas mediante mapas sísmicos y que en ellas las grandes ciudades crecen cada día. Todos los días se registran pequeños movimientos telúricos que se dan a notar. Cuando se debilitan las edificaciones y estas comienzan a incapacitarse estructuralmente con el tiempo trae consigo un valor muy alto de inseguridad conllevando a esta al colapso estructural, bienes de valor sumamente alto y pérdida de vidas humanas. Por ello el país está que invierte en incorporar las nuevas tecnologías en nuestros reglamentos. (Navarro, 2017).

El Perú es un país que contempla regiones muy singulares, debido a que presenta una geografía muy variada y accidentada esto trae consigo que cada proyecto sea único. Sin embargo, La zona más afectada por este fenómeno es la parte costera debido a que en ella se ubican las ciudades más importantes del país. Una de ellas es la ciudad de Trujillo ubicada al Norte del país, en el Departamento de la Libertad y esta no es ajena a este problema, ya que geográficamente está ubicada en una zona nivel 4 correspondiente a alta actividad sísmica, según la Norma E.030 “Diseño Sismorresistente”, y está clasificada con un factor zona de  $Z=0.45$ , esto se interpreta como la aceleración máxima horizontal en un suelo rígido. Siendo el factor más alto con la probabilidad del 10% de suceder un terremoto en 50 años. Por otro lado, la norma de “Diseño Sismorresistente” hace mención a los desplazamientos admisibles de entrepiso donde menciona que las edificaciones según el material predominante en este caso concreto armado no deberán de exceder la fracción de entrepiso cuyo valor límite máximo de deriva es 0.007. Sabiendo que en ningún caso se debe exceder el valor mostrado. Para lograr este requerimiento se dispone a incorporar disipadores de fluido viscoso con el propósito de no alterar el sobredimensionamiento de los elementos estructurales convencionales como son vigas, columnas y muros estructurales que son elementos que solo rigidizan a la estructura (Norma E.030 “Diseño Sísmico”, 2016).



Por ello, si hacemos mención del científico reconocido Kliachko M.A. “A las personas no les mata el sismo sino las edificaciones”. En la actualidad, existen 3 técnicas innovadoras que han sido propuestas para utilizarse individualmente o en conjunto, entre ellos tenemos: aislamiento sísmico, los dispositivos histéricos y finalmente los disipadores de fluido viscoso. En este estudio nos centraremos en la tercera forma de disipar la energía sísmica, este dispositivo depende de la velocidad para disipar la energía. Este es un sistema novedoso que se busca implementar en nuestro mercado ingenieril. Según estudios realizados se considera que estos dispositivos tienen un amortiguamiento viscoso entre el 20% y 40% de toda la energía sísmica entrante como mínimo. (Villareal & Díaz la rosa, 2016).

En el diseño sismorresistente tradicional, el desempeño de una estructura dependerá de la resistencia y la ductilidad frente a una fuerza lateral ocasionada por un evento sísmico y ser capaz de resistir una determinada energía de una manera estable durante un cierto periodo de tiempo, causados por la aceleración del suelo. La primicia fundamental del diseño consiste en garantizar que el daño estructural no conlleve a su colapso. Sin embargo, puede presentar altos costos Pos-sismo debido a la reparación por los daños ocasionados o una demolición a causa de daños irreparables. Teniendo estas consideraciones el uso de los disipadores de fluido viscosos son económicos a largo plazo permitiendo tener diseños eficientes, ventajas de seguridad y protección de la vida humana, el cual es prioridad en el diseño estructural (Arévalo, 2015).

Como muestra de su aplicación, se mencionan los siguientes Proyectos en la cual se incorporan estructuralmente estos dispositivos: La Torre República de Panamá, Banco de la Nación, Edificio Reducto, Edificio Javier Prado, La Torre Olgún, T Tower, Aeropuerto Internacional Jorge Chávez. Todas estas edificaciones se comportan satisfactoriamente cumpliendo con los requerimientos y estándares de calidad, brindando ambientes seguros y confortables a todos los clientes y población en general (Navarro, 2017).

Por otro lado, la actual norma E0.30 “Diseño sismorresistente” tienen los parámetros sismorresistentes los cuales conllevan a que el diseño sísmico contenga un valor de seguridad adicional, ya que el valor sísmico que se contempla es un valor mayor en comparación a los sismos registrados. Para de esta manera ir aumentando la necesidad de reforzar edificaciones importantes como es el caso de la edificación en estudio. (Burgos & Prado, 2018)

Esta presente investigación tiene la siguiente premisa de dar a conocer; ¿cuál es influencia de los disipadores de fluido viscoso incorporados en una edificación de 8 niveles ubicado en la ciudad de Trujillo, en el año 2020? Partiendo que esta tendrá como uso las oficinas, el cual abarca una gran demanda de vidas humanas en sus ambientes. Se propone este mecanismo como una alternativa de extensión de vida útil a las estructuras para mejorar su comportamiento; Resistencia y ductilidad. Entonces, cabe recalcar que el propósito de esta investigación es dar a conocer al campo ingenieril esta nueva tecnología como una alternativa de solución a los últimos acontecimientos sísmicos ocurridos en nuestro país ya mencionados anteriormente, con la única finalidad de aportar con un granito de arena en posteriores investigaciones estructurales. En un futuro no muy lejano todas las edificaciones contarán con algún sistema de protección sísmica. Sabiendo que en los países del tercer mundo este es un hecho es decir partimos de un tema cultural es mejor “prevenir antes de lamentar pérdidas innecesarias”.

## 1.2. ANTECEDENTES

### **“Análisis comparativo de un pórtico convencional con y sin disipadores de fluido viscoso modelado en Sap2000”**

Asunción (2016), Esta investigación tiene como objetivo principal analizar y comparar el comportamiento de un pórtico convencional con y sin disipador de fluido viscoso frente a la simulación de un sismo (Pág. 3). Se Empleó la siguiente metodología; Se definieron todos los parámetros principales de un pórtico convencional tales como: dimensiones estructurales y las cargas a la que estaría sometida. Luego se escogieron las dimensiones del disipador de fluido viscoso para poder modelar el pórtico, con el software sap2000 tanto el pórtico convencional y el pórtico con el disipador de fluido viscoso. Posteriormente se analizaron: los desplazamientos y derivas de cada pórtico, para así poder comparar el resultado y finalmente determinar las ventajas del disipador. Finalmente se compararon los resultados de deriva de cada piso y de cada pórtico. De esta manera se pudo determinar si existen o no ventajas al incorporar los disipadores (Pág. 5). Los resultados obtenidos en la presente investigación son: Los disipadores viscosos reducen daños estructurales, mejora el desempeño estructural, disminuyen las derivas máximas y la energía sísmica disipada varía entre un 20% a 40% en todos los niveles (Pág. 83).

Esta investigación aporta lo siguiente: Todas aquellas edificaciones que incorporen disipadores de fluido viscoso en su estructura después de un sismo los desplazamientos y derivas de los pórticos son sometidos a los dos registros sísmicos 7050 y 7051 cumpliendo con los parámetros que establece la norma, el cual no debe exceder el 0.007 para estructuras de concreto armado siendo esta la máxima deriva (Pág.84).

## **“Reforzamiento de una estructura aporticada con disipadores de fluido viscoso para un mercado en la ciudad de Trujillo”**

Carranza & Calderón (2015), Esta investigación tiene como objetivo principal, Evaluar las mejoras que obtiene una estructura aporticada con la adición de los disipadores de fluido viscoso (Pág.12). La metodología empleada fue; Analizar y describir sistemáticamente las variaciones y condiciones de la estructura. (Pág.13). Los resultados obtenidos son: El sistema tradicional no disipa la energía del sismo, por lo consiguiente trae consigo un riesgo de colapso estructural alto, a diferencia de la estructura que esta reforzada con disipadores de fluido viscoso ya que estos absorben la energía hasta en un 88.78%, lo cual genera menores daños en la estructura, está posee un mejor comportamiento frente a un sismo dado que las derivas de entrepiso se reducen hasta en un 70.21 % con respecto al sistema aporticado convencional, al incorporar los disipadores de fluido viscoso esta mantiene la estructura estable evitado el colapso de la misma frente a un sismo (Pág.87).

Esta investigación aporta lo siguiente: La incorporación de disipadores de fluido viscoso optimiza el desempeño de la estructura. A su vez hay variaciones en los desplazamientos y esfuerzos dinámicos los cuales dependen directamente del número de disipadores y a las de sus propiedades (Pág.89).

## **“Proyecto de reforzamiento estructural del edificio multifamiliar los rosales de 10 niveles con disipadores de fluido viscoso”**

Alarcón & Asto (2017), Esta investigación tiene como objetivo realizar el proyecto de reforzamiento estructural del edificio multifamiliar Los Rosales de 10 Niveles con Disipadores de Fluido Viscoso (Pág.11). Esta investigación contiene la siguiente metodología: El diseño estructural del edificio se realizó según la norma E030 “Diseño Sismorresistente”. Además, se realizó el modelo virtual del edificio multifamiliar, luego se elaboró el análisis estructural para cargas de gravedad y solicitaciones sísmicas, seguidamente se Desarrolló un análisis tiempo-historia considerando agrietamiento en las secciones y finalmente se hizo un análisis del edificio sin amortiguamiento. Se Calcularon los desplazamientos máximos inelásticos. Se ubicaron los amortiguadores de manera aleatoria. También se evaluó el diseño con disipadores de Fluido Viscoso, luego se analizaron los parámetros sísmicos tales como derivas de entrepiso, desplazamientos, fuerzas dinámicas y momentos flectores (Pág.12). Los resultados obtenidos en promedio son: Los desplazamientos en la Dirección X oscilan del 20% al 38% y en la dirección Y del 41% al 48%. Se optó por disipadores Taylor Devices (Pág.97).

Esta investigación aporta lo siguiente: Se emplearon en el diseño un total de 6 disipadores viscosos por nivel y se observó que se logra reducir las fuerzas axiales en un intervalo del 68% al 91%, las fuerzas cortantes del 14% al 41% y los momentos flectores del 38% al 55% con lo cual se logra una mejoría en la estructura (Pág.104).

**“Diseño y evaluación del comportamiento estructural entre un sistema convencional y disipadores de energía fluido viscoso, en una edificación de siete niveles y un semisótano en el distrito de Huacho, 2018”**

Santos (2018), Esta investigación tienen como objetivo realizar el diseño y evaluación del comportamiento estructural entre un sistema convencional y uno que incorpore los disipadores de fluido viscoso en una edificación de 7 niveles y un semisótano en el Distrito de Huacho (Pág.2). La metodología que se empleó es en función a las normativas de diseño E0.30 “Diseño Sismorresistente” y la norma E0.60 “Concreto Armado” para el diseño. Para esta manera evaluar si un diseño con disipadores de energía mejora el comportamiento estructural del Edificio Principal de la Universidad Nacional de Cajamarca Sede Jaén, ante un evento sísmico. Para ello se empleó una metodología enfocada en el desempeño y fundamentada en las disposiciones del ASCE y el FEMA (Pág.10). Los resultados mostraron el porcentaje de disipación de energía en un 25% y así como también disminuyeron las fuerzas cortantes y momentos flectores (Pág.116).

Esta investigación aporta lo siguiente: Los disipadores están siendo usados para reducir las derivas y contrarrestar las fuerzas dinámicas que actúan sobre la edificación provocadas por un evento sísmico. Además, se busca responder a las derivas que sobrepasan el 7%. Incorporando los disipadores de fluido viscoso (Pág.115).

### **“Desempeño Sísmico de un Edificio de 14 pisos con Disipadores de Energía en la ciudad de Tumbes - 2018”**

Casana (2018), Esta investigación tiene como objetivo determinar el desempeño sísmico de un edificio de 14 pisos implementando Disipadores de fluido viscoso en la ciudad de Tumbes (Pág.29). La metodología empleada se rige en la evaluación de derivas. Para la presente tesis se utilizará la norma E030 “Diseño Sismorresistente” si no también mediante la relación daño-deriva de la Metodología Hazus. Se realizó el análisis estructural de la edificación con la norma (ASCE 7-10). Se calculó las propiedades del disipador de energía según la norma (Fema 273-274, y AISC Steel Construction 13th) y finalmente se analizó por desempeño según la metodología (Hazus, Vision2000) (Pág.103). Los resultados obtenidos en esta investigación son: La energía disipada fue reducida hasta en un 80% de la energía sísmica de entrada, como lo hemos demostrado en el presente trabajo de tesis (Pág.103).

Esta investigación aporta lo siguiente: Los disipadores de fluidos viscosos pueden llegar a disipar hasta el 80% de la energía sísmica de entrada. Entonces la incorporación de estos dispositivos generaría una gran disminución de dimensiones de las secciones transversales de los elementos estructurales ya que se está aumentando el coeficiente de amortiguamiento (C) de la estructura de concreto armado (Pág.223).

## **“Reforzamiento del edificio Alimar sede del poder judicial con amortiguadores fluido viscoso”**

Collantes (2018), Esta investigación tiene como objetivo reforzar el edificio Alimar sede del Poder Judicial con amortiguadores fluido viscoso de tal forma que cumpla con los requisitos establecidos de la actual norma sismorresistente E030 “Diseño Sismorresistente” (Pág.2). La metodología utilizada fue el reforzamiento de la estructura del edificio Alimar con los disipadores de fluido viscoso cumpliendo lo establecido en la norma sismorresistente E030 y se diseñara según la norma ASCE-7 (Pág.30). Los resultados obtenidos al incorporar estos dispositivos arrojan valores de amortiguamiento en el eje X= 22% y en el eje Y= 17% como mínimo ante sollicitaciones sísmicas (Pág.168).

Esta investigación aporta lo siguiente: Según los datos analizados la disipación de energía es de 85.69% por cada piso. También se comprobó que cumple con las distorsiones máximas permisibles establecido en la norma E030 de 7/1000 para estructuras de concreto armado (Pág.168).



### 1.3.BASES TEÓRICAS

#### 1.3.1. Sistema Protección Sísmica

Según Genner & La Rosa (2016), mencionan los distintos sistemas de protección sísmicas que se le pueden incorporar a una estructura con el único objetivo de controlar la respuesta sísmica ante un evento extraordinario, es decir, estos dispositivos tienen la función de reducir los efectos que las cargas dinámicas ejercen sobre la estructura, garantizando de esta manera, comportamientos estructurales más adecuados en resistencia, rigidez y ductilidad. A continuación, se presenta gráficamente en la figura 1 los diferentes sistemas de protección Sísmica.

Para la presente investigación nos centraremos en estudiar la influencia de los sistemas pasivos de disipación sísmica en el que encontramos los Disipadores de energía.

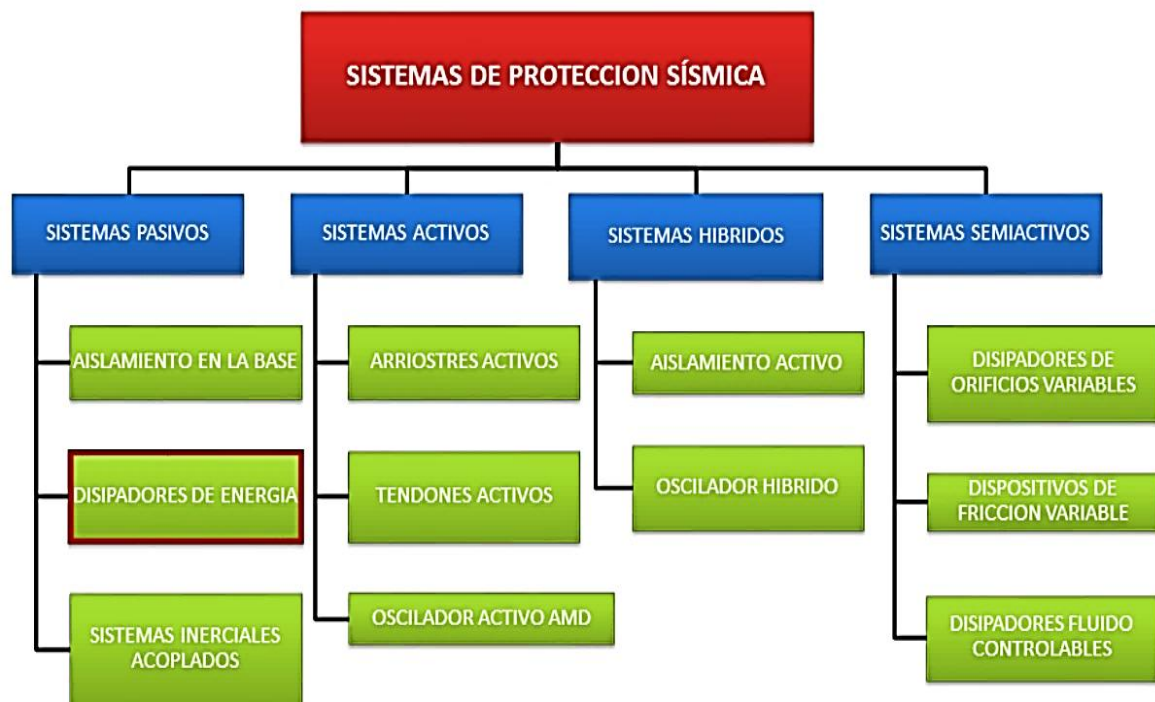


Figura 1. Sistema de clasificación de control sísmico

Fuente: Navarro, 2017.

### 1.3.2. Disipadores de Energía

Según Genner & La Rosa (2016), mencionan que los disipadores de energía son dispositivos mecánicos que disipan grandes cantidades de energía sísmica, asegurando que los elementos estructurales no sean exigidos fuera del rango inelástico, es decir Estos dispositivos captan la fuerza sísmica a través del comportamiento plásticos de metales dúctiles, la fricción entra superficies bajo presión, las deformaciones de corte de polímeros y la energía que circula en entre los orificios del dispositivo. Con esto se garantiza que los elementos estructurales no reciban el daño directamente sino de manera reducida.

Para la presente investigación nos centraremos en los disipadores de energía dependientes de la velocidad con sistema Viscoso, es decir los Disipadores de Fluido Viscoso. A continuación, se muestra en la figura 2 los disipadores de energía.

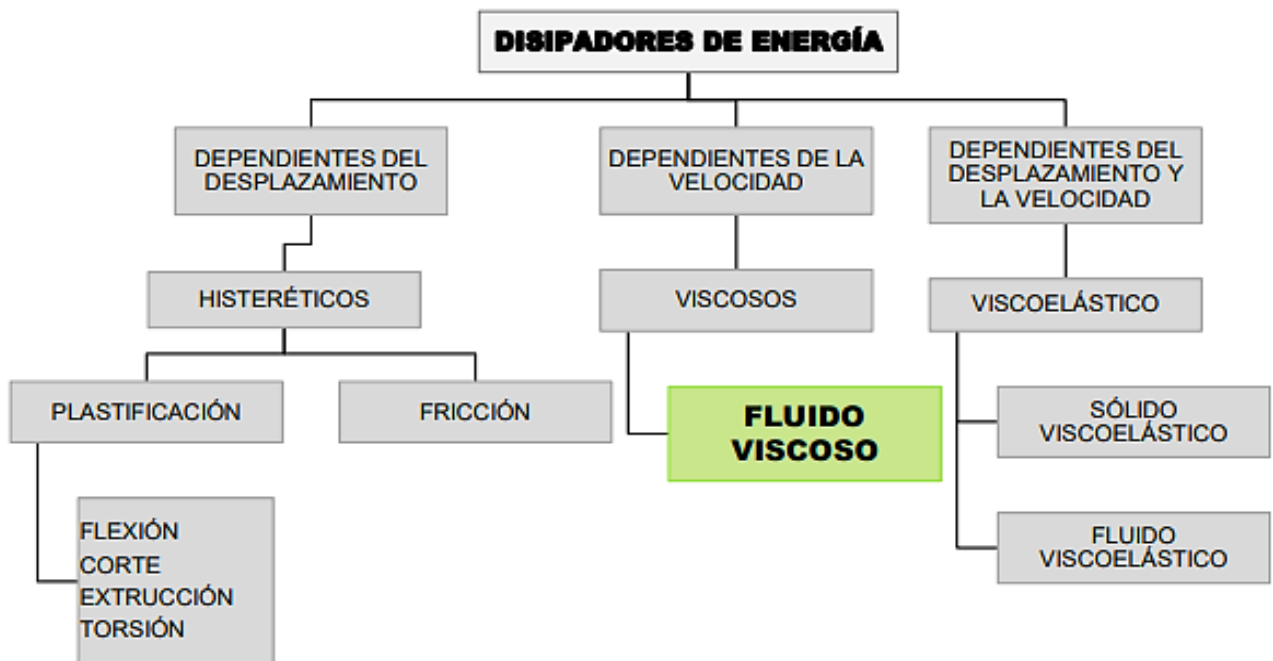


Figura 2. Dependencia de los Disipadores de Energía

Fuente: Chávez, 2016.

### **1.3.3. Disipadores Dependientes de la Velocidad.**

Según Guevara & torres (2012), Los Disipadores dependientes de la velocidad inician su funcionamiento con el mínimo Desplazamiento/Velocidad, estos dispositivos tienen un periodo de vibración fijo, Por ello, uno de los principales inconvenientes de estos dispositivos radica en la variación de la temperatura y frecuencia de uso. Además, para lograr un amortiguamiento significativo se requieren varios dispositivos colocados en la estructura de manera articulada a los elementos estructurales primarios.

Este mecanismo al ser colocado no aporta rigidez ni resistencia al sistema estructural, por lo tanto, al colocar estos dispositivos ayudan a reducir los esfuerzos producidos por un evento externo como puede ser sismo, vientos, temperatura, etc. a medida que la velocidad de compresión aumenta la fuerza de resistencia también aumenta en función de la velocidad, logrando de esta manera reducir los esfuerzos de deformación y distorsiones provocados por un evento extraordinario. Entonces estamos hablando de los Disipadores de Fluido Viscoso.

### **1.3.4. Disipadores de Fluido Viscoso**

Según Villareal (2016), Estos dispositivos como su propio nombre lo indica, su propósito es disipar la energía producida por un evento natural ya sea un sismo, fuerzas del viento, la temperatura, entre otros, de manera que los elementos estructurales convencionales como son vigas, columnas no se vean exigidos, puesto que estos dispositivos se comportan en el rango plástico y evitan que la estructura sufra deformaciones importantes durante un suceso, para poder responder ante una sollicitación sísmica. Las ventajas de estos disipadores en la industria de la construcción son muchas, debido a su sistema mecánico el nivel de daño estructural es reducido considerablemente, y la concentración sísmica se reduce al ser absorbidas por estos dispositivos que en conjunto trabajan como un sistema articulado, se muestra en la figura 3.

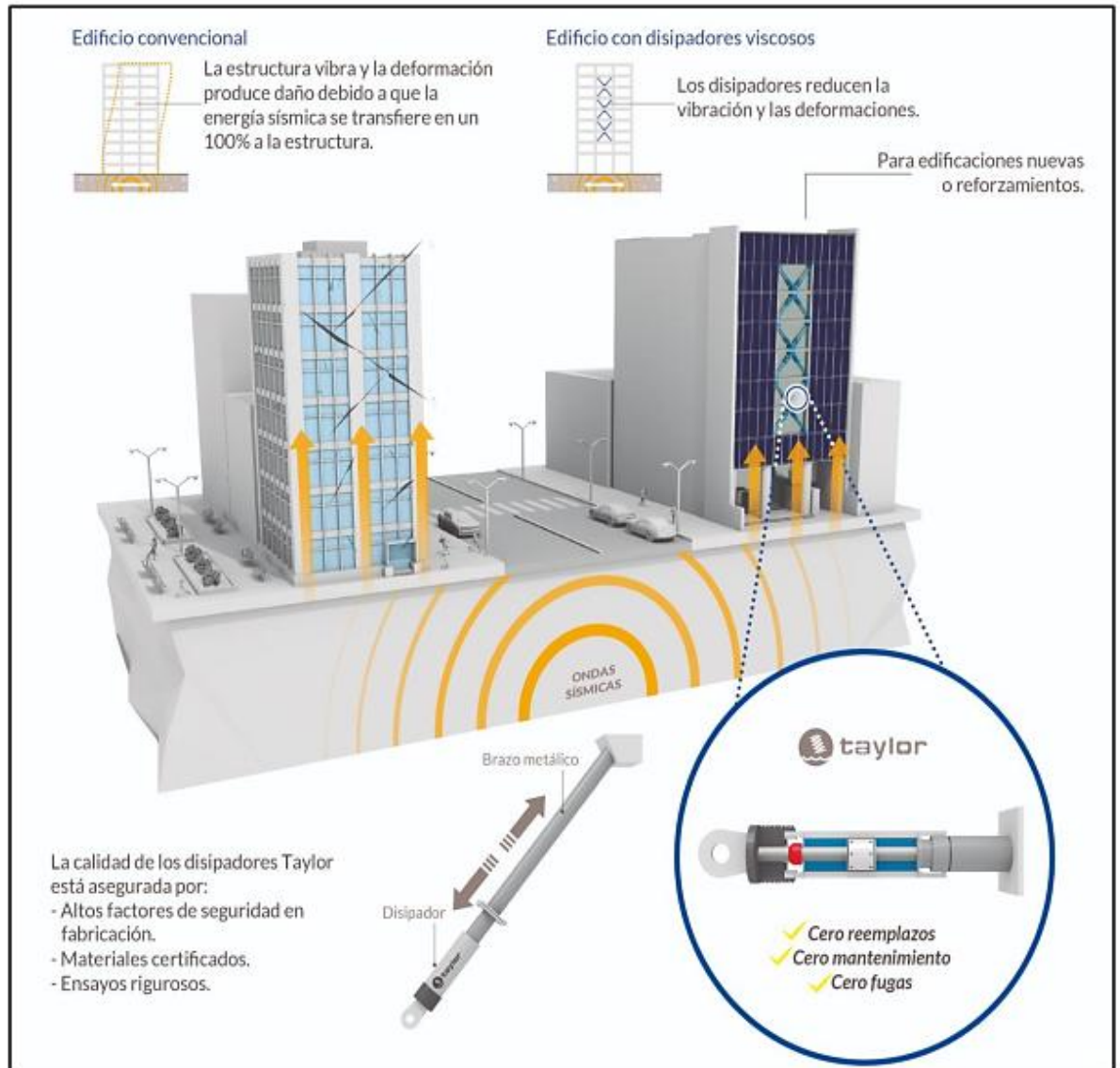


Figura 3. Comportamiento de los Disipadores Viscosos

Fuente: CDV Ingeniería Sísmica, 2016.

### 1.3.5. Los componentes principales de estos dispositivos

Según Villareal (2016), menciona que el disipador de Fluido viscoso en esencia contiene dos elementos principales: un pistón y un cilindro de alta resistencia (ambos de acero inoxidable). El cilindro en su interior contiene un fluido viscoso (silicona) que es muy resistente a los cambios de temperatura. Por otro lado, el pistón entra en funcionamiento cuando existe una excitación eventual, produciendo deslizamientos internos en el cilindro,

el fluido viscoso interno pasa de una cámara a otra, generando una presión diferencial la que origina una fuerza de amortiguamiento. A continuación, se muestra en la figura 4.

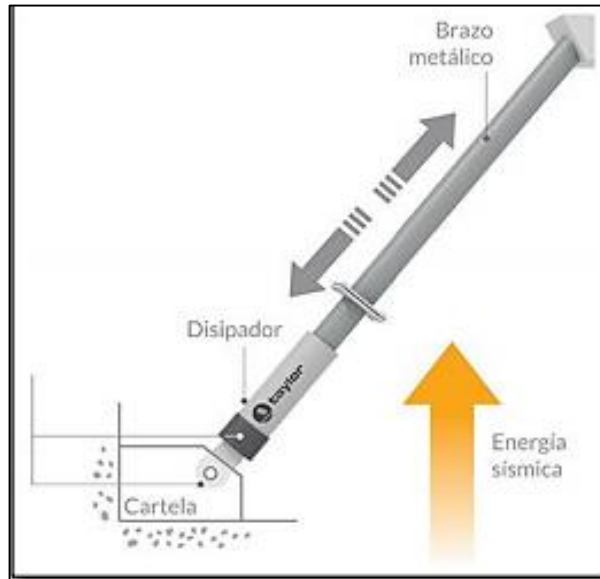


Figura 4. Disipadores de Fluido Viscoso

Fuente: *Días La Rosa, 2014*

Según Navarro (2017), en su investigación detalla con precisión cuales son las partes y componentes del disipador de fluido viscoso: 1) La Horquilla final, aleaciones de acero con protección contra la corrosión, 2) Extender, acero al carbono forjado en aluminio con protección contra la corrosión, 3) Cilindro con tratamiento térmico de aleaciones de acero, protegido contra la corrosión a través de placas y/o pintura, 4) La cabeza del pistón de acero sólido o de bronce, 5) El fluido viscoso, silicona incompresible, 6) El vástago de acero inoxidable, 7) Los sellos / rodamientos de sello, juntas dinámicas, 8) La tapa con tratamiento térmico de aleaciones de acero, protegido contra la corrosión a través de placas y/o pintura, 9) El fuelle, nylon reforzado de inicio de neopreno, 10) El cojinete esférico forjado con aleación de acero de calidad aeronáutica. A continuación, se muestra en la figura 5.

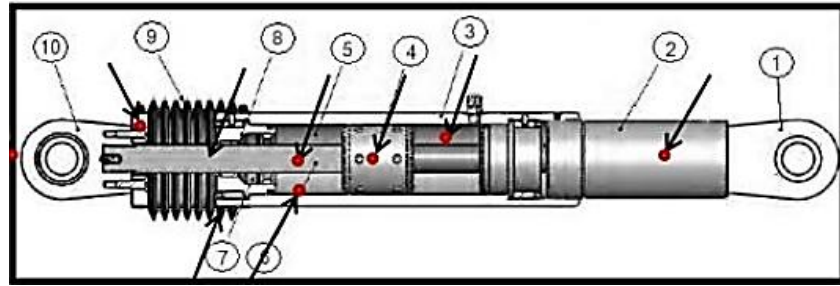


Figura 5. Componentes de los Disipadores de Fluido Viscoso

Fuente: Días La Rosa, 2014

El disipador de fluido Viscoso funciona ante la sollicitación de un evento sísmico, el pistón se desliza dentro del cilindro, este movimiento ocasiona el paso del fluido de una cámara a otra a través de los orificios de la cabeza del pistón, esto a su vez genera una presión diferencial, la misma que origina la fuerza de amortiguamiento. (ver anexo N°28)

### 1.3.6. Partes de los disipadores de fluido viscoso

Fuentes (2015), Menciona las características funcionamiento de cada elemento del disipador de fluido viscoso ante una alteración en su velocidad.

#### – Barra del pistón (Pistón Rod)

La barra del pistón es lo suficientemente resistente como para reaccionar a todas las fuerzas de amortiguamiento. Debido a que el pistón se comporta como una columna relativamente esbelta, es decir, que tiene una sección transversal pequeña en relación con su longitud y está sujeto a la compresión axial y flexo-compresión, es fabricado con acero de alta resistencia preferentemente acero inoxidable. El extremo externo del pistón está sujeto a una de las dos horquillas de montaje del dispositivo mientras que el extremo interno está conectado a la cabeza del pistón. Al ponerse en movimiento, el pistón se desliza a través del sello y el retenedor del sello.

– **Fluido**

Los disipadores que forman parte de sistemas estructurales emplean fluidos con una serie de propiedades y requisitos de seguridad. Los fluidos que cumplen con dichas especificaciones son los provenientes de la familia de las siliconas, los cuales son resistentes al fuego (tienen un punto de inflamación mayor a 340 °C), son inertes, son completamente atóxicos y son térmicamente estables.

– **Cilindro**

Funciona como recipiente a presión este es el que contiene el fluido. Usualmente es fabricado a partir de un tubo de acero de una sola pieza. No es admisible soldar o ensamblar piezas para cilindros de disipadores a fin de prevenir la fatiga en el tiempo y el agrietamiento debido a los esfuerzos.

– **Sello**

Los sellos tienen una vida de servicio mayor a los 25 años sin requerir reemplazo periódico. Debido al extenso período de inactividad de los disipadores en una estructura, los sellos no deben desarrollar adherencia a largo plazo ni deben permitir filtración gradual del fluido. Los sellos dinámicos se emplean en la interfase de la barra del pistón y son fabricados de polímeros estructurales de alta resistencia. Los sellos estáticos se emplean en donde los retenedores del sello están conectados al cilindro y consisten en sellos convencionales elastoméricos en forma de anillo.

– **Cabeza del pistón (Pistón Head)**

Es la que separa las dos cámaras de presión dentro del cilindro. La cabeza del pistón desplaza el fluido a través de los orificios que están en su interior, generando de esta forma presión de amortiguamiento.

– **Acumulador**

Permite el desplazamiento del volumen de la barra del pistón mientras entra o sale del disipador durante la excitación sísmica. El acumulador también compensará la expansión y contracción térmica del fluido.

– **Orificios**

Los orificios controlan el flujo presurizado del fluido a través de la cabeza del pistón, el flujo a través de un orificio simple de forma cilíndrica seguirá la ecuación de Bernoulli y la respuesta del disipador será una fuerza proporcional al cuadrado de la velocidad del pistón. Sin embargo, el diseño de los orificios de los disipadores utiliza una serie patentada de pasajes de formas complejas y hace uso de los procesos de control fluídico.

### **1.3.7. Características de los Disipadores Viscosos**

Según Navarro (2017), Menciona el uso de los disipadores de fluido viscoso en las edificaciones según la función e implicación que estos tiene al momento de ser instaladas en las diferentes edificaciones.

–**En función al Sistema Estructural Convencional**

Según Navarro (2017), La capacidad de disipar energía de estos dispositivos de fluido viscosos se incrementa conforme el desplazamiento o velocidad relativa en su interior aumenta, siendo proporcional. Estos dispositivos permiten aquellos desplazamientos gracias al fluido viscoso que llevan en el interior el cual se activa una vez que inicia el movimiento que somete a la estructura a aceleraciones generando así altas velocidades en los amortiguadores.



**–En función de la incorporación en la estructura**

Según Navarro (2017), En diferentes países se utilizan estos dispositivos con fines de reforzamiento de estructuras existentes. Es decir, no solamente se puede diseñar desde el inicio de un proyecto sino incorporarlo a la estructura en un futuro. Esta es una opción atractiva debido a que mejora el desempeño de la estructura sin adicionar elementos rigidizantes tales como son los muros de concreto armado y arriostres metálicos. generalmente estos son adosados a los pórticos. Aquí reside una gran ventaja en comparación con los sistemas de aislamiento sísmico. En edificios nuevos, los amortiguadores han sido usados para controlar la excesiva vibración que pudiera ocasionar daño en los elementos no estructurales como son los equipos y/o artefactos. Inclusive su instalación nos permite reducir secciones estructurales del casco estructural logrando así una reducción en el costo total del proyecto.

**–En función a la estética de la Estructural:**

Según Navarro (2017), Estos dispositivos generalmente son integrados dentro del marco de un pórtico, pueden esconderse fácilmente detrás de muros de drywall y así tener un mínimo efecto en la integridad arquitectónica del edificio. A pesar de esto cabe mencionar que algunos expertos del tema consideran una mejora arquitectónica la exposición de los amortiguadores, inclusive un incremento considerable del valor del proyecto.

**–En función a la vida útil de la Estructural:**

Según Navarro (2017), Los dispositivos de fluido viscoso Taylor Devices no requieren de ningún tipo de mantenimiento ni remplazo durante la vida útil de una edificación, el cual es de 60 años, inclusive luego de algún evento sísmico. El sello y el pisotón garantizan cero fugas. Esta afirmación cuenta con el respaldo de la industria militar que participó directamente en la investigación, así como también está aprobada por el gobierno de los E.E.U.U, La NASA, Trabaja de la mano con el Centro Nacional de Investigación de

Ingeniería Sísmica (NCEER), inclusive existen muchas edificaciones a nivel mundial que demuestran la veracidad de esta propiedad ya que empezaron en el año de 1955.

**–En función al Costo del proyecto:**

Según Navarro (2017), El costo del análisis, diseño, fabricación e instalación de los amortiguadores en una estructura está en función de los siguientes factores:

- Movimiento del suelo y condiciones de suelo.
- Tipo de estructura.
- Desempeño deseado.
- Número de amortiguadores.
- Capacidad de cada disipador en fuerza, desplazamiento y velocidad.
- Refuerzo requerido de elementos estructurales existentes, conexiones o cimentaciones.
- Detalles de construcción e instalación.
- Interrupción en la ocupación del edificio durante la construcción o reforzamiento.

Se recomienda contar con especialistas en todos los campos de manera que pueda controlarse a la mayor medida todos estos factores. El precio de los disipadores varía en función a lo mencionado.

Los disipadores Taylor por lo general tienden a tener un porcentaje bajo en el costo del proyecto. Además, para solicitar estos dispositivos se deben de tener en claro los siguientes datos ya que estos son vitales para la fabricación y el costo de los dispositivos Viscosos los datos requeridos son: Fuerzas máximas, Coeficiente de Amortiguamiento, Exponente de Velocidad, Máximo Stroke, Máxima velocidad, Disposición de los Disipadores y la cantidad requerida según el diseño y arquitectura del Proyecto. El precio es variado para el presente proyecto se utilizarán disipadores de 165 KIP cuyo precio es de 6500 dólares c/u.

**–En función a la Importancia en la estructura:**

Según Navarro (2017), En estructuras importantes y esenciales, el costo relativo de implementar un sistema de amortiguamiento es relativamente bajo en comparación con los gastos que se tendrían que asumir en reparación estructural después del evento sísmico y los gastos originados por los daños del contenido del edificio.

La aplicación de sistemas modernos de amortiguamiento es un valor agregado también desde el punto de vista comercial para aquellos edificios destinados a oficinas o departamentos. Está clasificado como no inflamable e incombustible según las regulaciones OSHA. El rango de la temperatura de funcionamiento es de  $-40^{\circ}\text{F}$  a  $+160^{\circ}\text{F}$ .

Todos amortiguadores de fluido viscoso Taylor son fabricados libres de mantenimiento. No requiere depósitos, tubería externa, indicadores del nivel del fluido, acumuladores o realizar cambios de aceite periódicos. Por lo tanto, todos los usuarios se benefician de nuestros más de 50 años de experiencia en el diseño y fabricación de los productos de amortiguación por fluidos.

El costo de venta de una oficina o departamento en un edificio con disipadores de energía siempre será superior al de un edificio convencional.

### **1.3.8. Fabricantes del Disipador de Fluido Viscoso**

Según Navarro (2017), El principal fabricante de estos dispositivos es la marca Taylor Devices, es de origen estadounidense y líder mundial desde 1954 en la producción de elementos de absorción de shocks por medio de la compresión y control de fluidos que permiten la disipación de energía. La principal ventaja de los dispositivos Taylor es que no requieren de ningún mantenimiento antes, durante o después de haber sido sometidos a solicitaciones de carga. Actualmente, el distribuidor de la marca Taylor es la empresa CDV Perú, que ofrece los disipadores sísmicos viscosos. Así mismo Prisma Ingenieros es un grupo

de empresas especializadas en diseño de estructuras, también ofrece protección sísmica con disipadores de energía.

### 1.3.9. Criterios de ubicación y Disposición de los disipadores Viscosos

Según Villareal & Díaz la rosa (2016), La mejor ubicación de estos dispositivos se consigue mediante un proceso de iteración, teniendo en cuenta la arquitectura y la parte estructural, para lograr ello se debe de seguir las siguientes recomendaciones:

- La estructura no debe presentar irregularidades.
- Para el correcto funcionamiento se debe disponer los dispositivos en todos los niveles.
- Se debe buscar la simetría para evitar la torsión.
- Se debe de configurar los dispositivos en forma diagonal.

Estos disipadores se orientan en forma de Angulo diagonal en el pórtico, para poder absorber las fuerzas horizontales directamente. Así mismo el ASCE 7-10 Recomienda:

- Ubicar 2 (dos) dispositivos como mínimo en la dirección a reforzar.
- Ubicar los Dispositivos en toso los niveles.

Según Navarro (2017), En la actualidad existen 3 tipos de disposiciones del disipador viscoso, debido a que, influye significativamente en la efectividad del amortiguamiento:

- **Disposición Chevron:** Esta disposición se caracteriza por disponer al amortiguador en posición horizontal, paralelo al plano del techo. De este modo se logra absorber las fuerzas horizontales directamente.
- **Disposición Horizontal:** Colocando los amortiguadores en forma horizontal, en la base del edificio trabajando en conjunto con el sistema de aislamiento basal.
- **Disposición Diagonal:** orientar el dispositivo en el ángulo diagonal del pórtico donde se ubicará. Por tanto, solamente la componente horizontal participa en la absorción de fuerzas horizontales, se muestra en la figura 6.

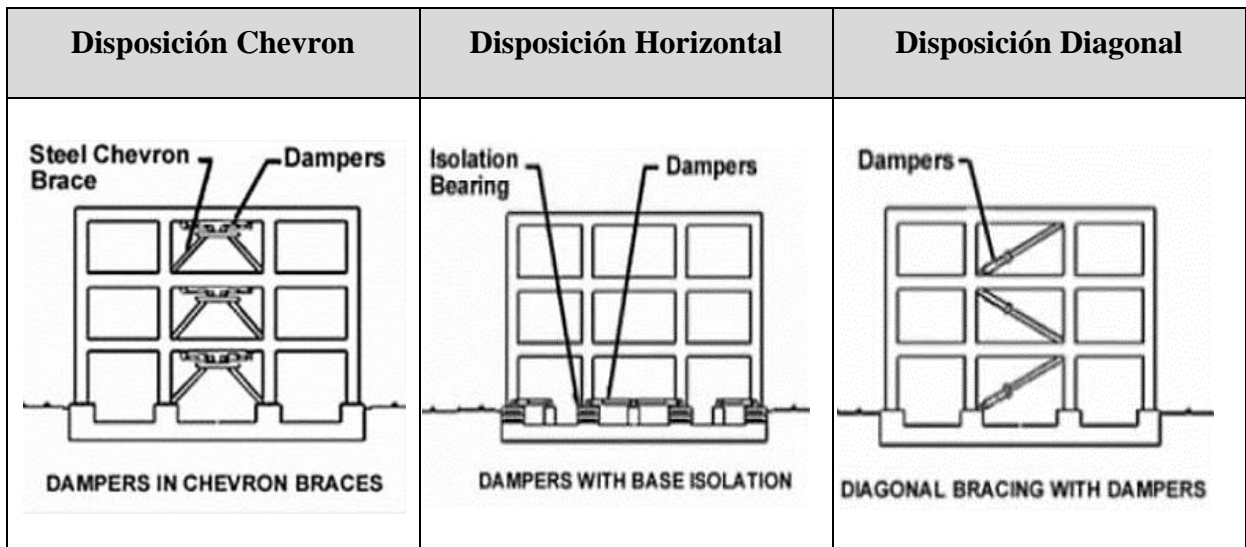


Figura 6. Disposición de los disipadores en una edificación

Fuente: Navarro 2017

### 1.3.10. Instalación de los disipadores de Fluido Viscoso

Según la Norma ASCE 7-10 (2016), Menciona las siguientes recomendaciones de las conexiones entre elementos que conforman el disipador viscoso que se deben de tener para la instalación de estos dispositivos, se muestra en la figura 7.

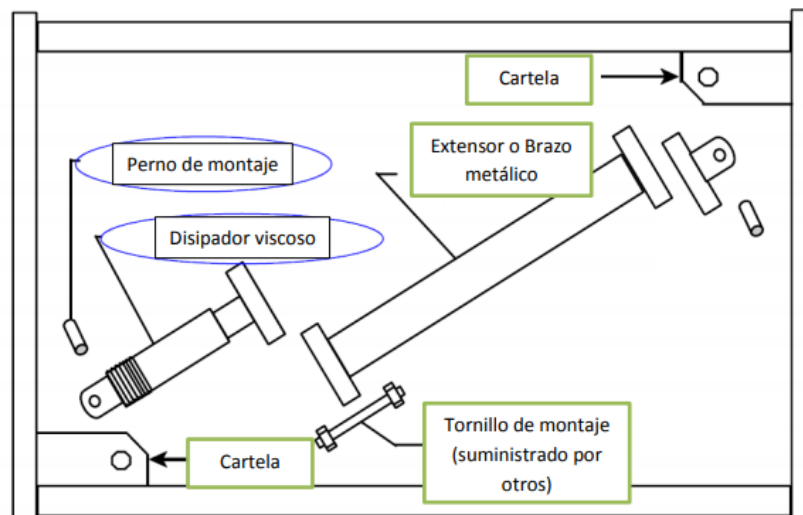


Figura 7. Conexiones en la Disposición Diagonal.

Fuente: Taylor Sap Modeling

### 1.3.11. Representación Matemática del sistema Mecánico del disipador

Según Santos (2018), Menciona que la rigidez axial que proporciona el sistema es liderada por la rigidez del elemento que contiene el disipador, llamado brazo metálico. La rigidez de este elemento es mucho mayor que la del dispositivo de amortiguamiento; por esta razón, los brazos metálicos se contemplan como elementos infinitamente rígidos. Esta es una de las condiciones de equilibrio que nos permiten definir la ecuación del movimiento de la estructura con un sistema de amortiguamiento de un grado de libertad, la cual se muestra a continuación.

*Ecuación 1. Ecuación de condición de equilibrio*

$$m\ddot{x} + C\dot{x} + D + Q = -m\ddot{x}_g$$

$$m\ddot{x} + C\dot{x} + P \cos \varphi = -m\ddot{x}_g$$

**Donde:**

**M:** Masa de la estructura concentrada a nivel de echo.

**C:** Coeficiente de amortiguamiento.

**Q:** Expresión general que considera el comportamiento no lineal.

**P:** Fuerza definida a lo largo del movimiento del sistema de disipación.

**D:** Componente horizontal de la fuerza.

**$\Phi$ :** Ángulo que depende de la configuración del sistema de disipación.

**$x(t)$ :** Desplazamiento de entrepiso.

**$\dot{x}$ :** Velocidad estructural.

**$\ddot{x}$ :** Aceleración estructural.

**$\ddot{x}_g$ :** Aceleración del suelo.

Para este modelo de un grado de libertad se consideran la disposición Diagonal. Finalmente cabe resaltar que la expresión que representa la fuerza en el dispositivo (P) es única para cada tipo de disipador; debido a que cada uno presenta propiedades y características distintas, se muestra en la figura 8.

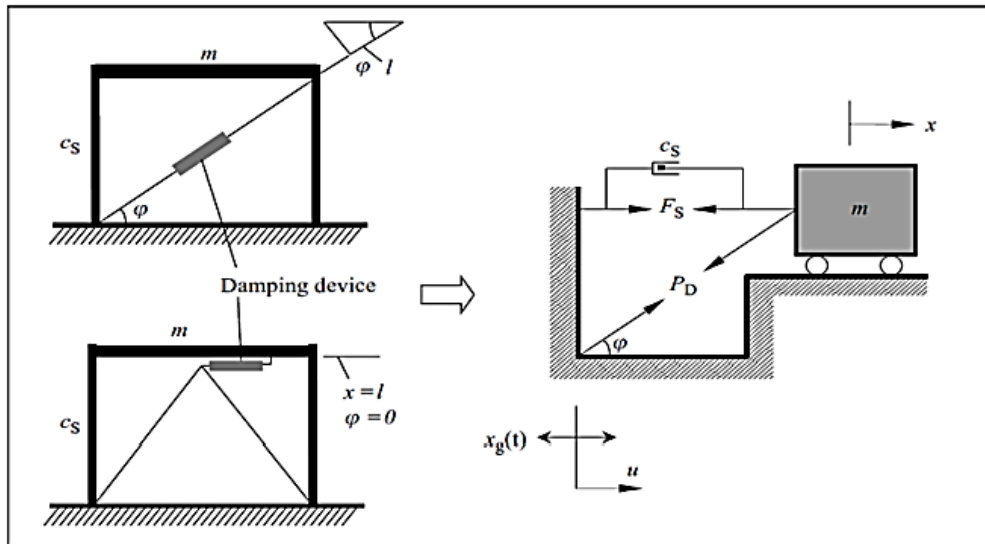


Figura 8. Disposición Diagonal y Chevron 1 grado de libertad

Fuente: Sistema de innovación para el control sísmico

### 1.3.12. Ecuación general que rige el funcionamiento de los disipadores viscosos

Según Santos (2018), En su investigación detalla las ecuaciones que rigen el comportamiento de los disipadores viscosos, la fuerza de amortiguamiento generada en cada disipador viscoso se determina a través de la siguiente ecuación 2.

Ecuación 2.fuerza en el disipador

$$F = CV^\alpha$$

**Donde:**

**F:** fuerza en el disipador.

**C:** constante de amortiguamiento.

**V:** velocidad relativa en el amortiguador.

**$\alpha$ :** coeficiente que varía entre 0.4 y 0.6 en edificaciones.

Es importante observar que no hay ninguna fuerza de resorte en esta ecuación. La fuerza del disipador varía sólo con la velocidad. Para una velocidad dada la fuerza será la misma en cualquier punto del dispositivo.

### 1.3.13. Representación individual de un amortiguamiento

Según Collantes (2018), La forma más sencilla de representación individual de un amortiguador en la estructura es a través del modelo Maxwell. Este modelo considera un resorte lineal denominado Driver en serie con un amortiguador puramente viscoso denominado Dámper, entonces este modelo nos sirve para poder representar lo en el Software Sap2000 como un elemento Link, se muestra en la figura 9.

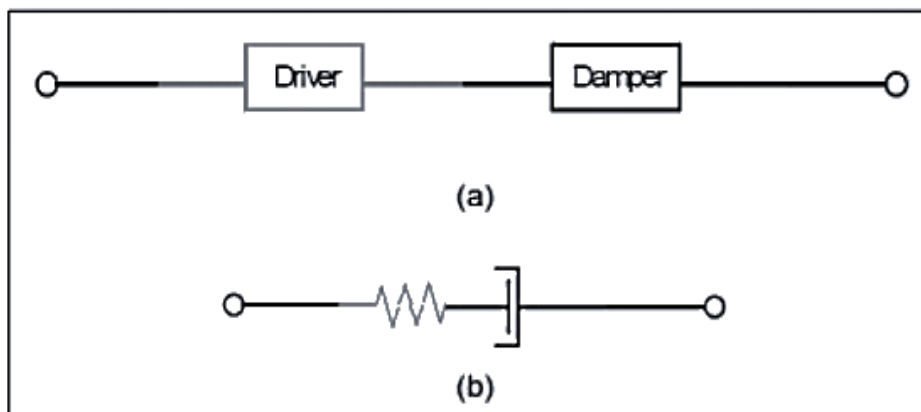


Figura 9. Representación Matemática del Modelo Maxwell.

**Fuente:** Guevara & Torres, 2012

Después de determinar la forma del modelo matemático que se tendrá en el software SAP2000, este elemento se modelará tipo Link, para posteriormente asignar sus propiedades DAMPER del tipo lineal representada según la siguiente ecuación 3.

*Ecuación 3. Ecuación de Maxwell*

$$F = K_D u = C[\text{sgn}(v)]v^\alpha$$



**Donde:**

**F:** Fuerza en el amortiguador

**KD:** Rigidez elástica del resorte

**C:** Coeficiente de velocidad del amortiguador

**A:** Exponente de velocidad

**U:** Deformación axial

**[sgn (v)]:** Función signo

**V:** Velocidad axial

### **1.3.14. Diseño de los disipadores de Fluido Viscoso**

Según el ASCE 7-16 (2016), Menciona que para poder determinar el tipo de dispositivo se debe de Pre-dimensionar estos dispositivos, específicamente en el capítulo 18 menciona cuales son los requisitos de diseño para una estructura que incorpore algún sistema de amortiguación.

### **1.3.15. Reducción de la Respuesta (B)**

El factor de reducción de respuesta sísmica (B) se obtiene dividiendo la deriva máxima obtenida del análisis del edificio sin disipadores ( $D_0$ ) entre la deriva de Diseño ( $D_i$ ) que es la relación que existe entre distorsión y daño estructural. Mediante la siguiente ecuación 4.

*Ecuación 4.Reducción de Respuesta*

$$B = \frac{(D_0)}{(D_i)}$$

Para poder determinar la relación entre distorsión y daño estructural el capítulo 5 de Hazus menciona ciertas características para cada tipo de edificación, la siguiente tabla muestra la etiqueta según el sistema estructural, para el caso del presente proyecto de investigación es una etiqueta C1H, según la tabla mostrada corresponde a las edificaciones entre 8 a 12 pisos se puede apreciar en la figura 10.

No.	Label	Description	Height			
			Range		Typical	
			Name	Stories	Stories	Feet
1	W1	Wood, Light Frame ( $\leq 5,000$ sq. ft.)		1 - 2	1	14
2	W2	Wood, Commercial and Industrial ( $> 5,000$ sq. ft.)		All	2	24
3	S1L	Steel Moment Frame	Low-Rise	1 - 3	2	24
4	S1M		Mid-Rise	4 - 7	5	60
5	S1H		High-Rise	8+	13	156
6	S2L	Steel Braced Frame	Low-Rise	1 - 3	2	24
7	S2M		Mid-Rise	4 - 7	5	60
8	S2H		High-Rise	8+	13	156
9	S3	Steel Light Frame		All	1	15
10	S4L	Steel Frame with Cast-in-Place Concrete Shear Walls	Low-Rise	1 - 3	2	24
11	S4M		Mid-Rise	4 - 7	5	60
12	S4H		High-Rise	8+	13	156
13	S5L	Steel Frame with Unreinforced Masonry Infill Walls	Low-Rise	1 - 3	2	24
14	S5M		Mid-Rise	4 - 7	5	60
15	S5H		High-Rise	8+	13	156
16	C1L	Concrete Moment Frame	Low-Rise	1 - 3	2	20
17	C1M		Mid-Rise	4 - 7	5	50
18	C1H		High-Rise	8+	12	120

Figura 10. Clasificación de la estructura en función de su altura.

Fuente: “Multihazard Loss Estimation Methodology” HAZUS.

Además, en el capítulo 5 de HAZUS menciona según el tipo de sistema estructural una deriva de diseño (Di) según el daño que sufrirá la edificación, a continuación, se muestra en la figura 11 la relación daño/deriva según el tipo de estructura.

Building Properties Type	Height (inches)		Interstory Drift at Threshold of Damage State			
	Roof	Modal	Slight	Moderate	Extensive	Complete
W1	168	126	0.0040	0.0099	0.0306	0.0750
W2	288	216	0.0040	0.0099	0.0306	0.0750
S1L	288	216	0.0060	0.0104	0.0235	0.0600
S1M	720	540	0.0040	0.0069	0.0157	0.0400
S1H	1872	1123	0.0030	0.0052	0.0118	0.0300
S2L	288	216	0.0050	0.0087	0.0233	0.0600
S2M	720	540	0.0033	0.0058	0.0156	0.0400
S2H	1872	1123	0.0025	0.0043	0.0117	0.0300
S3	180	135	0.0040	0.0070	0.0187	0.0525
S4L	288	216	0.0040	0.0069	0.0187	0.0525
S4M	720	540	0.0027	0.0046	0.0125	0.0350
S4H	1872	1123	0.0020	0.0035	0.0093	0.0262
S5L						
S5M						
S5H						
C1L	240	180	0.0050	0.0087	0.0233	0.0600
C1M	600	450	0.0033	0.0058	0.0156	0.0400
C1H	1440	864	0.0025	0.0043	0.0117	0.0300

Figura 11. Relación Daño/Deriva según el tipo de estructura.

Fuente: “Multihazard Loss Estimation Methodology” HAZUS.

### 1.3.16. Amortiguamiento Efectivo ( $B_{eff}$ )

Según Villareal, 2016 Menciona que el valor del amortiguamiento efectivo se determinará por medio de la siguiente ecuación 5.

*Ecuación 5. Amortiguamiento Efectivo*

$$B = \frac{2.31 - 0.41 \ln(B_0)}{2.31 - 0.41 \ln(B_{eff})}$$

Donde ( $B_0$ ) Es amortiguamiento inherente de la estructura que usualmente se fija en 5% para estructuras de concreto armado. De esta manera se obtiene el amortiguamiento efectivo ( $B_{eff}$ ).

### 1.3.17. Amortiguamiento Viscoso Objetivo ( $B_{visc}$ )

Según FEMA 274, indica lo siguiente para estimar el valor del coeficiente de amortiguamiento ( $C$ ) para dispositivos no lineales se puede emplear la siguiente ecuación 6:

*Ecuación 6. Coeficiente de Amortiguamiento*

$$\beta_H = \frac{\sum_j \lambda C_j \phi_{rj}^{1+\alpha} \cos^{1+\alpha} \theta_j}{2\pi A^{1-\alpha} \omega^{2-\alpha} \sum_i m_i \phi_i^2} \rightarrow \sum C_j = \frac{\beta_H \cdot 2\pi A^{1-\alpha} \omega^{2-\alpha} (\sum_i m_i \phi_i^2)}{\lambda (\sum \phi_{rj}^{1+\alpha} \cos^{1+\alpha} \theta_j)}$$

**Donde:**

**$\beta_H$ :** Amortiguamiento viscoso de la estructura.

**$\Lambda$ :** Parámetro Lambda.

**$C_j$ :** Coeficiente de amortiguamiento del disipador.

**$\phi_{rj}$ :** Desplazamiento relativo entre ambos extremos del disipador ( $j$ ) en la dirección horizontal (con nuestro sismo de diseño).

**$\theta_j$ :** Ángulo de inclinación del disipador ( $j$ ).

**$A$ :** Amplitud de desplazamiento del modo fundamental (desplazamiento modal de la losa del ultimo nivel).

**$\omega$ :** Frecuencia angular.

**mi:** Masa del nivel (i).

**ϕi:** Desplazamiento del nivel (i) (con nuestro sismo de diseño).

**α:** Exponente de velocidad.

### 1.3.18. Amplitud de desplazamiento del modo fundamental (A).

Según FEMA 274, indica para determinar el valor de la amplitud para un sismo más desfavorable se emplea la siguiente ecuación 7.

*Ecuación 7. Amplitud de Desplazamiento*

$$A = \frac{10gr_1S_{d1}T_1}{4B_{1D}\pi^2}$$

**Donde:**

**g:** Aceleración de la gravedad.

**r1:** Factor de participación modal.

**Sd1:** Aceleración espectral máxima del sismo de diseño.

**T1:** Periodo del primer modo de vibración.

**B1D:** Coeficiente de amortiguamiento

### 1.3.19. Exponente de Velocidad (α)

Según FEMA 274, describe este exponente para el comportamiento de los disipadores de fluido viscoso, para edificaciones recomienda un  $\alpha < 1$  cuya variación es de 0.4 a 0.5, se ha demostrado experimentalmente el buen funcionamiento par el diseño de edificaciones de concreto armado. Sin embargo, no se recomienda utilizar un  $\alpha > 1$ , debido a que requiere grandes velocidades para incrementar significativamente la fuerza del disipador. En el siguiente grafico se detalla la fuerza de disipación (Fd) con relación a la velocidad (V) se muestra en la figura 12.

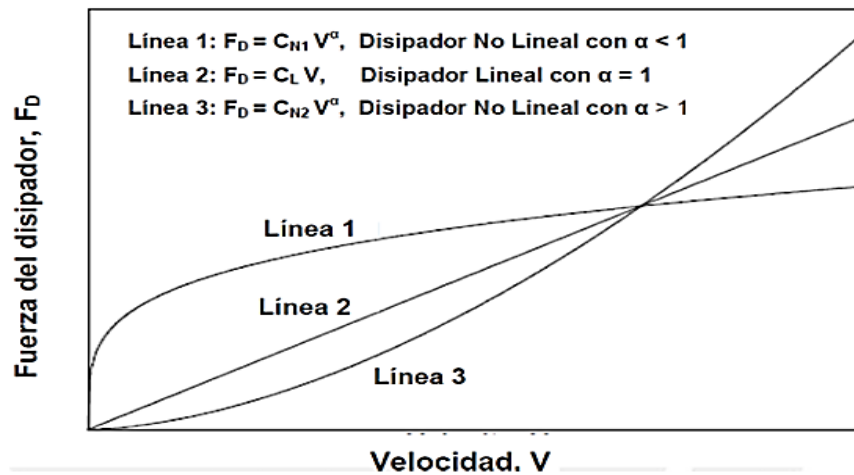


Figura 12. Exponentes de Velocidad

Fuente: *Diseño Estructural con Disipadores Viscosos, 2016*

### 1.3.20. Parámetro Lambda ( $\lambda$ )

Según FEMA 274, 2016. Nos menciona lo siguiente para facilitar este parámetro Lambda ( $\lambda$ ) se obtiene directamente de una tabla con el valor del exponente de velocidad ( $\alpha$ ). A continuación, se muestra en la tabla N°1.

Tabla N° 1: Parámetros Lambda Dependientes de  $\alpha$

VALORES PARA EL PARAMETRO LAMBDA ( $\lambda$ )	
Exponente ( $\alpha$ )	Parámetros Lambda ( $\lambda$ )
0.25	3.70
<b>0.50</b>	<b>3.50</b>
0.75	3.30
1.00	3.10
1.25	3.00
1.50	2.90
1.75	2.80
2.00	2.70

Fuente: *FEMA 274, 2016*

### 1.3.21. Rigidez del brazo metálico

Según FEMA 274, 2016 indica lo siguiente para determinar la rigidez del brazo metálico del disipador viscoso el cual se conecta con la estructura principal, se genera una rigidez axial del dispositivo menor al brazo metálico y cuyo valor se determina con la siguiente ecuación 8.

*Ecuación 8. Ecuación de Rigidez del disipador*

$$K = \frac{EA}{L}$$

**Donde:**

**K:** Rigidez del dispositivo (kip/in).

**E:** Coeficiente de elasticidad del acero (ksi).

**A:** Área de la sección del brazo metálico.

**L:** Longitud del brazo metálico.

En la actualidad es muy común el uso de perfiles HSS o PIPE, por razones de estética y facilidad de instalación. Para los perfiles antes mencionados, se deben validar las siguientes expresiones en el diseño del brazo metálico se aprecia en las siguientes ecuaciones.

*Ecuación 9. Ecuación de Tención Nominal*

$$\phi T_n = \phi F_y A_g > T_u \text{ (Tensión)}$$

**Donde:**

**$\phi$ :** Factor de reducción (0.90).

**$T_n$ :** Tensión nominal (kips).

**$F_y$ :** Esfuerzo de fluencia (ksi).

**$A_g$ :** Área bruta de la sección del brazo metálico (in<sup>2</sup>)

**$T_u$ :** Tensión ultima obtenida a partir de las fuerzas en el disipador (kips).

*Ecuación 10. Ecuación de Rigidez del disipador*

$$\phi P_n = \phi F_{cr} A_g > P_u \text{ (Compresión)}$$

**Donde:**

**$\phi$ :** Factor de reducción (0.90). |

**$P_n$ :** Compresión nominal (kips).

**$F_{cr}$ :** Esfuerzo crítico (ksi).

**$A_g$ :** Área bruta de la sección del brazo metálico (in<sup>2</sup>)

**$P_u$ :** Compresión última obtenida a partir de las fuerzas en el disipador (kips).

Para el cálculo del esfuerzo crítico ( $F_{cr}$ ) se utilizará las siguientes expresiones

*Ecuación 11. Límite de Pandeo inelástico*

$$\frac{KL}{r} \leq 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}}, \quad F_{cr} = \left(0.658 \frac{F_y}{F_e}\right) \cdot F_y$$

*Ecuación 12. Límite de Pandeo elástico*

$$\frac{KL}{r} > 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}}, \quad F_{cr} = 0.877 * F_e$$

En el Cual:

*Ecuación 13. Esfuerzo critico de Pandeo*

$$F_e = \frac{E \cdot \pi^2}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2}$$

**Donde:**

**E:** Módulo de elasticidad del acero (ksi).

**K:** Factor de longitud efectiva, se considera como la unidad.

**$F_e$ :** Esfuerzo critico de pandeo elástico, Euler (ksi).

**L:** Longitud del brazo metálico (in).

**R:** Radio de giro (in).

El grado de amortiguamiento se comprobará mediante la fórmula del decremento Logarítmico.

Ecuación 14. Esfuerzo critico de Pandeo

$$\ln \left( \frac{x_t}{x_{(t+nT)}} \right) \cong \frac{2n\pi\xi}{\sqrt{1 - \xi^2}}$$

Donde:

$\xi$ : Amortiguamiento alcanzado por la estructura bajo las propiedades del disipador.

$x_t$ : Desplazamiento en el tiempo “t” de vibración.

$x_{(t+nT)}$ : Desplazamiento en el tiempo “t+nT” de vibración.

$n$ : Número de ciclos.

### 1.3.22. Modelamiento del sistema de amortiguamiento

Según FEMA 274, 2016 Indica que para modelar una estructura que es del tipo lineal, al incorporar los disipadores de fluido viscoso que son del tipo no lineal. Por ello se debe de introducir las propiedades en el software SAP2000 V.20 los elementos “Link”, en primer lugar, se deben de ubicar en la estructura según criterio del investigador y seguidamente se colocan las siguientes propiedades se muestra en la figura 13.

Figura 13. Propiedades del Disipador en el Software SAP2000 V.20

Fuente: Propia



Como se señaló anteriormente los disipadores viscosos dependen de la velocidad para disipar energía, tal es así que la fuerza que se genera en estos dispositivos es: Teniendo en consideración esto, se puede ver que cuando el pórtico llegue a su desplazamiento máximo ( $t_1$ ), la fuerza de amortiguamiento en el dispositivo viscoso será igual a cero pues en este instante la velocidad es igual a cero, se muestra en la figura 14.

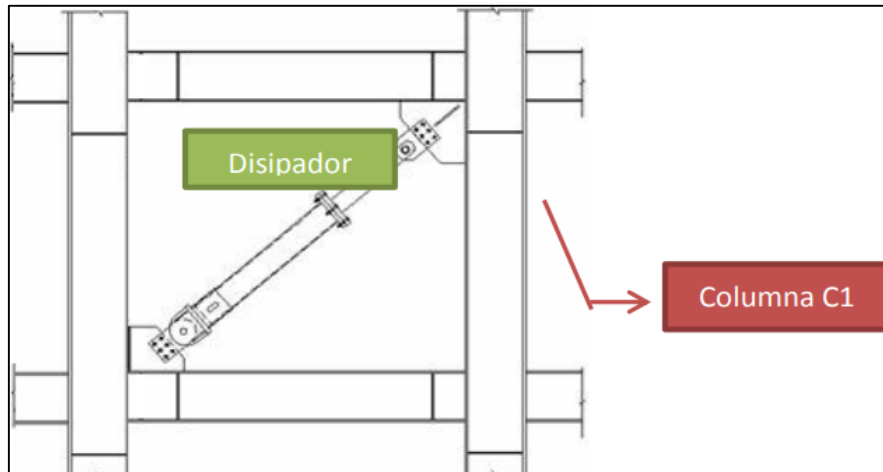


Figura 14. Dispositivo incorporado en la estructura

Fuente: Días La Rosa, 2014

### 1.3.23. Balance de Energía Sísmica en las Estructuras

Según Collantes (2018), Ante un evento sísmico una serie de vibraciones longitudinales y transversales ingresan a la estructura convertida en energía y la estructura deberá soportar la excitación sísmica cumpliendo la siguiente ecuación 15.

Ecuación 15. Balance de Energía Sísmica

$$E_i = E_k + E_s + E_\xi + E_t$$

**Donde:**

**E<sub>i</sub>:** La energía de entrada por el sismo.

**E<sub>k</sub>:** Energía Cinética, es parte de la energía total que se transforma en movimiento o calor.

**E<sub>s</sub>:** Energía de deformación elástica o Energía potencial, es parte de la energía que se transforma en deformación de los elementos del sistema.

$E\xi$ : Energía de amortiguamiento, es parte de la energía que es disipada por fuentes de amortiguamiento.

Esta ecuación es también llamada la ecuación de balance de energía de un sistema estructural sometido a una excitación sísmica. El miembro derecho de la ecuación representa la acumulación de energía que se genera en la estructura debido al ingreso de energía liberada producto de un sismo.

Genner & La Rosa Sánchez, 2016 mencionan en su investigación lo siguiente. Para que el sistema estructural soporte diferentes sollicitaciones sísmicas, la energía de entrada ( $EL$ ) debe ser disipada por la suma de la energía cinética ( $EK$ ), elástica ( $ES$ ), de amortiguamiento ( $EA$ ) e inelástica ( $ED$ ). En la figura 15 se muestra el balance energético de una edificación sin sistema de disipación de energía color celeste y en la figura 15 se observa la distribución de energía para la misma edificación, pero esta vez considerando dispositivos de disipación de energía color rojo. La energía de ingreso es de color celeste, la energía que absorbe el disipador es de color rojo, la energía cinética con el color morado.

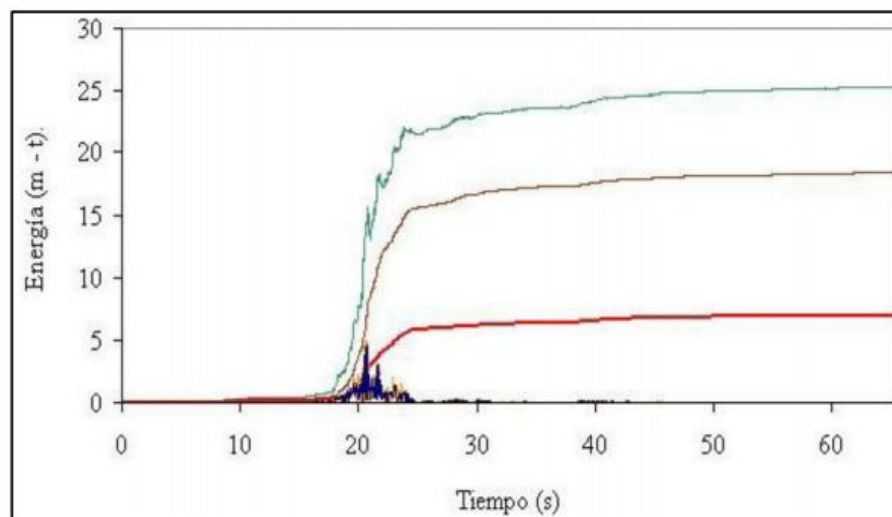


Figura 15. Balance energético de un edificio con disipadores Sísmicos

Fuente: Genner & La Rosa Sánchez 2016

### 1.3.24. Los Esfuerzos Dinámicos y Desplazamientos

Según Díaz la Rosa M (2014), Indica que cuando el pórtico llegue a su desplazamiento máximo, la elongación en el dispositivo (producto de la fuerza de tracción) será máxima, cuando el pórtico regresa al equilibrio, las deformaciones en el dispositivo serán igual a cero, pues este también regresa a su posición inicial, y nuevamente la deformación en el disipador (por la fuerza de compresión) será máxima en el tiempo, se muestra en la figura 16.

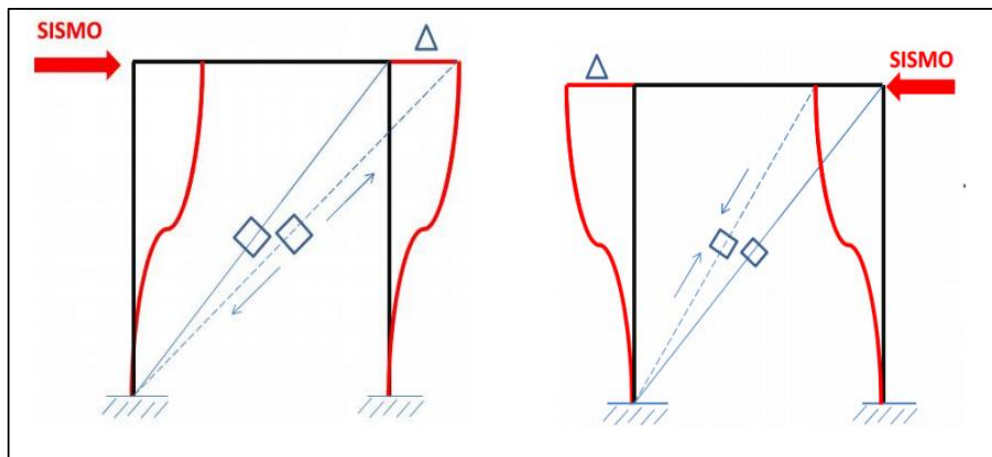


Figura 16. Desplazamientos Máximos

Fuente: *Días La Rosa, 2014*

### 1.3.25. Diseño Sismorresistente Convencional

Según la Norma Peruana E030 “Diseño Sismorresistente”, (2018). Esta Norma establece las Condiciones mínimas para que las edificaciones diseñadas tengan un comportamiento sísmico acorde con los principios señalados en sus numerales. Se aplica al diseño de todas las edificaciones nuevas, al reforzamiento de las existentes y a la reparación de las que resultaran dañadas por la acción de los sismos. La filosofía del Diseño Sismorresistente consiste en: Evitar pérdida de vidas humanas, Asegurar la continuidad de los servicios básicos, Minimizar los daños a la propiedad.

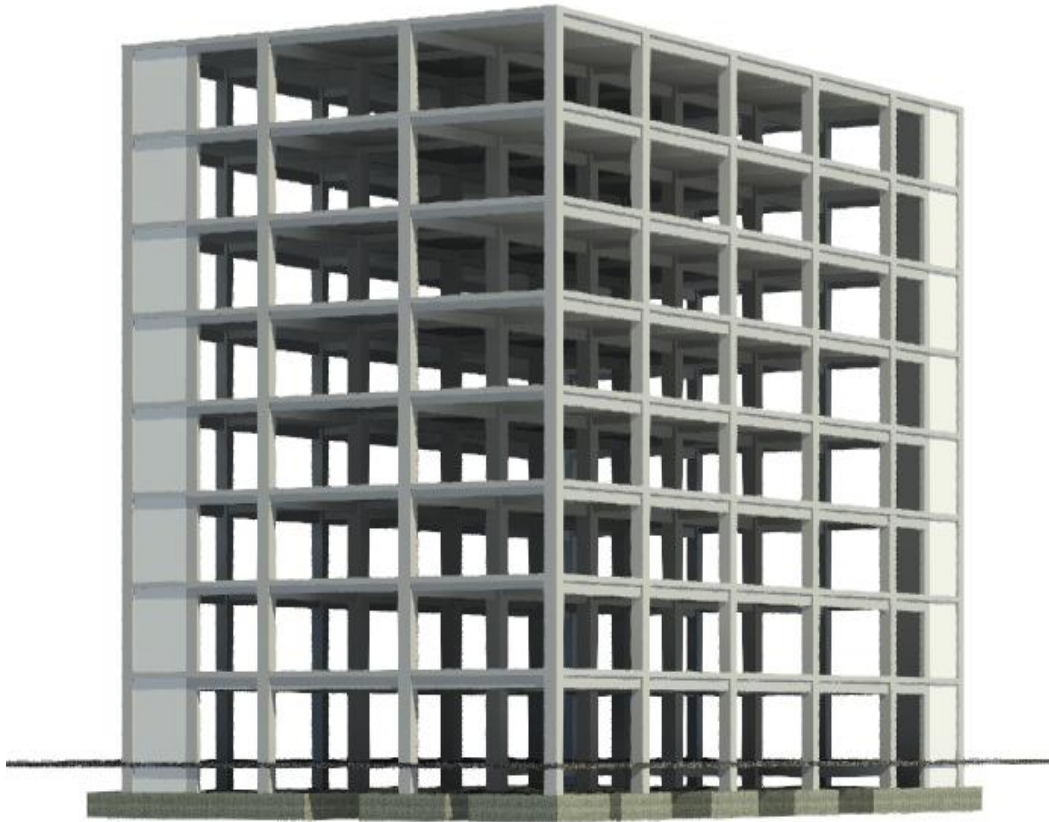
Se reconoce que dar protección completa frente a todos los sismos no es técnica ni económicamente factible para la mayoría de las estructuras. En concordancia con tal filosofía se establecen en la presente Norma los siguientes principios:

- La estructura no debería colapsar ni causar daños graves a las personas, aunque podría presentar daños importantes, debido a movimientos sísmicos calificados como severos para el lugar del proyecto.
- La estructura debería soportar movimientos del suelo calificados como moderados para el lugar del proyecto, pudiendo experimentar daños reparables dentro de límites aceptables.
- Para las edificaciones esenciales, se tendrán consideraciones especiales orientadas a lograr que permanezcan en condiciones operativas luego de un sismo severo.

Toda edificación y cada una de sus partes serán diseñadas y construidas para resistir las solicitaciones sísmicas prescritas en esta Norma, siguiendo las especificaciones de las normas pertinentes a los materiales empleados. Debe tomarse en cuenta la importancia de los siguientes aspectos:

- Simetría, tanto en la distribución de masas como de rigideces.
- Selección y uso adecuado de los materiales de construcción.
- Continuidad estructural, tanto en planta como en elevación.
- Deformación lateral limitada.
- Inclusión de líneas sucesivas de resistencia (redundancia estructural).
- Consideración de las condiciones locales.
- Buena práctica constructivas

Se mencionará los parámetros ya establecidos por la normativa vigente E030 “Diseño Sismorresistente” publicada en el año 2019. (ver anexo N°01 hasta el anexo N°11).



*Figura 17. Diseño Sismorresistente Convencional*

**Fuente:** Propia, Revit (2019)

### 1.3.26. Diseño Sismorresistente incorporando la protección sísmica

Una manera de reducir la amenaza sísmica ocasionada por eventos naturales es correspondida a los sistemas de protección sísmica como son los aisladores y los disipadores sísmicos. Estos tienen la función de absorber la energía sísmica producida en el subsuelo y que es transmitida por la superficie terrestre hasta las edificaciones produciendo daños estructurales y sobre todo poniendo en riesgo la vida de las personas que se encuentran en los interiores.

Por ellos Estos sistemas tienen la finalidad de reducir los desplazamientos o derivas de entrepiso para disminuir el daño o el colapso estructural. En este caso esto se logra incorporando a la estructura un sistema mecánico denominado disipador de fluido viscoso, cuya única función es reducir en gran medida las alteraciones estructurales producidas por algún fenómeno natural como son: los sismos de pequeña y gran magnitud, los fuertes vientos producidos en la parte superior de las estructuras esbeltas, y los fuertes cambios de temperatura producidos en la estructura. Entonces este sistema mecánico de amortiguamiento genera una reducción del espectro de Pseudo-aceleraciones o aceleración espectral, se muestra en la figura 18.

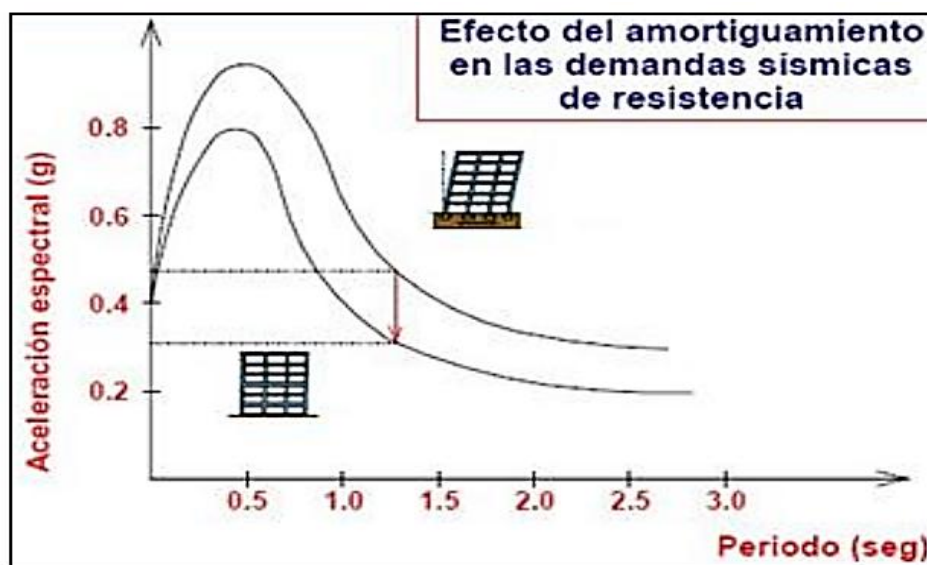


Figura 18. Comparación de espectro convencional vs espectro con amortiguamiento  
Fuente: Navarro, 2017

### 1.3.27. Unidad de Estudio

#### – Sistema Aporticado sismorresistente tradicional

Según Navarro (2017), El diseño sismorresistente tradicional tiene como filosofía evitar el colapso de las estructuras sin importar los daños que recibe la estructura a causa de los movimientos sísmicos severos o de gran magnitud. Además, la estructura no incursiona en el rango inelástico y los elementos estructurales se comportan de manera muy rígida o muy dúctiles no existe un balance preciso. Estos elementos al ser sometidos a esfuerzos importantes reciben deformaciones no recuperables, teniendo como consecuencia un daño estructural cuantioso e irreparable. Los sistemas estructurales están conformados por muros estructurales, columnas, vigas, losas, zapatas, existen también los sistemas duales, marcos rígidos arriostrados, armaduras de acero, etc.

Los sistemas tradiciones de construcción poseen un modelo estandarizado, es decir no existe un balance entre ductilidad y resistencia en su comportamiento, lo que ocasiona esto es que, si la estructura es muy dúctil esta se comporta ante una demanda sísmica de la siguiente manera, sus componentes estructurales experimentarán deformaciones más allá del límite elástico puede afectar de manera significativa su resistencia o rigidez por lo tanto produce un daño estructural grave o de gran magnitud. Por lo contrario, si la estructura es muy resistente ante una demanda sísmica la estructura se comporta con gran rigidez, debido a que los elementos estructurales están sobredimensionados y esto genera un alto coste de construcción, por lo tanto, no existe un balance exacto entre ductilidad y resistencia en las edificaciones que tienen un sistema de construcción tradicional, se muestra en la figura 19.

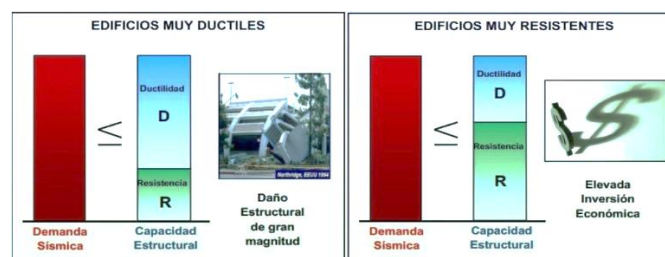


Figura 19. Comparación entre estructura muy dúctiles y resistentes

Fuente: Navarro, 2017

### **1.3.28. Requisitos ASCE Para el Procedimiento de Análisis**

ASCE 7-16, 2016 indica lo siguiente para el diseño de estructuras con un sistema de amortiguación, se debe consultar la normativa americana del ASCE 7-16 específicamente, el capítulo 18 denominado “Requisitos de diseño sísmico para estructuras con sistemas de amortiguación”. Detalla cual es el procedimiento a seguir, para ellos existen cuatro métodos estos son; Análisis de respuesta espectral, Análisis No Lineal estático o Análisis Pushover, Análisis de fuerza lateral equivalente y Análisis Tiempo – Historia. Para esta investigación se utilizarán los dos primeros análisis el Análisis Pushover y el Análisis Modal Espectral. Teniendo en consideraciones las recomendaciones de la norma E.30 “Diseño Sismorresistente”.

### **1.3.29. Modelamiento en SAP2000**

Para el modelamiento estructural de la presente investigación se realizará en el software SAP2000. Este es un programa de elementos finitos, con interfaz gráfico 3D, preparado para realizar, de forma totalmente integrada, la modelación, análisis y dimensionamiento del más amplio conjunto de problemas de ingeniería de estructuras.

Conocido por su flexibilidad al momento de analizar, por su poder de cálculo y por la fiabilidad de los resultados. La versatilidad en modelar estructuras permite su utilización en el dimensionamiento de edificios cuya infraestructura necesite ser analizada y dimensionada. Con respecto a las acciones, es posible generar automáticamente cargas de sismo y posteriormente, hacer el dimensionamiento y comprobación automática de estructuras de hormigón armado, a través de la normativa peruana. Las diversas herramientas de análisis y los procesos desarrollados en SAP2000 permiten la evaluación de grandes desplazamientos en cada etapa de la estructura, el análisis modal y finalmente permite la secuencia constructiva. Desde sencillos modelos estáticos utilizados para análisis 2D, a los modelos complejos y de



grandes dimensiones que requieren análisis avanzados no lineales, el programa SAP2000 es la solución más eficiente y productiva para los ingenieros de estructuras en general.

### 1.3.30. Análisis estático no Lineal Pushover

Según Villareal, 2016 en su libro menciona que el análisis sísmico estático no lineal es un método eficaz para poder determinar la capacidad de resistencia vs deformación, de una estructura convencional bajo una distribución de fuerzas inerciales producidas por un sismo. Este análisis se realiza sometiendo a la estructura convencional a un patrón de cargas laterales denominadas  $F_i$  que se incrementan de manera monotónica en función a la esbeltez de la estructura hasta alcanzar su capacidad máxima. Entonces si utilizando este procedimiento, es posible identificar la secuencia del agrietamiento, cedencia y fallo de los componentes estructurales, así como los estados límites de servicio de la estructura, las deformaciones, momentos y cortantes de la estructura, se muestra en la figura 20.

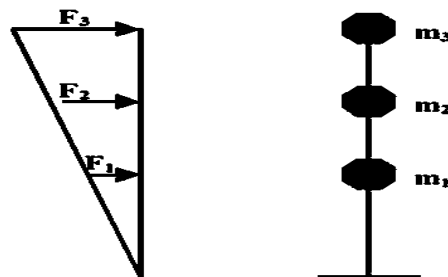


Figura 20. Representación de las fuerzas laterales y las masas Inerciales

Fuente: Villareal, 2016

### 1.3.31. Análisis Modal Espectral

Según la Norma E030 “Diseño Sismorresistente” indica que para modelar la estructura se utilizó un análisis modal espectral, es decir aparte del análisis estático que es más impreciso se utilizó un análisis dinámico para tener una comparación entre ambos análisis estructurales y conocer el antes y después de incorporar los dispositivos de fluido viscosos. Para este análisis se usaron los parámetros brindados por la norma E.030 “diseño

sismorresistente” En esta investigación no se verificará la irregularidad en planta ni en altura ya que la estructura es regular, sabiendo esto la estructura se analizará con un espectro patrón establecida en la norma E.030” Diseño Sismorresistente” para suelos intermedios, se muestra en la figura 21 y 22.

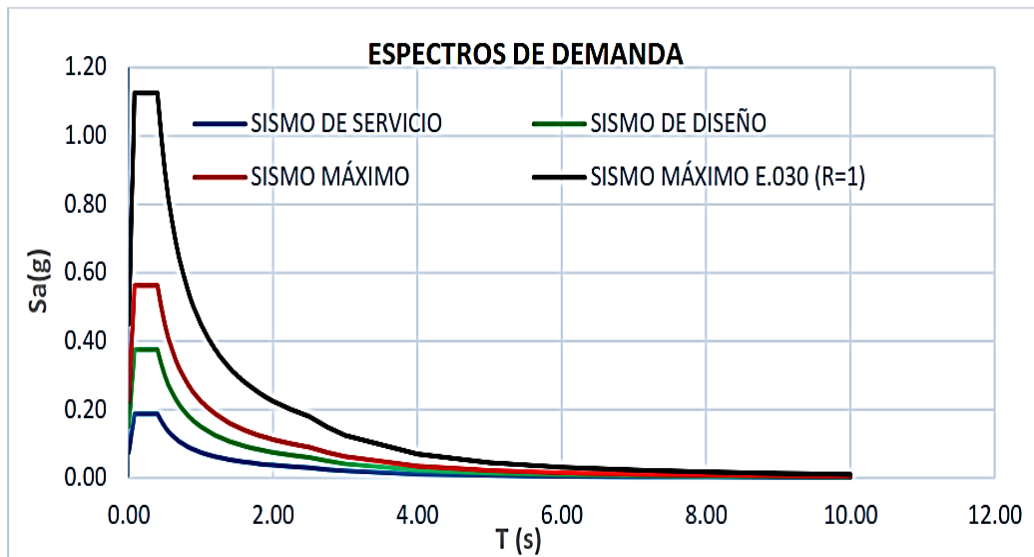


Figura 21: Espectro de Demanda

Fuente: Otiniano, 2019

SUELO INTERMEDIO	
Intervalo	Relación
$T \leq 0,6$	$C = 2,5$
$0,6 < T \leq 2$	$C = 2,5 \left( \frac{0,6}{T} \right) = \frac{1,5}{T}$
$T > 2$	$C = 2,5 \left( \frac{0,6,2}{T^2} \right) = \frac{3}{T^2}$

Figura 22: Intervalos del suelo Intermedio

Fuente: Norma E030

### 1.3.32. Cálculo de la Masa Participativa

Según la Norma E.030 “Diseño Sismorresistente”, 2016 menciona lo siguiente, al realizar un análisis de una estructura en dos direcciones, se tendrá que cumplir con los parámetros establecidos en dicha norma, el número determinado de modos de vibración y el porcentaje de masa participativa. El número de modos de vibración debe estar entre 5 y 8 para edificaciones de 8 niveles y el porcentaje de participación debe sobrepasar masa mínima en un 90% total de la masa del edificio de la estructura.

### 1.3.33. Condiciones de Verificación

Según la Norma Diseño Sismorresistente (2019), Menciona las condiciones que se deben de verificar y cumplir para este tipo de análisis, En cada dirección se considerarán aquellos modos de vibración cuya suma de masas efectivas sea por lo menos el 90 % de la masa total, pero deberá tomarse en cuenta por lo menos los tres primeros modos predominantes en la dirección de análisis. Se muestra a continuación la tabla N°2.

*Tabla N° 2. Condiciones de Verificación de los modos de Vibración.*

N° PISOS	N° MODOS
≤ 5	3
6 HASTA 10	5
11 HASTA 15	8
16 HASTA 20	10
≥ 21	12

**Fuente:** Norma Diseño Sismorresistente (2019).

Se debe de trabajar con 3 modos por nivel, en este caso se utilizaron un total de 8 niveles por 3 C/U =21 modos de vibración para el análisis. (Ver el anexo 30 y 31). Sobre los modos calculados, (ver anexo 14) para los niveles del proyecto.

### 1.3.34. Cálculo de la Deriva entrepiso

Para determinar los desplazamientos que sufre la edificación ante un evento sísmico es necesario determinar la deriva entrepiso, es decir se debe determinar el máximo desplazamiento relativo establecidos en la norma E'030", de acuerdo con el material Predominante utilizando al siguiente formula. Donde,  $\Delta D_{max}$ , es la variación de deformaciones y h es la altura. Ver ecuación 16.

*Ecuación 16. Cálculo de Deriva de Entrepiso*

$$\frac{\Delta D_{max}}{h}$$

### 1.3.35. Rotura Plástica

Según Tocto (2019), Menciona lo siguiente una rótula plástica se produce cuando el material de una determinada sección viga o columna, alcanza las deformaciones plásticas, es decir comienza introducirse en el rango inelástico, este mecanismo permite grandes deformaciones en la estructura las cuales se expresan en forma de rotación, es decir los momentos se mantienen constantes; por otro lado, las rótulas plásticas permiten transferir momentos a otros elementos adyacentes que aún no han alcanzado su capacidad máxima, este proceso es conocido como “Redistribución de momentos”, se muestra en la figura 23.

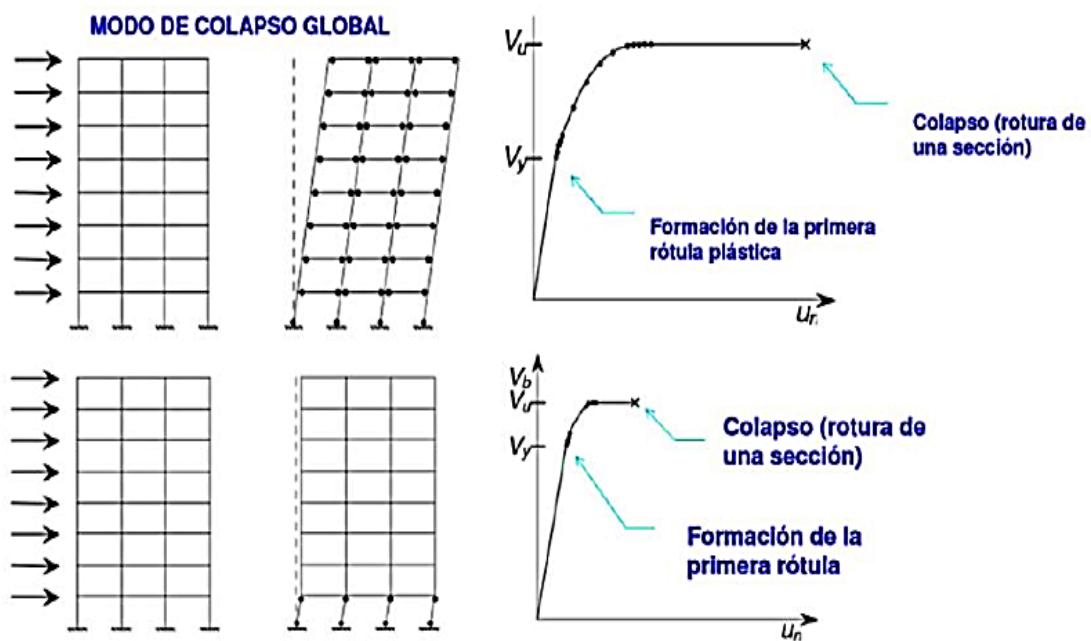


Figura 23: Rotura Plástica

Fuente: Tesis de Diseño sismorresistente 2019

### 1.3.36. Requisitos generales de Diseño Estructural

ASCE 7-16 2016, menciona para el diseño de las estructuras, se debe considerar los requisitos básicos para poder incorporar el sistema de amortiguación. Uno de las fuerzas es El cortante basal sísmico utilizado para el diseño del sistema resistente a fuerzas sísmicas no podrá ser inferior a “ $V_{min}$ ”, donde  $V_{min}$  se determina como el mayor de los valores calculados utilizando ver ecuación 17.

*Ecuación 17. Ecuación del Cortante Basal*

$$V_{min} = \frac{V}{B_{V+1}}$$

$$V_{min} = 0.75V$$

**Donde:**

**V<sub>min</sub>:** Cortante basal sísmica mínima.

**V:** Cortante basal sísmica en la dirección de interés.

**B<sub>V+1</sub>:** Coeficiente numérico para la amortiguación efectiva es igual a la suma de amortiguamiento viscoso y amortiguación inherente a la siguiente figura del ASCE 7-16.

### 1.3.37. Diseño Estructural

Según la Norma E.060 "Diseño Concreto Armado", 2016 indica cuales son las fuerzas que se deben de usar para obtener la condición más desfavorable de diseño estructural.

- a) **Combinaciones/factores de carga.** En donde se indica la resistencia requerida para las cargas muertas (CM) y cargas vivas (CV) y además se debe de considerar las cargas de sismo (S) como se muestran ver ecuación 18.

*Ecuación 18. Diseño de Cargar más Desfavorables*

$$W_u = 1.4 CM + 1.7 CV$$

$$W_u = 1.25 (CM + CV \pm S)$$

$$W_u = 0.9 CM \pm 1.25 S$$

**Donde:**

**W:** Carga ultima.

**CM:** Carga muerta.

**CV:** Carga viva.

**S:** Sismo.

**b) Factor de Reducción de Capacidad.** Este factor toma en cuenta las inexactitudes de los cálculos, materiales, ejecución y dimensionamiento. La norma menciona los siguientes factores de reducción de capacidad.

- Por flexión  $\phi=0.90$
- Por Cortante y Torción  $\phi=0.85$
- Por Flexo-compresión  $\phi=0.75$  (Columnas Con Espirales)
- Por Flexo-compresión  $\phi=0.70$  (Columnas Con Estructuras)

**c) Relación de Poisson.** Se encuentra en la relación entre la deformación transversal y la deformación en la dirección de la carga uniaxial aplicada y oscila de 0.15 a 0.20 para el concreto. Para el presente proyecto de investigación se consideró 0.20 en la relación de poisson.

### 1.3.38. Cargas de Diseño

Según la Norma Peruana E.020, 2016 menciona las cargas de gravedad que se deben de tener en cuenta para el diseño del modelo estructural el cual va en función al uso de la estructura a continuación se detalla.

#### **Carga Muerta**

- Peso de la losa Aligerada = 0.35 Tn/m<sup>2</sup>
- Peso de acabados = 0.10 Tn/m<sup>2</sup>

#### **Carga Viva**

- S/C Oficinas = 0.25 Tn/m<sup>2</sup>
- S/C Techo = 0.10 Tn/m<sup>2</sup>

### 1.3.39. Metrado de cargas:

Para el caso de la carga muerta de los elementos como columnas, vigas, muros estructurales, losas, arriostres y disipadores teniendo en cuenta el peso específico del material de cada elemento. Ver tabla N°3.

*Tabla N° 3. Peso Específico del Material*

<b>CARGA MUERTA</b>		
<b>ELEMENTOS</b>	<b>MATERIAL</b>	<b>PESO ESP. (Kg/m3)</b>
Columnas	Concreto	2 400
Vigas	Concreto	2 400
Losas	Concreto	2 400
Muros estructurales Placas	Concreto	2 400

**Fuente:** Norma técnica peruana E060.

### 1.3.40. Propiedades de los Materiales

Las propiedades mecánicas de los materiales que se emplearon para la elaboración del presente proyecto de investigación en el modelo estructural se detallan ver Tabla N°4.

*Tabla N° 4. Propiedades de los Materiales*

<b>PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO</b>		<b>PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ACERO</b>	
<b>Resistencia a la compresión (F'c)</b>	210 kg/cm <sup>2</sup>	<b>Esfuerzo de Fluencia (fy) Kg/cm<sup>2</sup></b>	4200
<b>Módulo de Elasticidad (Ec)</b>	217370.65 kg/cm <sup>2</sup>	<b>Módulo de Elasticidad (Es) Kg/cm<sup>2</sup></b>	2100000
<b>Módulo de Poisson (μ)</b>	0.2		

**Fuente:** Norma técnica peruana E060.

### 1.3.41. Predimensionamiento Estructural

Según Oviedo, 2016. Para realizar el Predimensionamiento estructural se tendrá en cuenta los siguientes Criterios.

#### a) Predimensionamiento Losa Aligerada

*Ecuación 19. Cálculo de Losa Aligerada*

$$H = \frac{L_n}{25}$$

**Donde:**

**H:** Peralte de la losa

**L<sub>n</sub>:** Luz menor entre ejes

#### b) Predimensionamiento de Vigas Principales y Secundarias

*Ecuación 20. Cálculo de Vigas*

$$VP; h = \frac{L}{12} \quad ; \quad b = \frac{1}{2}h$$

$$VS; h = \frac{L}{14} \quad ; \quad b_{min} = 0.25m$$

**Donde:**

**VP:** Viga Principal

**VS:** Viga Secundaria

**b:** base efectiva

**b<sub>min</sub>:** base mínima requerida

**h:** Peralte efectivo

**L:** Longitud entre ejes

#### c) Predimensionamiento de Columnas

- El Peso de Servicio es para una estructura Tipo C = 1000 Kg/cm<sup>2</sup>.
- Si se trata de una columna central con poco esfuerzo.



*Ecuación 21. Cálculo de Columna Central*

$$A_{Col} = \frac{P.Servicio}{0.45F'_c}$$

- Si se trata de una columna afectada por el sismo, o se encuentra en las esquinas del edificio.

*Ecuación 22. Cálculo de Columna Esquinera*

$$A_{Col} = \frac{P.Servicio}{0.35F'_c}$$

- Área de la columna = P. Servicio /0.25fc si además se trata de una columna que sostiene luces grandes y con posibles excentricidades.

*Ecuación 23. Cálculo de Columna excéntrica*

$$A_{Col} = \frac{P.Servicio}{0.25F'_c}$$

**d) Predimensionamiento de Muros Estructurales:**

- La nomenclatura de los muros estructurales será: La placa se denominará (D). Los brazos absolutamente rígidos se expresan como ER (elemento rígido) y las columnas extremas como CD. Para que los elementos ER sean infinitamente rígidos, se da a E (módulo de elasticidad) un valor muy alto. Para poder determinar estos elementos que conforma el muro estructural se calculará ver figura 24.

**Donde:**

- **A:** El área total de la sección
- **CT:** Constante torsional
- **D:** Momento de Inercia D
- **CD:** Momento de inercia del CD
- **AC:** Área de corte paralelo Al eje D y CD

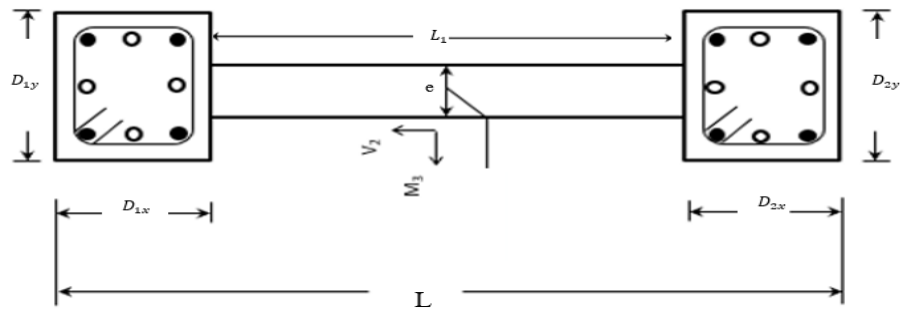


Figura 24: Diseño de Placa estructural

Fuente: Propia

### 1.3.42. Diseño Por Flexión

Según la Norma E.060 "Diseño Concreto Armado", 2016 menciona para poder diseñar los elementos estructurales se debe de cumplir la siguiente condición ver ecuación 24.

Ecuación 24. Condición Diseño por Flexión

$$\phi * Mn \geq Mu$$

Esta expresión hace mención a la resistencia de una sección de la viga, esta no debe ser menor que el momento ultimo actuante en los elementos estructurales. Para el diseño por flexión, la norma E-060 "Diseño Concreto Armado", indica que se debe usar un factor de reducción cuyo factor es  $\phi = 0.9$ . Para poder calcular el acero de refuerzo, el momento flector actuante en la sección, la resistencia a la compresión del concreto, el esfuerzo de fluencia y las dimensiones de la sección ver ecuación 25.

Ecuación 25. Cálculo del área de acero

$$As = \frac{0.85 * f'c * bw}{fy} * \left( d - \sqrt{d^2 - \frac{4 * Mu}{1.7 * \phi * f'c * bw}} \right)$$

Donde:

$f'c$ : Resistencia del concreto.

$bw$ : Ancho de la viga.

$fy$ : Esfuerzo de fluencia del acero.

$d$ : Peralte efectivo de la sección.

***Mu***: Momento último actuante en la sección.

***ϕ***: Factor de reducción de capacidad.

Para calcular la cuantía mínima se tomará el mayor de los tres valores calculados en las siguientes ecuaciones:

*Ecuación 26. Cálculo de cuantía mínima*

$$\rho_{min} = \frac{1.4}{f_y} \quad ; \quad \rho_{min} = 0.8 * \frac{f'_c}{f_y} \quad ; \quad \rho_{min} = 0.0033$$

Posteriormente se determina la profundidad del bloque de compresiones (*c*), mediante la siguiente ecuación 27.

*Ecuación 27. Profundidad bloque de compresión*

$$c = \frac{A_s * f_y}{0.85 * f'_c * b_w * \beta_1}$$

**Donde:**

***β<sub>1</sub>***: Factor relacionado con la resistencia a la compresión del concreto, el cual se toma como 0.85 para valores menores a 28 MPa y decrece en 0.05 por cada 70 MPa que aumenta la resistencia a la compresión del concreto. Finalmente se verifica que la relación entre la profundidad del bloque de compresiones y el peralte efectivo sea menor que 0.42 para aceros de refuerzo con esfuerzos de fluencia de 420 MPa, para asegurar que la falla de la sección sea dúctil ver ecuación 28.

*Ecuación 28. Condición de Falla Dúctil*

$$c/d \leq 0.42.$$

**Donde:**

***c***: Profundidad del bloque de compresiones.

***d***: Altura del peralte efectivo de la sección de la viga.

### 1.3.43. Diseño de Vigas Por Cortante

Según la Norma E.060 Diseño de Concreto Armado (2016), Menciona que le diseño se debe efectuar por fuerza cortante y que debe de satisfacer las siguientes condiciones.

*Ecuación 29. Condición de Fuerza Cortante*

$$\phi V_n \geq V_u \quad ; \quad V_n = V_c + V_s$$

**Donde:**

**$V_n$ :** Cortante resistente de la viga.

**$V_u$ :** Cortante último amplificado.

**$V_c$ :** Resistencia al cortante del concreto.

**$V_s$ :** Resistencia al cortante del acero de refuerzo.

**$\phi$ :** Factor de reducción de capacidad.

La resistencia del acero y el concreto donde la cortante se determina en función a la resistencia del concreto, el ancho de la sección y el peralte efectivo, tal como sigue:

*Ecuación 30. Cortante del Concreto*

$$V_c = 0.17 * \sqrt{f'_c} * b_w * d$$

*Ecuación 31. Cortante del Acero*

$$V_s = \frac{A_v * f_{yt} * d}{s}$$

**Donde:**

**$A_v$ :** Área transversal de los elementos de refuerzo a cortante, tomando en cuenta el número de ramas del refuerzo.

**$f_{yt}$ :** Esfuerzo de fluencia del acero.

**$s$ :** Espaciamiento de los estribos.

#### **1.3.44. Diseño de Columnas**

Según la Norma E.060 “Diseño de Concreto Armado” Menciona, para el diseño de las columnas se debe asignar una determinada cantidad de acero de refuerzo a la sección de acuerdo al criterio del diseñador, una recomendación para la determinación del acero de refuerzo preliminar es diseñar por flexión al igual que la sección de una viga. Luego se tiene que elaborar un diagrama de interacción de la sección y verificar que los pares formados por las fuerzas axiales y momentos para todas las combinaciones de carga que se indicaron en las ecuaciones, estén contenidos dentro del diagrama de iteración.

#### **1.3.45. Determinación del Daño en Edificios de Hormigón Armado**

Según Vielma, 2015. Para determinar el daño Estructural se realiza mediante la metodología Azuz 99. Está clasifica a los edificios mediante un análisis de derivas de entresuelo y lo clasifica en una categoría de daño. Se presenta las relaciones de deriva y desplazamiento lateral que determinan el umbral del estado de daño.

##### **– Daño ligero**

Se observan pequeñas fisuras en los extremos de los elementos. Estas fisuras son debidas a la flexión y al corte de las columnas y vigas. Las fisuras por flexión son verticales, en cambio las fisuras de corte son inclinadas con un ángulo aproximado a los 45grados. En términos del diagrama momento curvatura se puede indicar que los elementos han sobrepasado el punto A de agrietamiento, pero están distantes del punto Y de fluencia.

##### **– Daño moderado**

Se observa que la mayor parte de vigas y columnas en sus extremos presentan fisuras en general. Adicionalmente en pórticos dúctiles se observa que algunos elementos han alcanzado el punto de fluencia Y. Es decir, llegaron al máximo límite elástico, por este motivo las fisuras son pronunciadas.

– **Daño extensivo**

Algunos de los elementos estructurales llegan al punto U, que corresponde al punto en el cual el hormigón llega a la máxima deformación útil a la compresión. En los elementos que no son dúctiles se observa que han fallado por cortante, se observa además que la armadura de algunos elementos ha sufrido gran deformación o se han llegado a romper. En estas condiciones la estructura está sumamente dañada.

– **Daño Completo**

La estructura ha colapsado o está en peligro inminente de colapso. Si permanece en pie después del sismo, debe ser derrocada por el gran daño que presenta ver tabla 5.

*Tabla N° 5. Clasificación de las derivas según el nivel de daño ASUS 99.*

DESCRIPCIÓN	LIGERO	MODERADO	EXTENSIVO	COMPLETO
Deriva Max	0.005	0.008	0.031	0.050

**Fuente:** Vielma (2014).

### 1.3.46. Desempeño Estructural

Una vez determinado las dimensiones de los elementos estructurales con sus respectivas asignaciones de roturas plásticas en la simulación dentro del software SAP2000 V.20, se debe de identificar que la estructura debe incursionar en el rango inelástico. Esto se logra con el análisis lineal Pushover de esta manera podemos determinar el punto de desempeño estructural y saber la demanda sísmica en un punto de la curva de desempeño estructural ver figura 25.

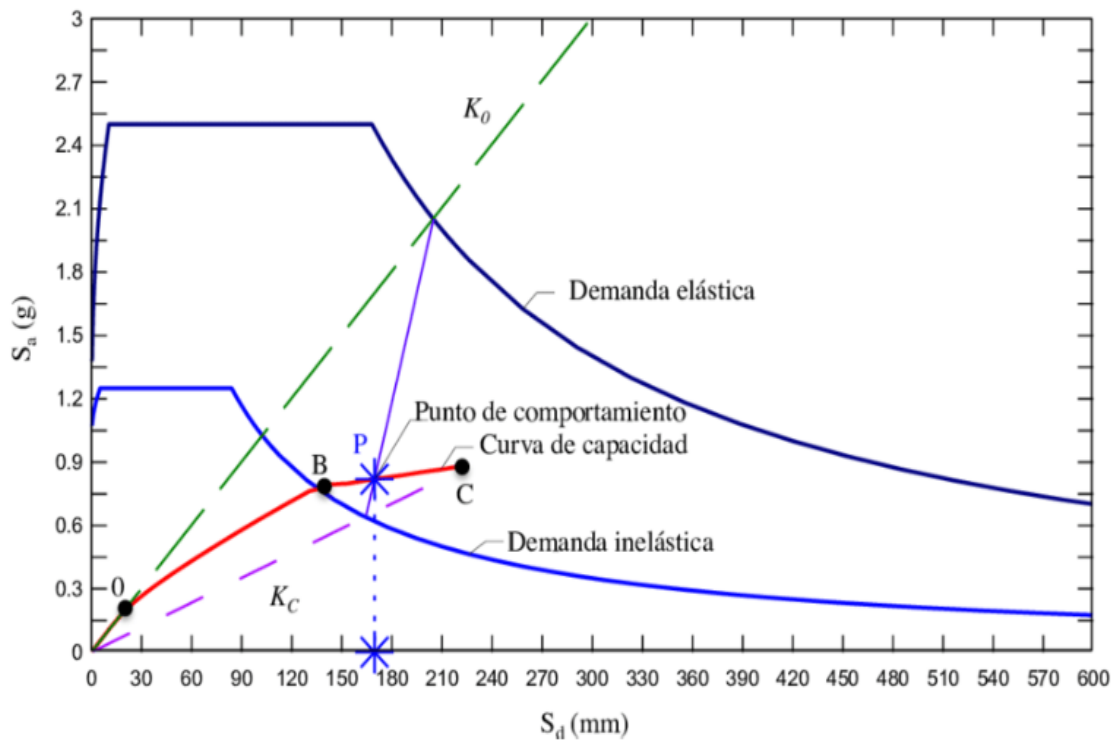


Figura 25. Desempeño Estructural en el Rango Elástico.

Fuente: Vielma (2014).

#### **1.4. JUSTIFICACIÓN:**

La alta sismicidad producida por el cinturón de fuego del pacifico ocasiona que los países ubicados a lo largo de toda la franja continental sufran constantes desastres naturales, ocasionados por la excitación sísmica que produce la placa Nazca con la placa americana, causado por un proceso de subducción en la corteza terrestre.

El Perú está ubicado dentro de esta franja altamente sísmica, por ello se presenta la siguiente investigación la cual se centrará en investigar cual es la influencia de un sistema protección sísmica como son los disipadores de fluido viscoso incorporados en una edificación de sistema tradicional viga, columna y placas estructurales de 8 niveles. Para así poder determinar si afecta de manera significativa a las fuerzas dinámicas y desplazamientos producidas durante un sismo.

En esta investigación se determinará si los dispositivos viscosos incorporados incrementan el grado de disipación de energía sísmica, se precisarán si efectivamente disminuyen los esfuerzos dinámicos de la estructura, se determinará si las derivas de entrepiso disminuyen sin alterar las dimensiones de la estructura convencional, se evaluará el nivel de daño producido en la edificación sin disipadores para finalmente validar si al incorporar los disipadores de fluido viscoso disminuyen las distorsiones y fuerzas dinámicas.

Además, esta investigación busca aportar con un granito de arena en buscar una de las soluciones estructurales más modernas para evitar estructuras totalmente rígidas e ir introduciéndonos en las estructuras más dúctiles con propiedades dentro del rango inelástico, de esta manera buscamos ser un país tercermundista con cultura preventiva ante eventos desastrosos que suceden naturalmente y en momentos imprevistos. Por ello, con esta propuesta se busca incentivar a las empresas constructoras a incorporar algún sistema de control sísmicos en cada uno de sus proyectos con el fin de prevenir antes de lamentar.



## **1.5.FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Cuál es la influencia de los disipadores de fluido viscoso en el comportamiento sísmico de una edificación convencional de sistema aporticado de 8 niveles, Trujillo 2020?

## **1.6.OBJETIVOS**

### **1.6.1. Objetivo general**

Determinar la influencia de los disipadores de fluido viscoso en el comportamiento sísmico de una edificación convencional de sistema aporticado de 8 niveles, Trujillo 2020.

### **1.6.2. Objetivos específicos**

**O.E.1** Determinar en qué medida se incrementa la disipación de energía en una edificación aporticada convencional incorporando disipadores de fluido viscoso.

**O.E.2** Precisar en qué porcentaje disminuyen los esfuerzos dinámicos al incorporar disipadores de fluido viscoso a una edificación convencional.

**O.E.3** Verificar en qué grado disminuyen las derivas de entrepiso de una edificación convencional al incorporando disipadores de fluido viscoso.

**O.E.4** Evaluar el nivel de daño de una edificación aporticada convencional en relación con una edificación que incorpore disipadores de fluido viscoso

**O.E.5** Validar si el sistema de disipadores de fluido viscoso incorporados en una edificación aporticada disminuye el nivel de daño ante una sollicitación sísmica.

## **1.7.HIPÓTESIS GENERAL**

La incorporación de un sistema de disipadores de fluido viscoso en una edificación aporticada convencional de concreto armado de 8 niveles influye significativamente en reducir las derivas máximas de entre piso, hasta ser menores o iguales a 0.007 cumpliendo así la norma técnica E.030 “Diseño Sismorresistente”. además, reducirá los esfuerzos dinámicos (Cortante y Momento Flector) producidos por un evento sísmico.

## **CAPÍTULO II. METODOLOGÍA**

### **2.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN**

#### **2.1.1. Por el Propósito:**

La presente investigación es de carácter aplicada, es decir, busca aplicar los conocimientos teóricos en una determinada situación concreta y las consecuencias prácticas que deriven de ellas. Además, se busca resolver un determinado problema establecido por el investigador basándose en el conocimiento ya consolidado como son los manuales y normas de diseño sismorresistente teniendo como propósito dar una posible solución mediante una aplicación práctica y coherente.

#### **2.1.2. Según el Nivel de la Investigación:**

Según el diseño esta investigación es Pre Experimental, es decir involucra el grupo de tratamiento como su propio control comparando un Pre test y un post test manipulando la variable independiente.

Según el periodo es de carácter transversal, es decir, se centra en investigar una comparación de determinadas características en un momento en concreto definido por un periodo.

Esta investigación según la naturaleza de sus datos es de tipo cuantitativa, debido a que está diseñada para recopilar información numérica. Estos datos brindarán el respaldo necesario para llegar a comprobar la Hipótesis planteada.

### **2.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN:**

Según el diseño metodológico por la naturaleza del estudio es Experimental; ya que puede abarcar una o más variables independientes y una o más dependientes. El esquema del diseño de Investigación:

*Ecuación 32. Cálculo del Grupo Experimental*

$$G_e = A_1 \times A_2$$

**Donde:**

**GE:** Grupo Experimental

**A1:** Pre-test

**A2:** Post test

**X:** Manipulación de la variable independiente

Esto involucra a la comparación de grupos de datos, en el grupo de tratamiento está la edificación que incorpora los disipadores de fluido viscoso y en el grupo control que es la edificación convencional sin disipadores, la muestra se define como una prueba aleatoria. El presente proyecto es una investigación del tipo Transversal.

## **2.3. POBLACIÓN Y MUESTRA (MATERIALES, INSTRUMENTOS Y MÉTODOS)**

### **2.3.1. Población**

La población está constituida por todas las edificaciones aporticadas mayores e iguales a 8 niveles construidas desde el año 2016 hasta el año 2020, que incorporen disipadores de fluido viscoso, que estén ubicadas en un factor de zona 4 en el mapa sísmico del Perú clasificada en la Norma E030 “Diseño Sismorresistente” como edificaciones Importantes, Esenciales o Comunes.

### **2.3.2. Muestra**

La selección de la muestra se realizará empleando un muestreo no probabilístico por juicio del experto PH. D. Genner Villarreal Castro, experto en el diseño de estructuras antisísmicas. La estructura está ubicada en las intersecciones de Av. Prolongación Fátima con intersección Av. Huamán, en el distrito de Víctor Larco Herrera, Provincia de Trujillo, Departamento la Libertad, Perú. El terreno tiene un área de 825.00m<sup>2</sup> y la estructura ocupa 692.00 m<sup>2</sup>. El experto indica lo siguiente. Para la presente investigación, se establecen como criterios de selección de la muestra los siguientes parámetros en la tabla N°6.

Tabla N° 6. Condiciones para la selección de la muestra

CONDICIÓN ESTABLECIDA POR EL EXPERTO PARA LA MUESTRA	DESCRIPCIÓN DE LAS CONDICIONES DEL EXPERTO
La edificación debe de tener una altura mayor o igual a 8 niveles.	Económicamente no sería convenientemente colocar disipadores en edificaciones de menores niveles según la condición Costo – Beneficio mencionan varios autores en temas estructurales en antecedentes.
La edificación debe de tener un sistema de construcción de concreto armado aporticada.	La colocación de estos dispositivos es tipo “Diagonal” por lo que se recomienda colocar en sistemas aporticados.
La edificación debe de tener incorporada los disipadores viscosos.	Los disipadores viscosos se deben de instalar durante la ejecución de la edificación.
La edificación debe de estar ubicada en un fator de zona 4 Según Norma E030 “Diseño Sismorresistente”	La zona 4 tiene el factor más alto de sismicidad en el Perú cuyo factor de riesgo de zona es $Z=0.45$ .
La edificación solamente contará con un solo tipo de dispositivos antisísmicos.	Las edificaciones solamente deben poseer un sistema de disipación de energía sísmica, se utilizará los Disipadores Tipo Diagonal Taylor Devices Inc.
Las edificaciones deben estar clasificadas en la Norma E.030 como edificaciones Importantes, Esenciales y comunes.	Esto se debe al aforo de personas que ocupan estas edificaciones importantes de gran capacidad por ello es importante la seguridad y la prevención con estos dispositivos antisísmicos.
Las edificaciones deben haber sido construidas entre el año 2016 hasta el 2020	El motivo es la actualización de información de estos dispositivos en edificaciones nuevas en el Perú.

Fuente: Propia

La muestra corresponde a una edificación de 8 niveles clasificadas como importantes, ubicadas en zona sísmica tipo 4, parte costa del Perú, incorporando en su estructura solamente los disipadores de fluido viscoso como medio de protección sísmica.

## **2.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS**

### **2.4.1. Técnicas e instrumento de recolección de datos:**

Para el logro de cada uno de los objetivos planteados en esta investigación se procederá a efectuar las siguientes técnicas e instrumentos.

– **La técnica que se emplearán es:**

La observación experimental, este es una técnica que será empleada para recoger los datos observados del proceso de análisis. (Ver anexo N° 35 y 36)

– **El instrumento que se utilizará es:**

La ficha de observación donde se tomarán los datos numéricos obtenidos por el análisis dinámico se almacenará en hojas del software Excel, para posteriormente procesarlas en gráficos estadísticos y realizar la comparación y comprobación de resultados según los antecedentes presentados. Ver Anexo N° 37.

– **Las herramientas que se utilizaran son:**

El software AutoCAD para el diseño de la edificación y recopilación de datos.

El software SAP2000 para el análisis estático y dinámico de la estructura, esta nos permite obtener información con respecto a los esfuerzos y desplazamiento, que experimenta la edificación bajo una cierta excitación basal ocasionada por un sismo.

### 2.4.2. Técnicas de procesamiento de datos

La técnica para procesar los datos será la “tabulación de datos” y el tratamiento de datos se realizará con ayuda del Software Excel, esta herramienta de cálculo ayudará a codificar y almacenar los datos a través de gráficos, tablas, cuadros, etc. Con la única finalidad de mantener los datos ordenados, coherentes y entendibles ver tabla N°7.

Tabla N° 7. Técnicas e instrumentos de procesamiento de datos

VARIABLE DEPENDIENTE	RECOLECCIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS			ANÁLISIS DE DATOS
	TIPO	TÉCNICA	INSTRUMENTO	
<b>Comportamiento dinámico</b> <b>Desplazamientos</b>	Experimental	Tabulación de datos	Plantillas de Excel	Gráficos comparativos

Fuente: Propia

### 2.4.3. Técnicas de Análisis de datos

Para la presente investigación se utilizará Test de Wilcoxon. La prueba de los rangos con signo de Wilcoxon es una prueba no paramétrica para comparar el rango medio de dos muestras relacionadas y determinar si existen diferencias entre ellas su nombre a Frank Wilcoxon, Es una prueba no paramétrica de comparación de dos muestras relacionadas y por lo tanto no necesita una distribución específica. Usa más bien el nivel ordinal de la variable dependiente. Se utiliza para comparar dos mediciones relacionadas y determinar si la diferencia entre ellas se debe al azar o no (en este último caso, que la diferencia sea estadísticamente significativa).

Ecuación 33. Cálculo de Hipótesis Wilcoxon

$$W^+ = \sum_{z_i > 0} R_i,$$

Para verificar la Hipótesis, en primer lugar, se ordenan los valores ( $Z_1, \dots, Z_n$ ) y se les asigna su rango  $R_i$ . Entonces, el estadístico de la prueba de los signos de Wilcoxon,  $W^+$

#### 2.4.4. Operacionalidad de Variables:

Tabla N° 8. Operacionalidad de Variables general

<b>PREGUNTA</b>	<b>¿Cuál es la influencia de los disipadores de fluido viscoso en el comportamiento sísmico de una edificación aporticada, Trujillo 2020?</b>
<b>VARIABLES</b>	V.I: Sistema de disipadores de fluido viscoso incorporados en una edificación aporticada de 8 niveles. V.D: Comportamiento sísmico de una edificación aporticada frente a una sollicitación sísmica.
<b>UNIDAD DE ESTUDIO</b>	Una edificación de sistema aporticado de concreto armado de 8 niveles que incorpore disipadores de fluido viscoso.
<b>DONDE</b>	En la ciudad de Trujillo
<b>CUANDO</b>	Desde el año 2016 hasta el 2020
<b>TITULO</b>	Influencia de los disipadores de fluido viscoso en el comportamiento sísmico de una edificación aporticada, Trujillo 2020
<b>¿PORQUÉ?</b>	La presente investigación busca incentivar a ingenieros civiles especialistas en la parte estructural a incorporar un sistema de disipación sísmica como son los Disipadores de Fluido Viscosos En forma Diagonal del tipo Taylor Devices Inc. Dentro del diseño sismorresistente convencional (Viga, Columna, Placa Estructural). Además, se busca incorporar estos disipadores como un método preventivo y de cultura colectiva ante experiencias sísmicas ya vividas en nuestro país, de esta manera motivar a los diseñadores estructurales a que estén más enfocados en los comportamientos elásticos según el método Esfuerzo – Deformación y que las estructuras nuevas estén más inclinadas a los comportamientos elásticos, esta manera tener estructuras menos rígidas y más dúctiles que se comporten mejor ante fenómenos naturales como son los sismos en nuestro país.

Fuente: Propia

Tabla N° 9. Operacionalidad de Variables Detallado

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
Sistema de disipadores de fluido viscoso incorporados en una edificación aporticada de 8 niveles.	son dispositivos que se adosan a los pórticos estructurales, y que, en un momento sísmico, disipan energía sísmica a través del paso de fluido viscoso en su interior ocasionando una resistencia al movimiento libre del edificio.	¿Cómo voy a medir? Estos Dispositivos se incorporan a la estructura convencional de concreto armado, se realiza un análisis estático y dinámico para determinar el grado de influencia en la disipación de energía sísmica.	- Disipador Tipo Diagonal  - Funcionalidad estructural  - Coeficiente de Amortiguamiento	- Características de fabrica  - Trabajo armónico con la estructura  - Amortiguamiento (c)
Comportamiento sísmico de una edificación aporticada frente a una sollicitación sísmica.	Es una estructura de concreto armado cuyos elementos estructurales están conformados por vigas, columnas, muros estructurales los cuales le dan un comportamiento rígido o dúctil.	¿Cómo voy a medir? Se realizará el modelamiento estructural de la edificación, para poder obtener los resultados como son: las distorsiones y fuerzas sísmicas de una estructura convencional. Mediante un análisis estático y un dinámico.	Fuerzas Sísmicas: - Momentos Flectores - Fuerzas Cortantes - Fuerzas axiales - Participación de masa	Fuerzas sísmicas: Tn x mm Tn Tn Modos
			Distorsiones - Desplazamientos en los nodos	Distorsiones: mm

Fuente: Propia



## 2.5. CRONOGRAMA

Nº	ACTIVIDADES DESARROLLADAS	PROYECTO DE INVESTIGACIÓN																			DESARROLLO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN															
		Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
1	Planteamiento del Proyecto de Investigación, Problemática, objetivos Hipótesis y justificación	X	X	X																																
2	Recolección de información para la Construcción de las Bases teóricas				X	X	X																													
3	Formulación de los Instrumentos de Recolección de Datos						X	X																												
4	Elaboración de las Bases teóricas en función de la recolección de información								X	X	X																									
5	Jornada de Presentación de Avances adición y corrección de información											X	X	X																						
6	Fase de recolección de Datos y adaptación al propósito del Proyecto														X	X	X																			
7	Fase de tratamiento de datos con los instrumentos de recolección																X	X	X																	
8	Análisis de los resultados y comprobación de Hipótesis																			X	X	X	X	X												
9	Formulación de los gráficos estadísticos y tablas resumen																								X	X	X									
10	formulación de Conclusiones y recomendaciones																											X	X							
11	Redacción de informe, referencias Bibliográficas y anexos																											X	X							
12	Segunda Presentación del informe, correcciones y elaboración de ppt																														X	X	X			
13	Presentación final del informe de Investigación																																			X

Figura 26. Cronograma de actividades programadas durante la investigación

Fuente: Propia

## 2.6. PROCEDIMIENTO DEL PROYECTO:

El procedimiento que se empleará en esta investigación muestra el siguiente esquema:

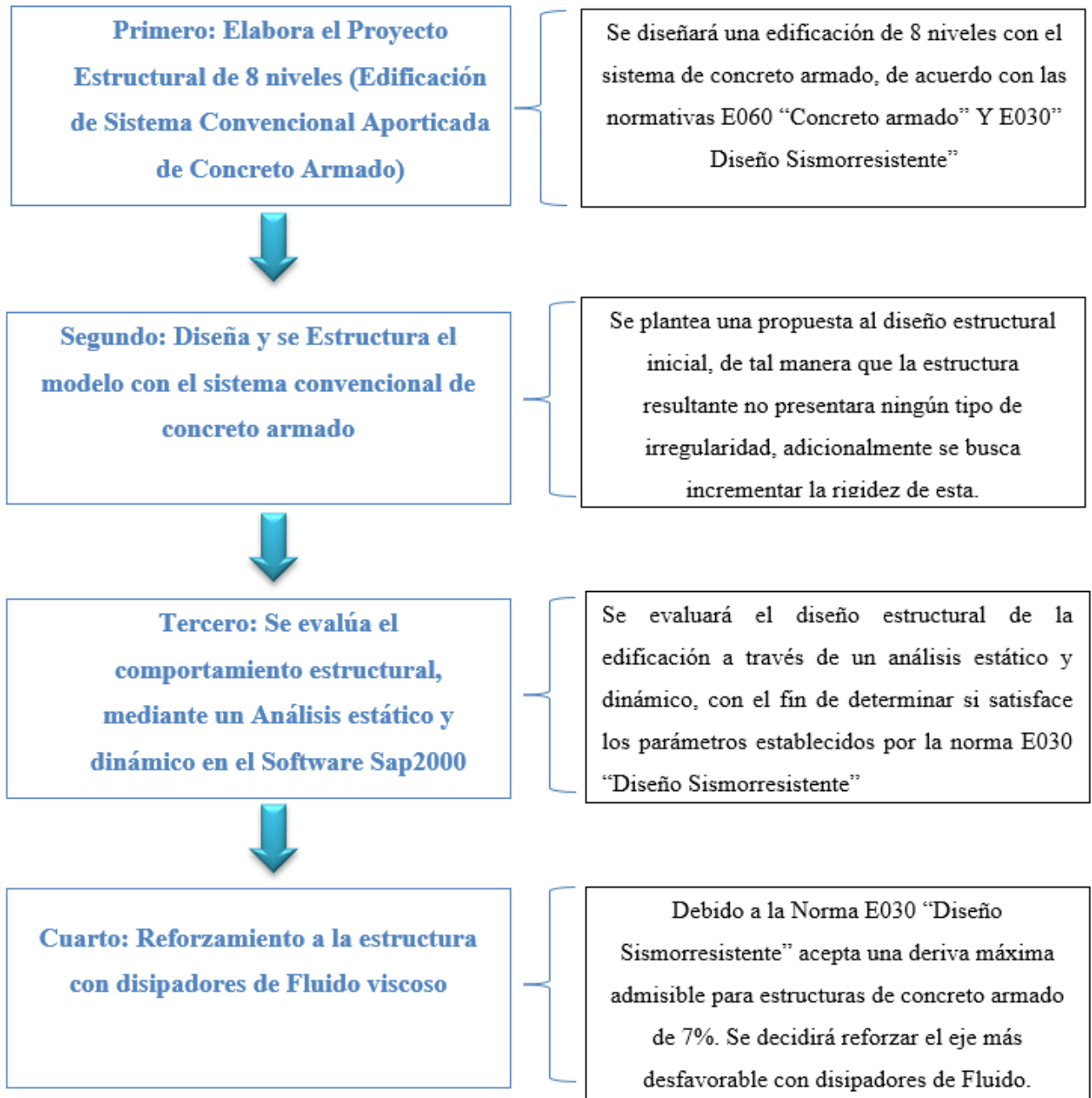


Figura 27. Desarrollo de la investigación

Fuente: Propia

## 2.7. Aspectos Éticos

Esta investigación en su raíz presenta el formato de la norma APA (American Psychological Association). Esta norma toma ciertas consideraciones al momento de tomar ideas de otros autores como propias. Es decir, las ideas que se han extraído de fuentes de información secundarias han sido referenciadas y citadas correctamente para no caer en el error de plagio de información, con el único propósito de asegurar que presentación escrita sea consistente, clara y ordenada.

Además, la presente investigación está diseñada para aportar conocimiento a la rama de la ingeniería estructural y contribuir con la información brindada a futuras investigaciones que se puedan realizar sobre los disipadores de fluido viscoso.

### CAPITULO III. DESARROLLO DE TESIS

#### 3.1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

##### a) Ubicación:

Está ubicado en las intersecciones de Av. Prolongación Fátima con intersección Av. Huamán, en el distrito de Víctor Larco Herrera, Provincia de Trujillo, Departamento la Libertad, Perú. El terreno tiene un área de 825.00m<sup>2</sup> y la estructura ocupa 692.00 m<sup>2</sup>.

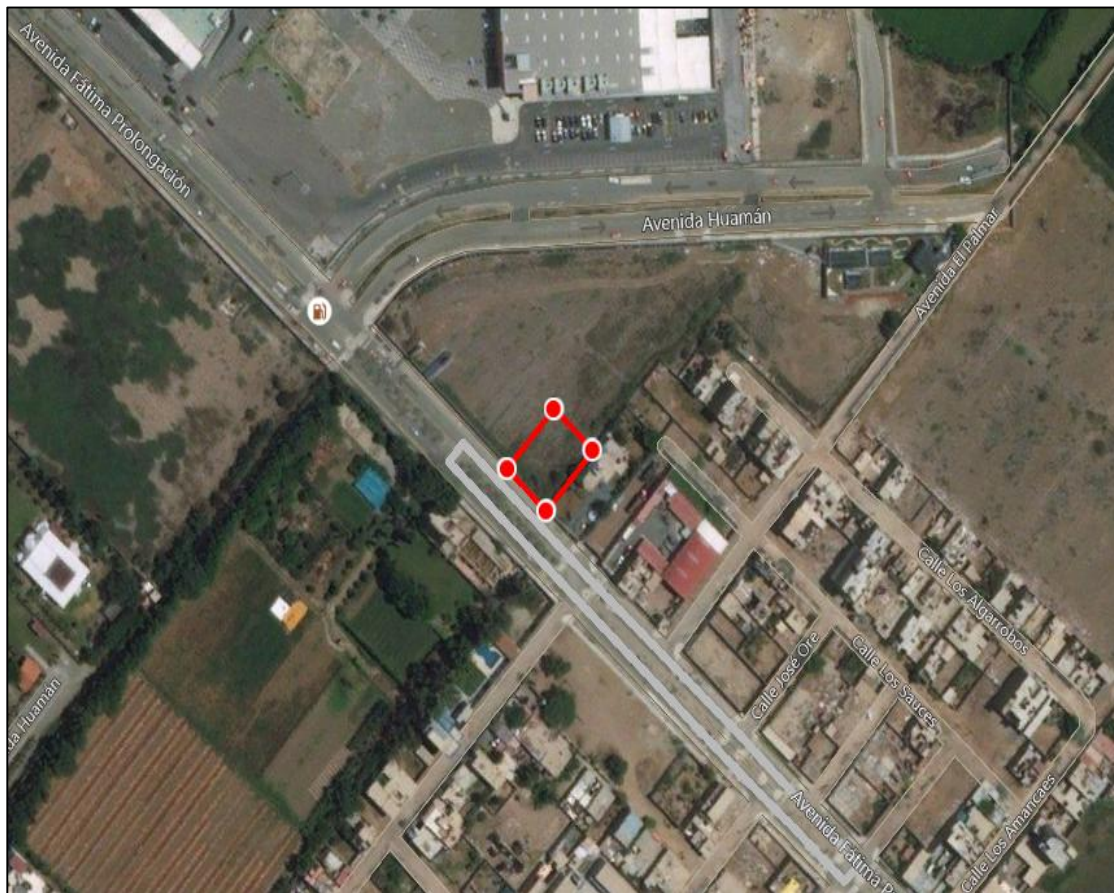


Figura 28. Vista Aérea de la ubicación del proyecto. Trujillo, La libertad

Fuente: Google Earth

## **b) Arquitectura Del Proyecto:**

El proyecto tendrá un enfoque modernista, la principal característica serán los amplios ambientes y la fachada cristalizada alrededor de todo el perímetro de la edificación. El proyecto está destinado a ser un edificio comercial para uso de oficinas de una de empresa dedicada a la programación de sistemas de información y base de datos.

Este proyecto contará con un área de 825.00 m<sup>2</sup> en la cual se construirá 692.00 m<sup>2</sup>, tendrá 8 niveles construidos sin salida a la azotea debido a que el techo contará con paneles solares. La altura de entrepiso de 3.30m en todos los niveles. La edificación cuenta con vanos de 6.50m en el eje “Y” y de 7.00m en el eje “X”. El proyecto estará distribuido de la siguiente manera; contará con salas team grandes para usuarios, salas de recepción para juntas de trabajo, oficinas gerenciales para los altos ejecutivos, habitaciones de relax, oficinas individuales, oficina de impresiones, almacenes, habitaciones de juegos de mesa, ascensores, escaleras, archiveros, Salas de fiestas y ambientes de espera.

Además, cuenta con Servicios Higiénicos en todos los pisos. La escalera y el ascensor estarán ubicados dentro de la edificación. Las cocheras serán externas ubicadas en el área sobrante del área construida. La edificación contará con vistas al exterior por todo el perímetro de la estructura. Esta estructura no contiene sótano. La estructura tendrá un sistema de agua a presión con bomba directa utilizando solamente una cisterna mas no un tanque elevado. El color del edificio será azul cielo cubierto de cristales, rodeado de playas de estacionamiento y veredas peatonales.

c) Planos Arquitectónicos: Se presentan los planos arquitectónicos del proyecto de investigación.

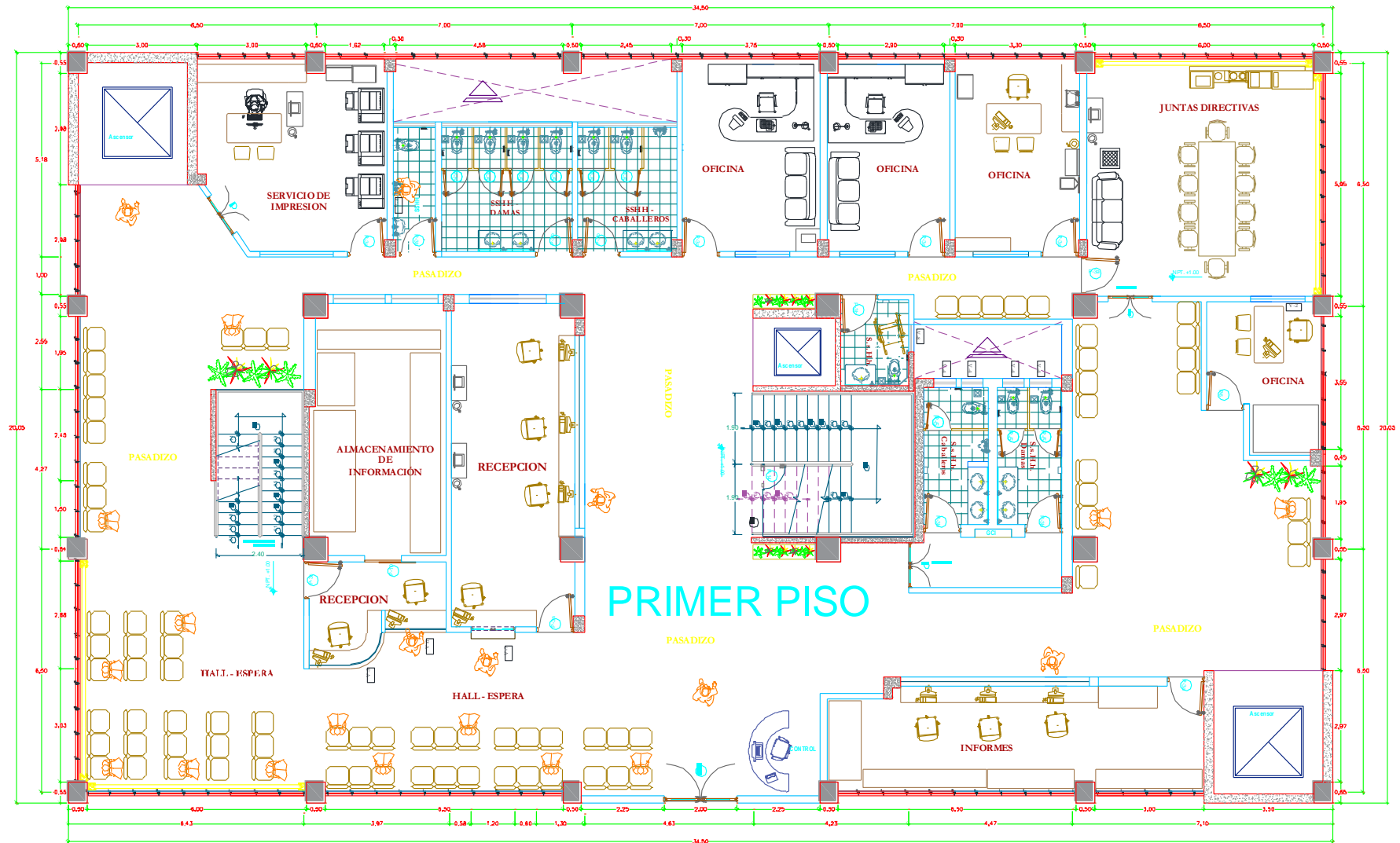


Figura 29. Plano Arquitectónico Primer nivel

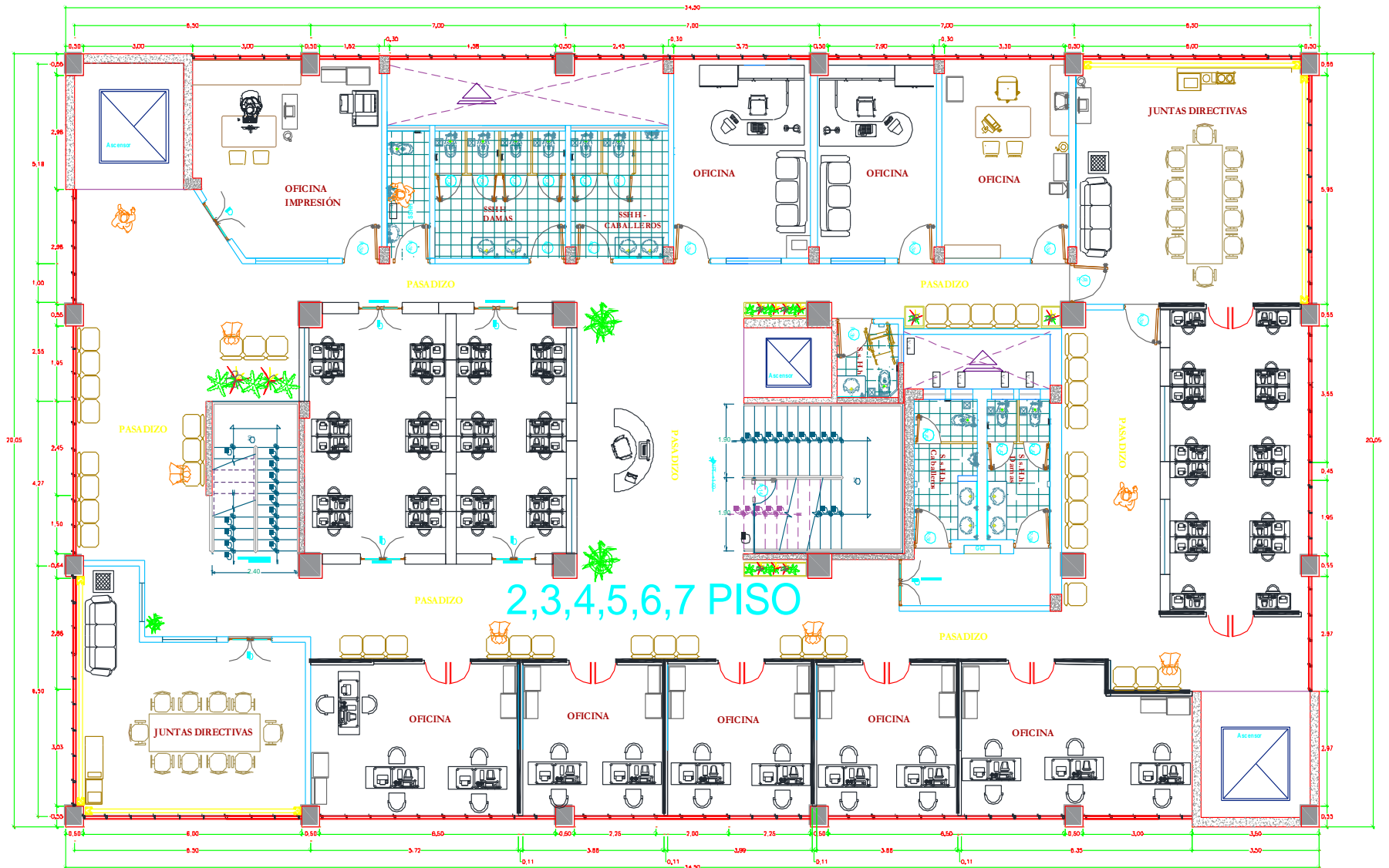


Figura 30. Plano Arquitectónico. 2 nivel hasta 7 nivel.

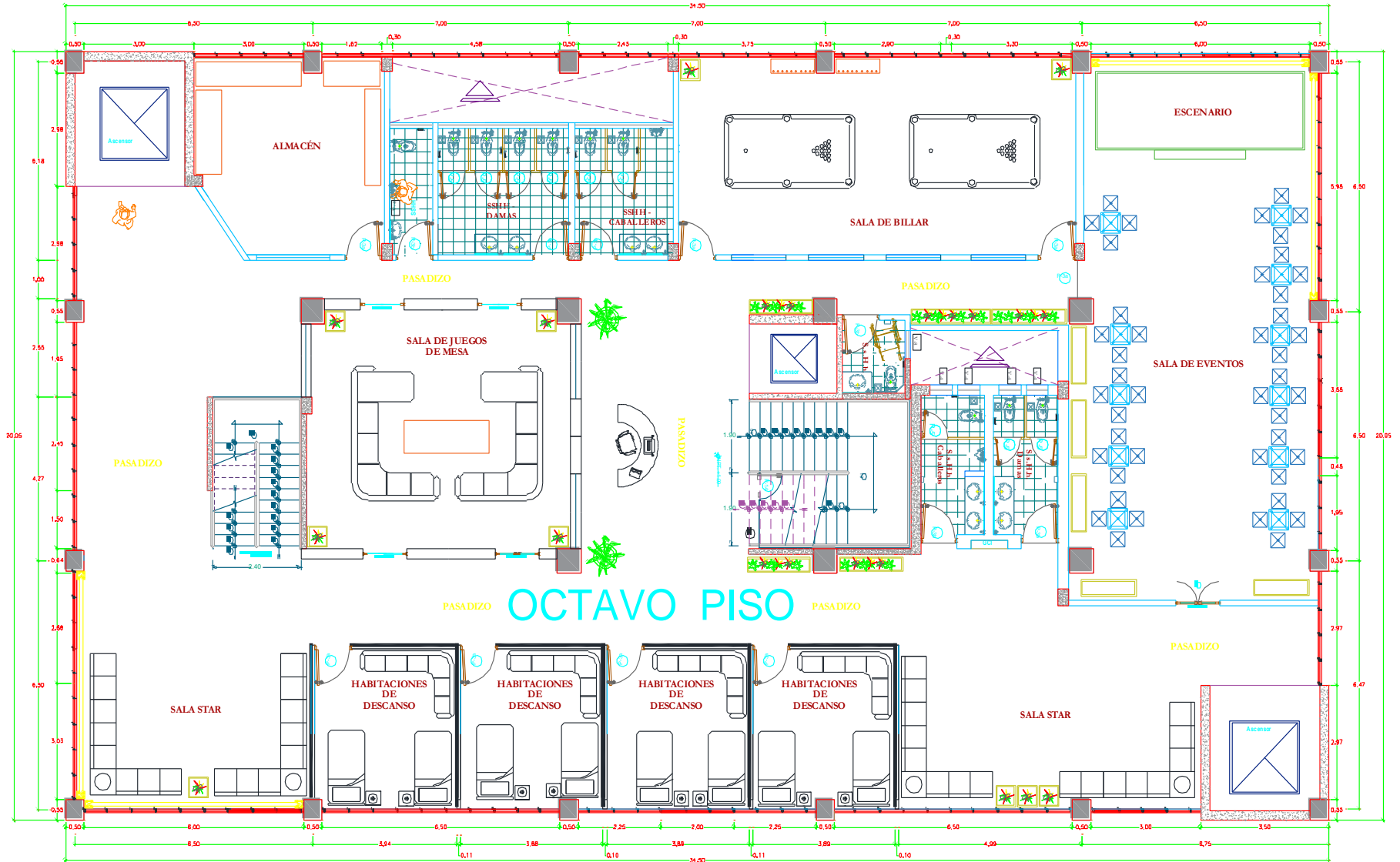


Figura 31. Plano Arquitectónico Octavo nivel



### 3.2.DISEÑO SISMORRESISTENTE DEL PROYECTO

#### 3.2.1. Zonificación

- **Ubicación:** Departamento de La libertad, Provincia de Trujillo, Ciudad de Trujillo, Av. Prolongación Fátima con intersección Av. Huamán, en el distrito de Víctor Larco Herrera.
- **Zona:** 4
- **Factor de Zona:** 0.45g (ver anexo N°1)

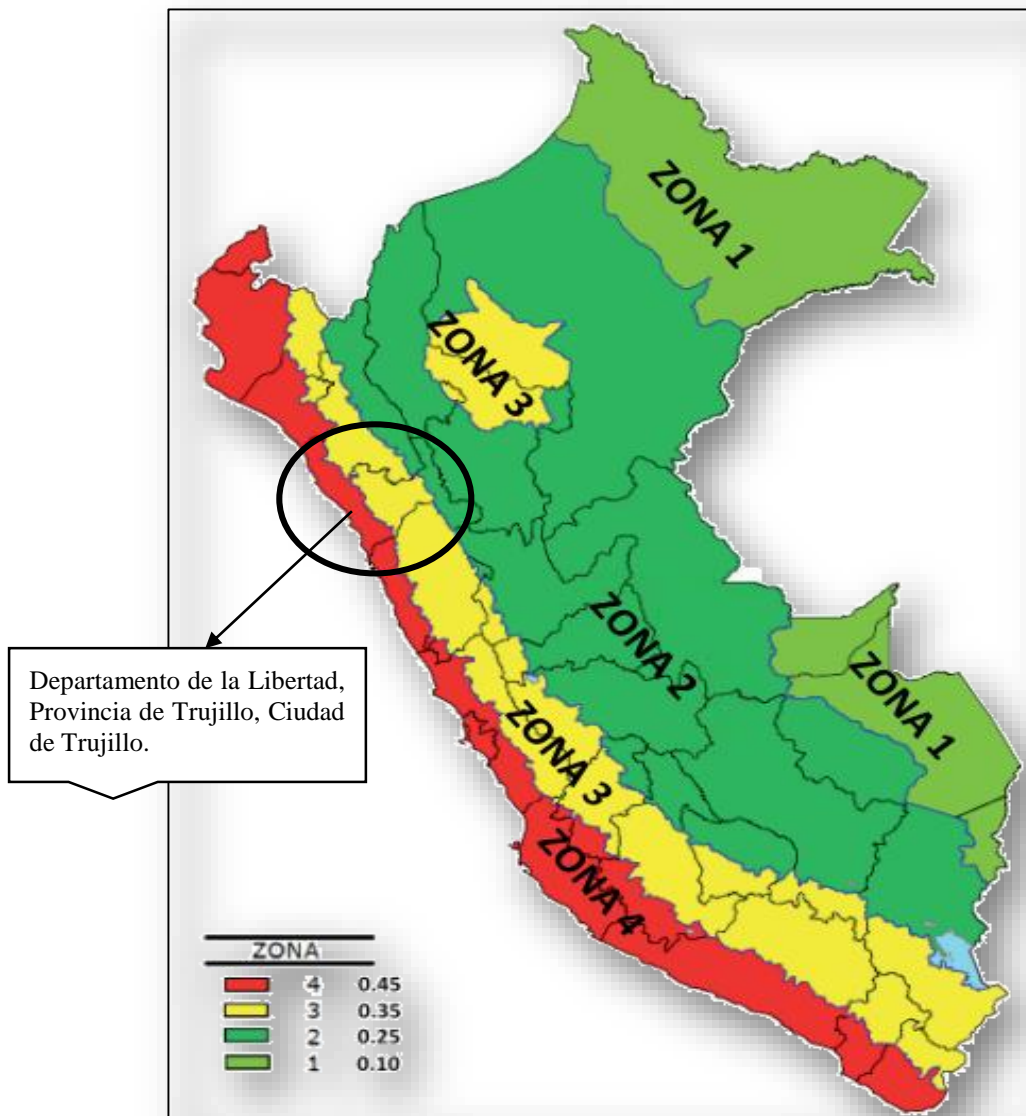


Figura 32. Mapa Sismicidad

Fuente: Norma Peruana E30 "Diseño Sismorresistente"

### 3.2.2. Perfil del Suelo

Tabla N° 10. *Perfil del Suelo*

TIPO DE SUELO	SUELOS INTERMEDIO	
S2	S	1.05
	TP	0.60
	TL	2.00

Fuente: *Propia. Ver Anexo N°2*

### 3.2.3. Factor de Amplificación Sísmica (C)

Se determina con los siguientes parámetros establecidos en la norma E030 “Diseño Sismorresistente” donde se establece los siguientes criterios; Periodo T: 0.75, Constante C: 35, Altura de edificación h= 26.4m, condición periodo  $T_p < T < T_L$ , factor de ampliación sísmica  $C = 2,5 * \left(\frac{T_p}{T}\right) = 1.989$ . (Ver anexo N°3)

### 3.2.4. Factor de uso (U)

Tabla N° 11. *Coficiente de reducción Sísmica*

CATEGORIA DE LAS EDIFICACIONES Y FACTOR “U”		
CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	FACTOR
EDIFICACIONES COMUNES “C”	Edificaciones comunes tales como: Oficinas	1.0

Fuente: *Propia. (Ver anexo N°4)*

### 3.2.5. Coeficiente de Reducción de las Fuerzas Sísmicas (Ro)

Tabla N° 12. *Coficiente de reducción Sísmica*

SISTEMAS ESTRUCTURALES	
SISTEMA ESTRUCTURAL	COEF. BASICO DE REDUCCIÓN RO (*)
COCRETO ARMADO: Dual (Columnas y Muros Estructurales)	6

Fuente: *Propia. (Ver anexo N°5)*

### 3.2.6. Irregularidad

- Categoría C, Factor de zona 4, No se permiten irregularidades extremas. (Ver anexo N°6)
- Irregularidad en Altura (IA): 1
- Irregularidad en Planta (IP): 1

### 3.2.7. Coeficiente de reducción de fuerzas (R)

*Ecuación 34. Coeficiente de reducción*

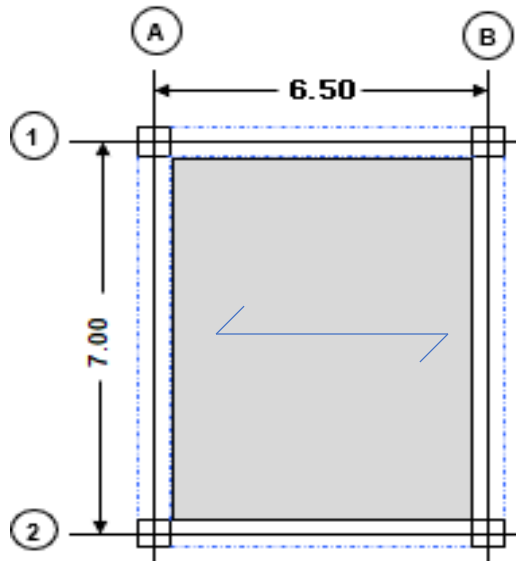
$$R = R_o * I_a * I_p$$

$$R = 6 * 1 * 1 = 6$$

## 3.3. PREDIMENSIONAMIENTO DE LA EDIFICACIÓN

### a) Predimensionamiento de Losa Aligerada en una dirección

Para un mejor comportamiento del diafragma horizontal, se uniformizo toda la losa aligerada, en este caso  $h=0.25\text{m}$  (ver anexo N°20).



*Figura 33. Cálculo de losa Aligerada.*

**Fuente:** Propia

$f_y = 420$  MPa Resistencia a la fluencia especificada.

$\beta = 1.09$  Relación de luces libres, larga a corta, de una losa en dos direcciones.

$\beta_s = 0.50$  Relación de la longitud de los bordes continuos al perímetro de un tablero de losa

$\alpha_m = 1.97$  Valor promedio de  $\alpha$  para todas las vigas en los bordes de un tablero.

$l_n = 6.00$  Longitud del claro libre en la dirección larga, medida cara a cara de las vigas que soportan la losa.

LUCES ENTRE EJES	h (Peralte)
$6.5 - 0.5 = 6m$	0.25 m

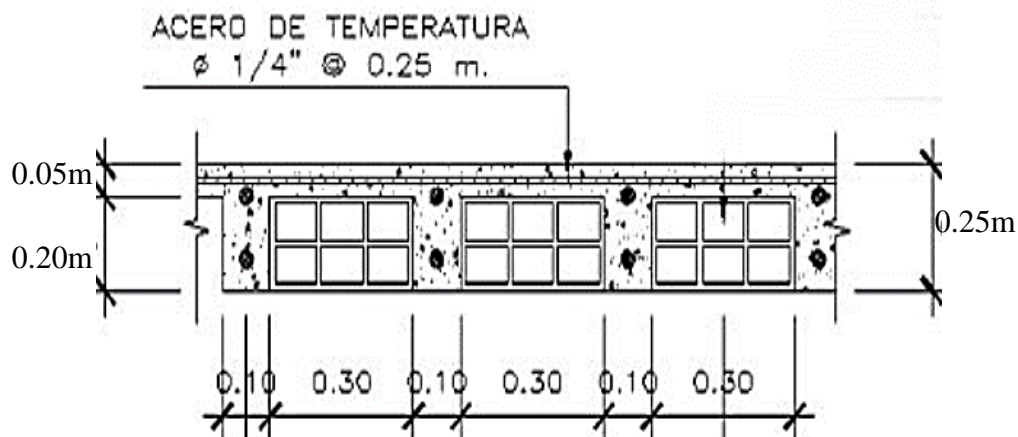


Figura 34. Detalle de Losa Aligerada

Fuente: Propia

**b) Predimensionamiento de vigas**

Se calcula según las luces más grandes la viga principal (VP y viga Secundaria (VS).

(ver Anexo N°21, 22 y 23).

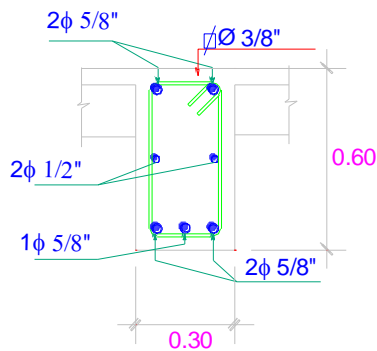
Tabla N° 13. *Predimensionamiento de Vigas*

VIGAS PRINCIPALES	Ln	h	b
VP	7.00 m	0.60 m	0.30 m
VIGAS SECUNDARIAS	Ln	h	b
VS	6.50 m	0.45 m	0.25 m

Fuente: *Propia*

**VIGA PRINCIPAL**

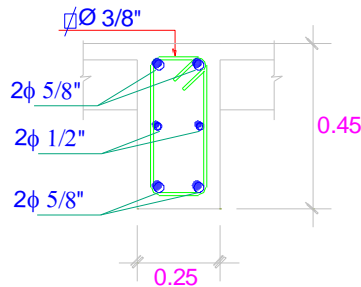
ESCALA 1/25



Ø3/8" ; 1 @.05, 6 @.10, 5 @.15, rto. @.20

**VIGA SECUNDARIA**

ESCALA 1/25



Ø3/8" ; 1 @.05, 6 @.10, 5 @.15, rto. @.20

Figura 35. *Detalle estructural de Vigas VP & VS*

Fuente: *Propia*

**c) Predimensionamiento de columnas**

Se calcula el Predimensionamiento según el área tributaria y el método de la inercia.

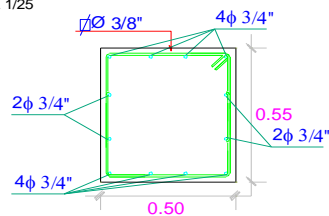
(Ver anexo N°24 y 25).

TIPO	P.D (cm)
C1	55 x 50
C2	65 x 65

Fuente: Propia

**COLUMNA C1**

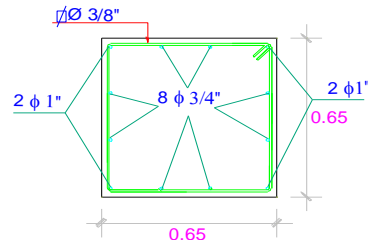
ESCALA 1/25



Ø3/8" ; 1@.05, 10@.10, 15@.15, rto.@.20

**COLUMNA C2**

ESCALA 1/25



Ø3/8" ; 1@.05, 10@.10, 15@.15, rto.@.20

Figura 36. Detalle estructural de Las Columnas

Fuente: Propia

**d) Predimensionamiento de Muros Estructurales**

Se calcula según el área tributaria y la carga por m<sup>2</sup> (Ver anexo N° 26)

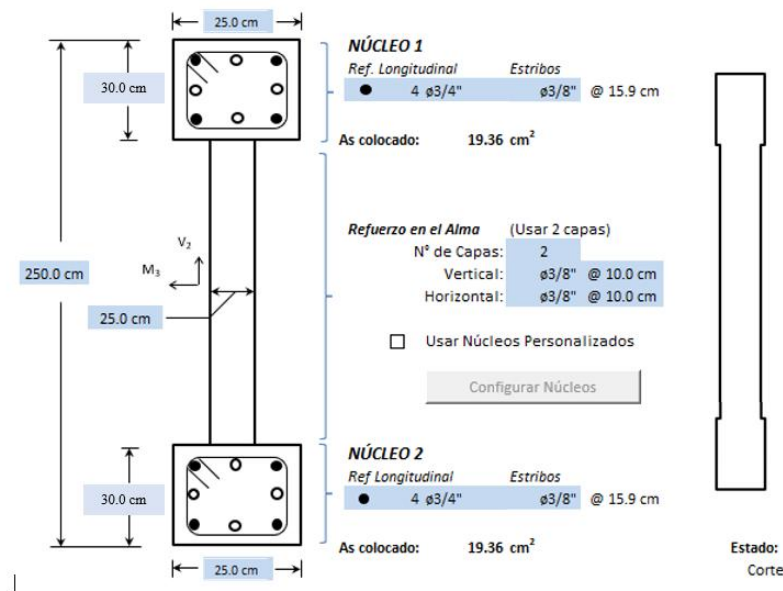


Figura 37. Detalle de muros Estructurales

Fuente: Propia

**e) Predimensionamiento de las Zapatas:**

Se calcula según el área tributaria y la carga por m<sup>2</sup> (Ver anexo N° 27)

Tabla N° 14. Zapatas Dimensiones

ZAPATA	A.T (M2)	P. SERV. (KG)	AC (CM2)	B	L	D
Z-1	10.56 m <sup>2</sup>	84504	35210	190.0	190.0	100
Z-2	21.13 m <sup>2</sup>	169000	70417	270.0	270.0	100
Z-3	21.94 m <sup>2</sup>	175504	73127	275.0	275.0	100
Z-4	22.75 m <sup>2</sup>	182000	75833	280.0	280.0	100
Z-5	43.88 m <sup>2</sup>	351000	146250	385.0	385.0	100
Z-6	45.50 m <sup>2</sup>	364000	151667	390.0	390.0	100

Fuente: Propia

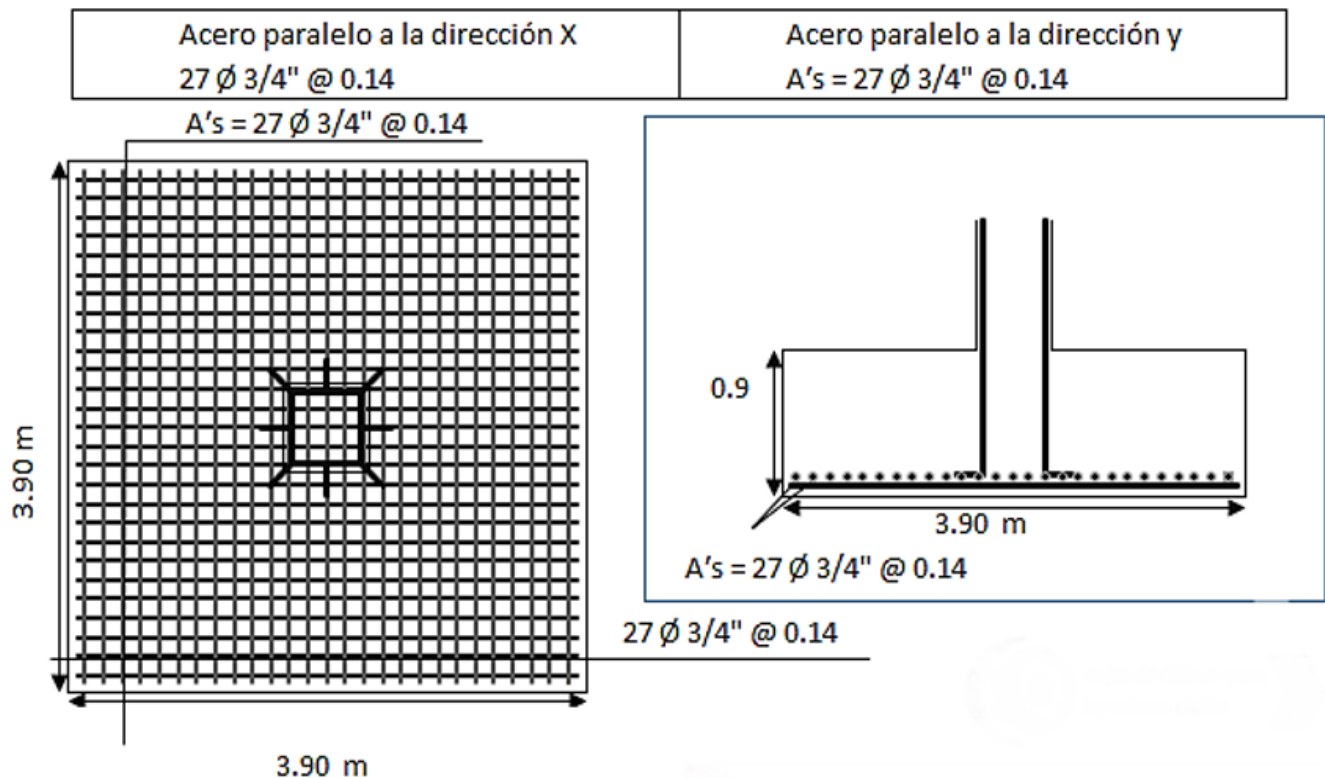


Figura 38. Detalle estructural de las Zapatas

Fuente: Propia

### 3.4. ESTRUCTURACIÓN DEL PROYECTO:

El proyecto en investigación estará diseñado de la siguiente manera. La edificación consta de 8 niveles no tiene salida a la azotea, El primer piso tiene una altura de 4.3m considerando el fondo de zapata de 1.00m y los siete niveles restantes tienen 3.30m de altura. La edificación se distribuye de la siguiente manera: En el eje “X” los vanos tienen las siguientes luces entre ejes; 6.50m en los extremos y 7.00m en el centro, en el eje “Y” los vanos son de 6.50m de luz entre los ejes.

✓ **Según cálculos del Predimensionamiento tenemos:**

- Las columnas: C1: 0.50m x 0.55m; C2: 0.65m x 0.65m
- Las placas son de 2.50m x 0.25m
- Las Vigas: VP: 0.30m x 0.60m; VS: 0.25m x 0.45m
- La loza aligerada de: 0.25m; como una medida estandarizada.

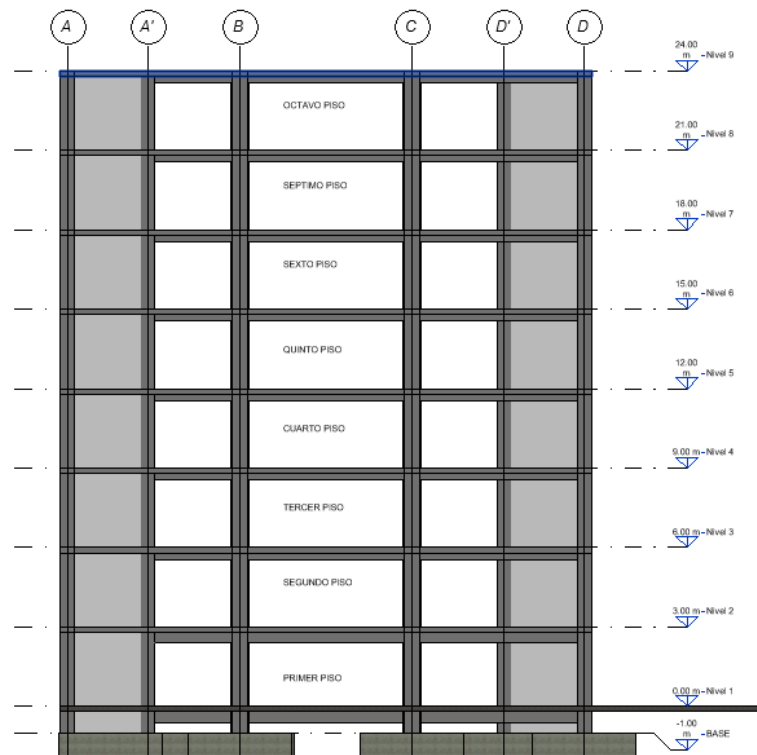


Figura 39. Corte lateral Software Revit 2019



## Influencia de los disipadores de fluido viscoso en el comportamiento sísmico de una edificación aporticada, Trujillo 2020

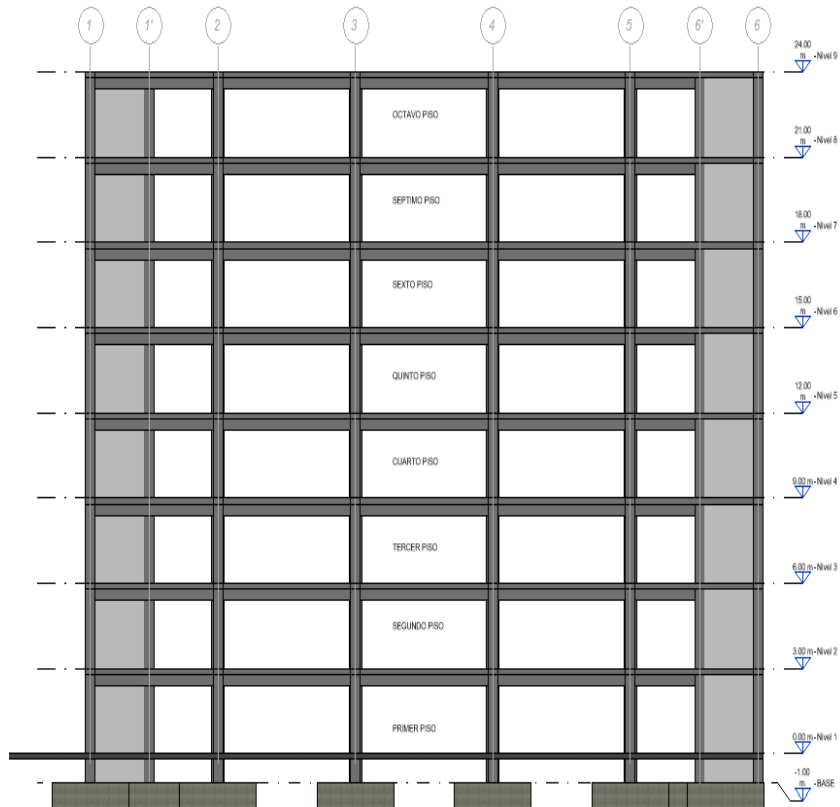


Figura 40. Corte Frontal

Fuente: Propia Revit 2019

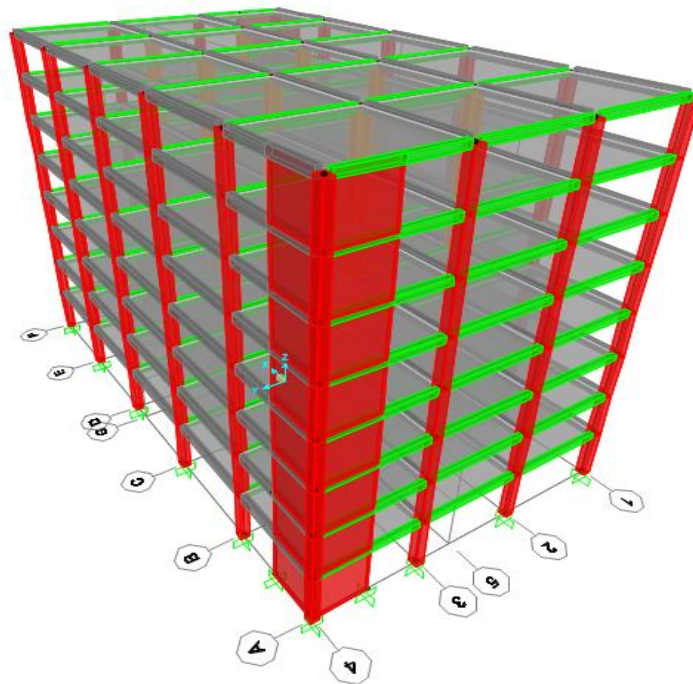


Figura 41. Estructura Convencional

Fuente: Propia Sap2000 V.20

### 3.5.METRADO DE CARGAS DE LA EDIFICACIÓN:

Tabla N° 15.Metrado de Cargas de la estructura Primer piso

PRIMER PISO						
DESCRIPCIÓN	Cant	Ancho (b) (m)	Largo(h) (m)	Alt. Prom. (m)	Peso Unit. (Kg/m3/m2)	Peso Total Kg
<b>COL &amp; PLACAS</b>						<b>106,089.60</b>
COLUMNAS C1	16	0.55	0.50	4.30	2400.00	45,408.00
COLUMNAS C2	8	0.65	0.65	4.30	2400.00	34,881.60
PLACA EJE X	2	0.25	2.50	4.30	2400.00	12,900.00
PLACA EJE Y	2	0.25	2.50	4.30	2400.00	12,900.00
<b>VIGAS</b>						<b>82,633.00</b>
VIGAS P	6	0.30	5.95	0.60	2400.00	15,422.40
	8	0.30	5.90	0.60	2400.00	20,390.40
	4	0.30	5.85	0.60	2400.00	10,118.80
VIGAS S	6	0.25	6.35	0.45	2400.00	10,287.00
	6	0.25	6.50	0.45	2400.00	10,530.00
	4	0.25	6.00	0.45	2400.00	6,480.00
	4	0.25	5.93	0.45	2400.00	6,404.40
<b>LOSA ALIGERADA</b>						<b>214,504.50</b>
PESO LOSA	6	6.2	6.2		350.00	80724.00
	9	6.85	6.2		350.00	133780.50
<b>OTRAS CARGAS</b>						<b>57,660.00</b>
TABIQUERÍA	15	6.2	6.2		50.00	28830.00
ARQUITECTURA	15	6.20	6.20		50.00	28830.00

Fuente: Propia

Tabla N° 16. *Metrado de Cargas de la estructura Segundo Hasta séptimo Piso*

2 HASTA EL 7 PISO						
DESCRIPCIÓN	Cant	Ancho (b) (m)	Largo (h) (m)	Alt. Prom. (m)	Peso Unit. (Kg/m3/m2)	Peso Total Kg
<b>COL &amp; PLACAS</b>						<b>81,417.60</b>
COLUMNAS C1	16	0.55	0.50	3.30	2400.00	34,848.00
COLUMNAS C2	8	0.65	0.65	3.30	2400.00	26,769.60
PLACA EJE X	2	0.25	2.50	3.30	2400.00	9,900.00
PLACA EJE Y	2	0.25	2.50	3.30	2400.00	9,900.00
<b>VIGAS</b>						<b>82,633.00</b>
VIGAS P	6	0.30	5.95	0.60	2400.00	15,422.40
	8	0.30	5.90	0.60	2400.00	20,390.40
	4	0.30	5.85	0.60	2400.00	10,118.80
	6	0.25	6.35	0.45	2400.00	10,287.00
VIGAS S	6	0.25	6.50	0.45	2400.00	10,530.00
	4	0.25	6.00	0.45	2400.00	6,480.00
	4	0.25	5.93	0.45	2400.00	6,404.40
<b>LOSA ALIGERADA</b>						<b>214,504.50</b>
PESO LOSA	6	6.2	6.2		350.00	80724.00
	9	6.85	6.2		350.00	133780.50
<b>OTRAS CARGAS</b>						<b>57,660.00</b>
TABIQUERIA	15	6.2	6.2		50.00	28830.00
ARQUITECTURA	15	6.20	6.20		50.00	28830.00

Fuente: *Propia*

Tabla N° 17. *Metrado de Cargas de la estructura Octavo Piso*

<b>OCTAVO PISO</b>						
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>Cant</b>	<b>Ancho (b) (m)</b>	<b>Largo (h) (m)</b>	<b>Alt. Prom. (m)</b>	<b>Peso Unit. (Kg/m3/m2)</b>	<b>Peso Total Kg</b>
<b>COL &amp; PLACAS</b>						<b>81,417.60</b>
COLUMNAS C1	16	0.55	0.50	3.30	2400.00	34,848.00
COLUMNAS C2	8	0.65	0.65	3.30	2400.00	26,769.60
PLACA EJE X	2	0.25	2.50	3.30	2400.00	9,900.00
PLACA EJE Y	2	0.25	2.50	3.30	2400.00	9,900.00
<b>VIGAS</b>						<b>82,633.00</b>
VIGAS P	6	0.30	5.95	0.60	2400.00	15,422.40
	8	0.30	5.90	0.60	2400.00	20,390.40
	4	0.30	5.85	0.60	2400.00	10,118.80
VIGAS S	6	0.25	6.35	0.45	2400.00	10,287.00
	6	0.25	6.50	0.45	2400.00	10,530.00
	4	0.25	6.00	0.45	2400.00	6,480.00
	4	0.25	5.93	0.45	2400.00	6,404.40
<b>LOSA ALIGERADA</b>						<b>214,504.50</b>
PESO LOSA	6	6.2	6.2		350.00	80724.00
	9	6.85	6.2		350.00	133780.50

Fuente: *Propia*

### 3.6. ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE LA EDIFICACION:

#### 3.6.1. Estimación del Peso (P):

S/c: A

P: PD + 0.5PL

<b>TOTAL</b>	4, 112.00 Tn
--------------	--------------

#### 3.6.2. Fuerza Cortante:

Tabla N° 18. *Parámetros de Sitio:*

<b>PARAMETROS:</b>	
Coef. zona sísmica "z"	0.45
Factor uso "u"	1.00
Factor ampliación "c"	1.99
Parámetro de sitio "s"	1.05
Red. fuer. sísmica "r"	6
Peso de la edificación "p"	4, 112.00 Tn
Aceleración gravedad (m/s <sup>2</sup> )	9.81

Fuente: *Propia*

V (Tn)	C/R > 0.11	Condición
<b>643.96</b>	0.331	Cumple

El valor de C/R No deberá ser a menor a 0.11:

Tabla N° 19. *Fuerza Cortante en la Base (V):*

C/R 0.77254

F.E.

<b>PARAMETROS DINAMICO</b>	
Peso de la edificación "p"	4 112.00
Factor ampliación "c"	2.5
<b>V. BASAL</b>	809.5503Tn

Fuente: *Propia*

### 3.6.3. Espectro de pseudo aceleraciones:

*Ecuación 35. Fuerza Espectral*

$$Sa(x, y) = FE = \frac{Z * U * S * g}{R(x, y)}$$

### 3.6.4. Distribución de fuerzas sísmicas en altura:

Tabla N° 20. *Distribución Sísmica*

DISTRIBUCIÓN DE LA FUERZA SISMICA EN ALTURA			
N° PISOS	Peso (Tn)	Altura (m)	$\alpha$
1	608.669	4.3	0.041
2	510.772	7.6	0.061
3	510.772	10.9	0.087
4	510.772	14.2	0.114
5	510.772	17.5	0.140
6	510.772	20.8	0.167
7	510.772	24.1	0.193
8	455.994	27.4	0.196
			1.000

Fuente: *Propia*

### 3.6.5. Periodo fundamental de vibración:

Tabla N° 21. *periodo Fundamental de Vibración*

PARAMETROS	
HN	26.4
CT	35
T	0.75
K	1.125

Fuente: *Propia*

### 3.6.6. Fuerzas Sísmicas:

Tabla N° 22. *Fuerzas sísmicas de la Estructura*

FUERZAS SISMICAS				
FUERZA X	FUERZA Y	FORMULA	SIMO "X" 100%	SIMO "Y" 30%
<b>F1X</b>	F1y	$\alpha 1 * V$	26.465	7.939
<b>F2X</b>	F2y	$\alpha 2 * V$	39.252	11.775
<b>F3X</b>	F3y	$\alpha 3 * V$	56.295	16.888
<b>F4X</b>	F4y	$\alpha 4 * V$	73.338	22.002
<b>F5X</b>	F5y	$\alpha 5 * V$	90.382	27.115
<b>F6X</b>	F6y	$\alpha 6 * V$	107.425	32.228
<b>F7X</b>	F7y	$\alpha 7 * V$	124.469	37.341
<b>F8X</b>	F8y	$\alpha 8 * V$	126.336	37.901
	<b>SUMATORIA</b>		643.960	193.188

Fuente: *Propia*

### 3.6.7. Excentricidad Accidental:

Tabla N° 23. *Excentricidad de la estructura*

EXCENTRICIDAD	DIMENSIONES	VALOR
<b>EX= 0.05*LX:</b>	34.00	1.700
<b>EY= 0.05*LY:</b>	19.50	0.975

Fuente: *Propia*

### 3.6.8. Centro de Gravedad:

Tabla N° 24. *Centro de Gravedad de la estructura*

LADOS	VALOR
<b>LX:</b>	17.00
<b>LY:</b>	9.75

Fuente: *Propia*

### 3.6.9. Masas Inerciales:

Tabla N° 25. Masas inerciales de la edificación

MASAS INERCIALES			
N° PISOS	Peso (Tn)	Mt (Tn. s2/m)	Mr. (Tn. s2.m)
1	608.67	62.046	7943.181
2	510.77	52.066	6665.533
3	510.77	52.066	6665.533
4	510.77	52.066	6665.533
5	510.77	52.066	6665.533
6	510.77	52.066	6665.533
7	510.77	52.066	6665.533
8	455.99	46.483	5950.792

Fuente: Propia

## 3.7. DISEÑO DE LOS DISIPADORES DE FLUIDO VISCOSO

### 3.7.1. Factor de reducción de Respuesta (B)

Es necesario calcular el factor de reducción de respuesta ya que la deriva máxima obtenida en la dirección X es de 8.00% y 11.20% para la dirección Y.

$$B_x = 1.858 ; B_y = 2.601$$

### 3.7.2. Amortiguamiento Efectivo (Beef)

se muestra el amortiguamiento efectivo calculado según las ecuaciones mencionadas.

$$B_{eefX} = 66.84\% ; B_{eefY} = 70.25\%$$

### 3.7.3. Amortiguamiento Viscoso Objetivo (Bvisc)

Para mantener un margen de seguridad y asegurar que se logre un amortiguamiento los cálculos son según los datos del fabricante, es recomendable que los disipadores tengan un amortiguamiento viscoso entre el 20% y 40%.



Por lo Tanto:

$$K_X = 8650 \frac{Tn}{m} ; K_Y = 8650 \frac{Tn}{m}$$

#### 3.7.4. Estimación del Coeficiente (C)

Primeramente, se tiene que definir el exponente de velocidad “ $\alpha$ ”. Se asumirá un coeficiente de  $\alpha=0.5$  Esto se debe a que los dispositivos son no lineales. Con este valor para el diseño de edificaciones de concreto Armado. Luego de ello se calcula la frecuencia angular y el parámetro lambda.

#### 3.7.5. Parámetro Lambda ( $\lambda$ )

El FEMA 274 facilita el valor de lambda relacionándolo con el exponente “ $\alpha$ ”. Por lo que ( $\lambda$ ) toma un valor de 3.5 ver figura 40.

Exponent $\alpha$	Parameter $\lambda$
0.25	3.7
0.50	3.5
0.75	3.3
1.00	3.1
1.25	3.0
1.50	2.9
1.75	2.8
2.00	2.7

Figura 42. Parámetro Lambda

Fuente: Propia

#### 3.7.6. Amplitud de Desplazamiento del modo Fundamental (A)

Para calcular esto se utilizó la Ec. 7 de la presente investigación se obtuvo un valor de  $A_x:0.153m$ ;  $A_y:0.134m$ .

### 3.7.7. Angulo de Inclinación del Disipador ( $\emptyset$ )

El ángulo de inclinación de los disipadores en arreglo Diagonal es:

$$\theta_x = 45^\circ; \theta_y = 45^\circ$$

Una vez culminado la elección de los parámetros se procede a calcular el coeficiente

(C). Se determina el valor de (C) para los disipadores viscosos en la dirección X.

❖ $\emptyset$	= 45°
❖ $\alpha$	= 0.5
❖ $\lambda$	= 3.5
❖ $W^{2-\alpha}$	= 20.50
❖ $A$	= 0.153
❖ $A^{1-\alpha}$	= 0.379
❖ $\Sigma C_j$	= 911.56 tn. s/m

Así como también en la en la dirección Y.

❖ $\emptyset$	= 45°
❖ $\alpha$	= 0.5
❖ $\lambda$	= 3.5
❖ $W^{2-\alpha}$	= 19.42
❖ $A$	= 0.134
❖ $A^{1-\alpha}$	= 0.356
❖ $\Sigma C_j$	= 671.5 tn. s/m

Entonces, la sumatoria Total Amortiguamiento: 1583.12 tn. s/m esto se divide entre la cantidad total de disipadores ubicados por piso en este caso 4 disipadores dando como amortiguamiento efectivo por disipador 395.78 tn. s/m. El cual es equivalente a los disipadores de 165 Kip Fuerza establecidos en el anexo 28 en la tabla N°3 de Taylor Devices.

**3.7.8. Elección del Disipador de Fluido Viscoso**

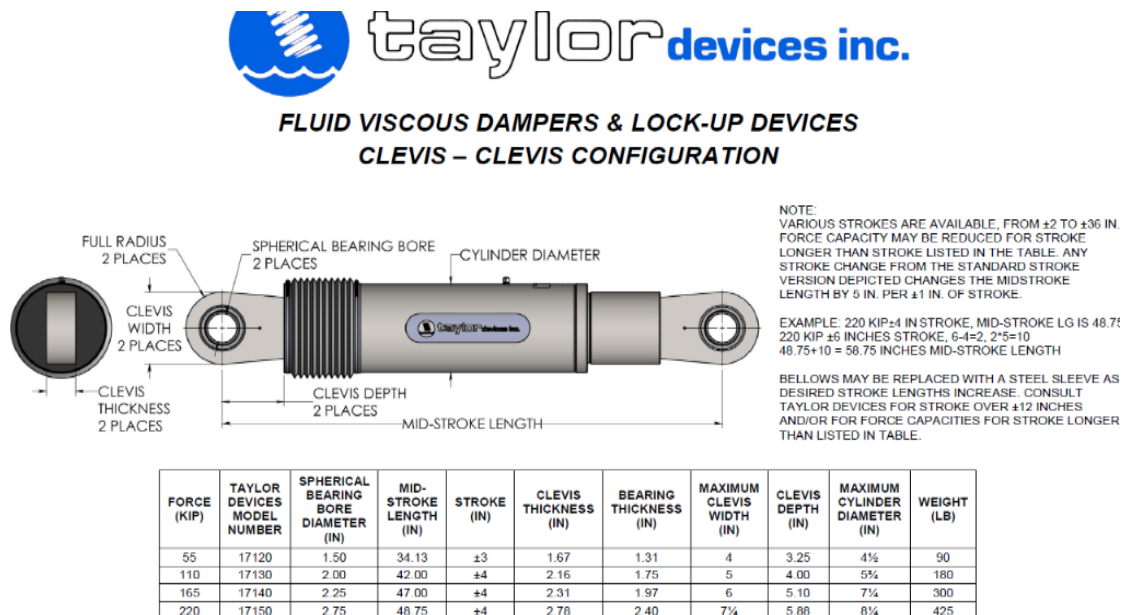
Una vez calculada las características de los disipadores de Fluido Viscoso se procede a determinar mediante unas tablas ubicadas en el Anexo 25 en el cual será el tipo de disipadores empleados en la presente investigación.

Tabla N° 26. Elección del brazo metálico del Disipador Viscoso

AMORTIGUADORES	CANTIDAD
165 KP	32

Fuente: Propia

Los disipadores que se emplearán son manufacturados por la corporación TAYLOR DEVICES INC. muestra las dimensiones provistas por este fabricante para diferentes niveles de fuerza.



Fuente: Taylor Devices inc.

Figura 43. Propiedades de los Disipadores

Para elegir la placa base, el mismo fabricante proporciona una tabla donde se muestra las características geométricas según la carga axial de los disipadores.

FORCE (KIP)	"A" (IN)	"B" (IN)	"C" (IN)	"D" (IN)	PLATE THICKNESS (IN)
55	7.00±.12	5.00±.01	†	0.81±.01	1.50±.03
110	11.12±.12	8.00±.01	†	1.25±.01	1.50±.03
165	13.50±.12	10.00±.01	5.00±.01	1.12±.01	2.40±.03
220	16.50±.12	12.50±.01	6.25±.01	1.25±.01	3.00±.06
330	17.00±.12	13.00±.01	6.50±.01	1.375±.01	3.00±.06
440	18.00±.12	13.50±.01	6.75±.01	1.50±.01	4.00±.06
675	20.00±.12	16.00±.01	8.00±.01	1.63±.01	4.00±.06
900	**	**	**	**	**
1450	**	**	**	**	**
1800	**	**	**	**	**

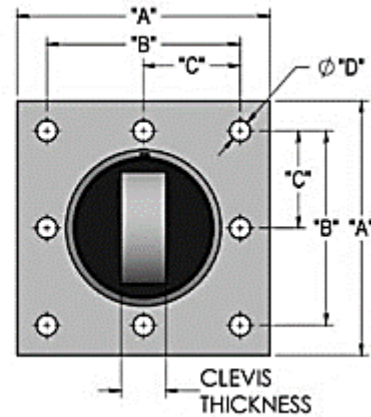



Figura 44. Características Geométricas del Disipador

Fuente: Taylor Devices inc.

### 3.7.9. Elección del Brazo Metálico del Disipador

Los disipadores de fluido-viscosos se encuentran contenidos dentro de perfiles metálicos, su importancia de diseño radica en la variable “K” a emplear dentro del modelamiento. Se considera la rigidez del brazo metálico como la rigidez del sistema de amortiguamiento por ser mucho mayor a la rigidez de la diagonal del disipador. A continuación, se muestra la tabla con las propiedades del brazo metálico seleccionado (HSS 7.50x0.50).



**DIMENSIONS AND SECTION PROPERTIES OF ROUND HSS**

Nominal Size		Weight per Foot	Wall Thickness t	D/t	Cross Sectional Area	I	S	r	Z	Torsional Stiffness Constant J	Torsional Shear Constant C	Surface Area Per Foot
Outside Diameter	Wall											
in.	in.	lb.	in.		in. <sup>2</sup>	in. <sup>4</sup>	in. <sup>3</sup>	in.	in. <sup>3</sup>	in. <sup>4</sup>	in. <sup>3</sup>	ft. <sup>2</sup>
7.625	x 0.375	29.06	0.349	21.8	7.98	52.9	13.9	2.58	18.5	106	27.8	2.00
	0.328	25.59	0.305	25.0	7.01	47.1	12.3	2.59	16.4	94.1	24.7	2.00
	0.125	10.02	0.116	65.7	2.74	19.3	5.06	2.66	6.54	38.6	10.1	2.00
7.500	x 0.500	37.42	0.465	16.1	10.3	63.9	17.0	2.49	23.0	128	34.1	1.96
	0.375	28.56	0.349	21.5	7.84	50.2	13.4	2.53	17.9	100	26.8	1.96
	0.312	23.97	0.291	25.8	6.59	42.9	11.4	2.55	15.1	85.8	22.9	1.96
	0.250	19.38	0.233	32.2	5.32	35.2	9.37	2.57	12.3	70.3	18.7	1.96
	0.188	14.70	0.174	43.1	4.00	26.9	7.17	2.59	9.34	53.8	14.3	1.96

Figura 45. Características Geométricas del Disipador

Se está empleando el perfil metálico Round HSS 7.5 x 0.50, el cual tiene las siguientes características.

- ❖ Área del perfil metálico:  $A = 10.3 \text{ in}^2$
- ❖ Radio del perfil metálico:  $r = 2.49 \text{ in}$
- ❖ Módulo de elasticidad del acero:  $E_{ac} = 29000 \text{ ksi}$
- ❖ Esfuerzo de fluencia:  $F_y = 35 \text{ ksi}$

### 3.7.10. Cálculo de las dimensiones del Brazo Metálico

Se inicia la interacción considerando un perfil metálico estándar HSS, para la presente tesis se partió de un perfil del tipo HSS 7.50 X 0.50, el cual presenta las siguientes características.

Tabla N° 27. Dimensiones del Perfil del Disipador

PERFIL HSS 7.50 x 050				
D Ext (in)	D Int. (in)	Espesor(in)	Área (in)	Inercia (in)
7.5	7.035	0.465	10.3	63.9

Para determinar la rigidez del brazo metálico, empleamos la Ec. 26:

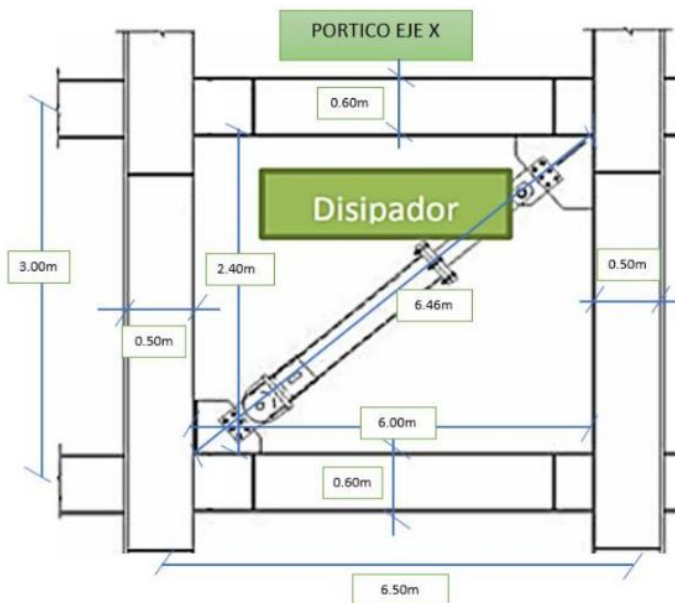
**Donde:**

$$E = 29000 \text{ ksi} = 24.4 \times 10^6 \text{ ton/m}$$

$$A = 10.30 \text{ in}^2 = 66.45 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

Para determinar el valor de “L” del brazo metálico se considera la longitud total del disipador entre diagonales menos el dispositivo viscoso dando un total de 4.031m. Se reemplaza en la ecuación de Rigidez:

$$K = \frac{24.4 \times 10^6 * 66.45 \times 10^{-4} - 4}{4.031} = 40220.5 \text{ ton/m}$$



Identification	
Property Name	Disipador eje X-X
Direction	U1
Type	Damper - Exponential
NonLinear	Yes
Linear Properties	
Effective Stiffness	0 tonf/m
Effective Damping	0 tonf-s/m
Nonlinear Properties	
Stiffness	40220.5 tonf/m
Damping	395.78 tonf*(s/m)^Cexp
Damping Exponent	0.5

**Fuente:** Propia

Figura 46. Posición de los Disipadores

### 3.7.11. Ubicación de los Disipadores de Fluido Viscoso

Según los criterios de ubicación mencionados anteriormente exigen como mínimo 2 dispositivos por dirección de análisis en cada piso y en arreglo tal que no genere torsión. Considerando un margen razonable de seguridad proponemos 4 dispositivos por piso en arreglo Diagonal, ubicados en los extremos de los pórticos exteriores del edificio. Esta ubicación y disposición de los amortiguadores puede observarse en las elevaciones del edificio ver figura 44 y 45.

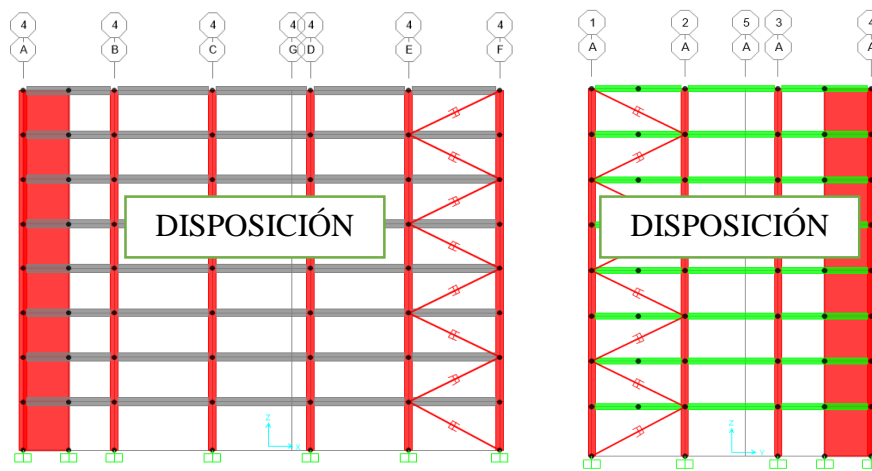


Figura 47. Disposición de los Disipadores en 2D Cortes

Fuente: Propia

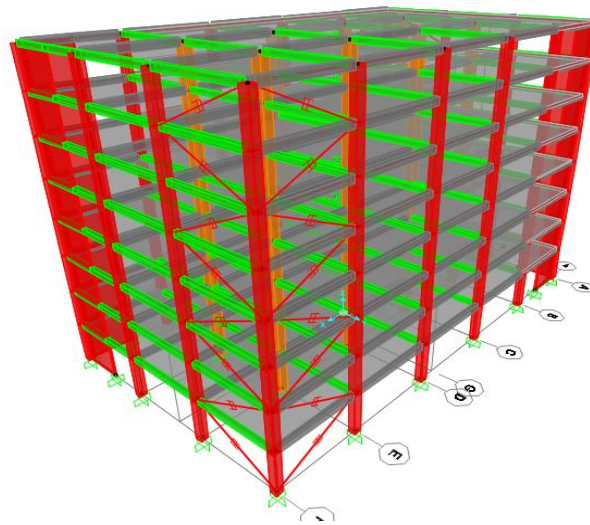


Figura 48. Disposición de los Disipadores en 3D

Fuente: Propia

**CAPITULO IV. RESULTADOS**

**4.1.MODELO CONVENCIONAL SIN DISIPADORES**

Los datos obtenidos por el software SAP2000 V.20 de la edificación convencional sin disipadores de fluido viscoso.

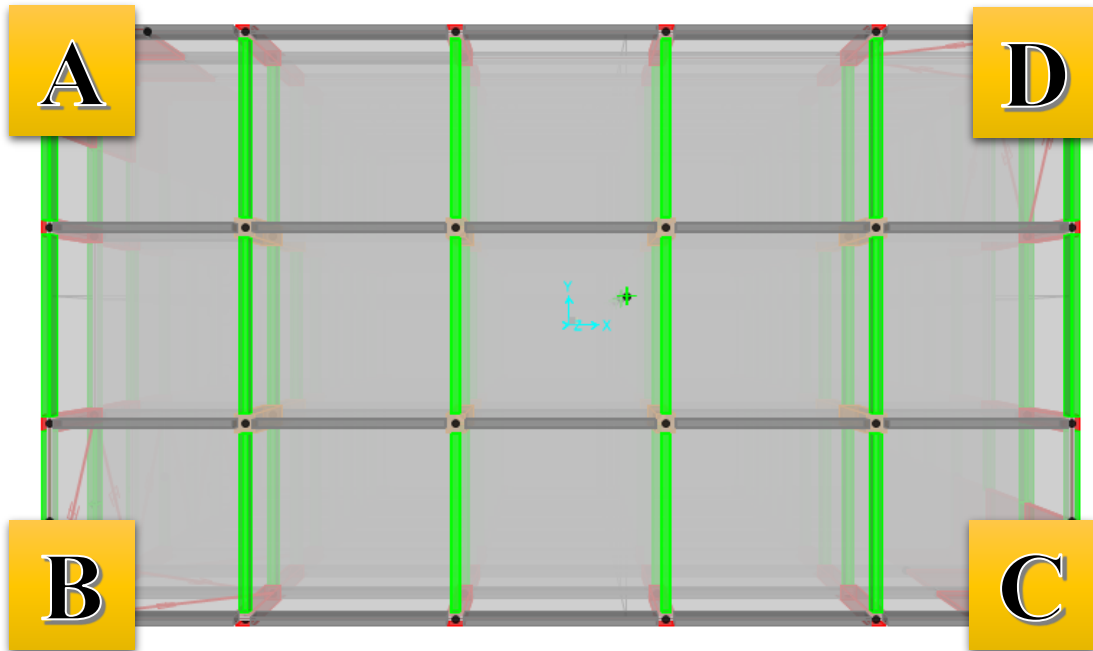


Figura 49. Plano de Derivas de Entrepiso

Fuente: Propia

**4.1.1. Análisis Estático Sin Disipadores de Fluido Viscoso**

**Derivas de Entrepiso**

Tabla N° 28. Desplazamientos en X & Y

Fuente: Propia

SISMO X PARA EL NODO A - D			SISMO Y PARA EL NODO A-B		
PISO	DX (mm)	DISTORCIÓN X	PISO	DY (mm)	DISTORCIÓN Y
8	129.017	0.003	8	244.449	0.008
7	117.747	0.004	7	218.289	0.009
6	103.563	0.005	6	187.847	0.010
5	86.771	0.006	5	153.756	0.011
4	67.803	0.006	4	116.945	0.011
3	47.637	0.006	3	79.431	0.011
2	27.813	0.005	2	44.264	0.009
1	10.690	0.003	1	15.725	0.005



SISMO X PARA EL NODO B-C			SISMO Y PARA EL NODO C-D		
PISO	DX (mm)	DISTORSIÓN X	PISO	DY (mm)	DISTORSIÓN Y
8	125.303	0.003	8	205.225	0.007
7	114.465	0.004	7	183.626	0.008
6	100.767	0.005	6	158.316	0.009
5	84.504	0.006	5	129.816	0.009
4	66.094	0.006	4	98.897	0.010
3	46.485	0.006	3	67.263	0.009
2	27.174	0.005	2	37.511	0.007
1	10.462	0.003	1	13.318	0.004

Tabla N° 29. *Distorsiones de Entrepiso  $\leq 0.007$  Según Norma E030'' Diseño Sismorresistente''*

DISTORSION DE ENTREPISO EN X			DISTORSION DE ENTREPISO EN Y		
PISO	DISTORSIÓN	CONDICIÓN	PISO	DISTORSIÓN	CONDICIÓN
8	0.003	OK	8	0.007	REFORZAR
7	0.004	OK	7	0.008	REFORZAR
6	0.005	OK	6	0.009	REFORZAR
5	0.006	OK	5	0.010	REFORZAR
4	0.006	OK	4	0.010	REFORZAR
3	0.006	OK	3	0.010	REFORZAR
2	0.005	OK	2	0.008	REFORZAR
1	0.003	OK	1	0.004	OK

Fuente: *Propia*

#### 4.1.2. Análisis Dinámico

#### Derivas de Entrepiso Sin Disipadores de Fluido Viscoso

Tabla N° 30. Desplazamientos en X & Y

SISMO X PARA EL NODO A - D			SISMO Y PARA EL NODO A-B		
PISO	DX (mm)	DISTORSIÓN X	PISO	DY (mm)	DISTORSIÓN Y
8	176.083	0.005	8	268.732	0.009
7	160.731	0.006	7	240.158	0.010
6	141.452	0.007	6	206.979	0.011
5	118.636	0.008	5	169.859	0.012
4	92.829	0.008	4	129.724	0.012
3	65.311	0.008	3	88.589	0.012
2	38.156	0.007	2	49.645	0.010
1	14.644	0.004	1	17.706	0.005

SISMO X PARA EL NODO B-C			SISMO Y PARA EL NODO C-D		
PISO	DX (mm)	DISTORSIÓN X	PISO	DY (mm)	DISTORSIÓN Y
8	163.144	0.004	8	212.173	0.007
7	149.266	0.005	7	190.263	0.008
6	131.658	0.006	6	164.531	0.009
5	110.679	0.007	5	135.461	0.010
4	86.823	0.008	4	103.766	0.010
3	61.263	0.008	3	71.045	0.009
2	35.915	0.007	2	39.875	0.008
1	13.849	0.004	1	14.206	0.004

Fuente: Propia

Tabla N° 31. Distorsiones de Entrepiso  $\leq 0.007$  Según Norma E030” Diseño Sismorresistente”

DISTORSION DE ENTREPISO EN X			DISTORSION DE ENTREPISO EN Y		
PISO	DISTORSIÓN	CONDICIÓN	PISO	DISTORSIÓN	CONDICIÓN
8	0.004	OK	8	0.008	REFORZAR
7	0.006	OK	7	0.009	REFORZAR
6	0.007	OK	6	0.010	REFORZAR
5	0.008	REFORZAR	5	0.011	REFORZAR
4	0.008	REFORZAR	4	0.011	REFORZAR
3	0.008	REFORZAR	3	0.011	REFORZAR
2	0.007	OK	2	0.009	REFORZAR
1	0.004	OK	1	0.005	OK

Fuente: Propia

**Fuerzas Dinámicas Internas Sin Disipadores Viscosos:**

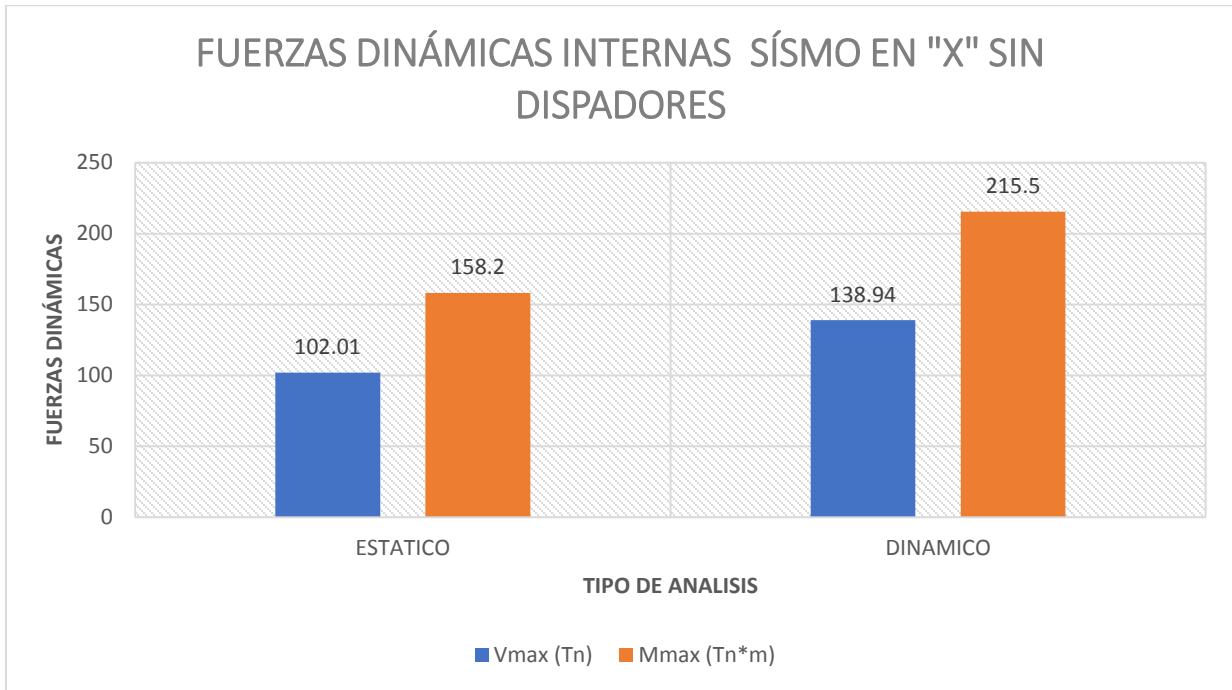


Figura 50. Fuerzas dinámicas en el eje "X"

Fuente: Propia

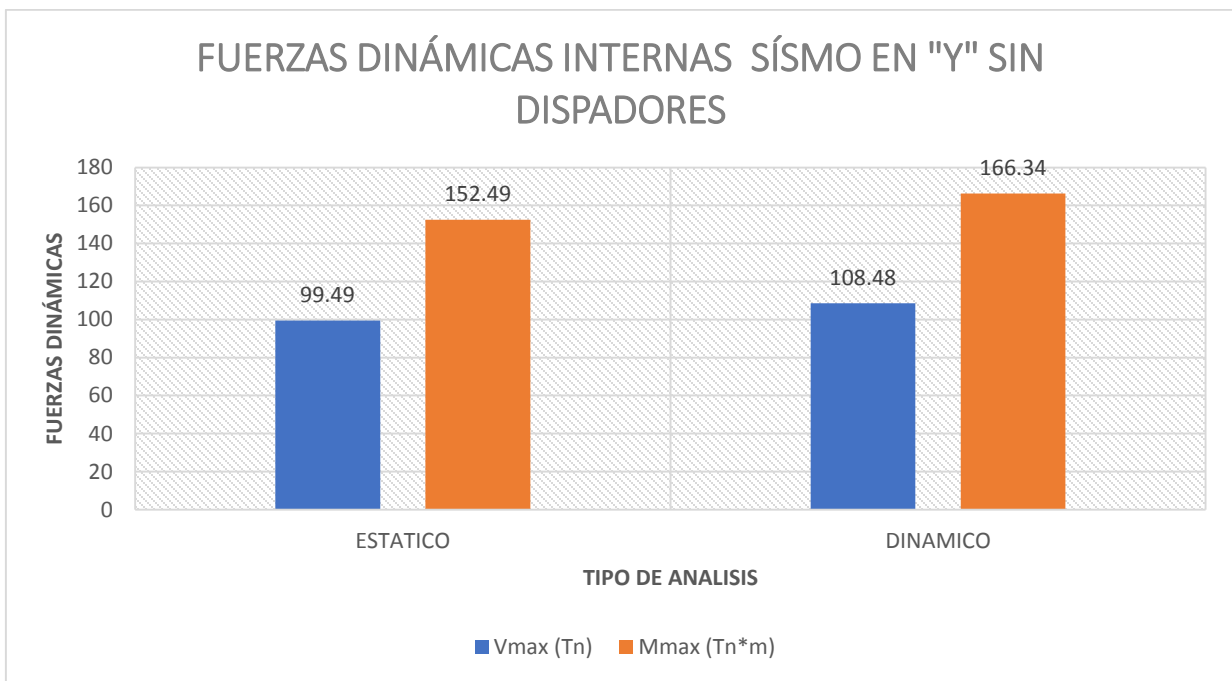


Figura 51. Fuerzas dinámicas en el eje "Y"

Fuente: Propia

**Porcentaje del Participación de Masa Sin Disipadores Viscosos:**

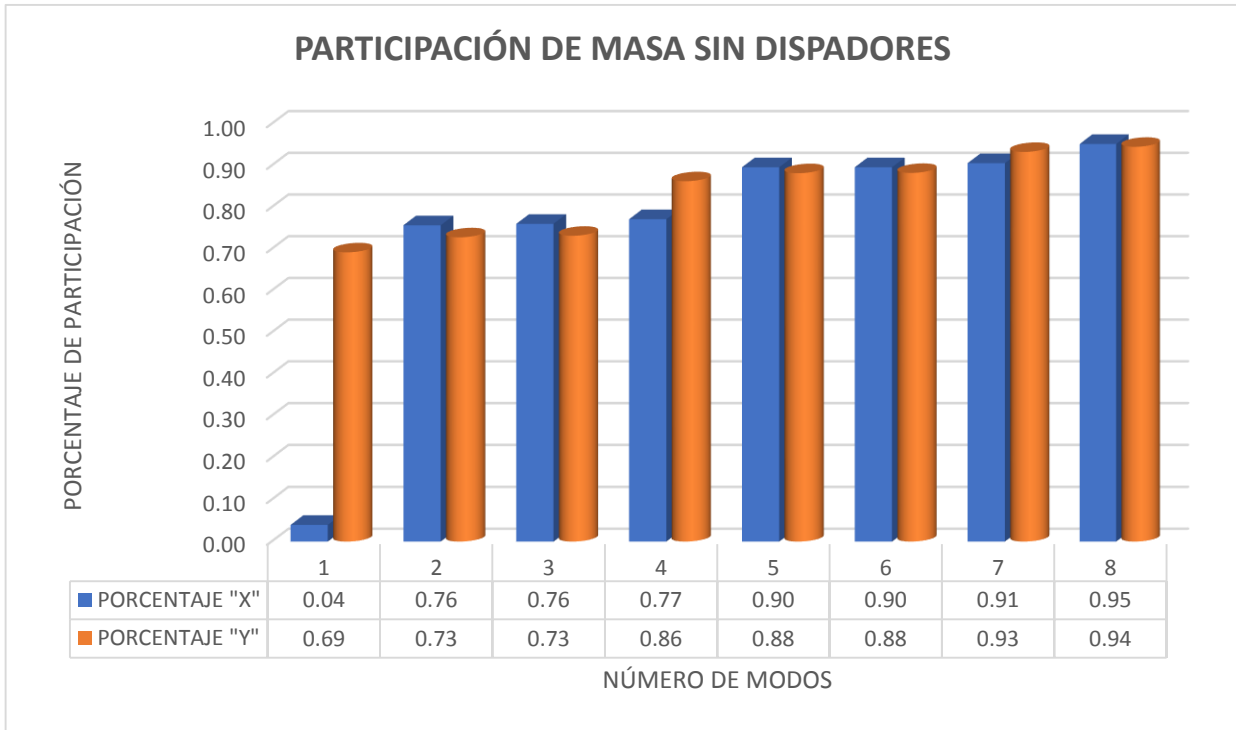


Figura 52. Participación de Masa  $\leq 90\%$

Fuente: Propia

## 4.2. MODELO CONVENCIONAL CON DISIPADORES:

Los datos obtenidos por el SAP2000 V.20 de la edificación convencional con disipadores de fluido viscoso.

### 4.2.1. Análisis Estático Con Disipadores de Fluido Viscoso

#### ✚ Distorsiones de Entrepiso:

Tabla N° 32. Desplazamientos

SISMO X PARA EL NODO A - D			SISMO Y PARA EL NODO A-B		
PISO	DX (mm)	DISTORSIÓN X	PISO	DY (mm)	DISTORSIÓN Y
8	78.115	0.003	8	107.741	0.005
7	67.436	0.003	7	91.899	0.005
6	56.169	0.004	6	75.523	0.005
5	44.373	0.004	5	58.965	0.005
4	32.594	0.003	4	42.608	0.005
3	21.130	0.003	3	27.473	0.004
2	11.275	0.002	2	14.302	0.003
1	3.545	0.001	1	4.836	0.001

SISMO X PARA EL NODO B-C			SISMO Y PARA EL NODO C-D		
PISO	DX (mm)	DISTORSIÓN X	PISO	DY (mm)	DISTORSIÓN Y
8	76.892	0.003	8	94.825	0.004
7	66.400	0.003	7	80.960	0.004
6	55.322	0.004	6	66.577	0.004
5	43.712	0.004	5	51.983	0.004
4	32.119	0.003	4	37.590	0.004
3	20.811	0.003	3	24.107	0.003
2	11.110	0.002	2	12.565	0.003
1	3.462	0.001	1	3.962	0.001

Tabla N° 33. Distorsiones de Entrepiso  $\leq 0.007$  Según Norma E030” Diseño Sismorresistente”

DISTORSION DE ENTREPISO EN X			DISTORSION DE ENTREPISO EN Y		
PISO	DISTORSIÓN	CONDICIÓN	PISO	DISTORSIÓN	CONDICIÓN
8	0.003	OK	8	0.005	OK
7	0.003	OK	7	0.005	OK
6	0.004	OK	6	0.005	OK
5	0.004	OK	5	0.005	OK
4	0.003	OK	4	0.004	OK
3	0.003	OK	3	0.004	OK
2	0.002	OK	2	0.003	OK
1	0.001	OK	1	0.001	OK

Fuente: Propia

#### 4.2.2. Análisis Dinámico Con Disipadores de Fluido Viscoso:

##### Distorsiones de Entrepiso

Tabla N° 34. Desplazamientos

SISMO X PARA EL NODO A - D			SISMO Y PARA EL NODO A-B		
PISO	DX (mm)	DISTORSIÓN X	PISO	DY (mm)	DISTORSIÓN Y
8	120.811	0.005	8	147.098	0.007
7	103.634	0.005	7	125.070	0.007
6	85.803	0.006	6	102.395	0.007
5	67.574	0.006	5	79.617	0.007
4	49.252	0.005	4	57.255	0.006
3	32.565	0.005	3	36.814	0.005
2	17.171	0.003	2	19.058	0.004
1	7.082	0.002	1	6.666	0.002

SISMO X PARA EL NODO B-C			SISMO Y PARA EL NODO C-D		
PISO	DX (mm)	DISTORSIÓN X	PISO	DY (mm)	DISTORSIÓN Y
8	107.911	0.005	8	127.888	0.006
7	92.750	0.005	7	108.872	0.006
6	76.942	0.005	6	89.212	0.006
5	60.682	0.005	5	69.375	0.006
4	44.337	0.005	4	49.942	0.005
3	29.251	0.004	3	31.904	0.005
2	15.482	0.003	2	16.545	0.003
1	6.166	0.002	1	5.331	0.002

Fuente: Propia

Tabla N° 35. Distorsiones de Entrepiso  $\leq 0.007$  Según Norma E030” Diseño Sismorresistente”

DISTORSION DE ENTREPISO EN X			DISTORSION DE ENTREPISO EN Y		
PISO	DISTORSIÓN	CONDICIÓN	PISO	DISTORSIÓN	CONDICIÓN
8	0.005	OK	8	0.006	OK
7	0.005	OK	7	0.006	OK
6	0.005	OK	6	0.006	OK
5	0.005	OK	5	0.006	OK
4	0.005	OK	4	0.006	OK
3	0.004	OK	3	0.005	OK
2	0.003	OK	2	0.004	OK
1	0.002	OK	1	0.002	OK

Fuente: Propia

**Fuerzas Dinámicas Internas Con Disipadores Viscosos:**

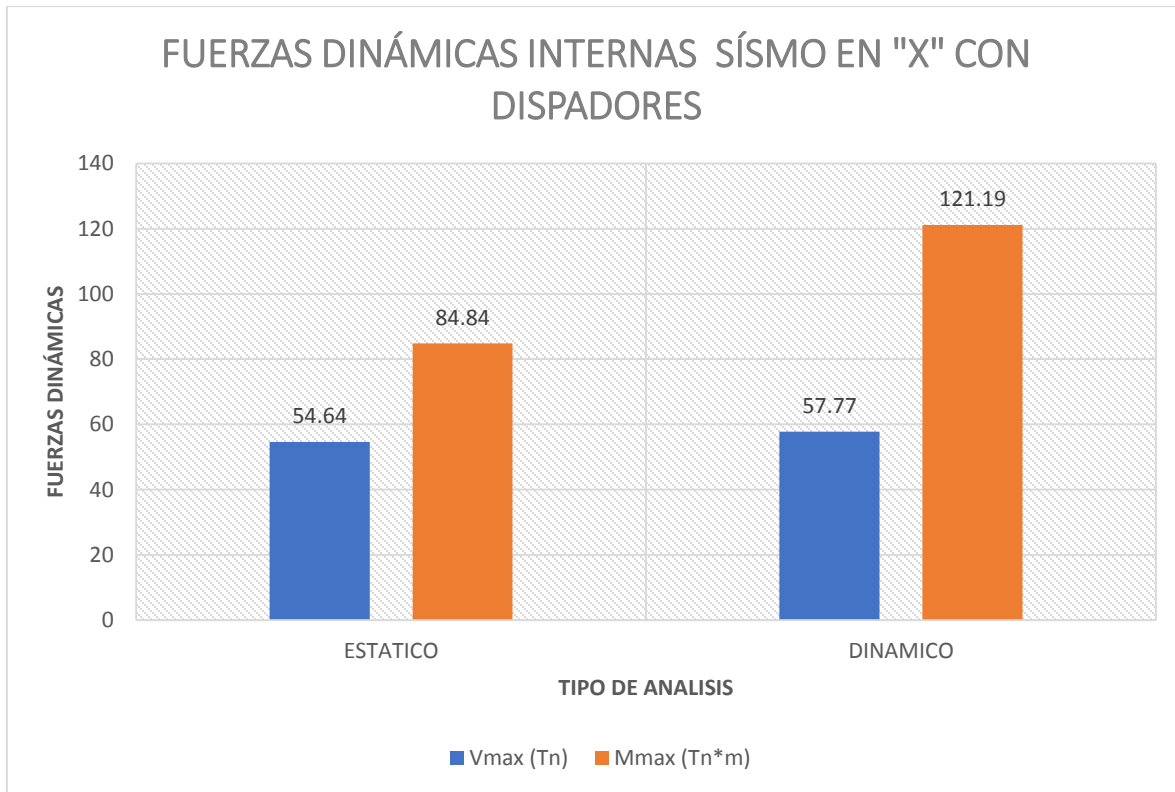


Figura 53. Fuerzas Dinámicas Con Disipadores - Eje "X"

Fuente: Propia

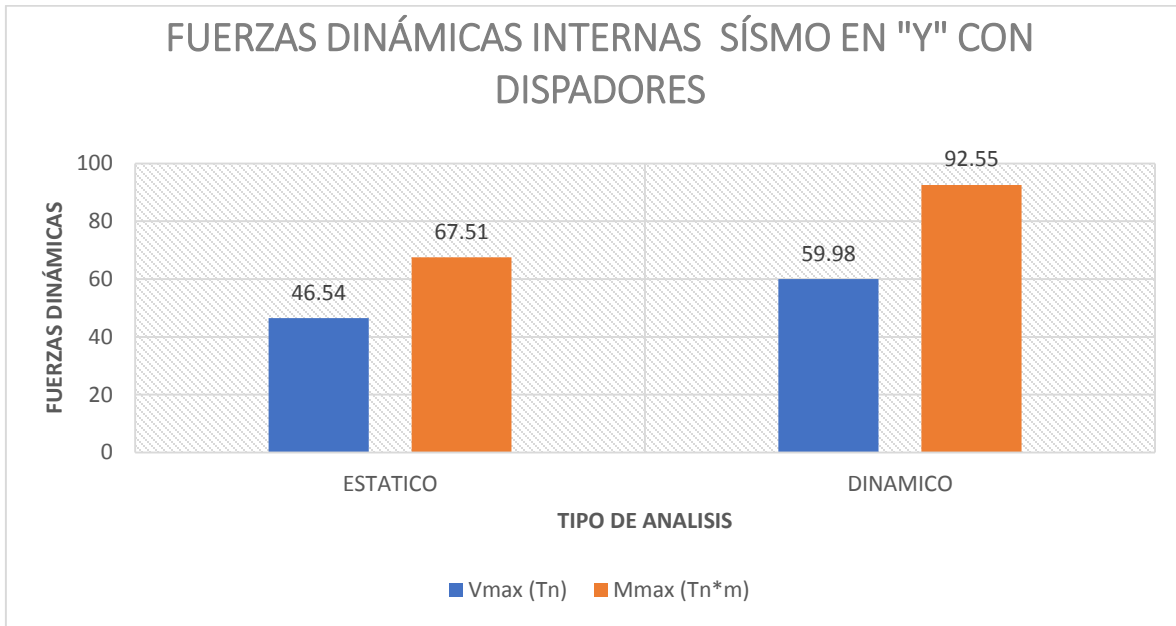


Figura 54. Fuerzas dinámicas con Disipador - Eje "Y"

Fuente: Propia

Porcentaje del Participación de Masa Con Disipadores Viscosos:

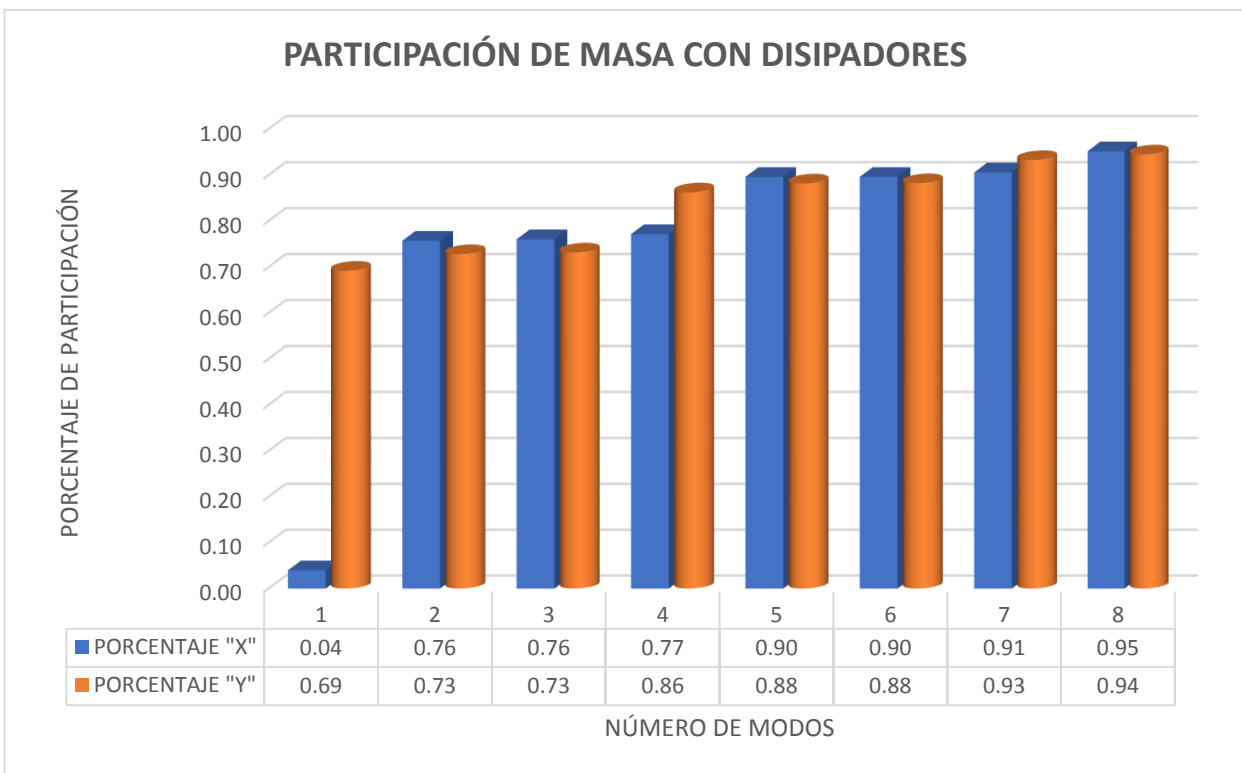


Figura 55. Participación de Masa ≤ 90%

Fuente: Propia



### 4.3. RESULTADOS DE DISIPACIÓN DE ENERGIA

#### 4.3.1. Análisis Estático Reducción Sísmica

Los datos obtenidos por el SAP2000 V.20 de la edificación convencional con disipadores de fluido viscoso.

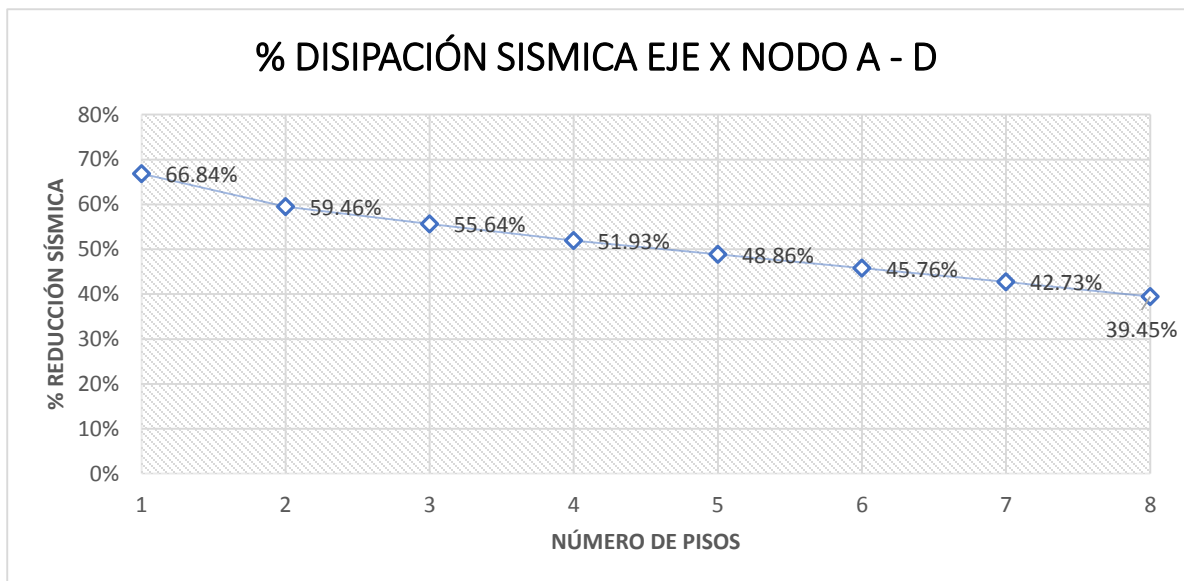


Figura 56.Reducción Sísmica Análisis Estático Nodo A - D

Fuente: Propia

Fuente: Propia

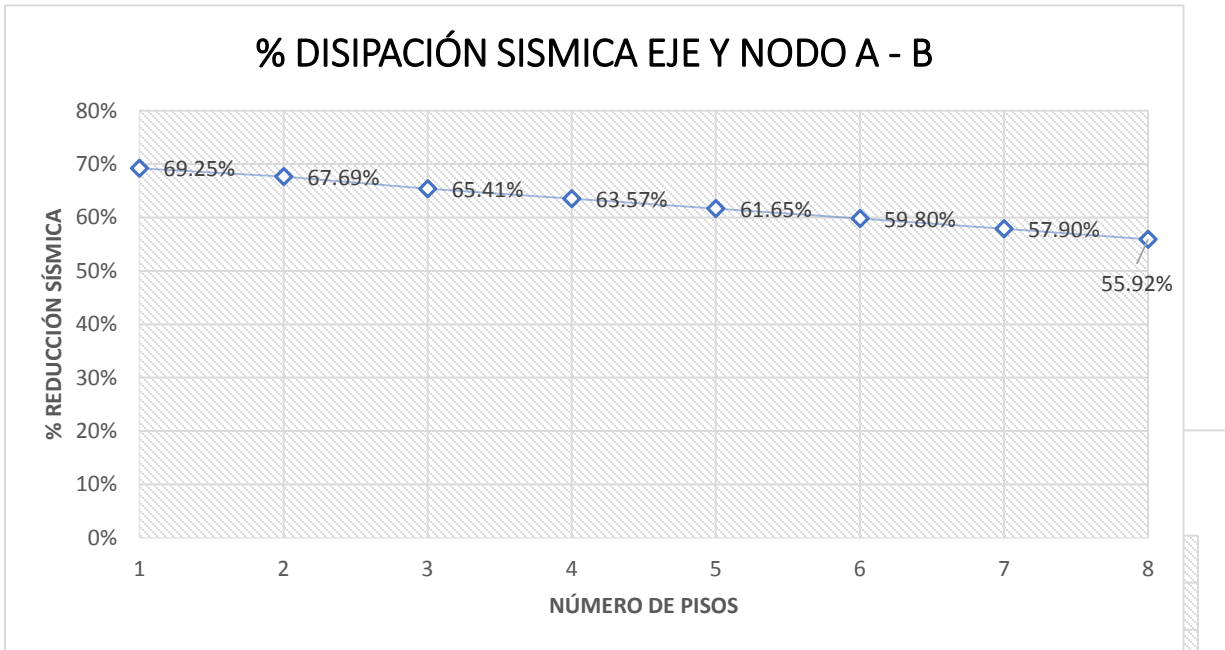


Figura 57. Reducción Sísmica Análisis Estático Nodo B - C

Fuente: Propia

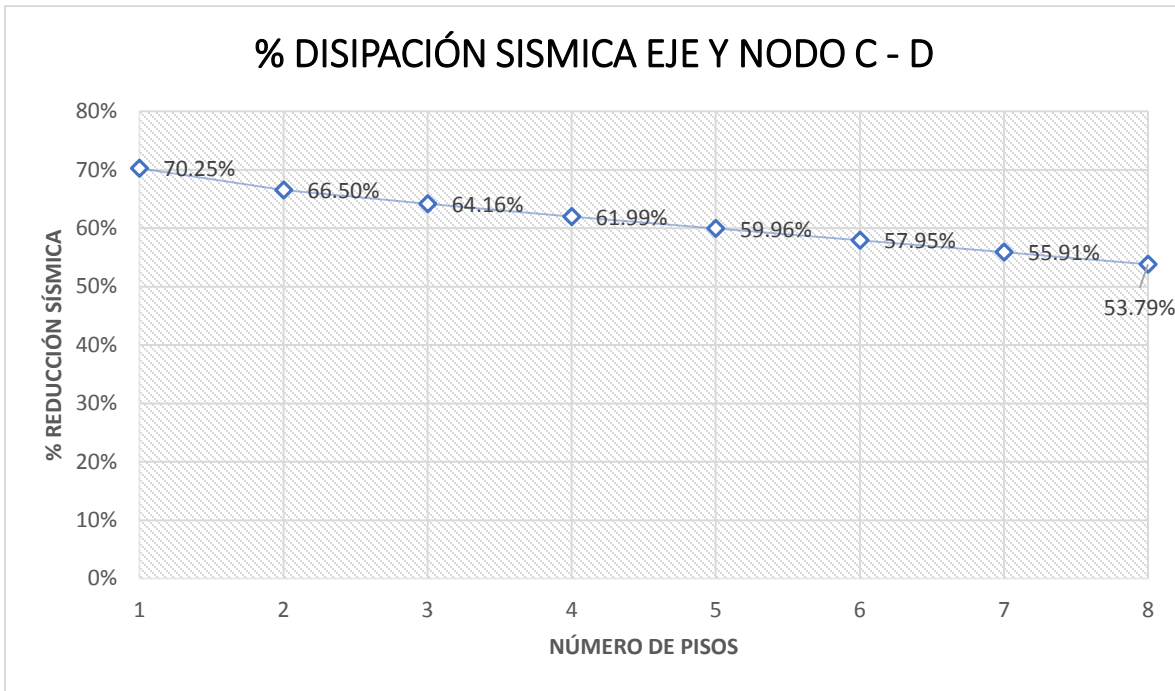


Figura 59.Reducción Sísmica Análisis Estático Nodo C - D

Fuente: Propia

#### 4.3.2. Análisis Dinámico Reducción Sísmica

Los datos obtenidos por el SAP2000 V.20 de la edificación convencional con disipadores de fluido viscoso.

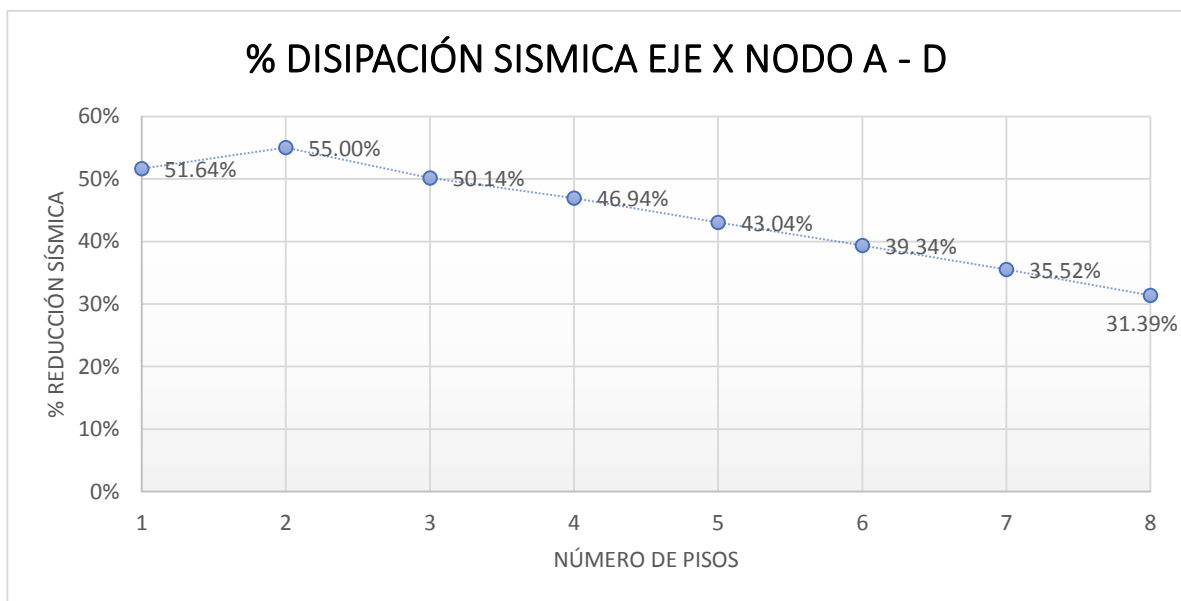


Figura 60.Reducción Sísmica Análisis Dinámico Nodo A -D

**Fuente:** Propia

**Fuente:** Propia

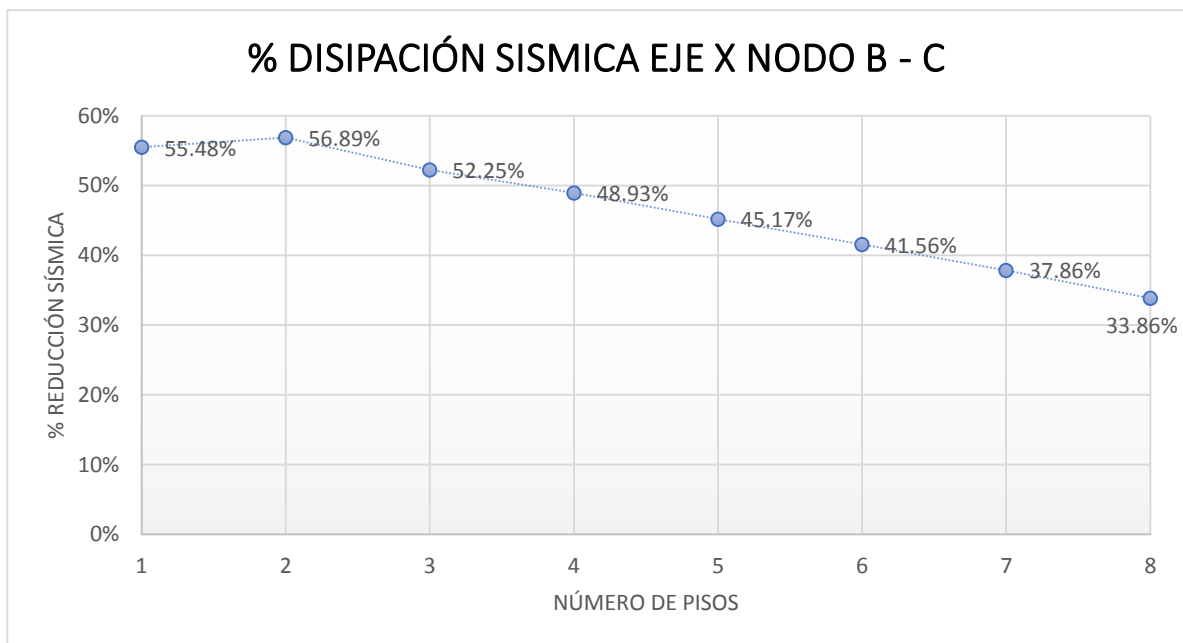


Figura 61.Reducción Sísmica Análisis Dinámico Nodo B - C

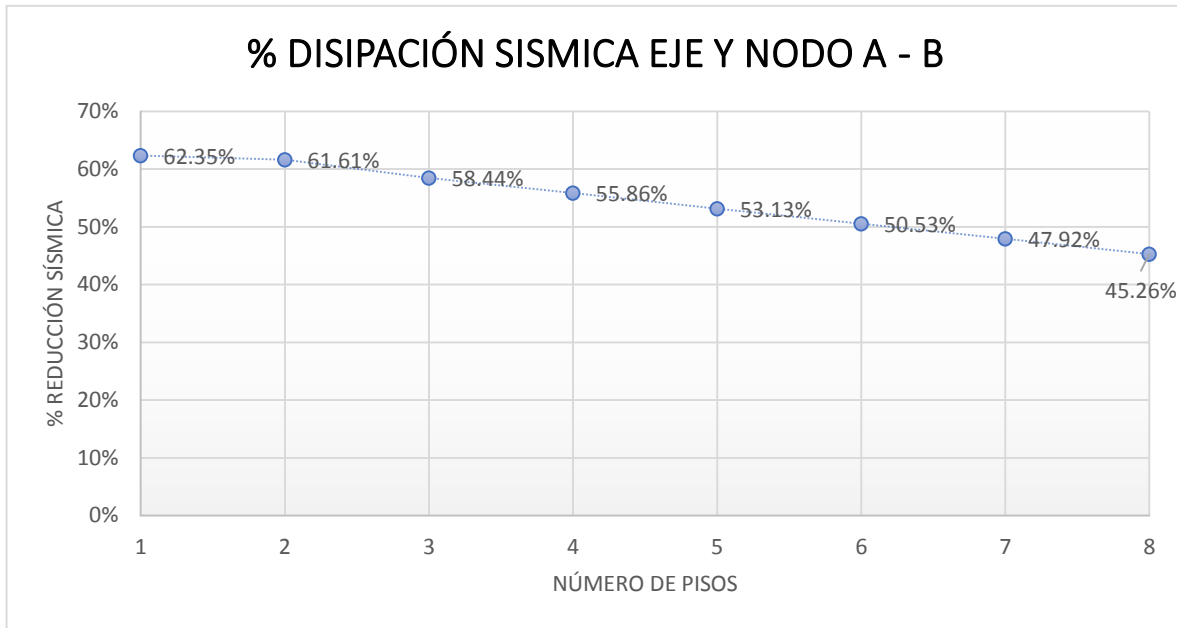


Figura 62.Reducción Sísmica Análisis Dinámico Nodo A - B

Fuente: Propia

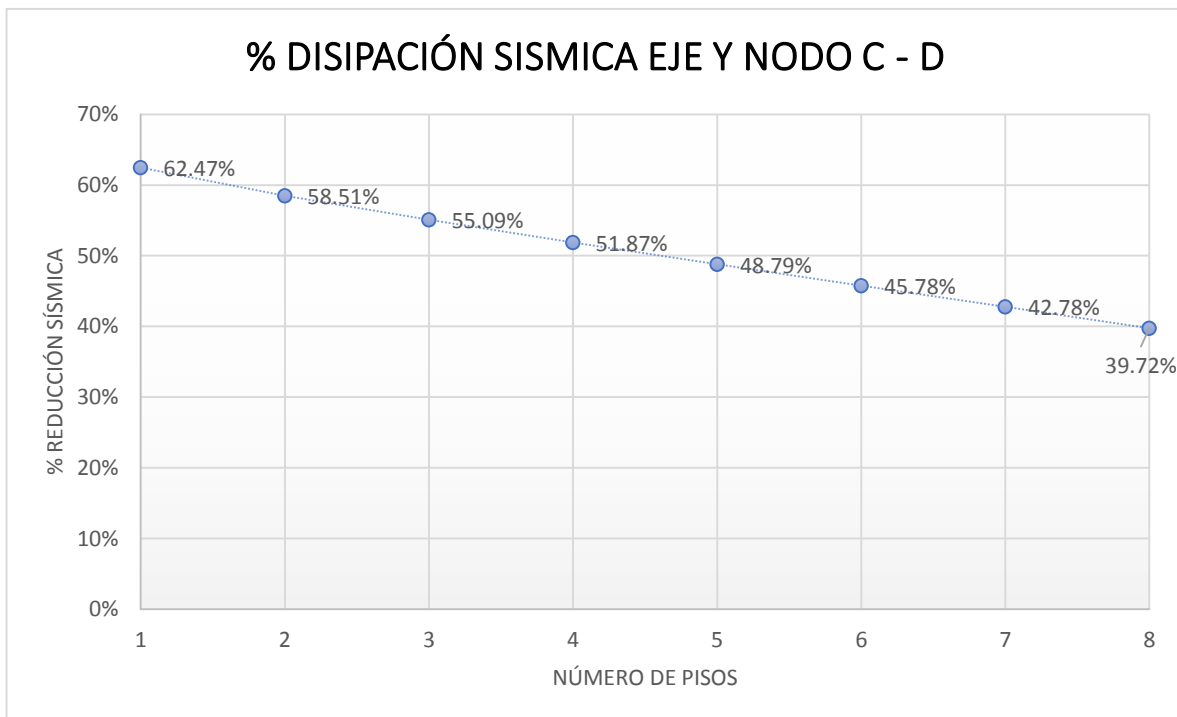


Figura 63.Reducción Sísmica Análisis Dinámico Nodo C - D

Fuente: Propia

#### 4.4. Análisis de datos estadísticos (Normalidad y prueba Wilcoxon)

Lo primero a saber es que Prueba de Normalidad se tendrá en cuenta en el software Paquete estadístico para ciencias sociales (SPSS) para ellos se hará uso del método que lo amerite para ello se tendrá en cuenta previamente lo siguiente:

La incorporación de un sistema de disipadores de fluido viscoso en una edificación aporticada convencional de concreto armado de 8 niveles influye significativamente en reducir las derivas máximas de entre piso, hasta ser menores o iguales a 0.007. además, reducirá los esfuerzos dinámicos (Cortante y Momento Flector) producidos por un evento sísmico cumpliendo así la norma técnica E.030 “Diseño Sismorresistente”

✚ **H0** = No hay Influencia significativa en la reducción de las derivas máximas entrepiso y los esfuerzos dinámicos después de la incorporación de los disipadores de fluido viscoso ante una solicitud sísmica.

✚ **H1** = Si hay Influencia significativa en la reducción de las derivas máximas entrepiso y los esfuerzos dinámicos después de la incorporación de los disipadores de fluido viscoso ante una solicitud sísmica.

Por ende, La prueba de Normalidad que se tendrá en cuenta en el software será Shapiro Wilk ya que la cantidad de datos a analizar en la edificación aporticada es de 8 (representa a el número de Pisos de la edificación aporticada).

#### 4.4.1. Prueba de Normalidad

##### Eje X

Software Paquete estadístico para ciencias sociales (SPSS) – Shapiro Wilk

Tabla N° 36. Resumen de procesamiento de casos

	Casos					
	Válido		Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
DISTORSIÓN SIN DISPADORES	8	100,0%	0	0,0%	8	100,0%
DISTORSIÓN CON DISPADORES	8	100,0%	0	0,0%	8	100,0%

Tabla N° 37. Resumen Descriptivo

		Estadístico	Desv. Error	
DISTORSIÓN SIN DISPADORES	Media	.006500	.0005976	
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	.005087	
		Límite superior	.007913	
	Media recortada al 5%	.006556		
	Mediana	.007000		
	Varianza	,000		
	Desv. Desviación	.0016903		
	Mínimo	.0040		
	Máximo	.0080		
	Rango	.0040		
	Rango intercuartil	.0035		
	Asimetría	-,828	,752	
	Curtosis	-,973	1,481	
DISTORSIÓN CON DISPADORES	Media	.004250	.0004119	
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	.003276	
		Límite superior	.005224	
	Media recortada al 5%	.004333		
	Mediana	.005000		
	Varianza	,000		

Desv. Desviación	.0011650	
Mínimo	.0020	
Máximo	.0050	
Rango	.0030	
Rango intercuartil	.0017	
Asimetría	-1,355	,752
Curtosis	,620	1,481

Tabla N° 38. Prueba de normalidad

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
DISTORSIÓN SIN DISPADORES	,814	8	,041
DISTORSIÓN CON DISIPADORES	,724	8	,004

**Criterios para determinar la normalidad:**

P-Valor  $\geq \alpha=0.05$  Aceptar  $H_0$  =los datos provienen de una Distribución Normal.

P-Valor  $< \alpha=0.05$  Aceptar  $H_1$  =los datos NO provienen de una Distribución Normal.

***PARAMETROS DE NORMALIDAD***

<b><i>P-Valor = 0.041</i></b>	<b><i>&lt;</i></b>	<b><i><math>\alpha = 0.05</math></i></b>
<b><i>P-Valor = 0.004</i></b>		

**CONCLUSIÓN:**

Los datos de Distorsión provienen de una distribución No Normal, es decir los datos no son paramétricos



 **Eje Y**

Software Paquete estadístico para ciencias sociales (SPSS) – Shapiro Wilk

*Tabla N° 39. Resumen de procesamiento de casos*

	Casos					
	Válido		Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
DISTORSIÓN SIN DISPADORES	8	100,0%	0	0,0%	8	100,0%
DISTORSIÓN CON DISPADORES	8	100,0%	0	0,0%	8	100,0%

*Tabla N° 40. Resumen Descriptivo*

			Estadístico	Desv. Error	
DISTORSIÓN DISPADORES	SIN	Media	.009250	.0007258	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	.007534	
			Límite superior	.010966	
		Media recortada al 5%	.009389		
		Mediana	.009500		
		Varianza	,000		
		Desv. Desviación	.0020529		
		Mínimo	.0050		
		Máximo	.0110		
		Rango	.0060		
		Rango intercuartil	.0027		
		Asimetría	-1,371	,752	
Curtosis	1,995	1,481			
DISTORSIÓN DISIPADORES	CON	Media	.005125	.0005154	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	.003906	
			Límite superior	.006344	
		Media recortada al 5%	.005250		
		Mediana	.006000		
		Varianza	,000		
		Desv. Desviación	.0014577		

Mínimo	.0020	
Máximo	.0060	
Rango	.0040	
Rango intercuartil	.0017	
Asimetría	-1,758	,752
Curtosis	2,685	1,481

Tabla N° 41. Prueba de normalidad

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
DISTORSIÓN SIN DISPADORES	,843	8	,080
DISTORSIÓN CON DISPADORES	,700	8	,002

**Criterios para determinar la normalidad:**

P-Valor  $\geq \alpha=0.05$  Aceptar  $H_0$  =los datos provienen de una Distribución Normal.

P-Valor  $< \alpha=0.05$  Aceptar  $H_1$  =los datos NO provienen de una Distribución Normal.

***PARAMETROS DE NORMALIDAD***

<b><i>P-Valor = 0.08</i></b>	>	<b><math>\alpha = 0.05</math></b>
<b><i>P-Valor = 0.002</i></b>	<	

**CONCLUSIÓN:**

Los datos de Distorsión provienen de una distribución No Normal, es decir los datos no son paramétricos.

#### 4.4.2. Test de Wilcoxon

Esta prueba se usa para comparar las diferencias entre dos muestras de datos tomados antes (Edificación sin Disipadores de Fluido Viscoso) y después (Edificación con Disipadores de Fluido Viscoso) del tratamiento, A continuación, se explica los pasos a seguir para dar inicio a esta prueba de Wilcoxon. En esta Prueba se espera que el valor central sea cero. Las diferencias de los datos iguales a cero son eliminadas y el valor absoluto de las desviaciones con respecto al valor central son ordenadas de menor a mayor. A los datos idénticos se les asigna el lugar medio en la serie. La suma de los rangos se hace por separado para los signos positivos y los negativos. Se representa la menor de esas dos sumas. Comparamos con el valor proporcionado por las tablas estadísticas al efecto para determinar si rechazamos o no la hipótesis nula, según el nivel de significación elegido.

Las decisiones para seleccionar la prueba de Wilcoxon fueron; Es un problema de Comparación, es un programa de mejoramiento de 2 grupos relacionados (antes y después de la aplicación de los disipadores de fluido viscoso en una edificación de 8 pisos aporticada).

- ✚ **VD:** Análisis del comportamiento sísmico de una edificación aporticada frente a una sollicitación sísmica. Nivel de medición de la variable dependiente: ordinal
- ✚ **Ho:** No hay diferencias en comportamiento de la edificación aporticada antes y después de implementar el sistema de disipadores de fluido viscoso.
- ✚ **Prueba estadística:** Prueba de Wilcoxon

- ✚ **Regla de decisión:** Si  $p \leq 0.05$  se rechaza  $H_0$  Nota: El nivel de significancia que se establece normalmente es 0.05, este puede variar en la regla de decisión a 0.01 y 0.001 si se requiere mayor certeza en la prueba de hipótesis.

Tabla N° 42. Prueba de rango con signo de Wilcoxon eje X

		N	Rango promedio	Suma de rangos
Distorsión Con	Rangos negativos	14 <sup>a</sup>	7.50	105.00
Disipadores -	Rangos positivos	0 <sup>b</sup>	.00	.00
Distorsión Sin	Empates	2 <sup>c</sup>		
Disipadores	Total	16		

a. Distorsión Con Disipadores < Distorsión Sin Disipadores

b. Distorsión Con Disipadores > Distorsión Sin Disipadores

c. Distorsión Con Disipadores = Distorsión Sin Disipadores

Tabla N° 43. Estadística de Prueba

	Distorsión Con Disipadores - Distorsión Sin Disipadores
<b>Z</b>	-3.341 <sup>b</sup>
<b>Sig. asintótica(bilateral)</b>	.001

a. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon

b. Se basa en rangos positivos.

### **Criterios para determinar la normalidad:**

P-Valor  $\leq 0.05$  se rechaza  $H_0$  = No hay diferencias en comportamiento de la edificación aporticada antes y después de implementar el sistema de disipadores de fluido viscoso.

### **Conclusión:**

*P-Valor = 0.01 se rechaza  $H_0$ . Entonces según el Test de Wilcoxon si hay diferencias en comportamiento de la edificación aporticada antes y después de implementar el sistema de disipadores de fluido viscoso.*

Tabla N° 44. Prueba de rango con signo de Wilcoxon eje Y

		N	Rango promedio	Suma de rangos
Distorsión Con Disipadores -	Rangos negativos	13 <sup>a</sup>	7.88	102.50
	Rangos positivos	1 <sup>b</sup>	2.50	2.50
Distorsión Sin Disipadores	Empates	1 <sup>c</sup>		
	Total	15		

- a. Distorsión Con Disipadores < Distorsión Sin Disipadores  
 b. Distorsión Con Disipadores > Distorsión Sin Disipadores  
 c. Distorsión Con Disipadores = Distorsión Sin Disipadores

Tabla N° 45. Estadística de Prueba

Distorsión Con Disipadores - Distorsión Sin Disipadores	
<b>Z</b>	-3.161 <sup>b</sup>
<b>Sig. asintótica(bilateral)</b>	.002

- a. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon  
 b. Se basa en rangos positivos.

### **Criterios para determinar la normalidad:**

P-Valor  $\leq 0.05$  se rechaza  $H_0$  = No hay diferencias en comportamiento de la edificación aporticada antes y después de implementar el sistema de disipadores de fluido viscoso.

### **Conclusión:**

*P-Valor = 0.02 se rechaza  $H_0$ . Entonces según el Test de Wilcoxon si hay diferencias en comportamiento de la edificación aporticada antes y después de implementar el sistema de disipadores de fluido viscoso.*

## CAPITULO V. DISCUCIÓN

La presente investigación tiene la finalidad de analizar una edificación convencional incorporando disipadores de fluido viscoso, para poder determinar si estos dispositivos influyen significativamente en el comportamiento, a continuación, se presenta el análisis de los resultados obtenidos según los objetivos establecidos.

Las derivas de entrepiso disminuyen significativamente, esto se debe a la reducción de los desplazamientos a causa de incorporar los dispositivos de fluido viscoso, según los resultados obtenidos en el Análisis Estático expresados en porcentaje de reducción de desplazamientos, para el eje X la reducción mínima fue de 38.64% y como máximo se obtuvo 66.91%, para el eje Y la reducción mínima fue de 53.79% y como máximo se obtuvo un 70.25%.

Los resultados obtenidos en el análisis Dinámico expresados en porcentaje de reducción de desplazamientos, para el eje X la reducción mínima fue de 31.39% y como máximo se obtuvo 56.89%, para el eje y la reducción mínima fue de 39.72% y como máximo se obtuvo un 62.35%, los resultados encontrados son favorables para la edificación aporticada, es decir, los dispositivos de fluido viscoso incrementan la disipación liberando energía proveniente de un evento sísmico.

Según Asunción, 2016, afirma que los dispositivos de fluido viscoso reducen los daños estructurales, mejoran el desempeño estructural y disminuyen las derivas máximas de entrepiso considerablemente con un porcentaje de disipación que varía entre un rango de 20% al 40% en todos los niveles.

Según Carranza & Calderón, 2015, afirma que los dispositivos de fluido viscoso se optimizan realizando una variación en la disposición y posición de estos, y la disipación de

energía varía según el número de estos dispositivos viscosos, en su investigación encontró que la energía que absorben estos disipadores es de un 88.78% como máximo.

Según Alarcón & Asto, 2017, menciona que los dispositivos de fluido viscoso los desplazamientos reducidos en el eje X varían entre un 20% al 38% y la dirección Y del 41% al 48%.

Según Santos, 2018 en su investigación afirma que los disipadores de fluido viscoso tienen una disipación de energía mínima del 25%, y menciona es que es un mecanismo para reducir y contrarrestar fuerzas provocadas por un sismo.

Según Casana, 2018, Menciona en su investigación la propuesta de uso de disipadores de fluidos viscoso puede llegar a disipar hasta el 80% de la energía sísmica de entrada.

Según Collantes, 2018, menciona sus resultados obtenidos al incorporar estos dispositivos arrojan valores de amortiguamiento en X= 22% y en Y= 17%.

A continuación, se presenta una tabla resumen mencionando los resultados obtenidos en comparación a otros estudios realizados por otras investigaciones.

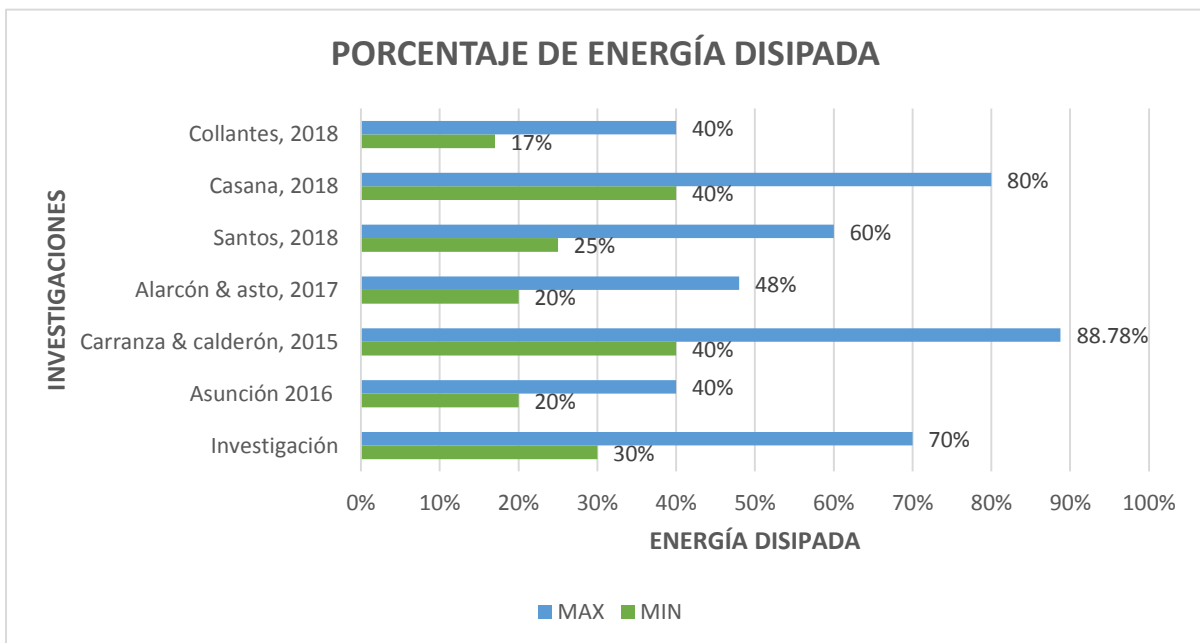


Figura 64. Disipación de Energía

Fuente: Propia

Los esfuerzos dinámicos disminuyen en gran medida al incorporar disipadores de fluido viscoso, los resultados obtenidos en el Análisis Estático, sin incorporar los disipadores de fluido viscoso, en el sismo X se obtuvieron; Fuerza Cortante 102.01 Tn y un momento Flector de 158.2 Tn\*m, en el sismo Y se obtuvieron; Fuerza Cortante 99.49 Tn y un momento Flector de 152.49 Tn\*m, Al incorporar Disipadores de fluido Viscoso se obtuvieron los siguientes resultados, en el sismo X se obtuvieron; Fuerza Cortante 54.64 Tn y El momento Flector de 84.84 Tn\*m y en el sismo Y se obtuvieron; Fuerza Cortante 34.03 Tn y El momento Flector de 63.72 Tn\*m, teniendo como resultados la Fuerza Cortante disminuyo un 46.44% y El momento Flector de disminuyo un 46.37%,y en el sismo Y se obtuvieron, la Fuerza Cortante disminuyo un 65.80% y El momento Flector de disminuyo un 58.21%.

Los resultados obtenidos en el Análisis Dinámico, sin incorporar los disipadores de fluido viscoso, en el sismo X se obtuvieron; La Fuerza Cortante 138.94 Tn y El momento Flector de 215.5 Tn\*m, en el sismo Y se obtuvieron; Fuerza Cortante 108.48 Tn y un momento Flector de 166.34 Tn\*m. Al incorporar Disipadores de fluido Viscoso se obtuvieron los siguientes resultados, en el sismo X se obtuvieron; Fuerza Cortante 57.77 Tn y un momento Flector de 121.19 Tn\*m, en el sismo Y se obtuvieron; Fuerza Cortante 59.98 Tn y El momento Flector de 92.55 Tn\*m, teniendo como resultados La Fuerza Cortante disminuyo un 58.42% y El momento Flector de disminuyo un 43.76%,y en el sismo Y se obtuvieron, La Fuerza Cortante disminuyo un 44.71% y El momento Flector de disminuyo un 44.36%.

Según Alarcón & Asto, 2017, la incorporación de disipadores de fluido Viscoso reduce las fuerzas sísmicas, para las fuerzas axiales en un intervalo de 68 al 91%, en fuerzas cortantes del 14% al 41% y en los momentos flectores del 38% hasta un 55% con lo cual mejoraría el comportamiento estructural.



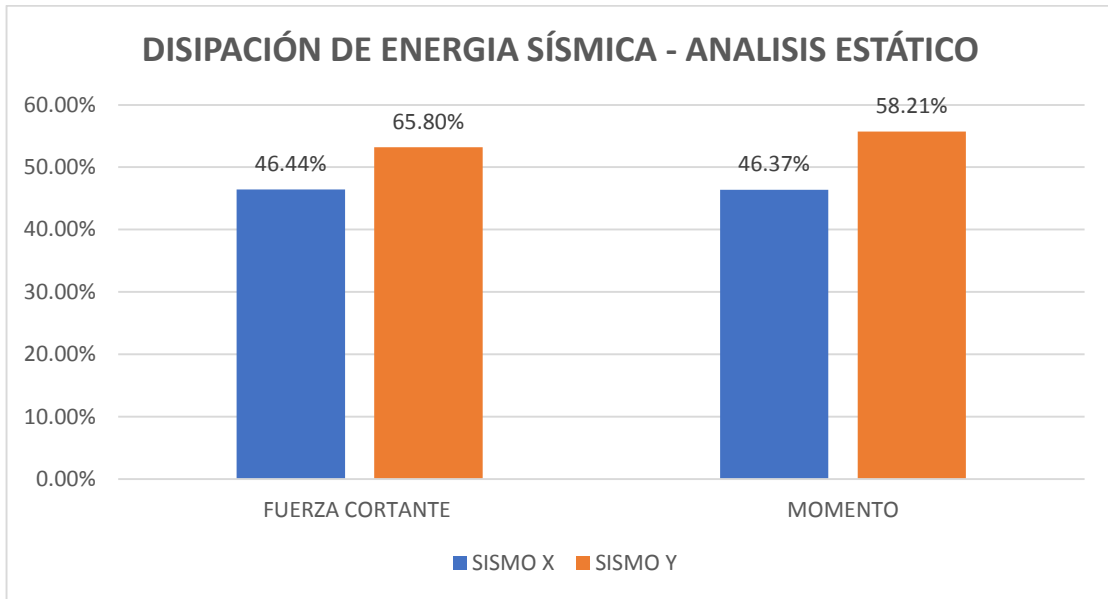


Figura 65. Disipación de Energía Análisis Estático

Fuente: Propia

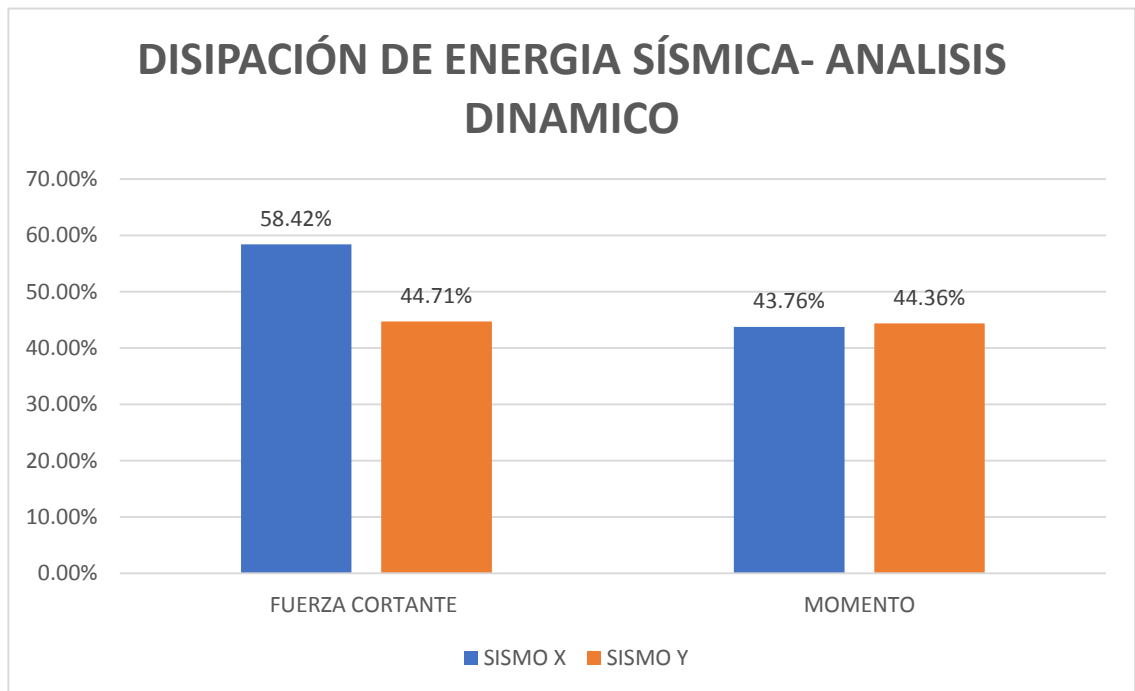


Figura 66. Disipación de Energía Análisis Dinámico

Fuente: Propia

- Las derivas de entrepiso se establecen en la Norma Peruana E030 “Diseño Sismorresistente” cuya máxima deriva es 0.007 para elementos de concreto armado.

Los resultados obtenidos en el Análisis Estático, sin incorporar disipadores de fluido viscoso en el Eje X arrojan derivas mínimas de 0.003 y máximas de 0.006, en el Eje Y arrojan derivas mínimas de 0.004 y máximas de 0.010, considerando que los resultados son mayores a la deriva de la norma E030. Para ello incorporamos los disipadores de fluido viscosos en la estructura y obtenemos los siguientes resultados; En el Eje X arrojan derivas mínimas de 0.001 y máximas de 0.004, en el Eje Y arrojan derivas mínimas de 0.001 y máximas de 0.005.

Los resultados obtenidos en el Análisis Dinámico, sin disipadores de fluido viscoso en el Eje X arrojan derivas mínimas de 0.004 y máximas de 0.008, en el Eje Y arrojan derivas mínimas de 0.005 y máximas de 0.011, considerando que los resultados son mayores a la deriva de la norma E030. Para ello incorporamos estos dispositivos viscosos en la estructura y obtenemos los siguientes resultados en el Eje X arrojan derivas mínimas de 0.002 y máximas de 0.005, en el Eje Y arrojan derivas mínimas de 0.002 y máximas de 0.006, cumpliendo con cabalidad y responsabilidad la norma técnica peruana E030. Es decir, los resultados obtenidos son favorables con relación a las derivas de entrepiso al incorporar los dispositivos viscosos.

A continuación, se muestra el análisis comparativo de los resultados obtenidos en consideración a los parámetros de la Norma Peruana de Diseño Sismorresistente E030.

**Análisis Estático:**

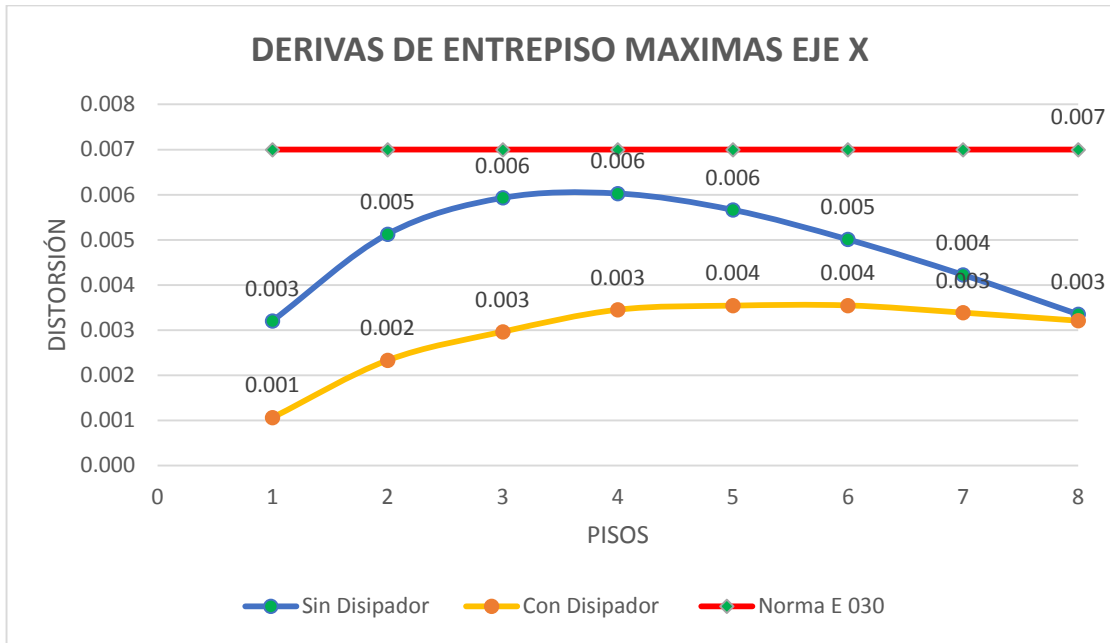


Figura 67. Derivas de Entrepiso en el eje x

Fuente: Propia

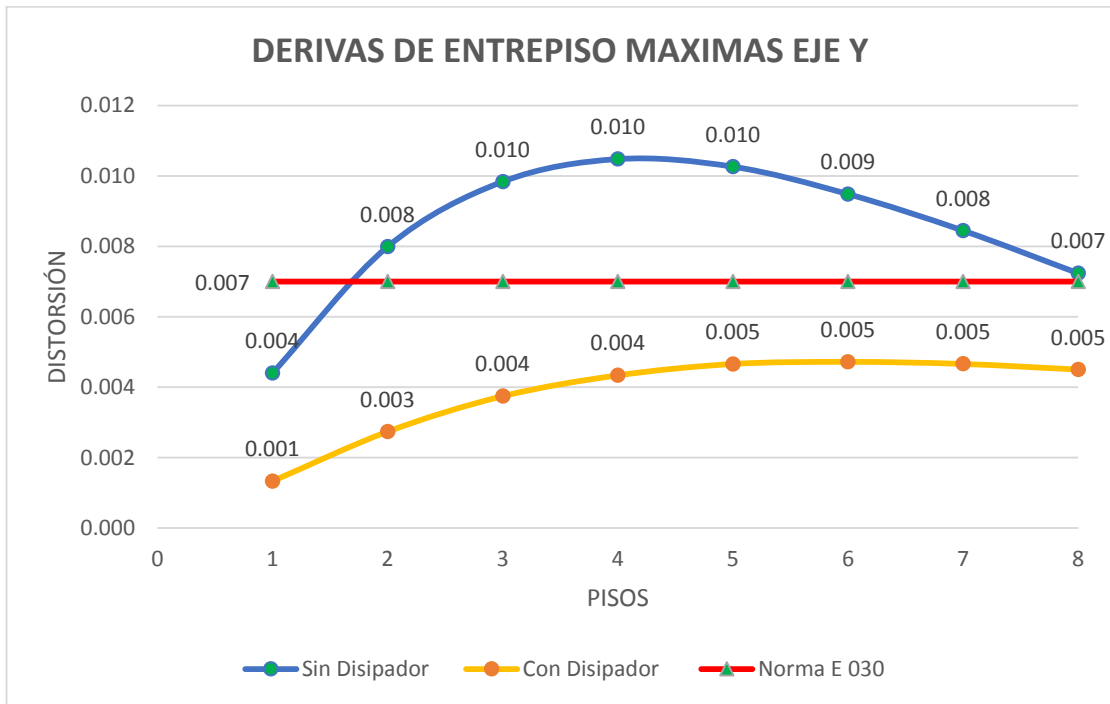


Figura 68. Derivas de Entrepiso en el eje y

Fuente: Propia

**Análisis Dinámico:**

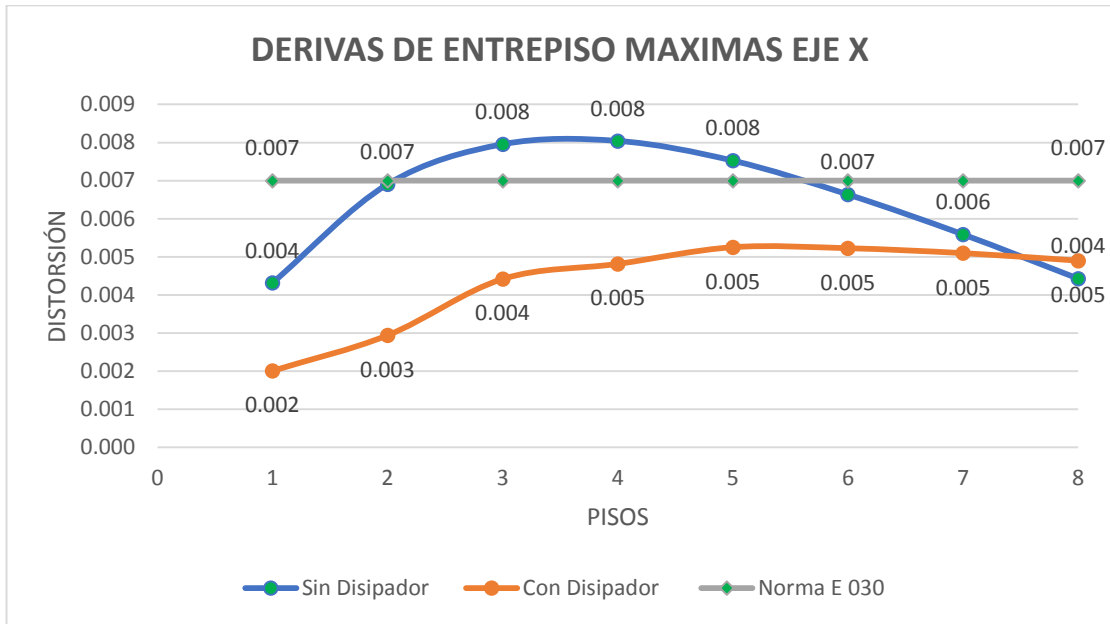


Figura 69. Derivas de Entrepiso máximas eje x

Fuente: Propia

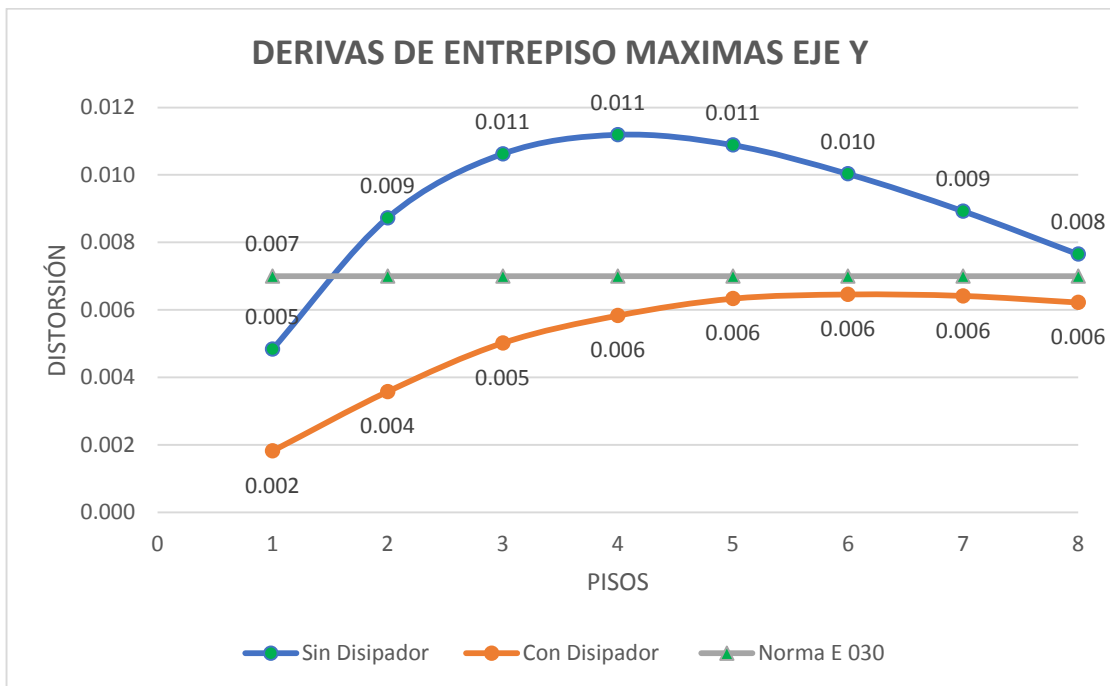


Figura 70. Derivas de Entrepiso máximas eje y

Fuente: Propia

- El nivel de daño de una edificación depende de la intensidad del sismo la norma Asus 99 clasifica el nivel de daño en función de las derivas máximas es decir para un daño despreciable hasta un daño ligero la deriva máxima es de 0.005 proporciona daños a los elementos no estructurales, a los elementos arquitectónicos, esto quiere decir que los sistemas de seguridad y evacuación funcionan con normalidad. Para un daño contemplado entre ligero y moderado la deriva máxima es de 0.008 en este daño los elementos estructurales tienen pérdida de resistencia y rigidez del sistema resistente de cargas laterales, pero el sistema permanece funcional, algunos elementos arquitectónicos pueden dañarse. Para un daño contemplado entre daño moderado y daño extensivo la deriva máxima es de 0.031, en este caso los daños son estructurales, existe fallos en los elementos secundarios produciendo un colapso parcial de la estructura y posterior demolición de esta. Para el tipo de daño contemplado entre extensivo y completo la deriva máxima es de 0.050, en este caso ya existe una pérdida parcial o total del soporte estructural, no es posible ninguna reparación. Por ello la condición es reforzar los elementos estructurales previos a un evento sísmico, para la presente investigación los daños que se ocasiona el sismo está clasificado como daño moderado, porque estamos sobrepasando el nivel máximo permisible de 0.008 las consecuencias son daños estructurales a los elementos que proporcionan resistencia y rigidez a la estructura. Según Casana (2018), menciona que la incorporación de estos dispositivos generaría una gran disminución de dimensiones de las secciones transversales de los elementos estructurales, ya que aumenta el coeficiente de amortiguamiento (C), ante el sismo la estructura (concreto armado) absorberían menos fuerza de cizalla.

Tabla N° 46. Derivas según el nivel de daño ASUS 99.

DESCRIPCIÓN	LIGERO	MODERADO	EXTENSIVO	COMPLETO
<b>Deriva Max</b>	0.005	0.008	0.031	0.050

Fuente: *Asus 99*

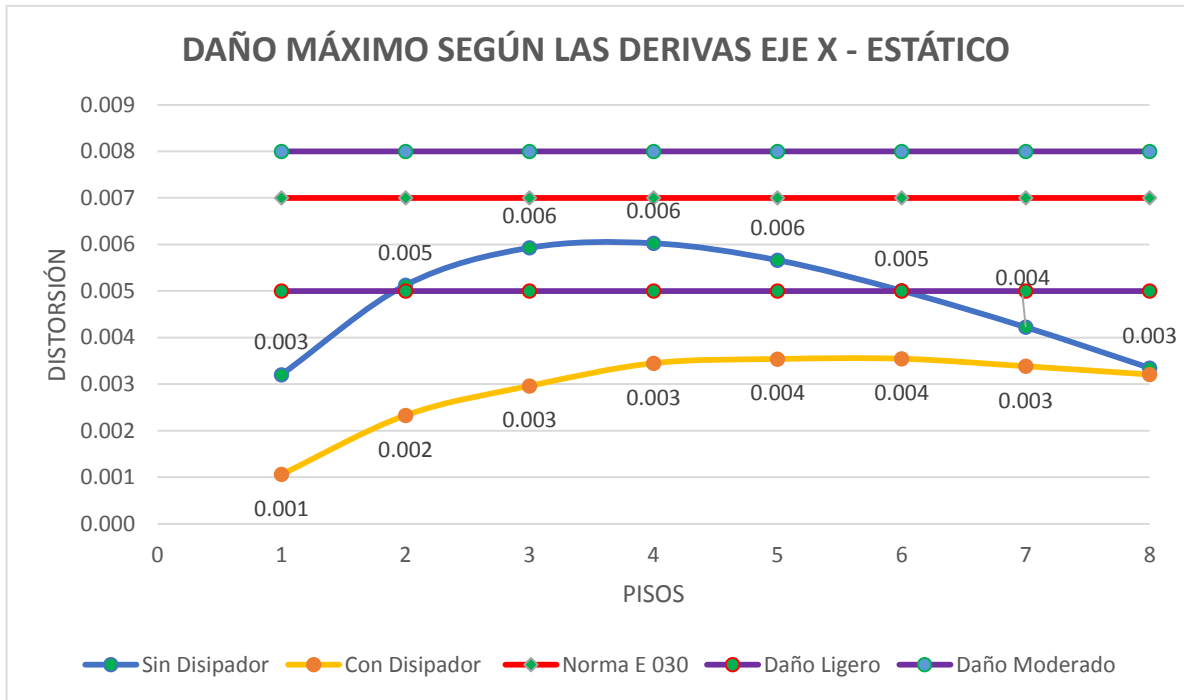


Figura 71. Clasificación de Daño Análisis estático eje x

Fuente: Propia

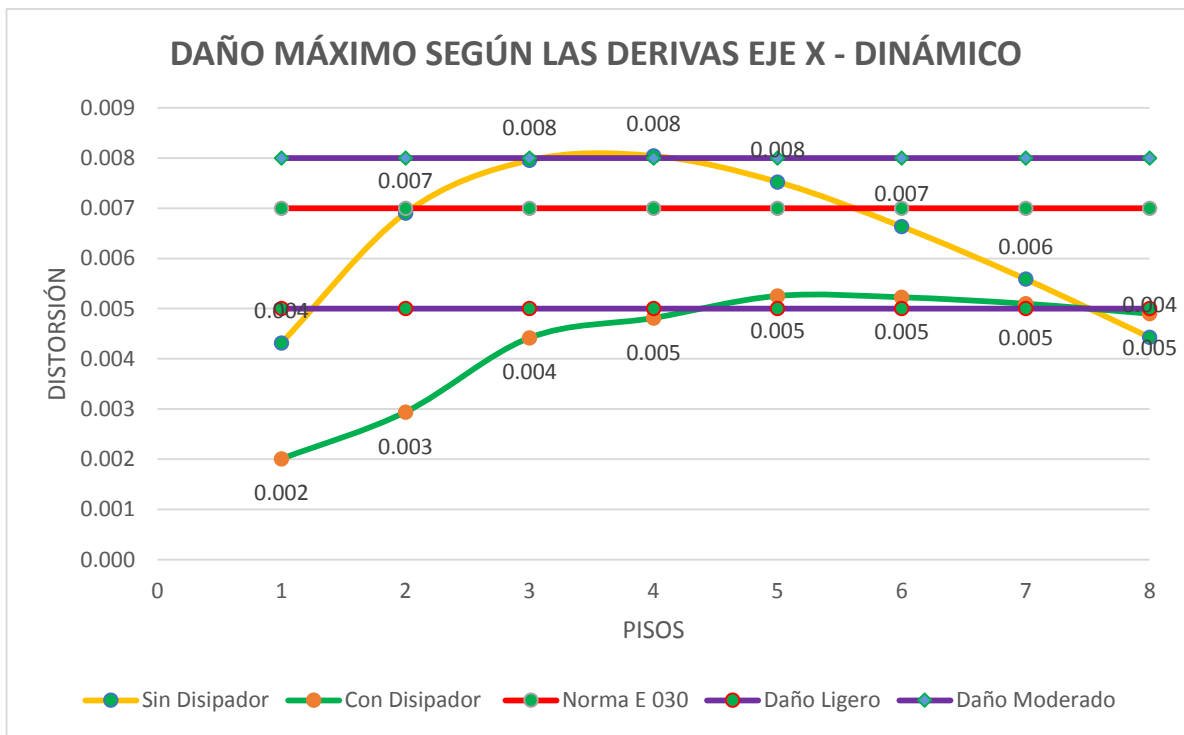


Figura 72. Clasificación de Daño Análisis Dinámico eje x

Fuente: Propia

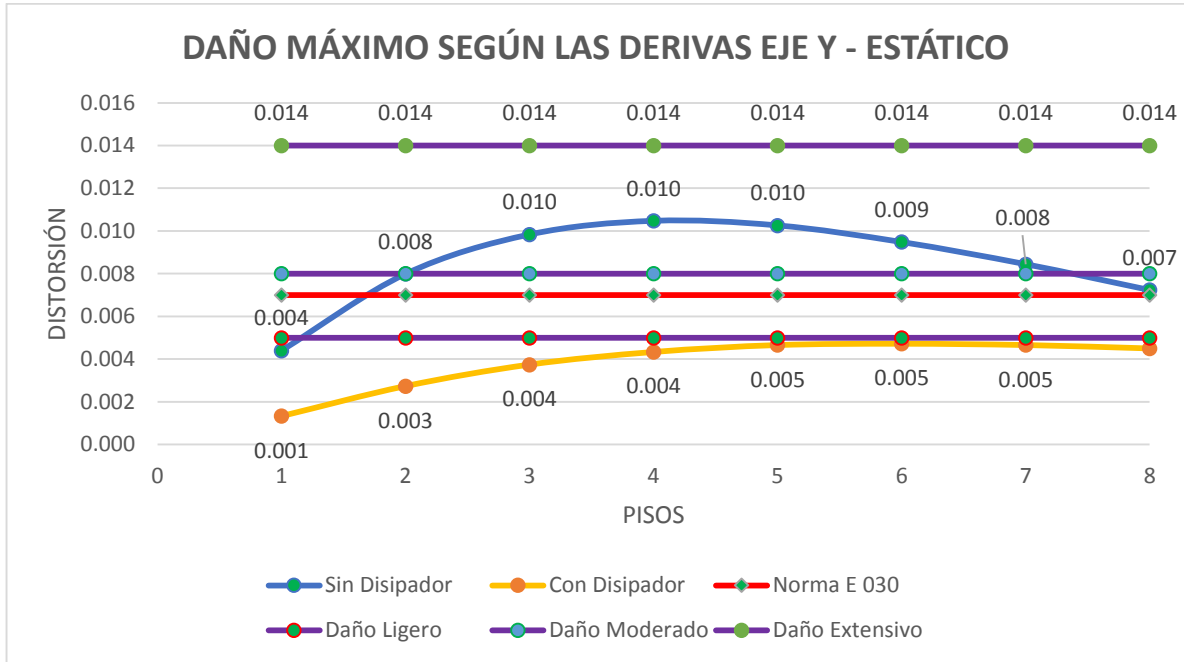


Figura 73. Clasificación de Daño Análisis estático eje y

Fuente: Propia

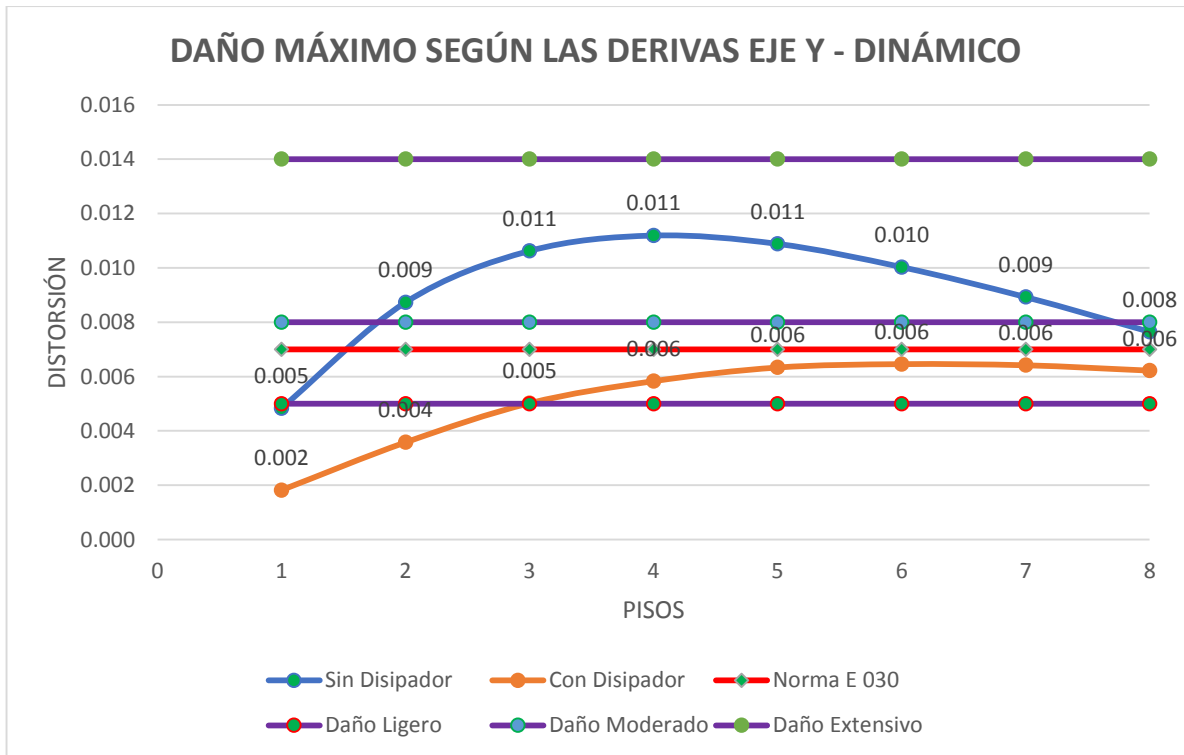


Figura 74. Clasificación de Daño Análisis Dinámico eje Y

Fuente: Propia



- El sistema de disipadores de fluido viscoso incorporados en una edificación tradicional trae ventajas importantes en la disminución de los desplazamientos y esfuerzos dinámicos en la estructura, según los datos obtenidos en la edificación que incluye estos disipadores viscosos en el modelo virtual posee la ductilidad mejorada a comparación de una edificación convencional. Los disipadores le brindan a la edificación un mejor comportamiento el cual se demuestra en la reducción de las derivas de entrepiso, reduciendo de manera significativa hasta un 70.25% para el análisis estático y un 62.47% para el análisis dinámico. Siendo estos resultados positivos en la línea de investigación de la reducción de derivas de entrepiso ya que esto conlleva a diferentes beneficios estructurales, los elementos principales y secundarios no se ven sobre esforzados ante la misma sollicitación sísmica, la edificación permanece operativa durante un sismo moderado.

Según Carranza & Calderón, 2015, La incorporación de disipadores de fluido viscoso se optimiza verificando el desempeño de cada dispositivo y realizando a su vez variaciones en la disposición o posición de estas, tanto las propiedades y número de disipadores en toda la estructura de la edificación.

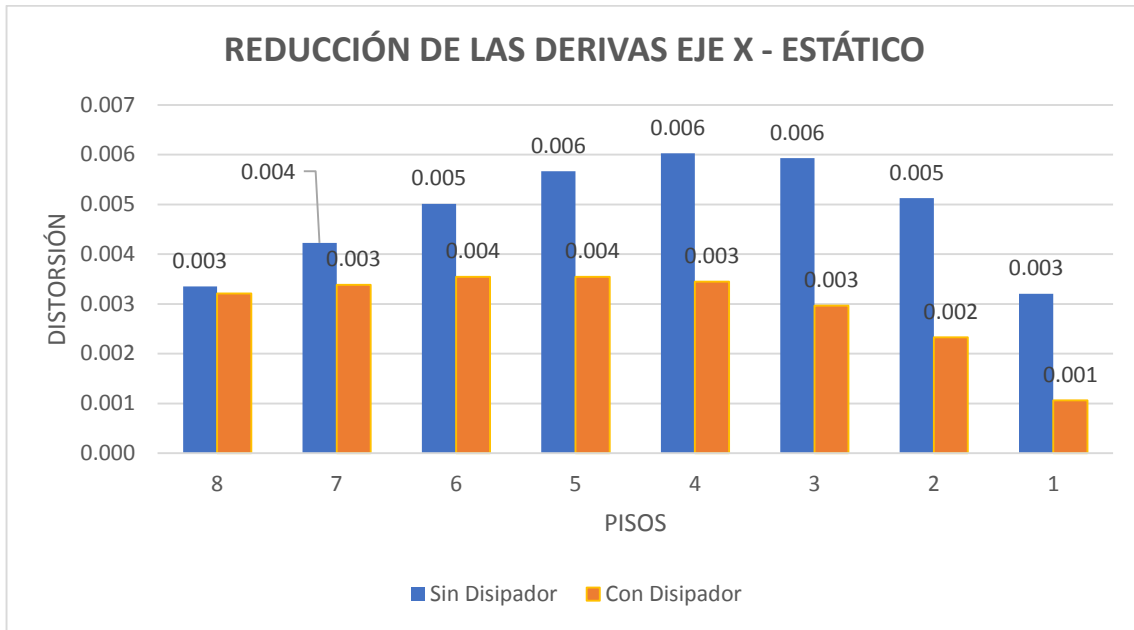


Figura 75.Reducción de Derivas análisis estático eje x

Fuente: Propia

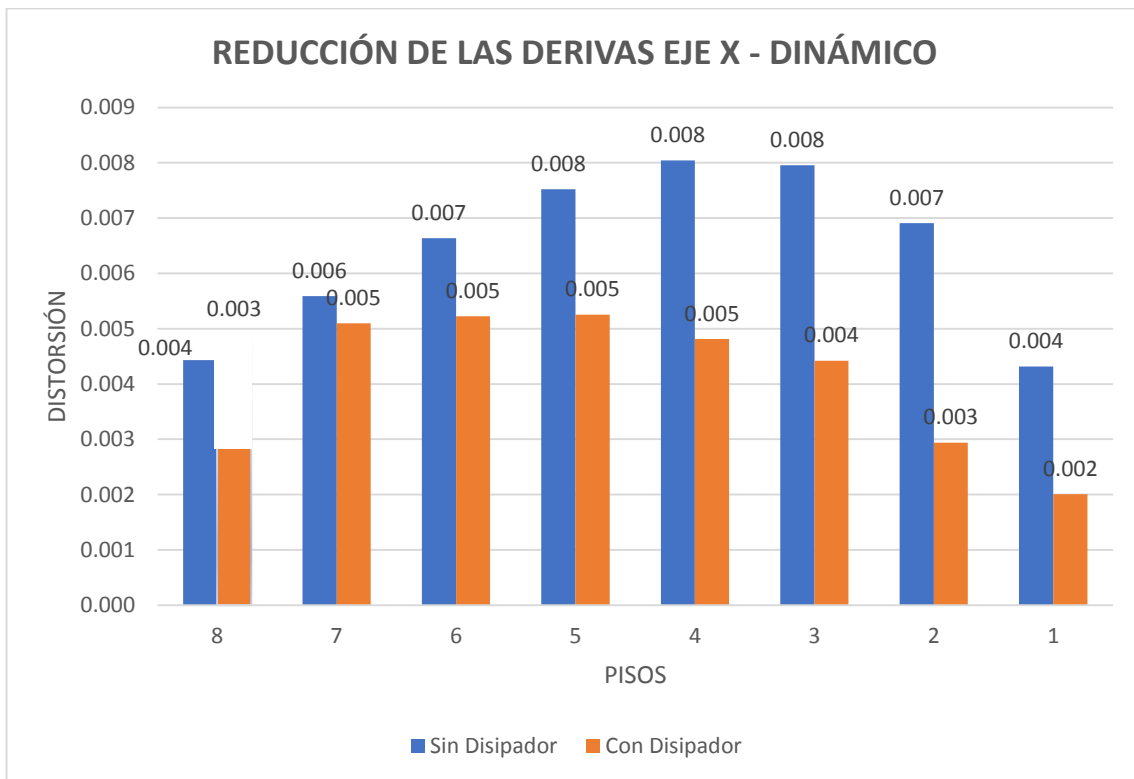


Figura 76.Reducción de Derivas análisis Dinámico eje x

Fuente: Propia

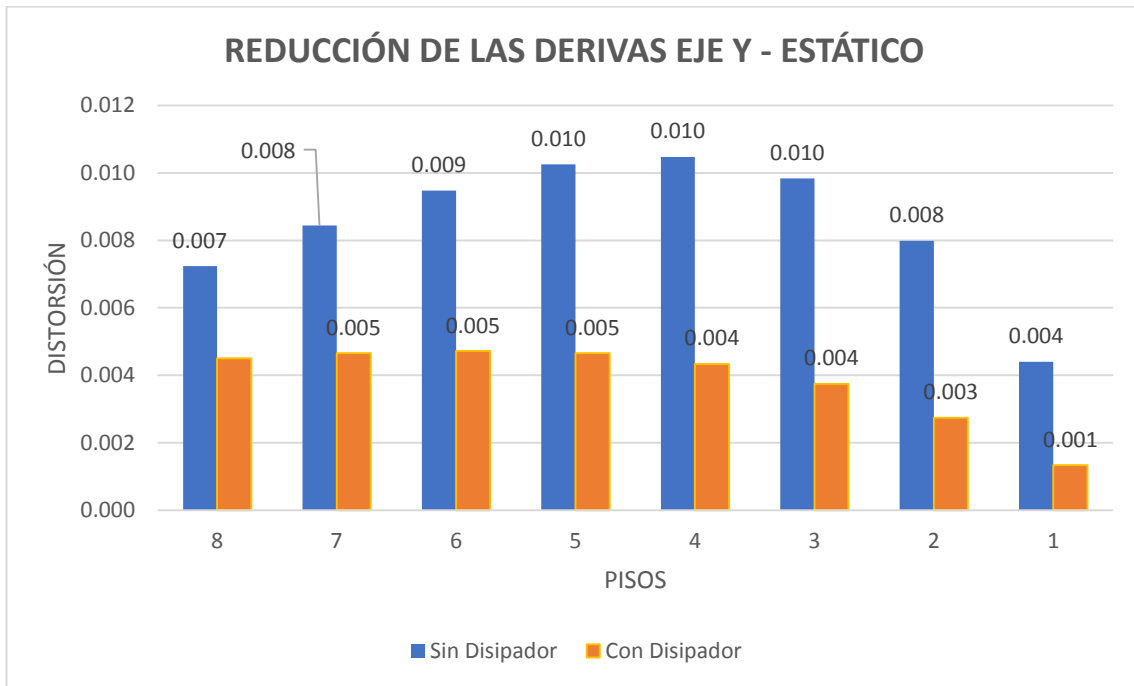


Figura 77.Reducción de Derivas análisis estático eje Y

Fuente: Propia

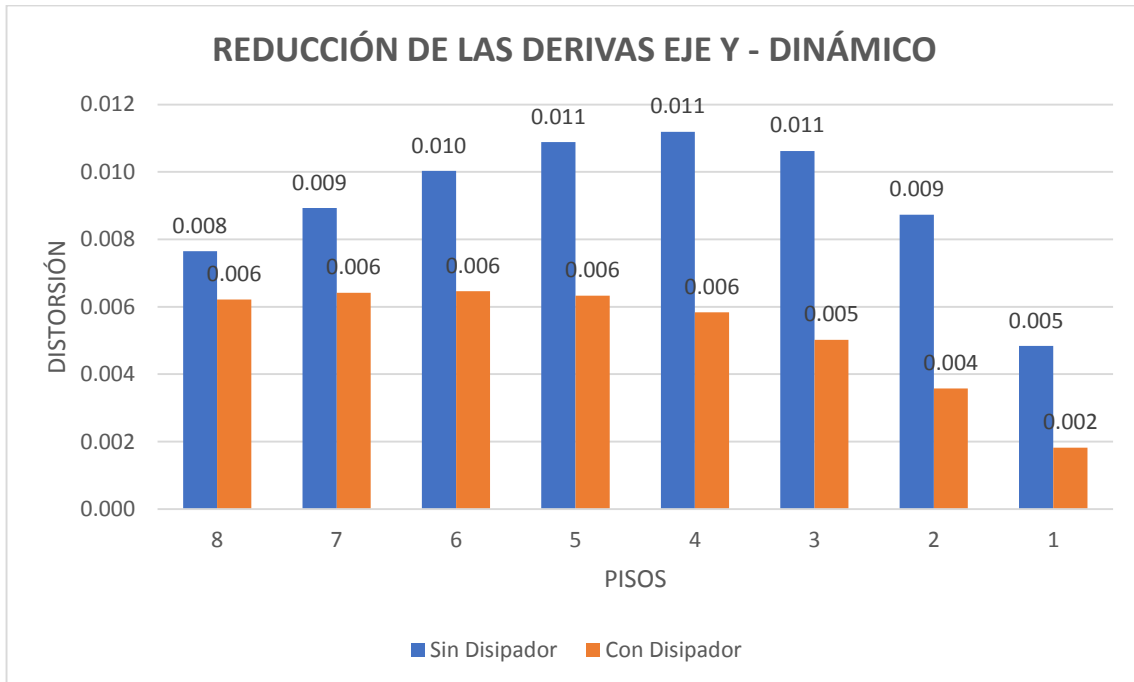


Figura 78.Reducción de Derivas Análisis Dinámico eje Y

Fuente: Propia

## CAPITULO VI CONCLUSIONES

- ✓ Se determinó la medida en la que se aumenta la disipación de energía en una edificación aporticada incorporando los disipadores de fluido viscoso. Es decir, la disipación obtenida se encuentra en función al tipo de análisis; Para el análisis estático los valores oscilan desde un 38.64% hasta un 70.25% de energía disipada. Mientras que para el análisis Dinámico los valores oscilan desde un 31.39% hasta un 62.47% siendo estos resultados favorables debido a que solo se usaron 32 disipadores cuyas propiedades son: Fuerza de disipación 165 Kip, inclinación 45°, tipo diagonal.
- ✓ Se precisó el porcentaje que disminuyen los esfuerzos dinámicos al incorporar disipadores de fluido viscoso a una edificación. Los esfuerzos dinámicos disminuyeron para los dos análisis sísmicos realizado. Para el análisis estático: la fuerza cortante se disminuyó hasta un 65.80% y el momento flector un 58.21%. Así mismo para el análisis dinámico: la fuerza cortante disminuyo un 58.42% y para el momento flector un 44.36% en promedio para toda la estructura.
- ✓ Se Verificó el grado que disminuyen las derivas de entrepiso de una edificación convencional al incorporar disipadores de fluido viscoso. Es decir, el modelo convencional no cumplió con la deriva máxima permisible establecida en la Norma E030 de 0.007 para estructuras de concreto armado. Se obtuvieron valores de 0.008 hasta 0.012. Al Incorporar los disipadores de fluido viscoso se redujeron las derivas de entrepiso considerablemente a valores de 0,007 hasta 0.001 cumpliendo a si los requerimientos de la normativa peruana.

- ✓ Se verificó el nivel de daño de una edificación aporticada convencional en relación con una edificación que incorpore disipadores de fluido viscoso. La edificación que no incorporaba disipadores viscosos presentaba una clasificación según ASUS 99 como una edificación con nivel de daño moderado correspondientes a los valores de derivas superiores a los 0.008. Al incorporar los disipadores de fluido viscosos esta clasificación daño se reduce hasta un daño ligero bajo los valores de 0.005 siendo este menor al establecido por la norma E030 de 0.007. Es decir, los elementos están en un agrietamiento normal pero a su vez están distantes del punto de fluencia o rotura.
  
- ✓ Se validó la Hipótesis de la tesis demostrando que los disipadores de fluido Viscoso presentan un mejor comportamiento estructural con respecto al modelo convencional. Es decir, los dispositivos viscosos si influyen en el comportamiento estructural de manera positiva demostrando que son beneficiosos y funcionales antes solicitudes externas como son los sismos.

## CAPITULO VII RECOMENDACIONES

- Se recomienda colocar e los disipadores de fluido viscoso de manera iterativa y realizar diferentes análisis en cada disposición. Ya que existen diversas combinaciones que se pueden realizar con los disipadores viscosos en la superestructura que va en función de los distintos requerimientos de cada proyecto afectando la arquitectura y la estructuración de la misma.
- Para posteriores investigaciones se debería de realizar una investigación con una estructura existente con antecedentes de daños moderados y verificar si su comportamiento mejora al incorporar estos dispositivos viscosos en puntos estratégicos con la finalidad de evitar su completa demolición.
- Para posteriores investigaciones se recomienda considerar al momento de diseñar una edificación la interacción suelo-estructura esto nos permitiría obtener un comportamiento dinámico más real, ya que en este tipo de investigaciones la base de la estructura se considera empotrada en su totalidad teniendo un comportando totalmente rígido.
- Para posteriores investigaciones el modelo convencional analizado determinó que en el eje Y no cumple los requisitos establecidos por la norma E030 “Diseño Sismorresistente. Se recomienda reforzar la edificación incorporando muros estructurales para aumentar solamente la rigidez y ver en cuanto incrementa el sobredimensionamiento estructural.

## CAPITULO VI REFERENCIAS

Alarcón & Asto (2017). Proyecto de reforzamiento estructural del edificio multifamiliar los rosales de 10 niveles con disipadores de fluido viscoso. (Tesis Pregrado). Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo – Perú. Recuperado de: <http://repositorio.upao.edu.pe/handle/upaorep/4187>

Arévalo (2015). Análisis del comportamiento de un edificio de marcos de acero con disipadores de energía Históricos (Tesis Pregrado). Universidad Rafael Landívar, Guatemala de la Asunción – Guatemala. Recuperado de: <http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesiseortiz/2016/02/09/Arevalo-Virgilio.pdf>

Azunción (2016). Análisis comparativo de un pórtico convencional con y sin disipadores de fluido viscoso modelado en sap2000. (Tesis Pregrado). Universidad de Guayaquil, Guayaquil – Ecuador. Recuperado de: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/19892>

Burgos & Prado (2018). Análisis costo-beneficio de la implementación de sistema de aislamiento sísmico vs sistema de disipación sísmica en edificio torre médica. (Tesis Pregrado). Universidad de Guayaquil, Guayaquil – Ecuador. Recuperado de: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/32556>

Carranza & Calderón (2015). Reforzamiento de una estructura aporticada con disipadores de fluido viscoso para un mercado en la ciudad de Trujillo. (Tesis Pregrado). Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo – Perú. Recuperado de: <http://repositorio.upao.edu.pe/handle/upaorep/1141>

Casana (2018). Desempeño Sísmico de un Edificio de 14 pisos con Disipadores de Energía en la ciudad de Tumbes - 2018 (Tesis Pregrado). Universidad Privada del Norte Trujillo – Perú. Recuperado de: <http://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/12863>

Collantes (2018). Reforzamiento del edificio Alimar sede del poder judicial con amortiguadores fluido viscoso. (Tesis Pregrado). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima – Perú. Recuperado de: <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/16324>

Fuentes (2015). Análisis sísmico de una edificación con disipadores de fluido viscoso. (Tesis Pregrado). Pontificia Universidad Católica, Lima – Perú. Recuperado de: <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/6091>

Mantilla (2018). Diseño Estructural de un edificio Aporticado Tipo A2 de 4 niveles con disipadores de energía en el AA.HH. Belén, Distrito de Nuevo Chimbote - 2018 (Tesis Pregrado). Universidad Cesar Vallejo Nuevo Chimbote – Perú. Recuperado de: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/23752>

Navarro (2017). Comparación de las respuestas dinámicas en estructuras con y sin disipadores de energía pasivos de fluido viscoso en la zona sísmica cuatro (Tesis Pregrado). Pontificia Universidad Nacional de Piura, Piura – Perú. Recuperado de: <http://repositorio.unp.edu.pe/handle/UNP/1077>

Oviedo (2016). Primera Edición. Edificios con disipadores Viscosos. Lima, Perú: Servicios Gráficos DAKYNA.

RNE Reglamento Nacional de Edificaciones (2006) Norma Técnica de edificación E.030. Diseño Sismorresistente.



Saldaña (2017). Propuesta de reforzamiento de la estructura del pabellón de emergencia con disipadores de fluido viscoso del hospital Sergio Bernales, comas-2017 (Tesis Pregrado). Universidad Cesar Vallejo Lima – Perú. Recuperado de: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/27703>

Santos (2018). Diseño y evaluación del comportamiento estructural entre un sistema convencional y disipadores de energía fluido viscoso, en una edificación de siete niveles y un semisótano en el distrito de Huacho, 2018 (Tesis Pregrado). Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, Huacho – Perú. Recuperado de: <http://repositorio.unjfsc.edu.pe/handle/UNJFSC/2084>

Vielma (2014). Contribuciones a la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de edificios, Edition: MIS68, Chapter: Umbrales de estados límite de daño sísmico, Publicado: centro internacional de métodos numéricos en ingeniería, CIMNE. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso | PUCV · Institute of Civil Engineering. Valparaíso, Chile, recuperado de: [https://www.researchgate.net/publication/271643464\\_Capitulo\\_4\\_UMBRALES\\_DE\\_ESTADOS\\_LIMITE\\_DE\\_DANO\\_SISMICO](https://www.researchgate.net/publication/271643464_Capitulo_4_UMBRALES_DE_ESTADOS_LIMITE_DE_DANO_SISMICO)

Villareal & Díaz la rosa (2016). Primera Edición. Diseño Sismorresistente de Edificaciones de concreto Armado. Lima, Perú: Editora & Imprenta Gráfica Norte.

Díaz la rosa (2014). Evaluación del proyecto estructural y optimización del diseño con disipadores de energía viscosos Taylor para una edificación esencial de 6 pisos. (Tesis Pregrado). Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo – Perú. Recuperado de: <http://repositorio.upao.edu.pe/handle/upaorep/637?mode=full>

**CAPITULO VII: ANEXOS**

**Diseño Sismorresistente Norma Peruana E030 2019**

**Anexo N°01: Factor de Zona**

**Peligro Sísmico: Zonificación**

El territorio nacional se considera dividido en cuatro zonas, como se muestra en la Figura. La zonificación propuesta se basa en la distribución espacial de la sismicidad observada, las características generales de los movimientos sísmicos y la atenuación de éstos con la distancia epicentral.

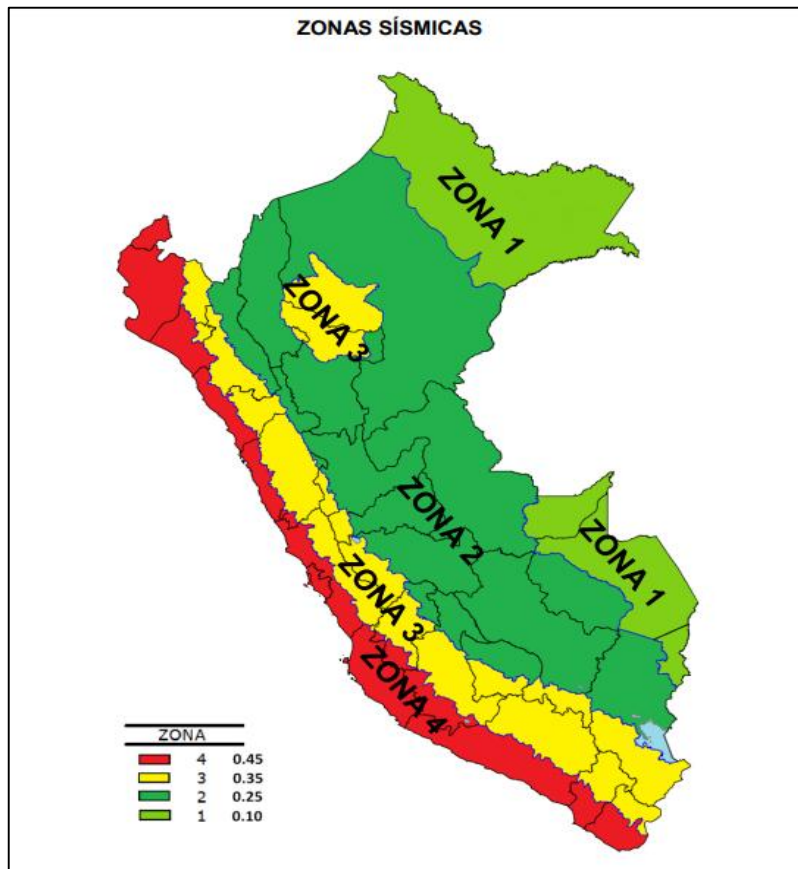


Figura 79. Factor de Zona Perú 2018

Fuente: E030 “Diseño Sismorresistente”

**Anexo N°02: Parámetros del Suelo**

**a) Perfil del suelo**

Los perfiles de suelo se clasifican tomando en cuenta la velocidad promedio de propagación de las ondas de corte ( $\bar{V}_s$ ), o alternativamente, para suelos granulares, el promedio ponderado de los  $\bar{N}_{60}$  obtenidos mediante un ensayo de penetración estándar (SPT), o el promedio ponderado de la resistencia al corte en condición no drenada ( $\bar{S}_u$ ) para suelos cohesivos.

Tabla N° 47. Clasificación de los perfiles de suelo

CLASIFICACIÓN DE LOS PERILES DE SUELO			
PERFIL	$V_s$	N60	$S_u$
<b>S0</b>	>1500 m/s	-	-
<b>S1</b>	500 m/s a 1500 m/s	>15	>100 kPa
<b>S2</b>	180 m/s a 500 m/s	15 a 50	50 kPa a 100 kPa
<b>S3</b>	<180 m/s	<15	25 kPa a 50 kPa
<b>S4</b>	Clasificación basada en el EMS		

Fuente: Norma E030 "Diseño Sismorresistente".

**b) Parámetros de Sitio (S, TP y TL):** Deberá considerarse el tipo de perfil que mejor describa las condiciones locales, utilizándose los correspondientes valores del factor de amplificación del suelo S y de los períodos TP y TL dados en las Tablas.

Tabla N° 48. Parámetros de Sitio

	FACTOR "S" POR TIPO DE PERIODO TP Y TL					PERIODO TP Y TL			
	S0	S1	S2	S3		S0	S1	S2	S3
<b>Z4</b>	0.80	1.00	1.05	1.10	TP	0.30	0.40	0.60	1.00
<b>Z3</b>	0.80	1.00	1.15	1.20	TL	3.00	2.50	2.00	1.60
<b>Z2</b>	0.80	1.00	1.20	1.40					
<b>Z1</b>	0.80	1.00	1.60	2.00					

Fuente: Norma E030 "Diseño Sismorresistente".

**Anexo N°03:** Factor de Ampliación

**Factor de Amplificación Sísmica (C):** De acuerdo con las características de sitio, se define el factor de amplificación sísmica (C) por las siguientes expresiones:

*Ecuación 36. Factor de Amplificación*

$$T < T_p \quad ; \quad C = 2,5$$

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

$$T > T_L ; \quad C = 2,5 * \left(\frac{T_p * T_L}{T}\right)$$

**Anexo N°04:** Factor de Uso. Corresponde al uso que tendrá la edificación según su categoría.

*Tabla N° 49. Factor de uso de las edificaciones*

<b>CATEGORIA DE LAS EDIFICACIONES Y FACTOR “U”</b>		
<b>CATEGORÍA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>FACTOR</b>
<b>EDIFICACIONES ESENCIALES “A”</b>	<p>A1: Establecimientos de salud del Sector Salud (públicos y privados)</p> <hr/> <p>A2: Edificaciones esenciales cuya función no debería interrumpirse inmediatamente después de que ocurra un sismo severo tales como: Puertos, Aeropuertos, Estaciones ferroviarias, sistema masivo de transporte, municipalidades, centrales de comunicaciones, estación de bomberos, cuarteles fuerza armada o policía, etc.</p> <p>Incluye a las edificaciones que pueden servir como refugio: Instituciones Educativas, institutos, universidades.</p>	1.5
<b>EDIFICACIONES IMPORTANTES “B”</b>	Edificaciones donde se reúnen gran cantidad de personas tales como cines, teatros, estadios, coliseos, centros comerciales, terminales de buses de pasajeros, establecimientos penitenciarios, o que guardan patrimonios valiosos como museos y bibliotecas.	1.3
<b>EDIFICACIONES COMUNES “C”</b>	Edificaciones comunes tales como: viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no acarree peligros adicionales de incendios o fugas de contaminantes.	1.0

**Fuente:** Norma E030 “Diseño Sismorresistente”.

**Anexo N°05: Sistemas Estructurales y Coeficiente Básico de Reducción de las Fuerzas**

**Sísmicas (Ro):** Los sistemas estructurales se clasificarán según los materiales usados y el sistema de estructuración sismorresistente en cada dirección de análisis.

*Tabla N° 50. Coeficiente de reducción Sísmica*

<b>SISTEMAS ESTRUCTURALES</b>	
<b>SISTEMA ESTRUCTURAL</b>	<b>Coef. Basico de reducción ro (*)</b>
<b>ACERO:</b>	
Pórticos Especiales Resistentes a momentos (SMF)	8
Pórticos Intermedios Resistentes a momentos (IMF)	7
Pórticos Ordinarios Resistentes a momentos (OMF)	6
Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados (SCBF)	8
Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados (OCBF)	6
Pórticos Excéntricamente Arriostrados (EBF)	8
<b>COCRETO ARMADO:</b>	
Pórtico	8
Dual	7
De Muros Estructurales	6
Muros de Ductilidad Limitada	4
<b>ALBAÑILERÍA ARMADA O CONFINADA</b>	3
<b>MADERA (Por esfuerzos Admisibles)</b>	7

**Fuente:** Norma E030 "Diseño Sismorresistente".

**Anexo N°06: Parámetros de forma**

- a) **Irregularidad:** Se deberá calcular la irregularidad en planta “Ip” y altura “Ia” como el menor de los valores descritos el RNE E030. Se deberá cumplir además con los requisitos referente a restricciones de las irregularidades en edificaciones dependiendo de la zona de la construcción.
- b) **Coefficiente de reducción de fuerzas (R):** Este factor corresponde al producto del factor de ductilidad  $R\mu$ , el factor de sobrerresistencia  $R\Omega$  y el factor de redundancia  $RR$ . Este factor disminuye las fuerzas sísmicas de diseño.

*Ecuación 37. Coeficiente de reducción*

$$R = R_0 * I_a * I_p$$

- c) **Fuerza Cortante en la Base (V):** La fuerza cortante total en la base de la estructura, correspondiente a la dirección considerada, se determinará por la siguiente expresión:

*Ecuación 38. Fuerza Cortante*

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

El valor de C/R no deberá considerarse menor que:

*Ecuación 39. Constante Sísmica*

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

**Anexo N°07: Periodos Fundamentales de Vibración.**

**d) Período Fundamental de Vibración (T):** El período fundamental de vibración para cada dirección se estimará con la siguiente expresión:

*Ecuación 40. Período Fundamental*

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

donde:

$C_T = 35$ ; Para edificios cuyos elementos resistentes en la dirección considerada sean únicamente:

- Pórticos de concreto armado sin muros de corte.
- Pórticos dúctiles de acero con uniones resistentes a momentos, sin arriostramiento.
- Alternativamente se podrá utilizar la siguiente expresión:

*Ecuación 41. Período Fundamental Alternativo*

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



### Anexo N°08: Desplazamientos o Distorsiones entrepiso

**Desplazamientos Laterales Relativos Admisibles:** El máximo desplazamiento relativo de entrepiso, no deberá exceder la fracción de la altura de entrepiso (distorsión) que se indica en la Tabla.

Tabla N° 51. Límites de Distorsión entrepiso

<b>LÍMITES PARA LA DISTORSIÓN DEL ENTREPISO</b>	
<b>MATERIAL PREDOMINANTE</b>	<b>(<math>\Delta_i / h_{ei}</math>)</b>
<b>Concreto Armado</b>	0.007
<b>Acero</b>	0.010
<b>Albañilería</b>	0.005
<b>Madera</b>	0.010
<b>Edificios de concreto armado con muros de ductilidad limitada</b>	0.005

Fuente: Norma E030 "Diseño Sismorresistente".

### **Anexo N°09: Espectro de Diseño Sismorresistente**

Según el E030 “Diseño Sismorresistente”, (2018). Un espectro de respuesta es el conjunto de las respuestas máximas de osciladores de un grado de libertad con diferente periodo y con un mismo amortiguamiento bajo un acelerograma.

Es el registro aceleración vs tiempo de un sismo ocurrido. Los osciladores de un grado de libertad son sometidos a las aceleraciones registradas en el acelerograma escaladas a 0,45g que es la aceleración máxima registrada en la costa peruana. Para otras zonas se puede acceder a los mapas de peligrosidad sísmica establecidos. Luego, de someter al oscilador a un acelerograma escalado a 0,45g se registra la aceleración máxima de ese oscilador. Se realiza el mismo procedimiento para otros osciladores con diferente periodo y se obtiene el espectro de aceleración vs periodo.

Un espectro de diseño nos permite hallar las fuerzas sísmicas que tendrá una estructura dependiendo de su periodo, bajo un tipo de suelo y con una probabilidad de excedencia.

Luego, si se diseñara con este espectro se tendría edificaciones muy robustas y costosas por lo que se incorpora el espectro inelástico. Este espectro esta reducido por un factor de reducción de las fuerzas sísmicas “R”.

**Anexo N°10: Respuesta del Espectro**

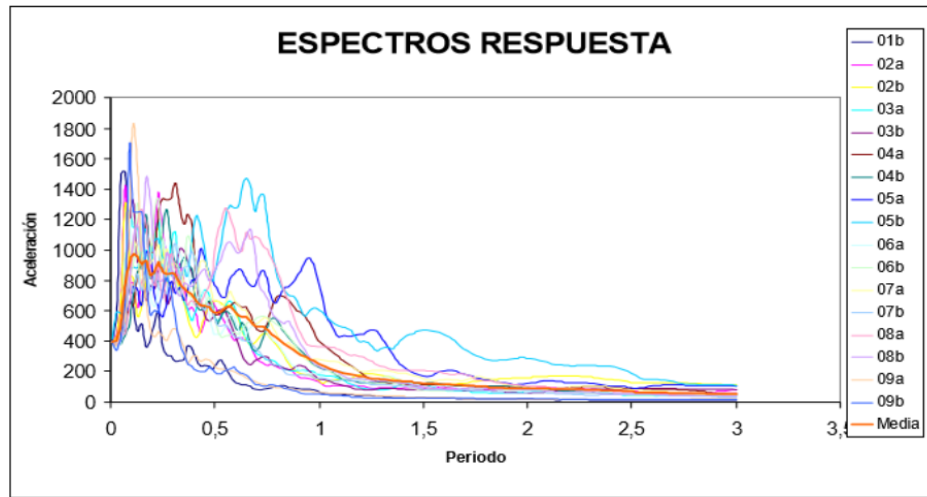


Figura 80. Espectro de Diseño

**Fuente:** Norma E030 “Diseño Sismorresistente”.

Para obtener el espectro de diseño primero debemos conocer la Seudo aceleración espectral, la cual se obtiene de la siguiente fórmula expresada en la norma E-030. El valor de “C” dependerá del periodo de la estructura “T”, variando los valores del periodo podemos hacer un gráfico  $S_a$  vs T, así obtendremos el espectro de diseño. Coeficiente de Zona sísmica (Z), Factor Uso (U), Parámetro de Sitio (S), Reducción de Fuerza Sísmica (R) y la aceleración gravedad (g) m/s.

Ecuación 42. Seudo aceleración espectral

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

### Anexo N°11: Cargas de Diseño

Según la Norma Peruana E020 “Cargas”, (2006). menciona que las cargas de diseño para el uso de oficinas deberán cumplir con lo señalado en la norma E.020 “Cargas” del RNE.

Tabla N° 52. Cargas de diseño

OFICINAS	CARGAS kg/cm <sup>2</sup>
Exceptuando salas de archivo y computación	250
Salas de archivo	500
Salas de computación	250
Corredores y escaleras	400

**Fuente:** Norma E020 “Cargas”.

**Carga (C):** La fuerza que resulten del peso de los materiales de construcción, ocupantes y sus pertenencias, efectos del medioambiente, movimientos diferenciales y cambios dimensionales restringidos.

- **Carga muerta (CM):** Es el peso de los materiales, dispositivos de servicio, equipos, tabiques y otros elementos soportados por la edificación, incluyendo su peso propio, que sean permanentes o con una variación en su magnitud pequeña en el tiempo
- **Carga viva (CV):** Es el peso de todos los ocupantes, materiales, equipos, muebles y otros elementos móviles soportados por la edificación.
- **Cargas para el proyecto:** La carga muerta por tabiquería no se considera porque se tendrá muros interiores de drywall y no se tienen muros en el contorno de la edificación. La carga muerta considerada de piso terminado igual a 0.1 Ton/m<sup>2</sup> para todos los pisos típicos excepto la azotea.

## Anexo N°12: Materiales seleccionados

Según la Norma Peruana E060 “Concreto Armado”, (2009). Para la estructuración del edificio se eligió el concreto y acero de refuerzo para constituir los pórticos. Para los brazos del disipador se eligió perfiles metálicos de acero ASTM A36 igual que para las conexiones.

- **Concreto:** Material resistente mayor mente a compresión formado por la unión de piedra, arena, cemento, agua y ocasionalmente aditivos.
- **La resistencia a la compresión ( $f'c$ ):** Dependerá del diseño de mezcla usado y debe verificarse mediante toma de muestras en obra para ensayos de rotura de probetas. La resistencia utilizada será  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>.
- **El módulo de poisson ( $\mu$ ):** Es el factor que establece la relación entre la resistencia a la compresión y la resistencia al corte. Para el presente proyecto se considerará un módulo de poisson  $\mu=0.15$ . El módulo de elasticidad será  $E = 15000\sqrt{f'c}$ .
- **Concreto armado:** Es el concreto reforzado con acero para aumentar su resistencia, sobre todo en las zonas donde van a producirse esfuerzos de tracción, los cuales el concreto no puede soportar.
- **Refuerzo de acero:** Se distribuye por dentro de toda la estructura de concreto y debe cumplir.

los requisitos estipulados en la norma como: Recubrimientos, espaciamientos, empalmes, adherencia, longitudes de desarrollo, anclaje, amarre y además facilitar el vaciado del concreto. Se usará acero ASTM A615 grado 60 con una resistencia a la fluencia de 4200kg/cm<sup>2</sup> y un módulo de elasticidad  $E=2*10^6$  kg/cm<sup>2</sup>.

Anexo N°13: Planta Típica y centro de Masa de la Estructura

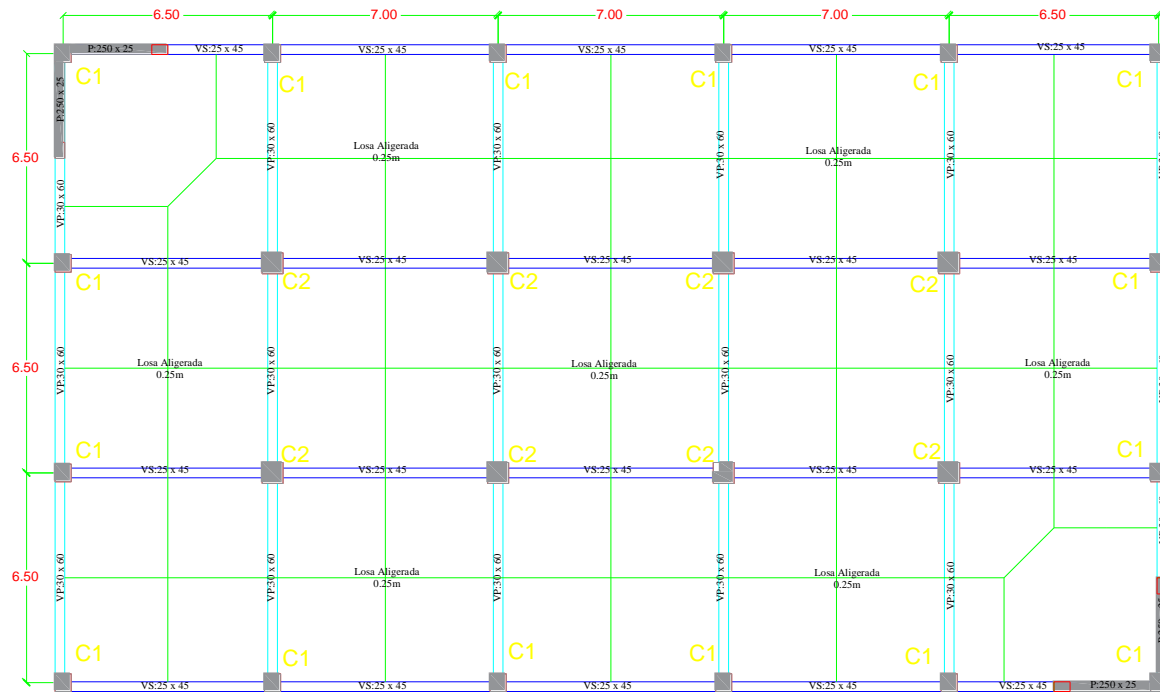


Figura 81. Planta Típica de Diseño

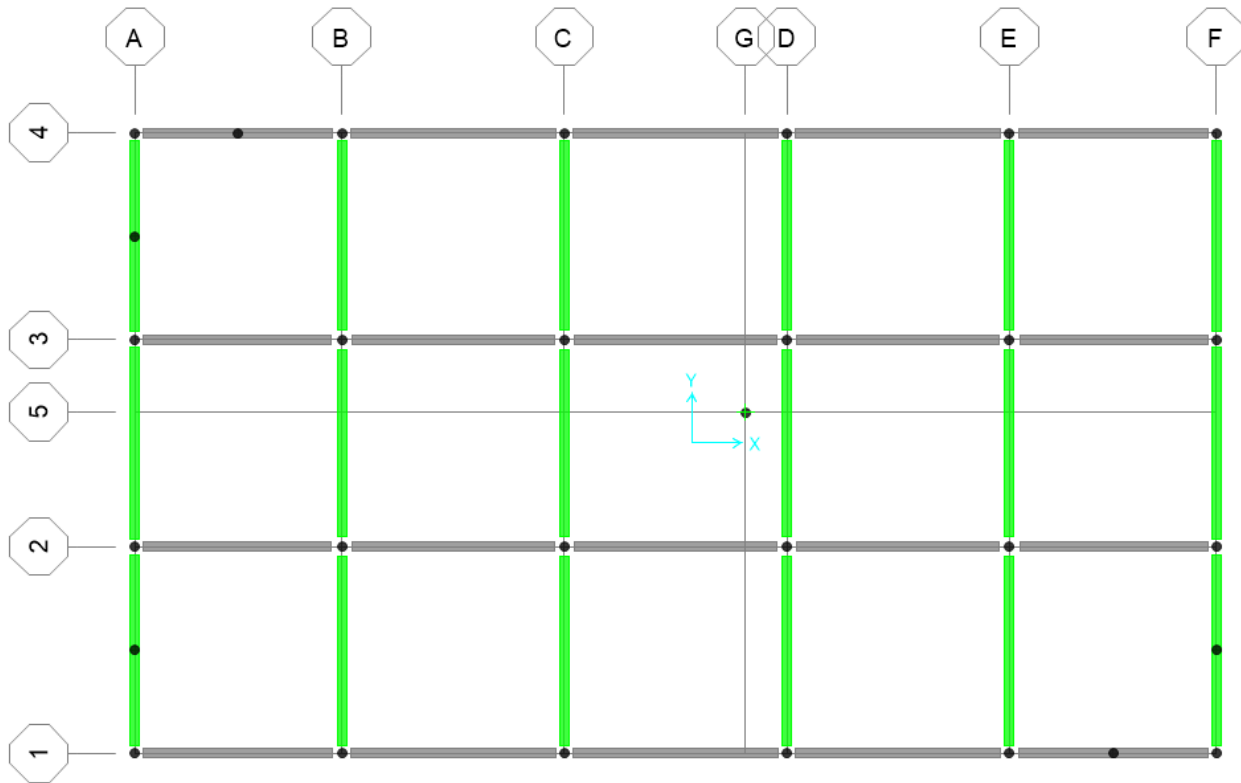


Figura 82. Centro de Masa Estructural

Fuente: Propia

Anexo N°14: Cortes y Elevaciones sin y con Disipadores SAP2000 V.20.

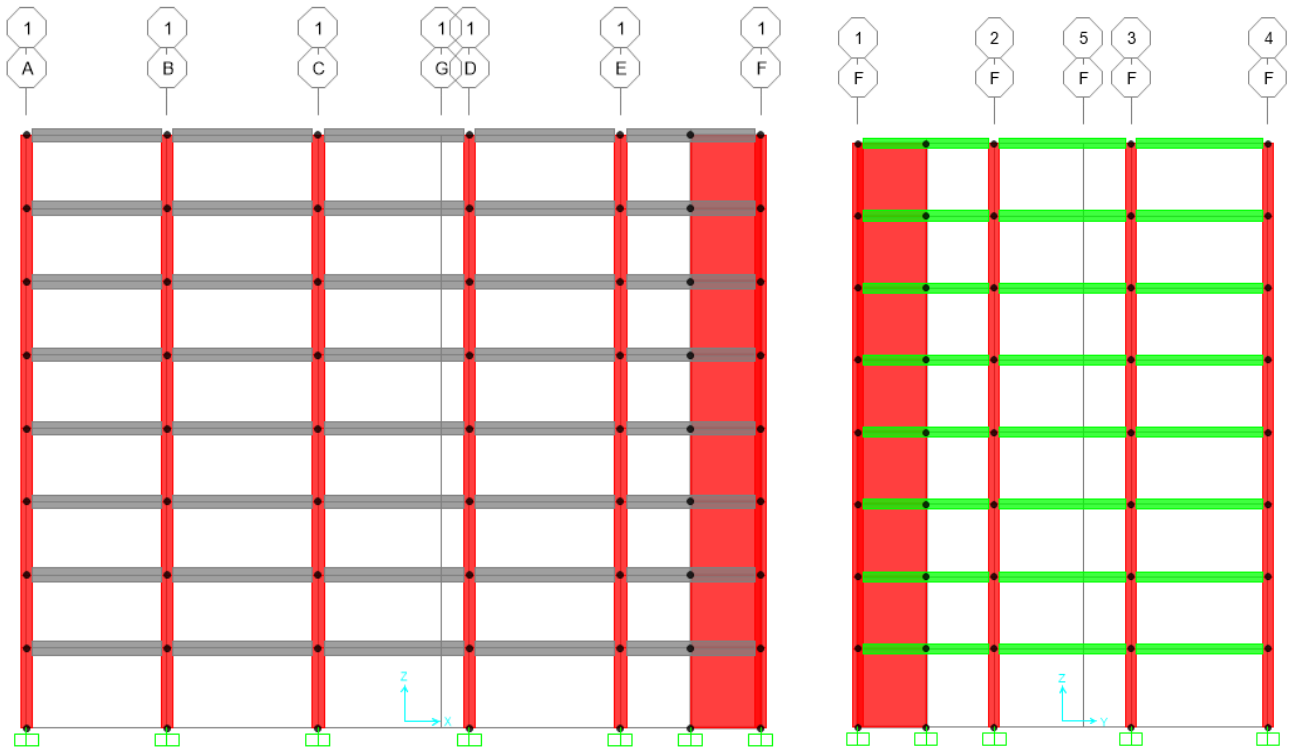


Figura 83. Cortes y Elevaciones Sin Disipador

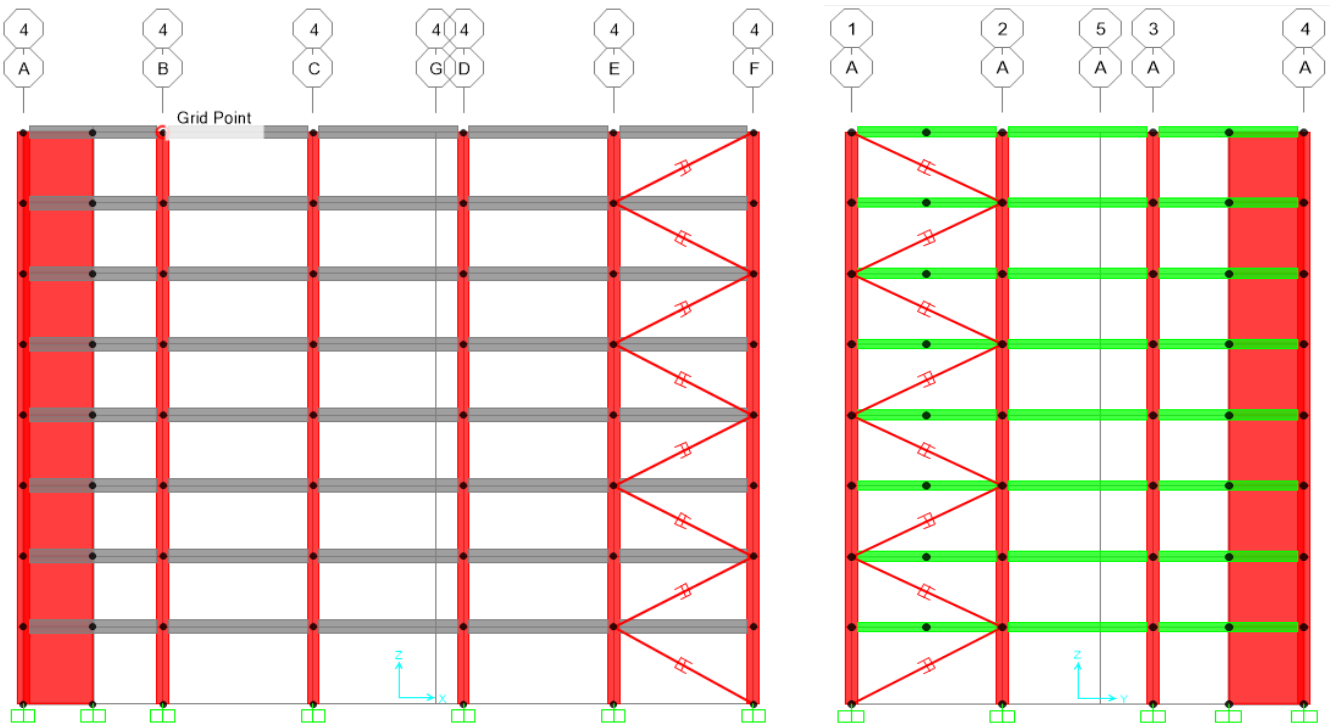


Figura 84. Cortes y Elevaciones Con Disipador

Fuente: Propia

Anexo N°15: Propiedades de los Materiales Sap2000 V.20.

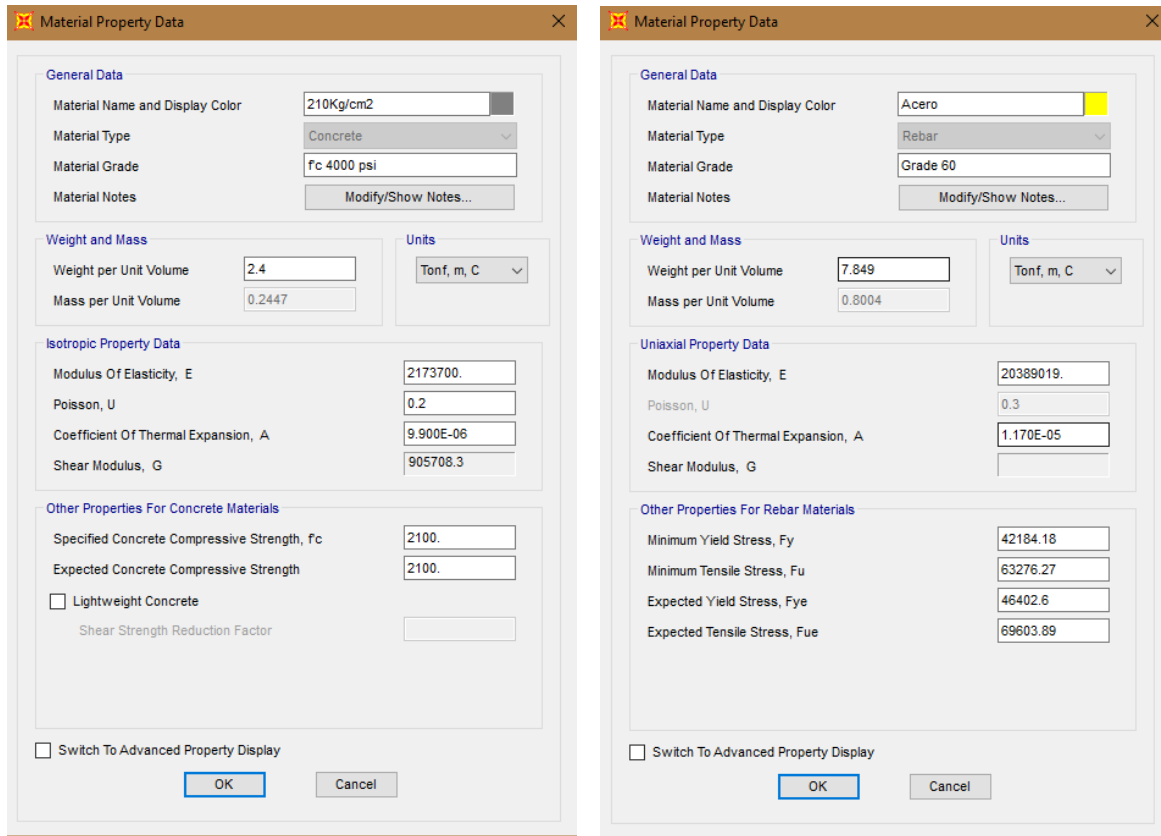


Figura 85. Propiedades del Concreto y Acero SAP2000 V.20

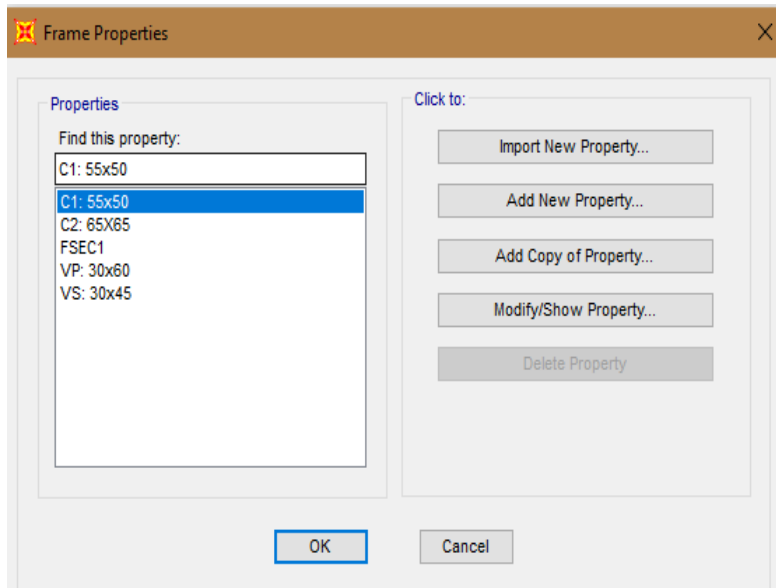


Figura 86. Secciones de Columnas y vigas Sap2000 V.20

Fuente: Propia



**Anexo N°16:** Patrones de Carga software Sap2000 V.20

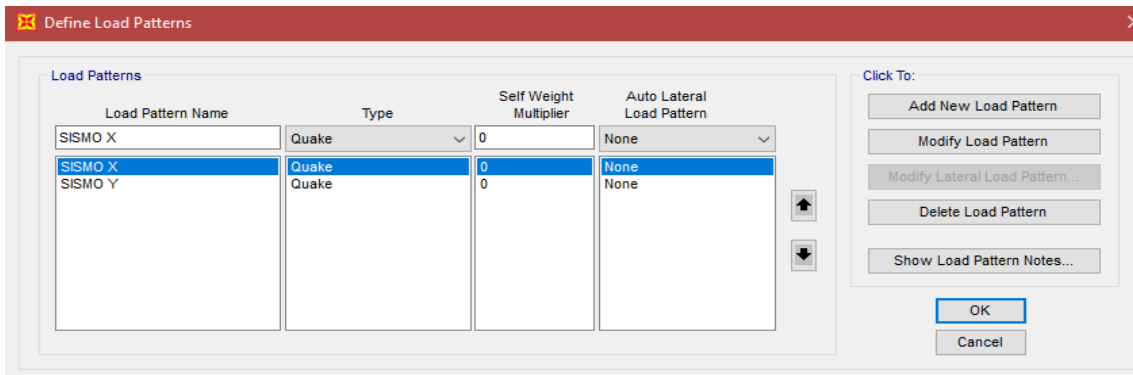


Figura 87. Patrones de Carga Estática SAP2000 V.20

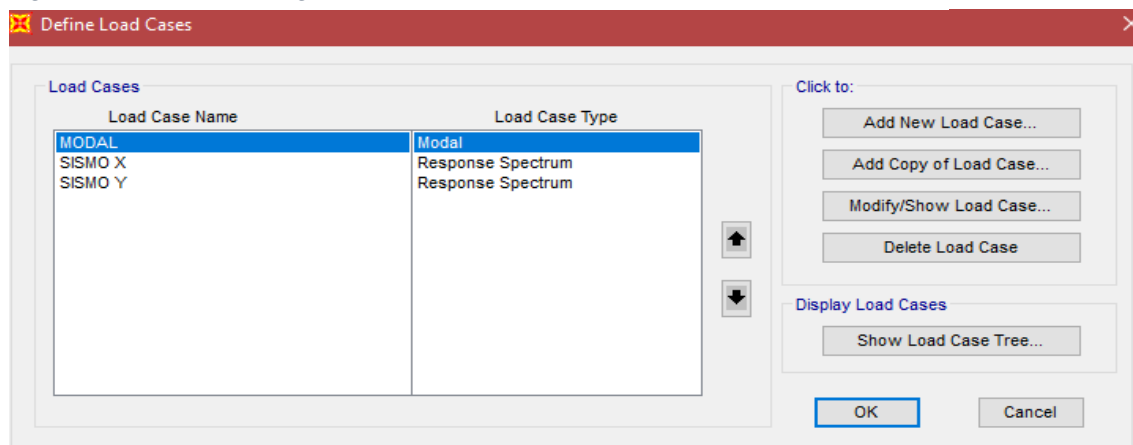


Figura 88. Patrones de carga Dinamica SAP2000 V.20

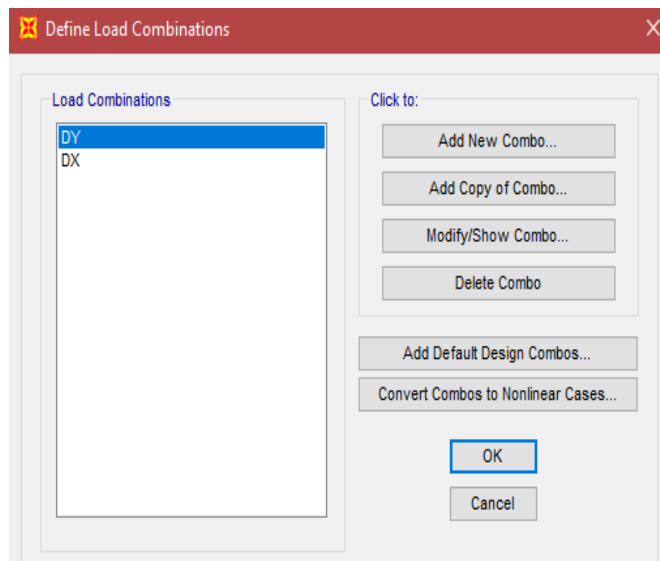


Figura 89. Combinaciones de Carga SAP2000 V.20

**Fuente:** Propia

Anexo N°17: Modelo objetivo / link properties software Sap2000 V.20.

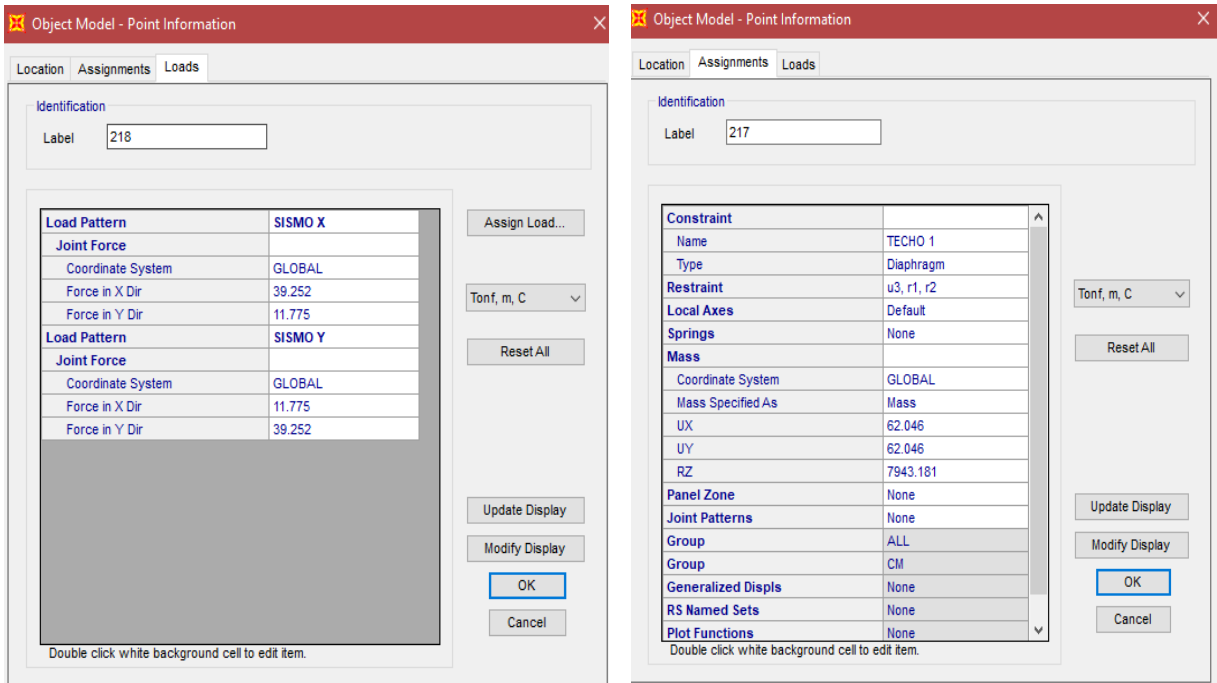


Figura 90. Centros de Masa Análisis modal SAP2000 V.20

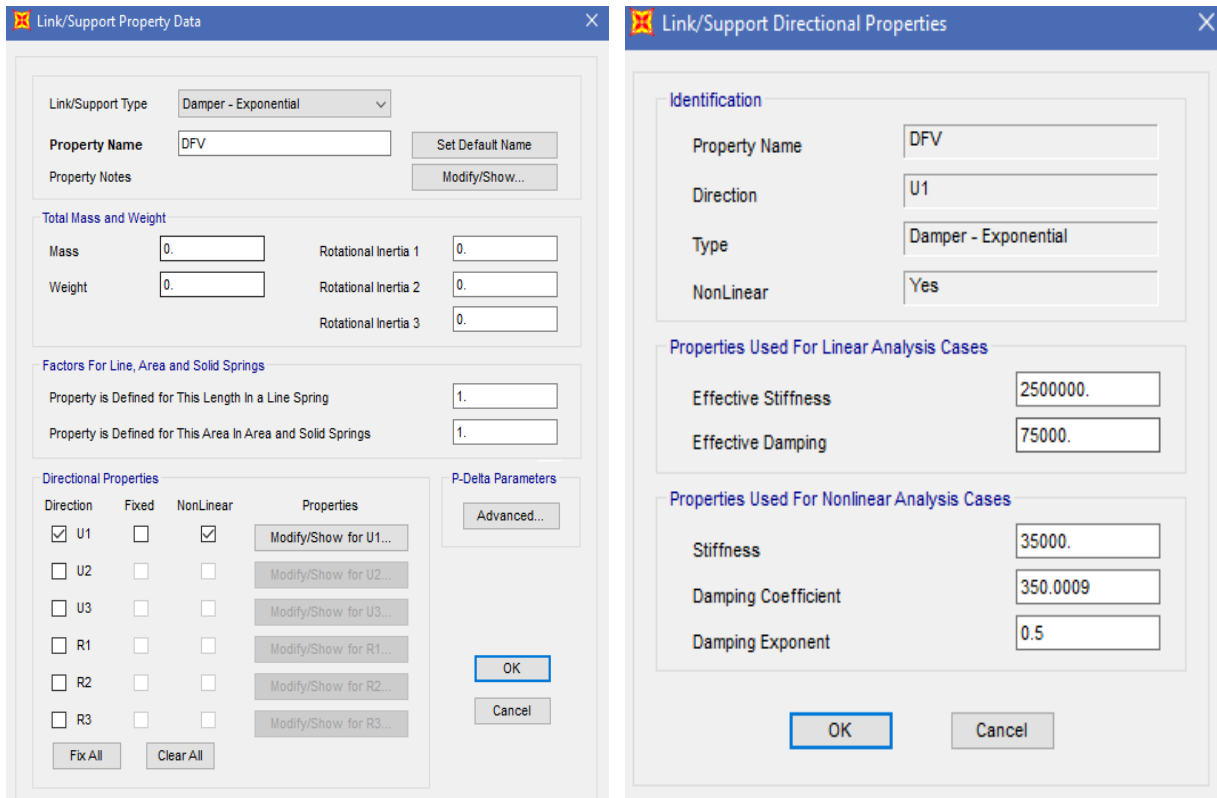


Figura 91. Propiedades del Disipador Viscoso SAP2000 V.20

Fuente: Propia

**Anexo N°18:** Modelamiento Estructural en SAP2000 V.20 Se detalla la las medidas disposición y dimensiones de los disipadores de fluido viscoso.

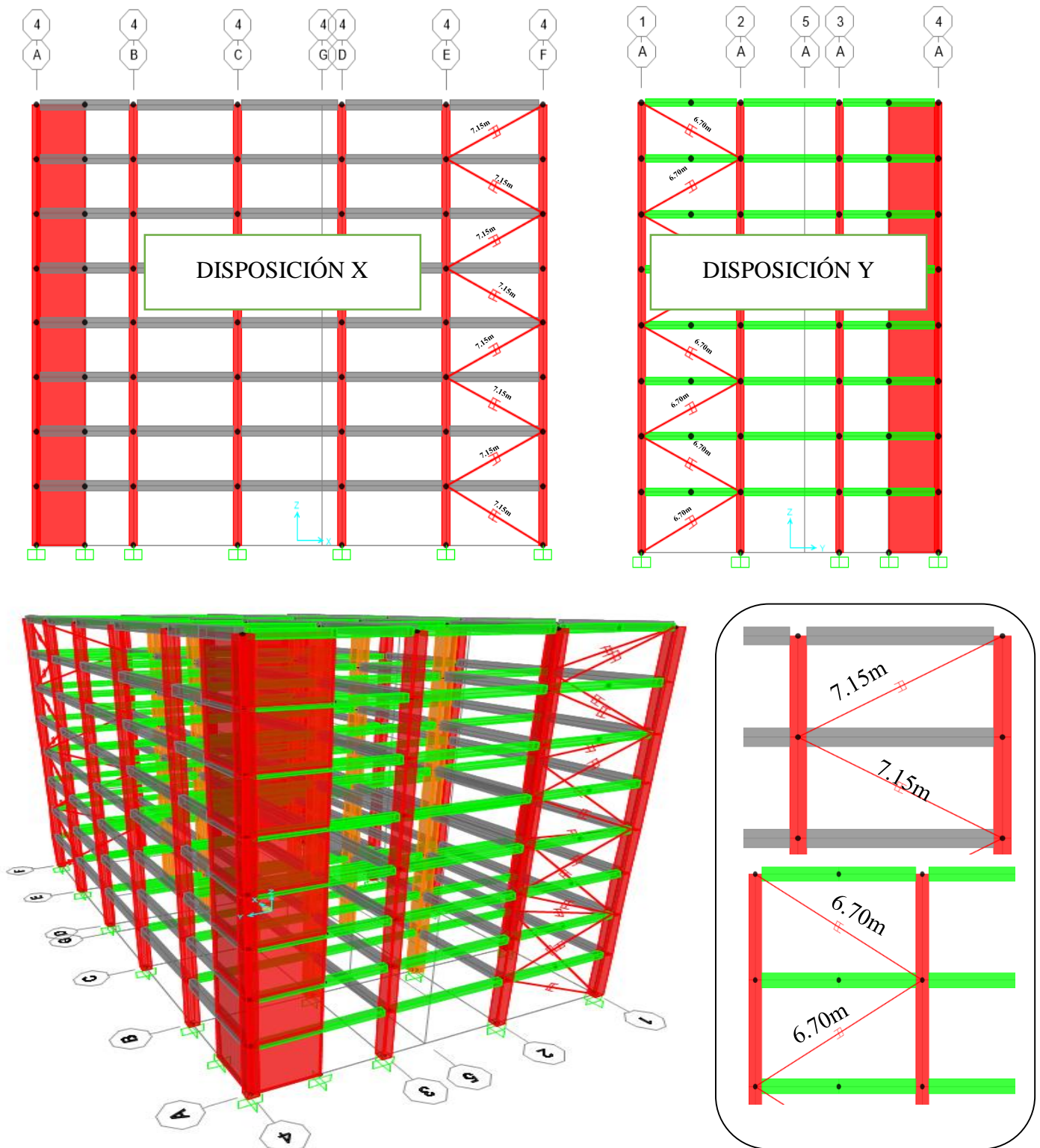
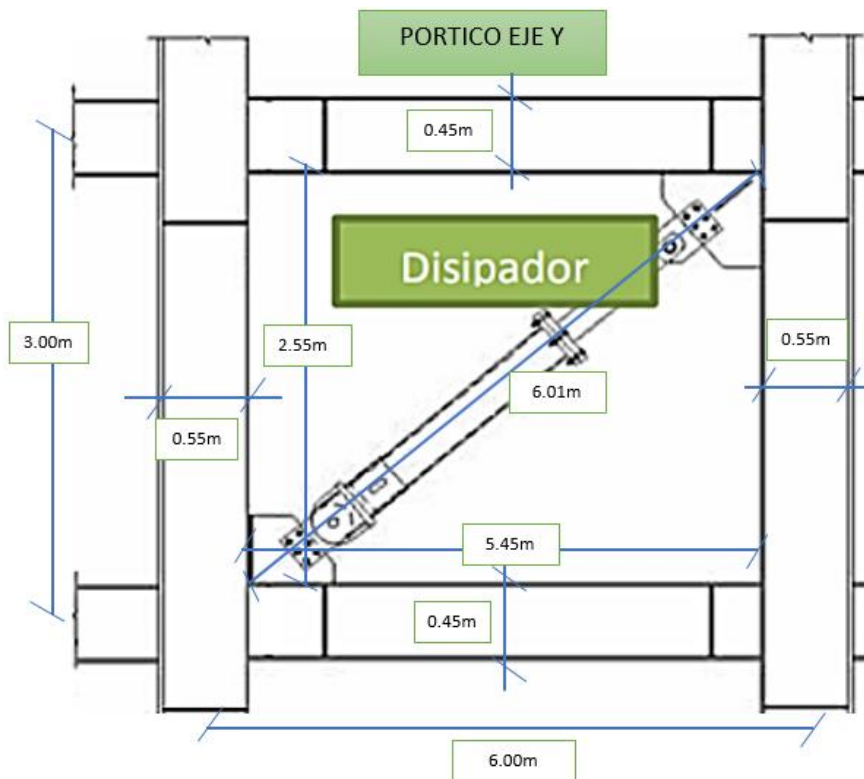
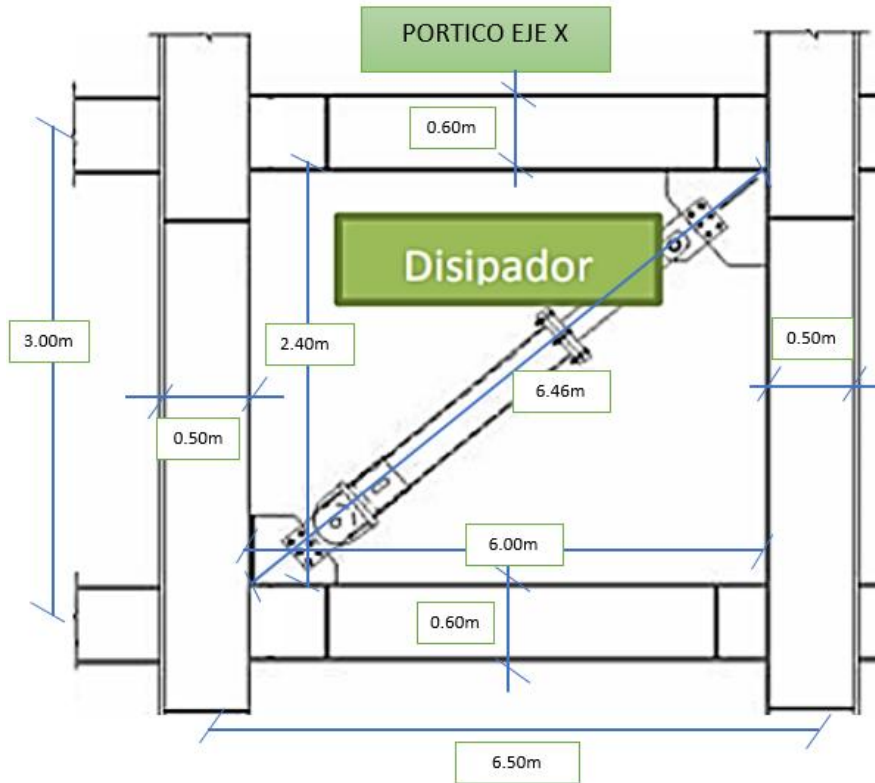
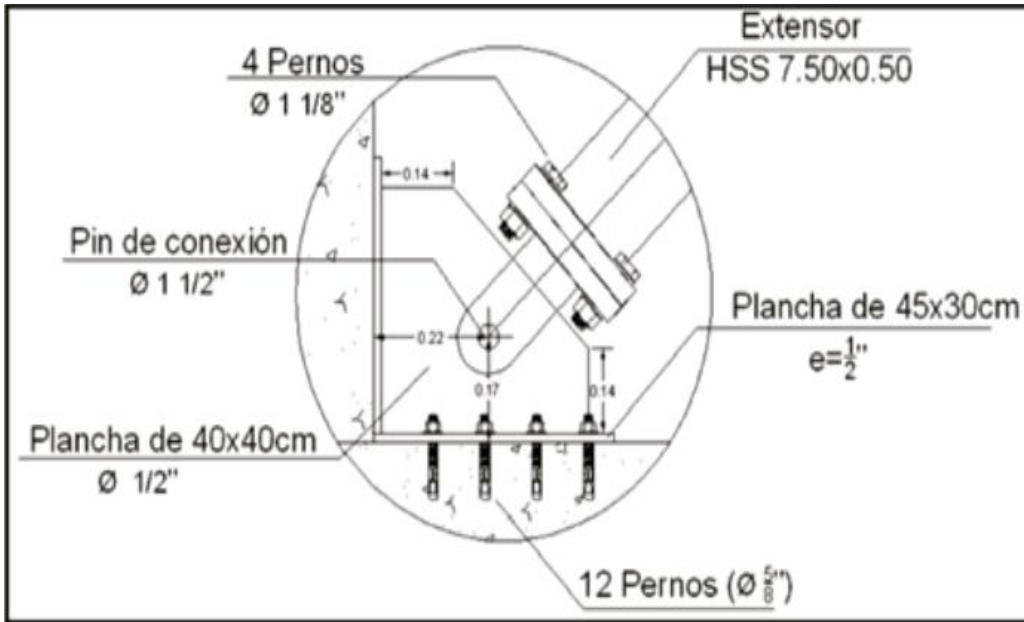


Figura 92. Disposición de los Disipadores SAP2000 V.20- Corte y 3D

Medidas acotadas para la instalación de los Disipadores en la Estructura para el eje X y Y respectivamente. Más no para el análisis.



Tipo de Anclaje en la Base



Pernos y Conexiones

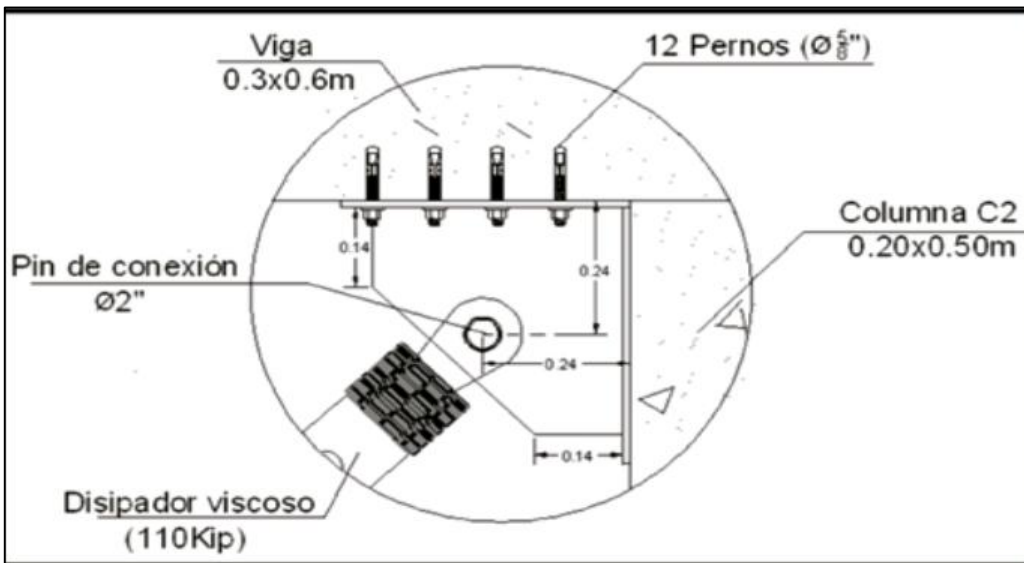


Figura 93. Disposición de los Disipadores en su Instalación en la estructura

**Anexo N°19:** Calculo de los Espectro de Diseño Según la Norma E030.

Figura 94. Calculo de los espectros de Diseño Noma E030

Fuente: Propia

T	C	ZUCS/R
0	2.5	0.196875
0.02	2.5	0.196875
0.04	2.5	0.196875
0.06	2.5	0.196875
0.08	2.5	0.196875
0.1	2.5	0.196875
0.12	2.5	0.196875
0.14	2.5	0.196875
0.16	2.5	0.196875
0.18	2.5	0.196875
0.2	2.5	0.196875
0.25	2.5	0.196875
0.3	2.5	0.196875
0.35	2.5	0.196875
0.4	2.5	0.196875
0.45	2.5	0.196875
0.5	2.5	0.196875
0.55	2.5	0.196875
0.6	2.5	0.196875
0.65	2.307692	0.18173077
0.7	2.142857	0.16875
0.75	2	0.1575
0.8	1.875	0.14765625
0.85	1.764706	0.13897059
0.9	1.666667	0.13125
0.95	1.578947	0.12434211
1	1.5	0.118125
1.6	0.9375	0.07382813
2	0.75	0.0590625
2.5	0.48	0.0378
3	0.333333	0.02625
4	0.1875	0.01476563
5	0.12	0.00945
6	0.083333	0.0065625
7	0.061224	0.00482143
8	0.046875	0.00369141
9	0.037037	0.00291667
10	0.03	0.0023625

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

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

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

$$T < 0,2 T_p \quad C = 1 + 7,5 \left(\frac{T}{T_p}\right)$$



**Anexo N°20: Predimensionamiento de losa Aligerada en una dirección**

**Predimensionamiento de los elementos estructurales**

**Cálculo de losa Aligerada en una dirección.**

Eje (Más corto)	Luz (entre ejes)	$H=L_n/25$ (Losas aligeradas en una dirección)
1 - 2	$6.5 - 0.50 = 6\text{m}$	$6/25=0.24\text{m} \gg 0.25\text{m}$

**Donde:**

**H:** Peralte de la Losa

**$L_n$ :** Luz efectiva

Espesor de la Losa en función a la luz efectiva

$L_n$	ESPESOR DE LOSA	LADRILLO
4 m	17 cm	12 cm
5 m	20 cm	15 cm
6 m	25 cm	20 cm
7 m	30 cm	25 cm

Se muestra el peso unitario de la losa en una sola dirección de concreto armado con viguetas de 0.10m de ancho y 0.40m entre ejes.

ESPESOR DEL ALIGERADO (m)	ESPESOR DE LOSA SUPERIOR EN METROS	PESO PROPIO kPa (kgf/m <sup>2</sup> )
0.17	0.05	2.8 (280)
0.20	0.05	3.0 (300)
0.25	0.05	3.5 (350)
0.30	0.05	4.2 (420)

En resumen, para la presente investigación se utilizará una losa aligerada de 0.25m de peralte cuya carga de diseño es de 350 Kgf/m<sup>2</sup>.

Anexo N°21: Calculo de vigas Principales (VP)

**DISEÑO DE REFUERZO EN VIGAS**

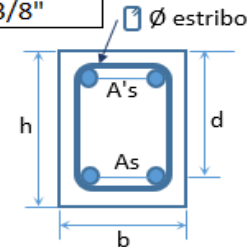
**CARACTERISTICAS GEOMETRICA DE LA VIGA**

Ancho b (cm)=	30
Altura h (cm)=	60

Recubrimiento (cm)=	4
Ø del Estribo=	3/8"

**PROPIEDADES DE LA VIGA**

Momento Ultimo (Tn.m)=	20
Resistencia del concreto a los 28 dias f'c (kg/cm²)=	210
Fluencia del acero fy (kg/cm²)=	4200
Tipo de Zona=	Sismica
Factor de reducción (ø)=	0.9
Módulo de Elasticidad del acero (kg/cm²)=	2000000



**RESULTADOS INICIALES**

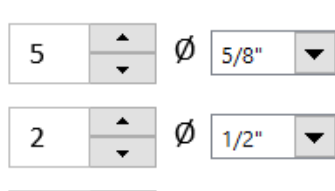
peralte efectivo d (cm)=	54.2861067
$\beta_1$ =	0.85
pb=	0.02125
a (cm)=	8.27502362
As (cm²)=	10.5506551
p=	0.00647843
pmax.=	0.010625
pmin.=	0.00333333
As max. (cm²)=	17.3036965
As min. (cm²)=	5.42861067

**EL ACERO FLUYE (FALLA DUCTIL)**

No utilizar Acero Minimo

ENTONCES: As (cm²)= 10.5506551 <====RESULTADO

**DISTRIBUYENDO EL REFUERZO DE ACERO**



$$As^o (cm^2) = 5\phi 5/8" + 2\phi 1/2" = 12.43cm^2$$

As < As° (conforme)

**VERIFICANDO EL REQUERIMIENTO DE LA CUANTIA CON EL ACERO DISTRIBUIDO**

Determinando la nueva cuantia:

$$p = 0.0076325$$

verificando el tipo de falla con la nueva cuantia:

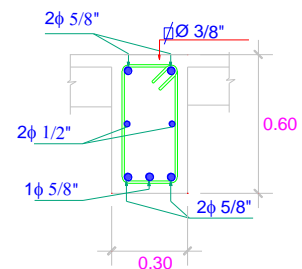
$$p < pb \text{ (falla ductil)}$$

verificando si cumple la cuantia maxima:

$$p < pman \text{ (cumple)}$$

verificando si cumple la cuantia minima:

$$pmin < p \text{ (cumple)}$$



Ø3/8" ; 1 @ .05, 6 @ .10, 5 @ .15, rto. @ .20



**Anexo N°22: Calculo de acero en vigas Secundarias (VS)**

**DISEÑO DE REFUERZO EN VIGAS**

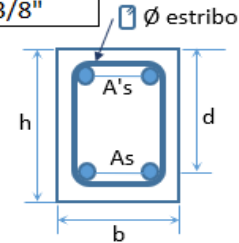
**CARACTERISTICAS GEOMETRICA DE LA VIGA**

Ancho b (cm)=	25
Altura h (cm)=	45

Recubrimiento (cm)=	4
Ø del Estribo=	3/8"

**PROPIEDADES DE LA VIGA**

Momento Ultimo (Tn.m)=	13.5
Resistencia del concreto a los 28 dias f'c (kg/cm²)=	210
Fluencia del acero fy (kg/cm²)=	4200
Tipo de Zona=	Sismica
Factor de reducción (ø)=	0.9
Módulo de Elasticidad del acero (kg/cm²)=	2000000



**RESULTADOS INICIALES**

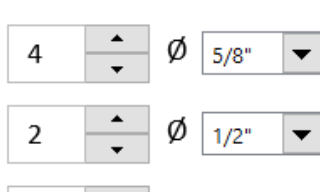
peralte efectivo d (cm)=	39.2922348
$\beta_1$ =	0.85
pb=	0.02125
a (cm)=	9.76917925
As (cm²)=	10.379753
p=	0.01056672
pmax.=	0.010625
pmin.=	0.00333333
As max. (cm²)=	10.4369999
As min. (cm²)=	3.2743529

**EL ACERO FLUYE (FALLA DUCTIL)**

No utilizar Acero Minimo

ENTONCES: As (cm²)= 10.379753 <====RESULTADO

**DISTRIBUYENDO EL REFUERZO DE ACERO**



$$As^{\circ} (cm^2) = 4\phi 5/8'' + 2\phi 1/2'' = 10.45cm^2$$

As < As° (conforme)

**VERIFICANDO EL REQUERIMIENTO DE LA CUANTIA CON EL ACERO DISTRIBUIDO**

Determinando la nueva cuantia:

$$p = 0.01063909$$

verificando el tipo de falla con la nueva cuantia:

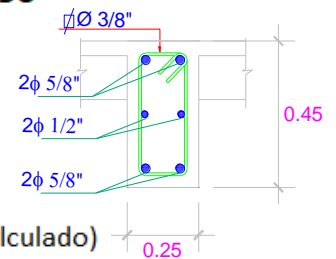
$$p < pb \text{ (falla ductil)}$$

verificando si cumple la cuantia maxima:

pmax < p (no cumple, El acero distribuido sobre pasa po mucho al calculado)

verificando si cumple la cuantia minima:

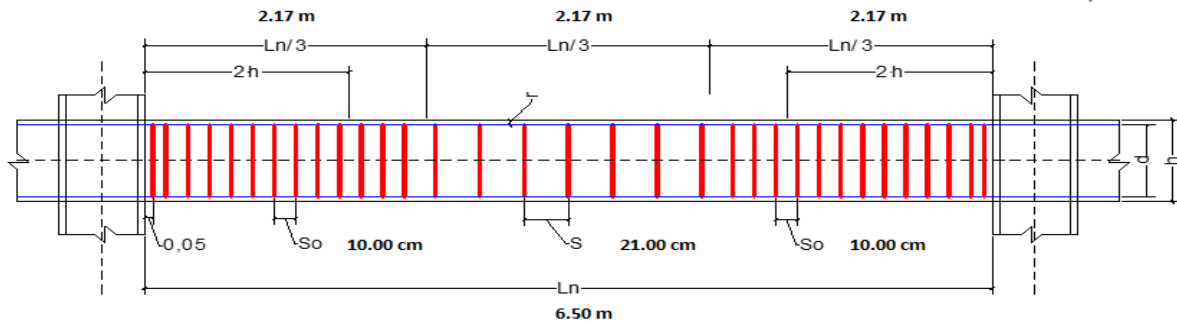
$$pmin < p \text{ (cumple)}$$



Ø 3/8"; 1 @ .05, 6 @ .10, 5 @ .15, rto. @ .20

**Anexo N°23: Calculo de estribos en vigas VP y VS**  
**DISEÑO DE ACERO POR CORTANTE - ESTRIBOS SEGÚN ACI 318-05**

INTERPRETACION DE LOS DATOS OBTENIDOS POR ANALISIS ESTRUCTURAL CON SOFTWARE CSI SAP2000/ETABS



Acero por corte (estribos) separaciones máximas según ACI 318 (21.3.3.2)

Tramo de confinamiento "So"  $S_{max} \leq \begin{cases} d/4 \\ 24 \cdot d_e \text{ (estribo)} \\ 8 \cdot D_b \text{ (barra longitudinal)} \end{cases} \text{ ó } 30\text{cm}$

Tramo central "S"  $S_{max} \leq \begin{cases} Si v_u^- < 3 \cdot v_c & d/2 \text{ ó } 60\text{cm} \\ Si v_u^- \geq 3 \cdot v_c & d/4 \text{ ó } 30\text{cm} \end{cases}$

Dimensiones de la viga

h	b	r	d	Ln
60.00 cm	30.00 cm	4.00 cm	52.00 cm	6.50 m

Dimensiones de las barras

	$\emptyset$	
Estribo	3/8	0.953 cm
Barra long.	3/4	1.905 cm

Separaciones Normativas

2-h confina.	Ln/3	So			S	
		d/4	24·de	8·Db	d/2	d/4
1.20 m	2.17 m	13.00 cm	22.00 cm	15.00 cm	26.00 cm	13.00 cm

Separaciones según análisis estructural

1er tercio de viga

Estribo	Area	Ramas	p' Según Analisis en cm/cm	Separación Calc	Separación Def
3/8	0.710 cm	3	0.200	10.00 cm	10.00 cm

Colocar 1Ø3/8 @ 10cm

Tramo central

Estribo	Area	Ramas	p' Según Analisis en cm/cm	Separación Calc	Separación Def
3/8	0.710 cm	3	0.100	21.00 cm	21.00 cm

Se Esta tomando d/2

Colocar 1Ø3/8 @ 21cm

Ultimo tercio de viga

Estribo	Area	Ramas	p' Según Analisis en cm/cm	Separación Calc	Separación Def
3/8	0.710 cm	3	0.210	10.00 cm	10.00 cm

Colocar 1Ø3/8 @ 10cm

**CUADRO DE ESTRIBOS**

TIPO	$\emptyset$	ESPACIAMIENTO
1	3/8"	1@.05, 4@.10, 3@.15, rto.@.20

Fuente: Propia

**Anexo N°24: Calculo de columnas C1 y C2**

Tabla N° 53. *Columnas Centrales, bordes y esquineras.*

Col.	CARGA Kg/cm2	ÁREA TRIB	P (kg)	Factor	AREA COL cm2	"a" COL	"b" COL	DISEÑO
<b>Esquinera</b>	1000	10.56 m2	10563	0.35	1149.71	35.00	35.00	35 X 35
<b>Borde</b>	1000	22.75 m2	22750	0.25	3466.67	60.00	60.00	60 X 60
<b>Central</b>	1000	45.50 m2	45500	0.45	3851.85	65.00	65.00	65 X 65

Fuente: Propia

Se realizó las comprobaciones por el método de inercia para Pre-dimensionar y homogenizar las columnas en dos tipos C1 y C2.

<b>PREDIMENSIONAMIENTO POR INERCIA</b> <b>CONDICIÓN "SI CUMPLE"</b> <b><math>I_c / I_v &gt; 1.2</math></b>
--

Tabla N° 54. *Columnas método de Inercia*

PRE-DIMENSIONAMIENTO POR INERCIA						
COLUMNA				VIGA		
TIPO	P.D (cm)	Inercia C. (m4)	CONDICIÓN	TIPO	P.d (cm)	Inercia v. (m4)
<b>C1</b>	55 x 50	572916.6667	Ic > Iv	VP	30 X 60	540000.00
				VS	30 X 55	415937.50

**PREDIMENSIONADO DE ACERO EN COLUMNAS - BARRAS LONGITUDINALES ACI 318-05**

PARA INICIAR Y REVISAR DISEÑOS DE COLUMNAS DE CONCRETO ARMADO CON SOFTWARE CSI SAP2000/ETABS

**COLUMNA C1**

Cuantías mínimas y máximas para refuerzo en columnas

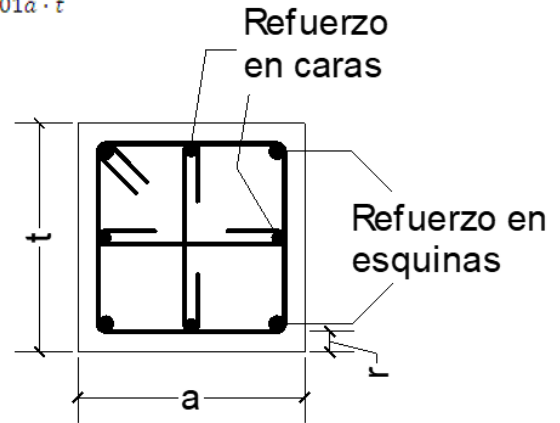
CALCULO ACERO MINIMO	
a	65.00 cm
t	65.00 cm
FY	4200
ASMIN	42.25 cm <sup>2</sup>

$$A_{s_{max}} = 0,025a \cdot t \text{ si } F'_c < 280$$

$$A_{s_{min}} \geq 0,01a \cdot t$$

Comprobación por arreglo			
	#barras	∅	Area
Esquinas	4	1	20.28 cm <sup>2</sup>
Caras	8	3/4	22.80 cm <sup>2</sup>
Area total en Barras			43.08 cm <sup>2</sup> OK!!
Porcentaje seleccionado			1.02% OK!!

Usar en las esquinas 4∅1/1  
Usar en las caras 8∅3/4



**COLUMNA C2**

Cuantías mínimas y máximas para refuerzo en columnas

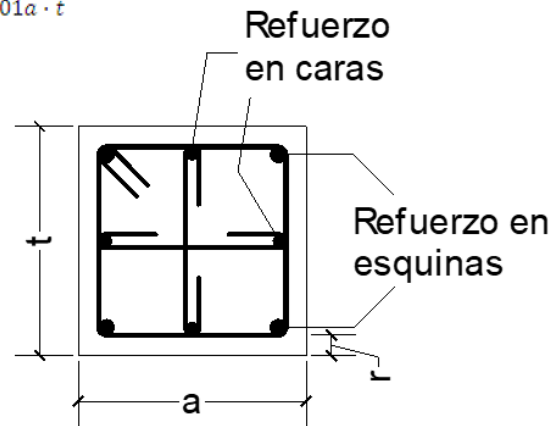
CALCULO ACERO MINIMO	
a	50.00 cm
t	55.00 cm
FY	4200
ASMIN	27.50 cm <sup>2</sup>

$$A_{s_{max}} = 0,025a \cdot t \text{ si } F'_c < 280$$

$$A_{s_{min}} \geq 0,01a \cdot t$$

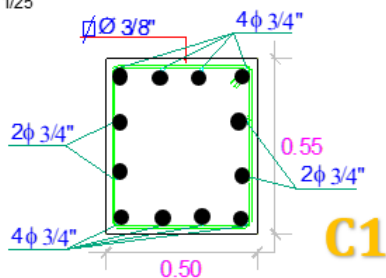
Comprobación por arreglo			
	#barras	∅	Area
Esquinas	4	3/4	11.40 cm <sup>2</sup>
Caras	8	3/4	22.80 cm <sup>2</sup>
Area total en Barras			34.20 cm <sup>2</sup> OK!!
Porcentaje seleccionado			1.24% OK!!

Usar en las esquinas 4∅3/4  
Usar en las caras 8∅3/4

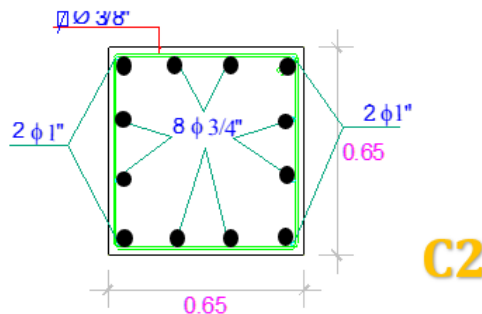


**COLUMNAS**

ESCALA 1/25



**C1**



**C2**

∅3/8" ; 1@.05, 10@.10, 15@.15, rto.@20

∅3/8" ; 1@.05, 10@.10, 15@.15, rto.@20

Anexo N°25: Calculo de estribos para columnas C1 y C2

DISEÑO DE ACERO POR CORTANTE - ESTRIBOS SEGÚN ACI 318-05

INTERPRETACION DE LOS DATOS OBTENIDOS POR ANALISIS ESTRUCTURAL CON SOFTWARE CSI SAP2000/ETABS

Acero por corte (estribos) separaciones máximas según ACI 318 (21.3.3.2)

Tramo de confinamiento "So" 
$$S_{max} \leq \begin{cases} d/4 \\ 24 \cdot d_e \text{ (estribo)} \\ 8 \cdot D_b \text{ (barra longitudinal)} \end{cases} \text{ ó } 30\text{cm}$$

Tramo central "S" 
$$S_{max} \leq \begin{cases} Si v_u^- < 3 \cdot v_c & Si v_u^- \geq 3 \cdot v_c \\ \frac{d}{2} \text{ ó } 60\text{cm} & \frac{d}{4} \text{ ó } 30\text{cm} \end{cases}$$

Dimensiones de la viga

h	b	r	d	Ln
65.00 cm	65.00 cm	4.00 cm	57.00 cm	3.00 m

Dimensiones de las barras

	$\phi$	
Estribo	3/8	0.953 cm
Barra long.	3/4	1.905 cm

Separaciones Normativas

2-h confina.	Ln/3	So			S	
		d/4	24·de	8·Db	d/2	d/4
1.30 m	1.00 m	14.25 cm	22.00 cm	15.00 cm	28.00 cm	14.00 cm

Separaciones según análisis estructural

1er tercio de viga

Estribo	Area	Ramas	$\rho'$ Según Análisis en cm/cm	Separación Calc	Separación Def
3/8	0.710 cm	3	0.200	10.00 cm	10.00 cm

Colocar 1Ø3/8 @ 10cm

Tramo central

Estribo	Area	Ramas	$\rho'$ Según Análisis en cm/cm	Separación Calc	Separación Def
3/8	0.710 cm	3	0.100	21.00 cm	21.00 cm

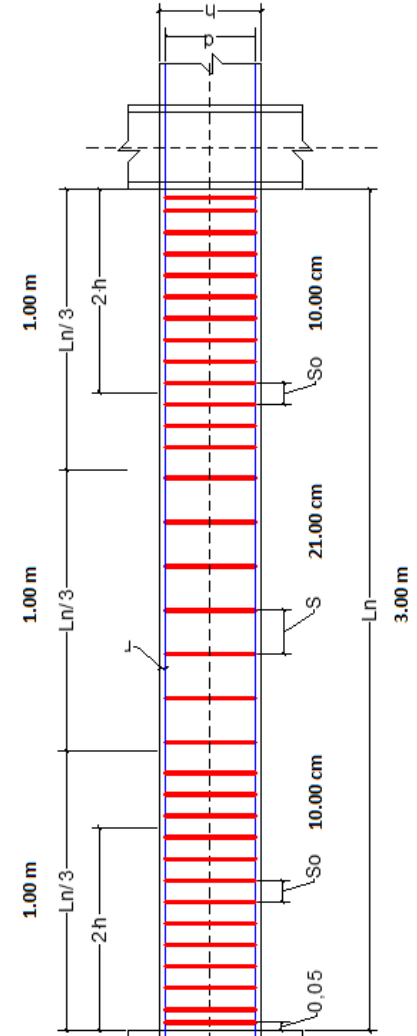
Se Esta tomando d/2

Colocar 1Ø3/8 @ 21cm

Ultimo tercio de viga

Estribo	Area	Ramas	$\rho'$ Según Análisis en cm/cm	Separación Calc	Separación Def
3/8	0.710 cm	3	0.200	10.00 cm	10.00 cm

Colocar 1Ø3/8 @ 10cm



CUADRO DE ESTRIBOS

TIPO	$\phi$	ESPACIAMIENTO
1	3/8"	1@.05, 10@.10, 15@.15, rto.@.20

**Anexo N°26: Calculo de Muros estructurales / Placas en el eje X & Y**

– **Placa Horizontal:**

Tabla N° 55. *Propiedades de las placas*

	<b>CALCULOS</b>	<b>UND</b>
<b>A:</b>	1.0500	m2
<b>IT:</b>	0.01699	m4
<b>I:</b>	1.0375	m4
<b>S:</b>	0.7500	m2

Fuente: *Propia*

Tabla N° 56. *Elementos de confinamiento*

	<b>CALCULOS</b>	<b>UND</b>
<b>A:</b>	0.4000	m2
<b>I:</b>	0.0024	m4
<b>S2</b>	0.1500	m2

Fuente: *Propia*

– **Placa Vertical:**

Tabla N° 57. *Propiedades de las placas*

	<b>CALCULOS</b>	<b>UND</b>
<b>A:</b>	0.7975	m2
<b>IT:</b>	0.0147	m4
<b>I:</b>	0.6311	m4
<b>S:</b>	0.7425	m2

Fuente: *Propia*

Tabla N° 58. *Elementos de confinamiento*

	<b>CALCULOS</b>	<b>UND</b>
<b>A:</b>	0.4150	m2
<b>I:</b>	0.0055	m4
<b>S:</b>	0.1650	m2

Fuente: *Propia*

**MUROS DE CORTE DE CONCRETO ARMADO**

**DATOS DE ENTRADA:**

Modificar solo celdas sombreadas

Propiedades de concreto

$f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

$f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$

Altura total del muro:

$H = 26.7 \text{ m}$

Altura de entrepiso:

$h_m = 3.3 \text{ m}$

Junta de construcción: No Rugosa

Datos de la edificación

Coef. de reducción de fuerzas sísmicas: 6

¿Amplificar cortante?: No

Esquema:

Sistema Sismorresistente

$R = 6$

Esbeltez del muro de corte

$H/L = 10.68$

Clasificación: Muro esbelto

Resistencia al Corte por fricción ( $\phi V_n1$ ):

$A_{cw} = 6250 \text{ cm}^2$

$\mu = 0.6$

Cuántías mínimas de refuerzo en el alma (Según Art. 11.10.10)

	$\rho$ horizontal	$\rho$ vertical
Colocada	0.0057	0.0057
Mínima	0.0025	0.0025

Separación máx. del refuerzo en el alma

Esp. Horizontal: 40 cm  
Esp. Vertical: 40 cm

Espesor mínimo del alma

$b_{f_{min}} = 15.0 \text{ cm}$

**VERIFICACIÓN DE NECESIDAD DE BORDES CONFINADOS**

PARA MUROS CONTINUOS EN TODA SU ALTURA

(Si cumple con Art. 21.9.7.4)

Altura total del muro  $h_m = 26.7 \text{ m}$   
Longitud total del muro  $l_m = 250 \text{ cm}$   
Desplazamiento lateral  $\delta u = 0.15188 \text{ m}$

Ejes neutro mínimo para confinar bordes:

$$c \geq \frac{l_m}{600(\delta u / h_m)}$$

$c \geq 73 \text{ cm}$

Carga axial aplicada para el cálculo del eje neutro

$P_u = -507.04 \text{ t}$

**Núcleo 1**

Eje neutro calculado  $c = 122.99 > 73 \text{ cm}$

**Sí requiere núcleo confinado**

Altura min. del elemento confinado de borde:

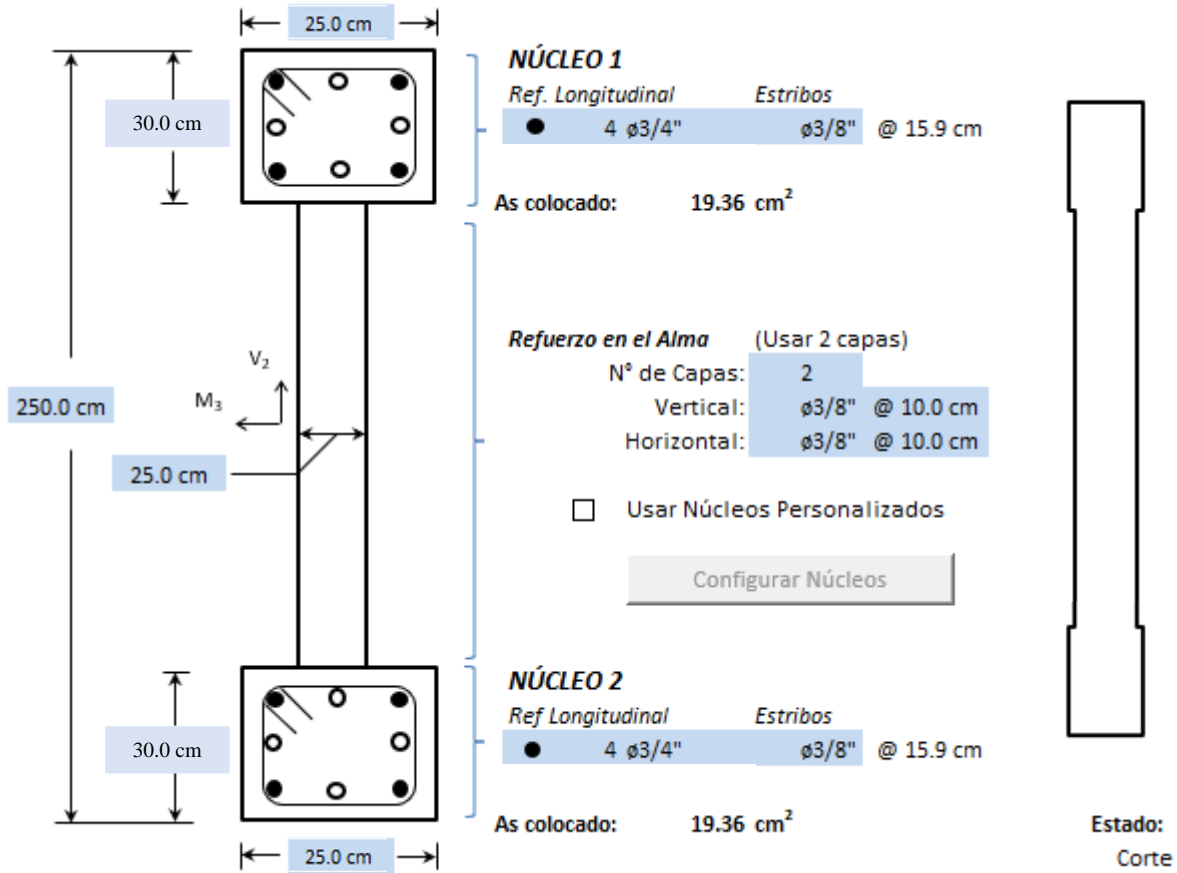
$H_n = 2.50 \text{ m}$

a partir de la cimentación

**Núcleo 2**

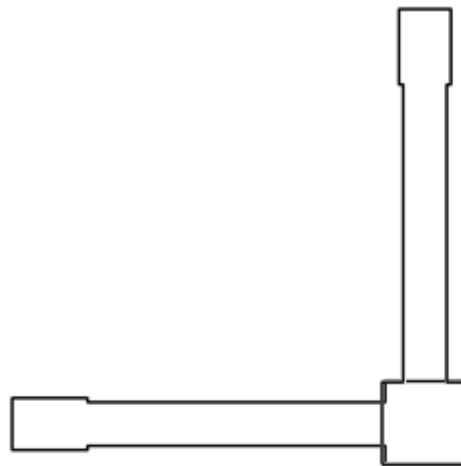
Eje neutro calculado  $c = 85.98 > 73 \text{ cm}$

**Sí requiere núcleo confinado**



Resistencia a la Tracción diagonal ( $\phi V_n2$ ):

$A_{cw} =$	6250 cm <sup>2</sup>	$V_c =$	48.00 t
$\alpha_c =$	0.53	$V_s =$	149.10 t
		$\phi V_{n_{max}} =$	200.16 t





**Anexo N°27: Calculo y diseño de Zapatas**

Tabla N° 59. *Zapatas Dimensiones*

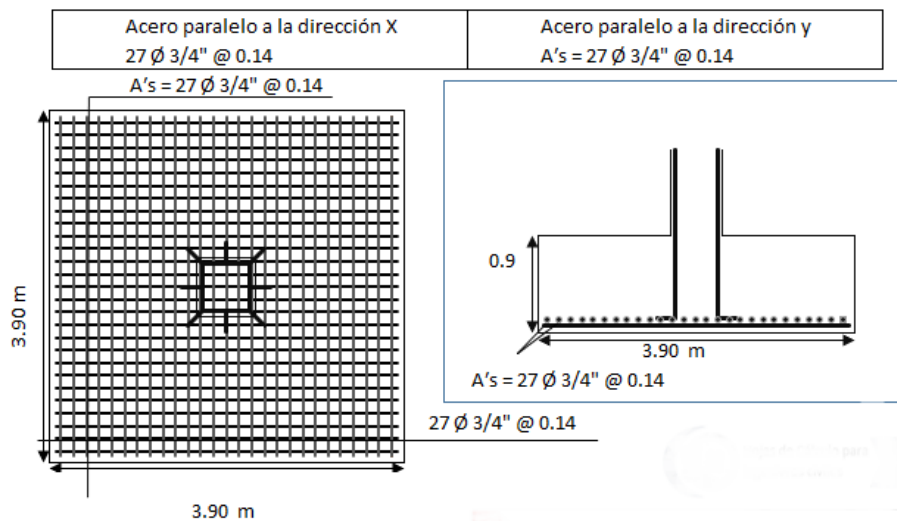
ZAPATA	A.T (M2)	P. SERV. (KG)	AC (CM2)	B	L	D
<b>Z-1</b>	10.56 m2	84504	35210	190.0	190.0	100
<b>Z-2</b>	21.13 m2	169000	70417	270.0	270.0	100
<b>Z-3</b>	21.94 m2	175504	73127	275.0	275.0	100
<b>Z-4</b>	22.75 m2	182000	75833	280.0	280.0	100
<b>Z-5</b>	43.88 m2	351000	146250	385.0	385.0	100
<b>Z-6</b>	45.50 m2	364000	151667	390.0	390.0	100

Fuente: Propia

Tabla N° 60. *Verificación de Cortantes*

VERIFICACIÓN POR PUNZONAMIENTO			
Vud	Vc	VC	CONDICIÓN
<b>57429</b>	448798	454305	OK
<b>116200</b>	637765	860788	OK
<b>122704</b>	649576	860788	OK
<b>90125</b>	661386	1115836	OK
<b>285375</b>	909406	956431	OK
<b>266800</b>	921217	1147717	OK

Fuente: Propia



**DISEÑO DE LA ZAPATA Z-1**

<b>DATOS DE LA ZAPATA:</b>	<b>PROPIEDADES DE LOS MATERIALES:</b>
Carga Admisible: 3.00 kg/cm <sup>2</sup>	f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup>
Carga Muerta (Pm): 280.00 Tn	fy= 4200 kg/cm <sup>2</sup>
Carga Viva (Pv): 95.00 Tn	
Carga de sismo (Ps): 185.00 Tn	

LA DIMENSIÓN DE LA COLUMNA ES DE: 65 x 65

**PROCESO DE CALCULO**

Carga puntual de servicio (PS1 = Pm + Pv + Ps ) = 280 Tn + 95Tn + 185Tn = 560 Tn  
 Carga puntual de servicio (PS2 = Pm + Pv ) = 280 Tn + 95Tn = 375 Tn

**DIMENSIONES DE LA ZAPATA**

$A1 = \frac{PS1 (1+0.06)}{1.33 \times q \text{ Adm}} = \frac{560 + 33.6}{1.33 \times 3 \times 10} = 14.88 \text{ m}^2$	Tomamos el mayor: 14.88 m <sup>2</sup> { Lx= 3.90 m Ly= 3.90 m
$A2 = \frac{PS2 (1+0.06)}{q \text{ Adm}} = \frac{375 + 22.5}{3 \times 10} = 13.25 \text{ m}^2$	

**DETERMINANDO LA CARGA PUNTUAL ULTIMA**

$Pu = 1.4 \times Pm + 1.7 \times Pv = 1.4 \times 280 + 1.7 \times 95 = 553.5 \text{ Tn}$	Tomar el Mayor: Pu =653.750 Tn
$Pu = 1.25 \times ( Pm + Pv ) + Ps = 1.25 \times (280 + 95) + 185 = 653.75\text{Tn}$	
$Pu = 0.9 \times ( Pm ) + Ps = 0.9 \times (280) + 185 = 437\text{Tn}$	

**DETERMINANDO LA CARGA ULTIMA**

$$Qu = \frac{Pu}{A} = \frac{653.75}{3.9 \times 3.9} = 42.982 \text{ Tn/m}^2$$

**DISEÑO POR PUNZONAMIENTO:**

$$Pu - Ac \times Qu = 0.85(1.06) \sqrt{f'c} \times (bo) \times d$$

$$653.75 - (d + 65) \times (d + 65) \times 42.982 = 0.85 \times 1.06 \sqrt{210} \times 10 \times (4d + 2 \times 65 + 2 \times 65) \times d$$

$$d = 0.77 \text{ m}$$

Aproximamos el peralte (h) igual a 0.9m entonces considerando el recubrimiento y el diametro del Acero;  
 d sera igual a 0.81 m

**VERIFICANDO POR CORTE:**

$$Vc = 0.53 \sqrt{f'c} \times B \times d = 0.53 \times \sqrt{210} \times 10 \times 0.81 \times 3.9 = 242.91\text{Tn}$$

$$Vu = \frac{Qu \times B \times (m - d)}{\phi} = \frac{42.982 \times 3.9 (1.63 - 0.81)}{0.85} = 160.540 \text{ Tn}$$

Vc > Vu (Cumple)

**MOMENTO ULTIMO:**

$$Mu = \frac{Qu \text{ m}^2 \text{ B}}{2} = \frac{42.982 \times 1.625^2 \times 3.9}{2} = 221.324 \text{ Tn.m}$$

**DETERMINANDO EL REFUERZO:**

a (cm)	As (cm <sup>2</sup> )
16.22	80.22
4.84	74.42
4.49	74.26
4.48	74.25
4.48	74.25

$$As = \frac{Mu}{\phi fy (d - \frac{a}{2})}$$

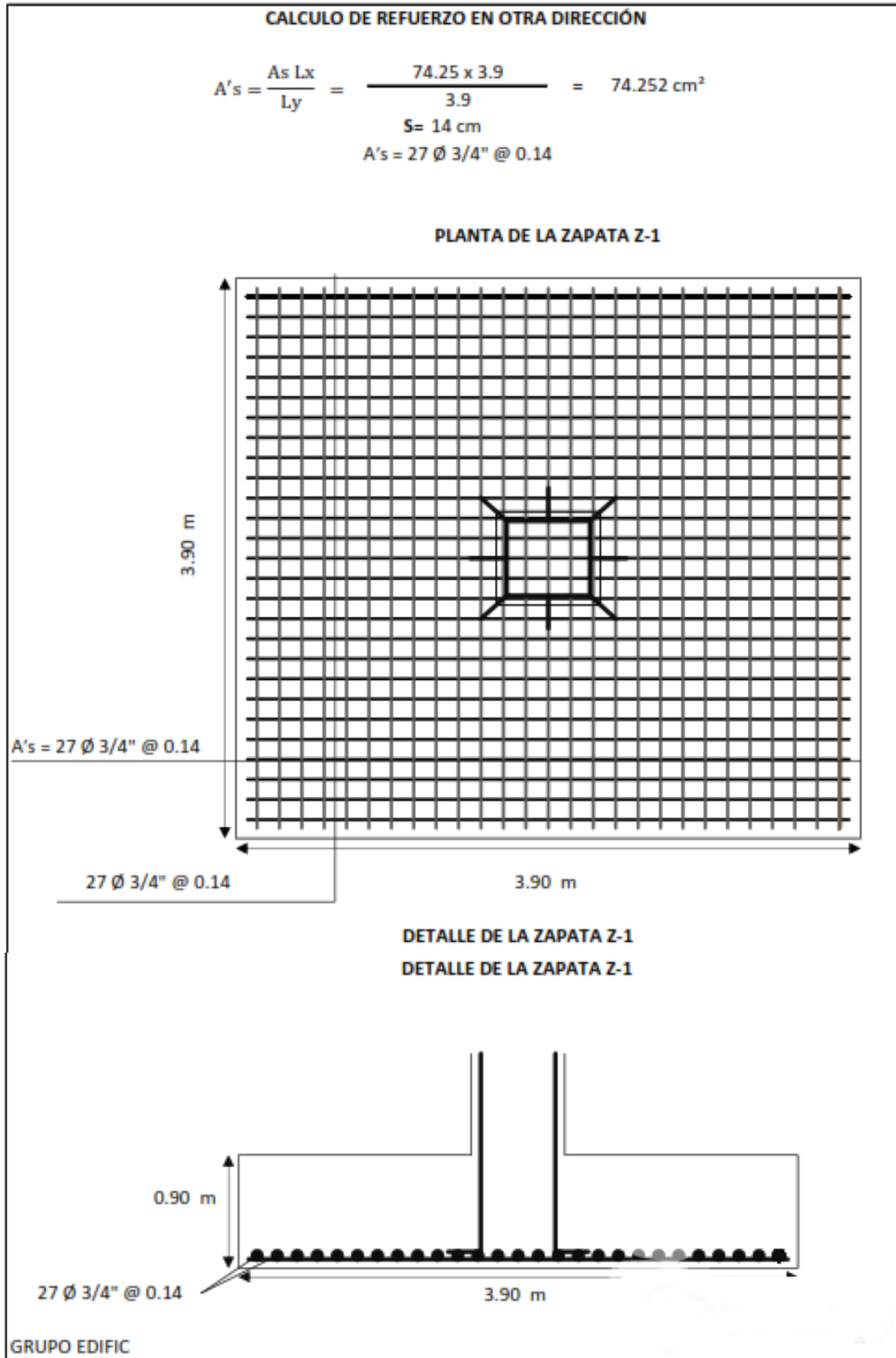
$$a = \frac{fy As}{0.85 f'c b}$$

**DETERMINANDO EL REFUERZO MINIMO:**

$$As \text{ min} = 0.0018 \times 81.1 \times 390 = 56.93 \text{ cm}^2$$

Tomamos: As= 74.25 cm<sup>2</sup>  
 S= 14 cm  
 27  $\phi$  3/4" @ 0.14

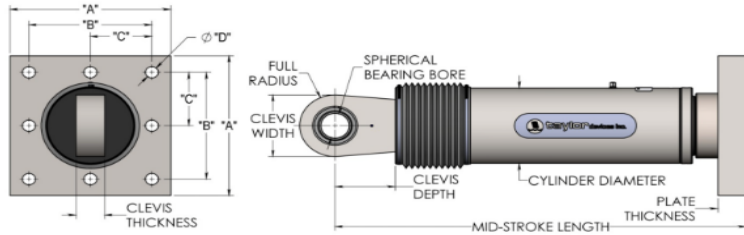
GRUPO EDIFIC



**Anexo N°28: Hoja técnica de los disipadores**



**FLUID VISCOUS DAMPERS & LOCK-UP DEVICES  
CLEVIS – BASE PLATE CONFIGURATION, METRIC UNITS**



NOTE:  
VARIOUS STROKES ARE AVAILABLE, FROM ±50 TO ±900 mm.  
FORCE CAPACITY MAY BE REDUCED FOR STROKE LONGER THAN STROKE LISTED IN THE TABLE. ANY STROKE CHANGE FROM THE STANDARD STROKE VERSION DEPICTED CHANGES THE MIDSTROKE LENGTH BY 5 mm PER ±1 mm OF STROKE.

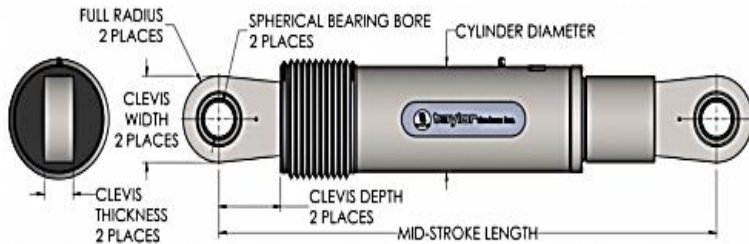
EXAMPLE: 1000kN±100mm STROKE, MID-STROKE LG IS 1048mm  
1000 kN ± 150 mm STROKE, 150-100= 50, 50\*5=250  
1048+250 = 1298 mm MID-STROKE LENGTH

BELLOWS MAY BE REPLACED WITH A STEEL SLEEVE AS DESIRED STROKE LENGTHS INCREASE. CONSULT TAYLOR DEVICES FOR STROKE OVER ±300mm AND/OR FOR FORCE CAPACITIES FOR STROKE LONGER THAN LISTED IN TABLE.

FORCE (kN)	TAYLOR DEVICES MODEL NUMBER	SPHERICAL BEARING BORE DIAMETER (mm)	MID-STROKE LENGTH (mm)	STROKE (mm)	CLEVIS THICKNESS (mm)	MAXIMUM CLEVIS WIDTH (mm)	CLEVIS DEPTH (mm)	BEARING THICKNESS (mm)	MAXIMUM CYLINDER DIAMETER (mm)	WEIGHT (kg)	"A" (mm)	"B" (mm)	"C" (mm)	"D" (mm)	PLATE THICKNESS (mm)
250	17120	38.10	787	±75	43	100	83	33	114	44	178±3	127±25	†	20.6±25	38±.76
500	17130	50.80	997	±100	55	127	102	44	150	98	282±3	203±25	†	31.8±25	38±.76
750	17140	57.15	1016	±100	59	155	129	50	184	168	343±3	254±25	127±25	28.7±25	61±.76
1000	17150	69.85	1048	±100	71	185	150	61	210	254	419±3	318±25	159±25	31.8±25	76±1.5
1500	17160	76.20	1105	±100	77	205	162	67	241	306	432±3	330±25	165±25	34.9±25	76±1.5
2000	17170	88.90	1346	±125	91	230	191	78	286	500	457±3	343±25	171.5±25	38.1±25	102±1.5
3000	17180	101.60	1441	±125	117	290	203	89	350	800	508±3	406±25	203±25	41.4±25	102±1.5
4000	17190	127.00	1645	±125	142	325	273	111	425	1088	**	**	**	**	**
6500	17200	152.40	1752	±125	154	350	305	121	515	1930	**	**	**	**	**
8000	17210	177.80	1867	±125	178	415	317	135	565	2625	**	**	**	**	**

† DENOTES 4 HOLE PATTERN, MEANING NO CENTER HOLES.  
\*\* CONSULT FACTORY FOR DIMENSIONS.

Figura 95. Hoja técnica de los Disipadores de Fluido Viscoso TABLA 1



NOTE:  
VARIOUS STROKES ARE AVAILABLE FROM ±50 TO ±900mm  
FORCE CAPACITY MAY BE REDUCED FOR STROKE LONGER THAN STROKE LISTED IN THE TABLE. ANY STROKE CHANGE FROM THE STANDARD STROKE VERSION DEPICTED CHANGES THE MIDSTROKE LENGTH BY 5 mm PER ±1 mm OF STROKE.

EXAMPLE: 1000 kN±100mm STROKE, MID-STROKE LG IS 1048mm  
1000kN±150mm STROKE, 150-100=50, 50\*5=250  
1048+250= 1298mm MID-STROKE LENGTH

BELLOWS MAY BE REPLACED WITH A STEEL SLEEVE AS DESIRED STROKE LENGTHS INCREASE. CONSULT TAYLOR DEVICES FOR STROKE OVER ±300mm AND/OR FOR FORCE CAPACITIES FOR STROKE LONGER THAN LISTED IN TABLE.

FORCE (kN)	TAYLOR DEVICES MODEL NUMBER	SPHERICAL BEARING BORE DIAMETER (mm)	MID-STROKE LENGTH (mm)	STROKE (mm)	CLEVIS THICKNESS (mm)	BEARING THICKNESS (mm)	MAXIMUM CLEVIS WIDTH (mm)	CLEVIS DEPTH (mm)	MAXIMUM CYLINDER DIAMETER (mm)	WEIGHT (kg)
250	17120	38.10	867	±75	43	33	100	83	114	41
500	17130	50.80	1067	±100	55	44	127	102	150	82
750	17140	57.15	1194	±100	59	50	155	129	184	136
1000	17150	69.85	1238	±100	71	61	185	150	210	193
1500	17160	76.20	1315	±100	77	67	205	162	241	250
2000	17170	88.90	1575	±125	91	78	235	191	285	408
3000	17180	101.60	1575	±125	142/117*	89	325/286*	210	350	705
4000	17190	127.00	1880	±125	142	111	325	210	425	1202
6500	17200	152.40	2134	±125	154	121	350	305	515	1860
8000	17210	177.80	2242	±125	178	135	415	317	565	2495

\* DENOTES MODEL WITH DIFFERENT CLEVIS SIZES ON EACH END.

Figura 96. Hoja técnica Disipadores de Fluido Viscoso TABLA 2

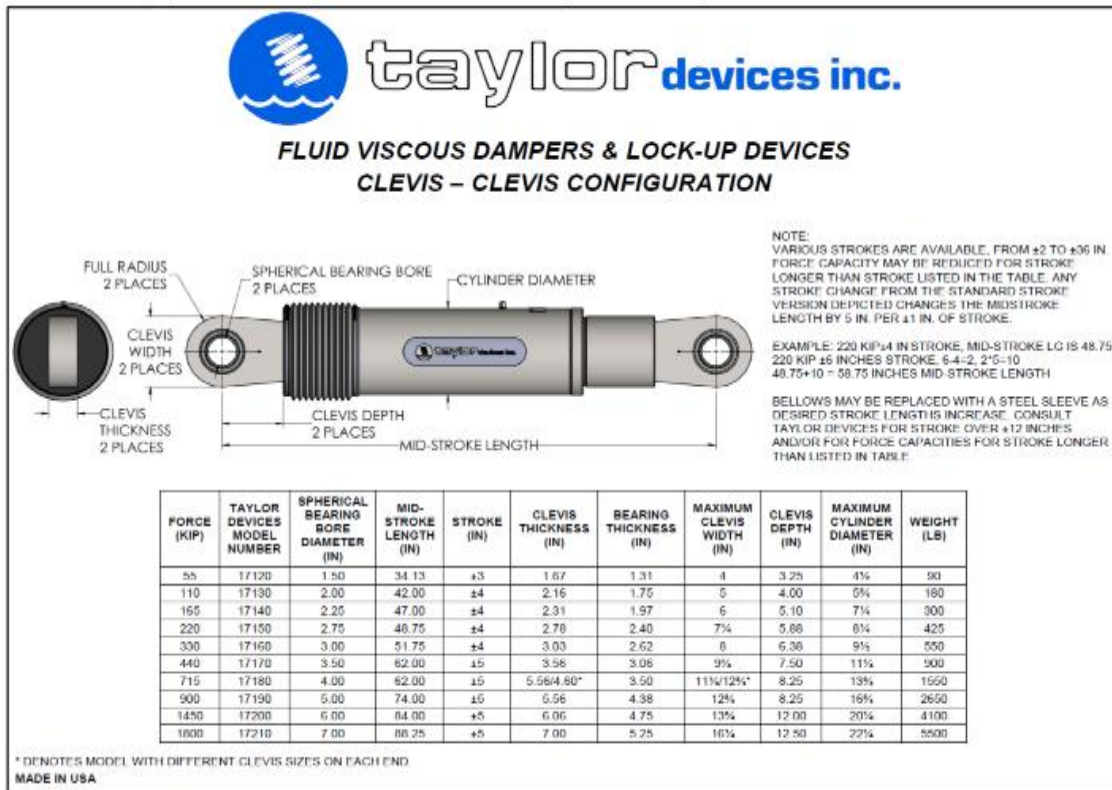


Figura 97. Hoja técnica Disipadores de Fluido Viscoso TABLA 3

**Table 10-7. Modeling Parameters and Numerical Acceptance Criteria for Nonlinear Procedures—Reinforced Concrete Beams**


Conditions	Modeling Parameters <sup>a</sup>			Acceptance Criteria <sup>a</sup>				
	Plastic Rotations Angle (radians)		Residual Strength Ratio	Plastic Rotations Angle (radians)				
	a	b		IO	LS	CP		
Condition i. Beams controlled by flexure <sup>b</sup>								
$\rho - \rho'$	Transverse reinforcement <sup>c</sup>	$\frac{V}{b_w d \sqrt{f'_c}}$						
$\leq 0.0$	C	$\leq 3 (0.25)$	0.025	0.05	0.2	0.010	0.025	0.05
$\leq 0.0$	C	$\geq 6 (0.5)$	0.02	0.04	0.2	0.005	0.02	0.04
$\geq 0.5$	C	$\leq 3 (0.25)$	0.02	0.03	0.2	0.005	0.02	0.03
$\geq 0.5$	C	$\geq 6 (0.5)$	0.015	0.02	0.2	0.005	0.015	0.02
$\leq 0.0$	NC	$\leq 3 (0.25)$	0.02	0.03	0.2	0.005	0.02	0.03
$\leq 0.0$	NC	$\geq 6 (0.5)$	0.01	0.015	0.2	0.0015	0.01	0.015
$\geq 0.5$	NC	$\leq 3 (0.25)$	0.01	0.015	0.2	0.005	0.01	0.015
$\geq 0.5$	NC	$\geq 6 (0.5)$	0.005	0.01	0.2	0.0015	0.005	0.01
Condition ii. Beams controlled by shear <sup>b</sup>								
Stirrup spacing $\leq d/2$			0.0030	0.02	0.2	0.0015	0.01	0.02
Stirrup spacing $> d/2$			0.0030	0.01	0.2	0.0015	0.005	0.01
Condition iii. Beams controlled by inadequate development or splicing along the span <sup>b</sup>								
Stirrup spacing $\leq d/2$			0.0030	0.02	0.0	0.0015	0.01	0.02
Stirrup spacing $> d/2$			0.0030	0.01	0.0	0.0015	0.005	0.01
Condition iv. Beams controlled by inadequate embedment into beam-column joint <sup>b</sup>			0.015	0.03	0.2	0.01	0.02	0.03

NOTE:  $f'_c$  in lb/in.<sup>2</sup> (MPa) units.  
<sup>a</sup>Values between those listed in the table should be determined by linear interpolation.  
<sup>b</sup>Where more than one of conditions i, ii, iii, and iv occur for a given component, use the minimum appropriate numerical value from the table.  
<sup>c</sup>"C" and "NC" are abbreviations for conforming and nonconforming transverse reinforcement, respectively. Transverse reinforcement is conforming if, within the flexural plastic hinge region, hoops are spaced at  $\leq d/3$ , and if, for components of moderate and high ductility demand, the strength provided by the hoops ( $V_h$ ) is at least 3/4 of the design shear. Otherwise, the transverse reinforcement is considered nonconforming.  
<sup>d</sup> $V$  is the design shear force from NSP or NDP.

Fuente: ASCE 41-13.

Figura 99. Hoja técnica Disipadores de Fluido Viscoso TABLA 4


Table 10-8. Modeling Parameters and Numerical Acceptance Criteria for Nonlinear Procedures—Reinforced Concrete Columns



Conditions	Modeling Parameters <sup>a</sup>			Acceptance Criteria <sup>b</sup>		
	Plastic Rotations Angle (radians)	Residual Strength Ratio		Plastic Rotations Angle (radians)		
				Performance Level		
	a	b	c	IO	LS	CP
<b>Condition i.<sup>b</sup></b>						
$\frac{P}{A_g f'_c}$	$\rho = \frac{A_s}{b_w s}$					
$\leq 0.1$	$\geq 0.006$		0.035	0.060	0.2	0.005
$\geq 0.6$	$\geq 0.006$		0.010	0.010	0.0	0.003
$\leq 0.1$	$= 0.002$		0.027	0.034	0.2	0.005
$\geq 0.6$	$= 0.002$		0.005	0.005	0.0	0.002
<b>Condition ii.<sup>b</sup></b>						
$\frac{P}{A_g f'_c}$	$\rho = \frac{A_s}{b_w s}$	$\frac{V}{b_w d \sqrt{f'_c}}$				
$\leq 0.1$	$\geq 0.006$	$\leq 3 (0.25)$	0.032	0.060	0.2	0.005
$\leq 0.1$	$\geq 0.006$	$\geq 6 (0.5)$	0.025	0.060	0.2	0.005
$\geq 0.6$	$\geq 0.006$	$\leq 3 (0.25)$	0.010	0.010	0.0	0.003
$\geq 0.6$	$\geq 0.006$	$\geq 6 (0.5)$	0.008	0.008	0.0	0.003
$\leq 0.1$	$\leq 0.0005$	$\leq 3 (0.25)$	0.012	0.012	0.2	0.005
$\leq 0.1$	$\leq 0.0005$	$\geq 6 (0.5)$	0.006	0.006	0.2	0.004
$\geq 0.6$	$\leq 0.0005$	$\leq 3 (0.25)$	0.004	0.004	0.0	0.002
$\geq 0.6$	$\leq 0.0005$	$\geq 6 (0.5)$	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>Condition iii.<sup>b</sup></b>						
$\frac{P}{A_g f'_c}$	$\rho = \frac{A_s}{b_w s}$					
$\leq 0.1$	$\geq 0.006$		0.0	0.060	0.0	0.0
$\geq 0.6$	$\geq 0.006$		0.0	0.008	0.0	0.0
$\leq 0.1$	$\leq 0.0005$		0.0	0.006	0.0	0.0
$\geq 0.6$	$\leq 0.0005$		0.0	0.0	0.0	0.0

Fuente: ASCE 41-13.

Figura 100. Hoja técnica Disipadores de Fluido Viscoso TABLA 5



Nominal Size		Weight per Foot	Wall Thickness	D/t	Cross Sectional Area					Torsional Stiffness Constant J	Torsional Shear Constant C	Surface Area Per Foot
Outside Diameter	Wall					I	S	r	Z			
in.	in.	lb.	in.		in. <sup>2</sup>	in. <sup>4</sup>	in. <sup>3</sup>	in.	in. <sup>3</sup>	in. <sup>4</sup>	in. <sup>3</sup>	ft. <sup>2</sup>
7.625	x	0.375	0.349	21.8	7.98	52.9	13.9	2.58	18.5	106	27.8	2.00
		0.328	0.305	25.0	7.01	47.1	12.3	2.59	16.4	94.1	24.7	2.00
		0.125	0.116	65.7	2.74	19.3	5.06	2.66	6.54	38.6	10.1	2.00
7.500	x	0.500	0.465	16.1	10.3	63.9	17.0	2.49	23.0	128	34.1	1.96
		0.375	0.349	21.5	7.84	50.2	13.4	2.53	17.9	100	26.8	1.96
		0.312	0.291	25.8	6.59	42.9	11.4	2.55	15.1	85.8	22.9	1.96
		0.250	0.233	32.2	5.32	35.2	9.37	2.57	12.3	70.3	18.7	1.96
		0.188	0.174	43.1	4.00	26.9	7.17	2.59	9.34	53.8	14.3	1.96
7.000	x	0.500	0.465	15.1	9.55	51.2	14.6	2.32	19.9	102	29.3	1.83
		0.375	0.349	20.1	7.29	40.4	11.6	2.35	15.5	80.9	23.1	1.83
		0.312	0.291	24.1	6.13	34.6	9.88	2.37	13.1	69.1	19.8	1.83
		0.250	0.233	30.0	4.95	28.4	8.11	2.39	10.7	56.8	16.2	1.83
		0.188	0.174	40.2	3.73	21.7	6.21	2.41	8.11	43.5	12.4	1.83
		0.125	0.116	60.3	2.51	14.9	4.25	2.43	5.50	29.7	8.49	1.83

Otiliano Vasquez Jeyson Bryan

Pág. 165

Figura 101. Hoja técnica Disipadores de Fluido Viscoso TABLA 6

Fuente: Taylor Devices

**Anexo N°29: Ubicación Zona Sísmica**

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SÍSMICA	AMBITO
LA LIBERTAD	OTUZCO	AGALLPAMPA	3	TODOS LOS DISTRITOS
		CHARAT		
		HUARANCHAL		
		LA CUESTA		
		MACHE		
		OTUZCO		
		PARANDAY		
		SALPO		
		SINSICAP		
	USQUIL			
	CHEPÉN	CHEPÉN	4	TODOS LOS DISTRITOS
		PACANGA		
		PUEBLO NUEVO		
	ASCOPE	ASCOPE	4	TODOS LOS DISTRITOS
		CASA GRANDE		
		CHICAMA		
		CHOCOPE		
		MAGDALENA DE CAO		
		PAIJÁN		
		RÁZURI		
	SANTIAGO DE CAO			
	PACASMAYO	GUADALUPE	4	TODOS LOS DISTRITOS
		JEQUETEPEQUE		
		PACASMAYO		
		SAN JOSÉ		
		SAN PEDRO DE LLOC		
	TRUJILLO	EL PORVENIR	4	TODOS LOS DISTRITOS
		FLORENCIA DE MORA		
		HUANCHACO		
		LA ESPERANZA		
		LAREDO		
		MOCHE		
		POROTO		
SALAVERRY				
SIMBAL				
TRUJILLO				
VICTOR LARCO HERRERA				
VIRÚ	CHAO	4	TODOS LOS DISTRITOS	
	GUADALUPITO			
	VIRU			

Fuente: Norma E030

**Anexo N°30: Calculo de la Participación de Masa Sin Disipadores Sap2000 V.20**

Tabla N° 61. *Participación de Masa Sin Disipadores*

***PARTICIPACIÓN DE MASA SIN DISIPADORES***

<b><i>Número de Modos</i></b>	<b><i>Periodo Sec</i></b>	<b><i>Sumatoria "X"</i></b>	<b><i>Sumatoria "Y"</i></b>
1	1.320313	0.039823	0.691901
2	0.986702	0.756968	0.728003
3	0.779672	0.76041	0.731708
4	0.36318	0.771467	0.862387
5	0.284799	0.895892	0.881747
6	0.207576	0.896061	0.882387
7	0.173137	0.905815	0.932726
8	0.142543	0.951768	0.944975
9	0.105552	0.957511	0.969914
10	0.098973	0.957591	0.97039
11	0.091814	0.979191	0.975915
12	0.074639	0.981503	0.988136
13	0.069494	0.981503	0.988136
14	0.069267	0.981503	0.988138
15	0.068873	0.987295	0.98942
16	0.068743	0.987309	0.989422
17	0.068468	0.988512	0.98959
18	0.068088	0.988517	0.989631
19	0.06711	0.98856	0.989631
20	0.065928	0.988563	0.989683
21	0.065473	0.988566	0.989714
22	0.064338	0.988567	0.989718
23	0.064241	0.991528	0.989768
24	0.064159	0.991539	0.98977

Fuente: *Propia*



**Anexo N°31: Calculo de la Participación de Masa Con Disipadores Sap2000 V.20**

Tabla N° 62. *Participación de Masa Con Disipadores*

***PARTICIPACIÓN DE MASA CON DISIPADORES***

<b><i>Número de Modos</i></b>	<b><i>Periodo Sec</i></b>	<b><i>Sumatoria "X"</i></b>	<b><i>Sumatoria "Y"</i></b>
1	0.843296	0.117955	0.560522
2	0.685171	0.693507	0.678908
3	0.437114	0.695836	0.681939
4	0.19213	0.759637	0.795628
5	0.152137	0.880227	0.877396
6	0.094507	0.880913	0.878066
7	0.082689	0.911766	0.916313
8	0.069611	0.918041	0.925567
9	0.069452	0.918074	0.925611
10	0.069227	0.918393	0.925887
11	0.068866	0.918398	0.925909
12	0.067704	0.919951	0.92591
13	0.067579	0.919951	0.92591
14	0.066105	0.924934	0.931172
15	0.065745	0.924935	0.931173
16	0.065293	0.936492	0.934913
17	0.06431	0.936594	0.934987
18	0.064165	0.936628	0.935003
19	0.06401	0.936643	0.93501
20	0.063525	0.936648	0.935011
21	0.06351	0.936648	0.935011
22	0.063269	0.93677	0.936541
23	0.063018	0.936789	0.936542
24	0.06263	0.943857	0.941979

**Fuente:** *Propia*

**Anexo N°32: Calculo de las Fuerzas Internas Sap2000 V.20**

Tabla N° 63. *Fuerzas Internas Sin Disipador*

**Análisis Estático Sin Disipador**

F. INTERNA	SISMO X	SISMO Y
<b>VMAX</b>	102.01	99.49
<b>MMAX</b>	158.2	152.49

**Análisis Dinámico Sin Disipador**

F. INTERNA	SISMO X	SISMO Y
<b>VMAX</b>	138.94	108.48
<b>MMAX</b>	215.5	166.34

Fuente: *Propia*

Tabla N° 64. *Fuerzas Internas Con Disipador*

**Análisis Estático Con Disipador**

F. INTERNA	SISMO X	SISMO Y
<b>VMAX</b>	54.64	46.54
<b>MMAX</b>	84.84	67.51

**Análisis Dinámico Con Disipador**

F. INTERNA	SISMO X	SISMO Y
<b>VMAX</b>	57.77	59.98
<b>MMAX</b>	121.19	92.55

Fuente: *Propia*

**Anexo N°33: Calculo de los Periodos Informático Sin Disipadores Sap2000 V.20**

Tabla N° 65. *eriodo En X*

PERIODO INFORMÁTICO "X"					
N° PISOS	P (Tn)	F (Tn)	$\Delta x$ (mm)	$P*\Delta x^2$	$F*\Delta x$
1	608.67	26.46	1.5352	1434.60	40.63
2	510.77	39.25	2.6243	3517.65	103.01
3	510.77	56.29	3.6546	6821.91	205.74
4	510.77	73.34	4.5840	10732.78	336.18
5	510.77	90.38	5.3830	14800.27	486.52
6	510.77	107.43	6.0212	18517.89	646.83
7	510.77	124.47	6.4681	21368.98	805.08
8	455.99	126.34	6.6966	20448.50	846.01
				97642.57	34040631.22
			<b>TX (seg)</b>	<b>0.2860</b>	

Fuente: *Propia*

Tabla N° 66. *Periodo En Y*

PERIODO INFORMÁTICO "Y"					
N° PISOS	P (Tn)	F (Tn)	$\Delta y$ (mm)	$P*\Delta y^2$	$F*\Delta y$
1	608.67	26.46	1.8756	2141.31	49.64
2	510.77	39.25	2.9798	4535.10	116.96
3	510.77	56.29	4.0520	8386.25	228.11
4	510.77	73.34	5.0170	12856.02	367.93
5	510.77	90.38	5.8467	17460.27	528.44
6	510.77	107.43	6.5096	21643.65	699.29
7	510.77	124.47	6.9736	24839.67	868.00
8	455.99	126.34	7.2123	23719.67	911.17
				115581.95	36979169.50
			<b>TY (seg)</b>	<b>0.2986</b>	

Fuente: *Propia*

**Anexo N°34: Calculo de los Periodos Informático Con Disipadores Sap2000 V.20**

Tabla N° 67. Periodo informático

PERIODO INFORMÁTICO "X"					
N° PISOS	P (Tn)	F (Tn)	$\Delta x$ (mm)	$P*\Delta x^2$	$F*\Delta x$
1	608.67	26.46	0.151551	13.98	4.01
2	510.77	39.25	0.287663	42.27	11.29
3	510.77	56.29	0.415114	88.02	23.37
4	510.77	73.34	0.530159	143.56	38.88
5	510.77	90.38	0.629041	202.11	56.85
6	510.77	107.43	0.708005	256.04	76.06
7	510.77	124.47	0.763292	297.58	95.01
8	455.99	126.34	0.791187	285.44	99.96
				1328.99	3977210.18
			<b>TX (seg)</b>	<b>0.0976</b>	

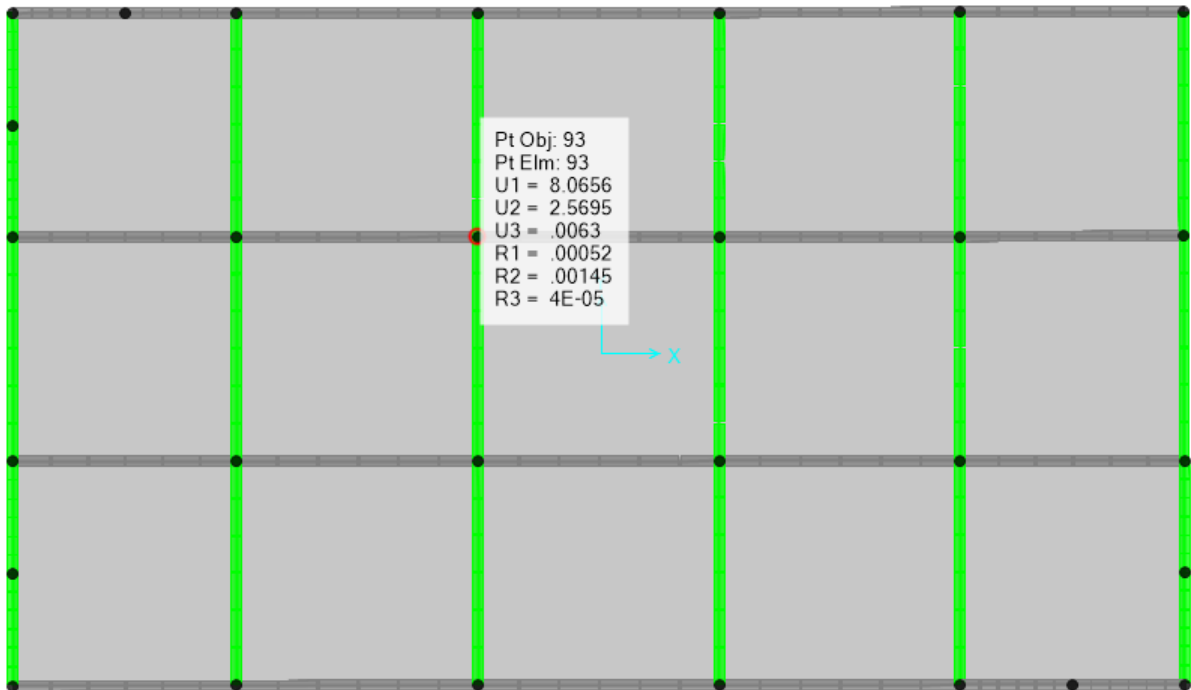
Fuente: Propia

Tabla N° 68. Periodo informático

PERIODO INFORMÁTICO "Y"					
N° PISOS	P (Tn)	F (Tn)	$\Delta y$ (mm)	$P*\Delta y^2$	$F*\Delta y$
1	608.67	26.46	0.1542	14.47	4.08
2	510.77	39.25	0.2908	43.19	11.41
3	510.77	56.29	0.4188	89.60	23.58
4	510.77	73.34	0.5344	145.88	39.19
5	510.77	90.38	0.6338	205.15	57.28
6	510.77	107.43	0.7131	259.72	76.60
7	510.77	124.47	0.7686	301.75	95.67
8	455.99	126.34	0.7967	289.41	100.65
				1349.17	4007038.06
			<b>TY (seg)</b>	<b>0.2986</b>	

Fuente: Propia

**Anexo N°35:** Fuerzas Internas Sin Disipadores En SAP2000. Observación experimental donde se obtendrán los datos numéricos de los desplazamientos máximos y fuerzas internas producidas en la estructura.



Joint Text	OutputCase	CaseType	StepType	U1 mm	U2 mm	U3 mm	R1 Radians	R2 Radians	R3 Radians
1	SISMO X	LinRespSpec	Max	0	0	0	0	0	0
2	SISMO X	LinRespSpec	Max	3.170855	0.870976	0.283825	0.000272	0.001077	1.5E-05
3	SISMO X	LinRespSpec	Max	8.208045	2.343161	0.518737	0.000386	0.001408	4.2E-05
4	SISMO X	LinRespSpec	Max	13.990226	4.105966	0.719166	0.000433	0.001503	7.5E-05
5	SISMO X	LinRespSpec	Max	19.828487	5.983424	0.881293	0.000455	0.001472	0.000111
6	SISMO X	LinRespSpec	Max	25.299811	7.86625	1.004207	0.000461	0.001359	0.000148
7	SISMO X	LinRespSpec	Max	30.146825	9.687169	1.089412	0.000443	0.001191	0.000183
8	SISMO X	LinRespSpec	Max	34.258911	11.413004	1.140306	0.000451	0.00102	0.000215
9	SISMO X	LinRespSpec	Max	37.537729	12.964926	1.160666	0.000258	0.000681	0.000244
10	SISMO X	LinRespSpec	Max	0	0	0	0	0	0
11	SISMO X	LinRespSpec	Max	3.144965	0.870976	0.240059	0.000326	0.001127	1.5E-05
12	SISMO X	LinRespSpec	Max	8.132643	2.343161	0.435095	0.000442	0.001454	4.2E-05
13	SISMO X	LinRespSpec	Max	13.84989	4.105966	0.597732	0.000498	0.001552	7.5E-05
14	SISMO X	LinRespSpec	Max	19.614434	5.983424	0.725705	0.000523	0.001517	0.000111
15	SISMO X	LinRespSpec	Max	25.009322	7.86625	0.819802	0.000526	0.001398	0.000148
16	SISMO X	LinRespSpec	Max	29.782084	9.687169	0.882943	0.000513	0.001226	0.000183

Figura 103. Observación Experimental Desplazamientos Máximos eje X

Fuente: Propia



Joint Text	OutputCase	CaseType	StepType	U1 mm	U2 mm	U3 mm	R1 Radians	R2 Radians	R3 Radians
1	SISMO Y	LinRespSpec	Max	0	0	0	0	0	0
2	SISMO Y	LinRespSpec	Max	0.959751	2.882717	0.174073	0.000932	0.000322	2.9E-05
3	SISMO Y	LinRespSpec	Max	2.434396	7.921881	0.320542	0.001335	0.0004	8E-05
4	SISMO Y	LinRespSpec	Max	3.99503	13.910746	0.447767	0.001456	0.000393	0.000143
5	SISMO Y	LinRespSpec	Max	5.41298	20.09301	0.552648	0.001462	0.000361	0.000211
6	SISMO Y	LinRespSpec	Max	6.60987	26.013558	0.633813	0.001394	0.000326	0.000279
7	SISMO Y	LinRespSpec	Max	7.570688	31.405068	0.691411	0.001255	0.00029	0.000345
8	SISMO Y	LinRespSpec	Max	8.305375	36.159554	0.726814	0.001172	0.000251	0.000405
9	SISMO Y	LinRespSpec	Max	8.819314	40.168824	0.741419	0.000674	0.000158	0.000459
10	SISMO Y	LinRespSpec	Max	0	0	0	0	0	0
11	SISMO Y	LinRespSpec	Max	1.133284	2.882717	0.063709	0.001099	0.000407	2.9E-05
12	SISMO Y	LinRespSpec	Max	2.920353	7.921881	0.114798	0.001509	0.000513	8E-05
13	SISMO Y	LinRespSpec	Max	4.872161	13.910746	0.156814	0.001651	0.000521	0.000143
14	SISMO Y	LinRespSpec	Max	6.717775	20.09301	0.189609	0.001653	0.000492	0.000211
15	SISMO Y	LinRespSpec	Max	8.345405	26.013558	0.213635	0.001567	0.00045	0.000279
16	SISMO Y	LinRespSpec	Max	9.714309	31.405068	0.229624	0.001422	0.0004	0.000345

Figura 104. Observación Experimental Desplazamientos Máximos eje Y

Fuente: Propia

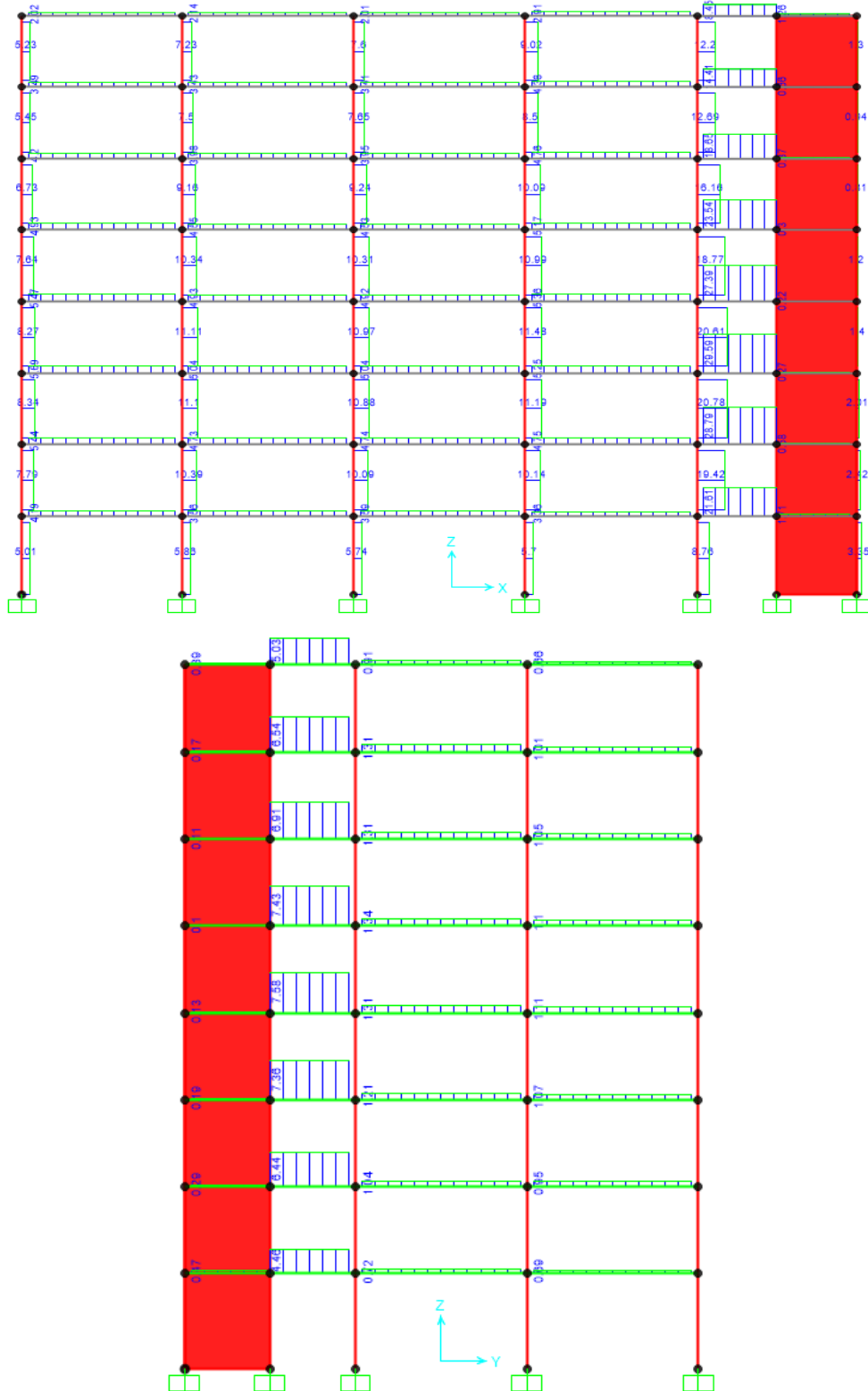


Figura 105. Observación Experimental Fuerzas Internas Cortantes Máximas.

Fuente: Propia

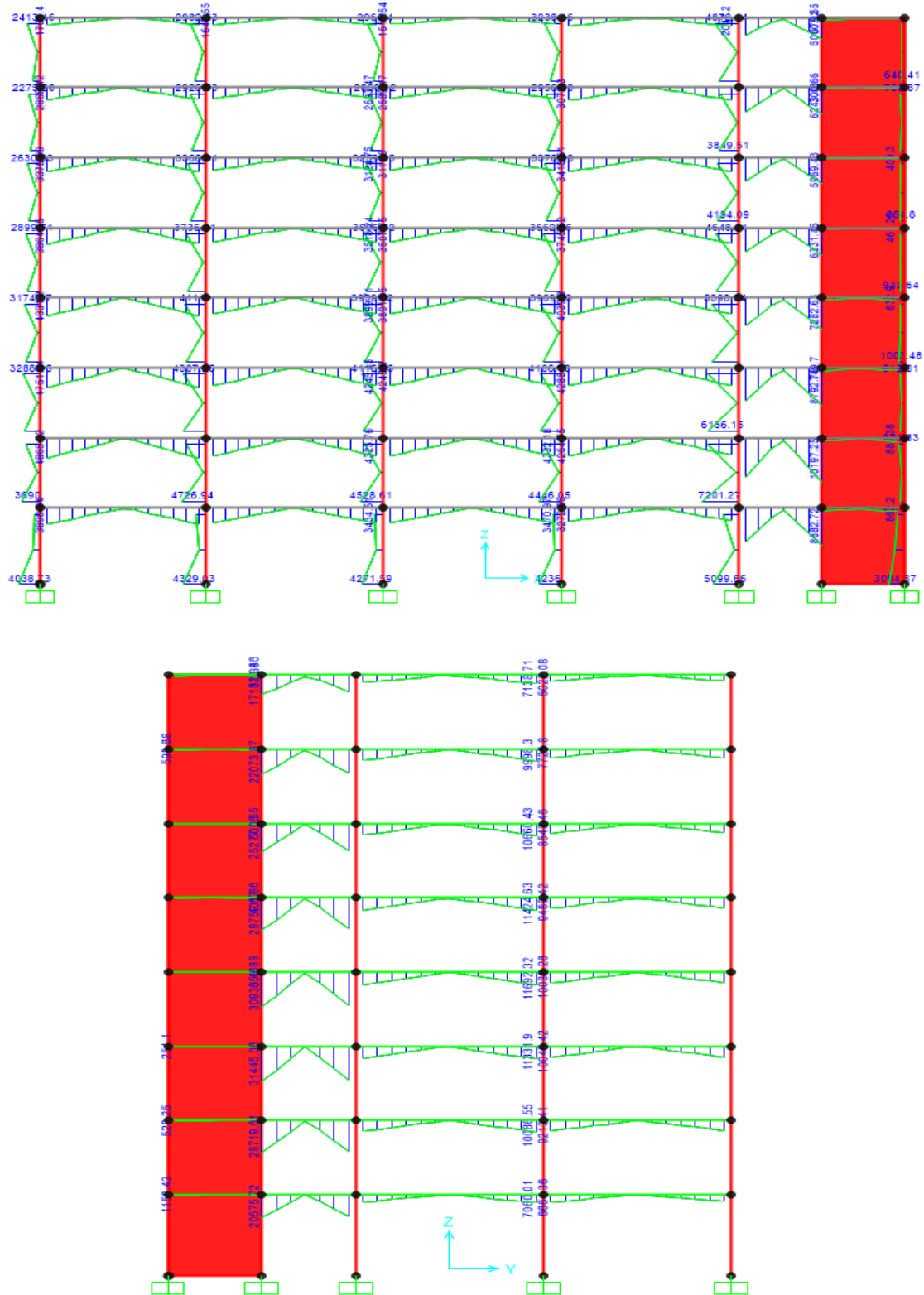
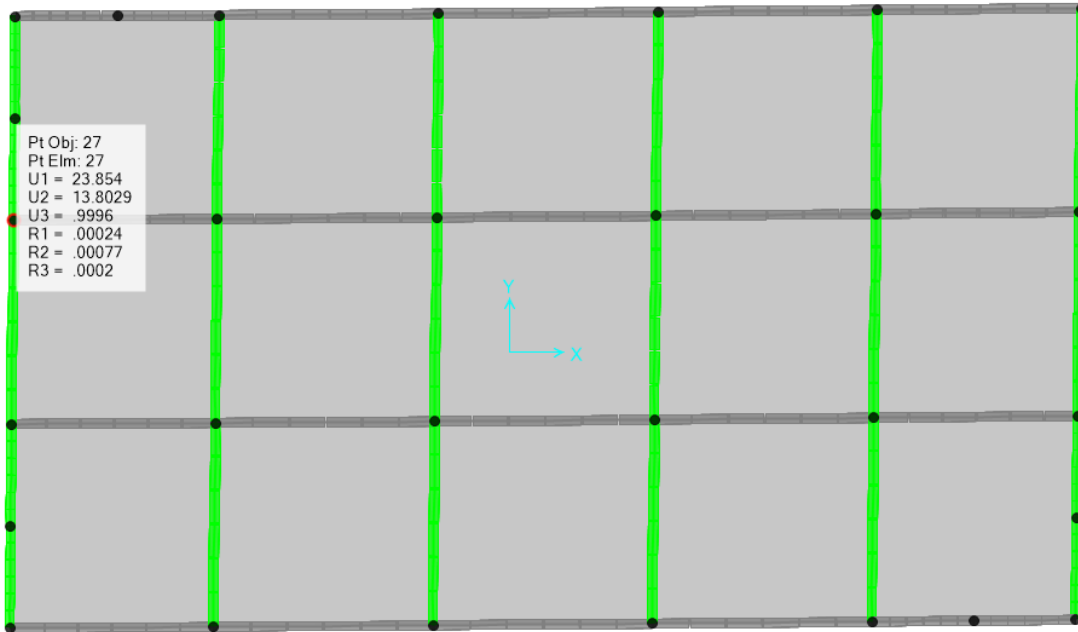


Figura 106. Observación Experimental Fuerzas Internas Momentos Máximos.

Fuente: Propia



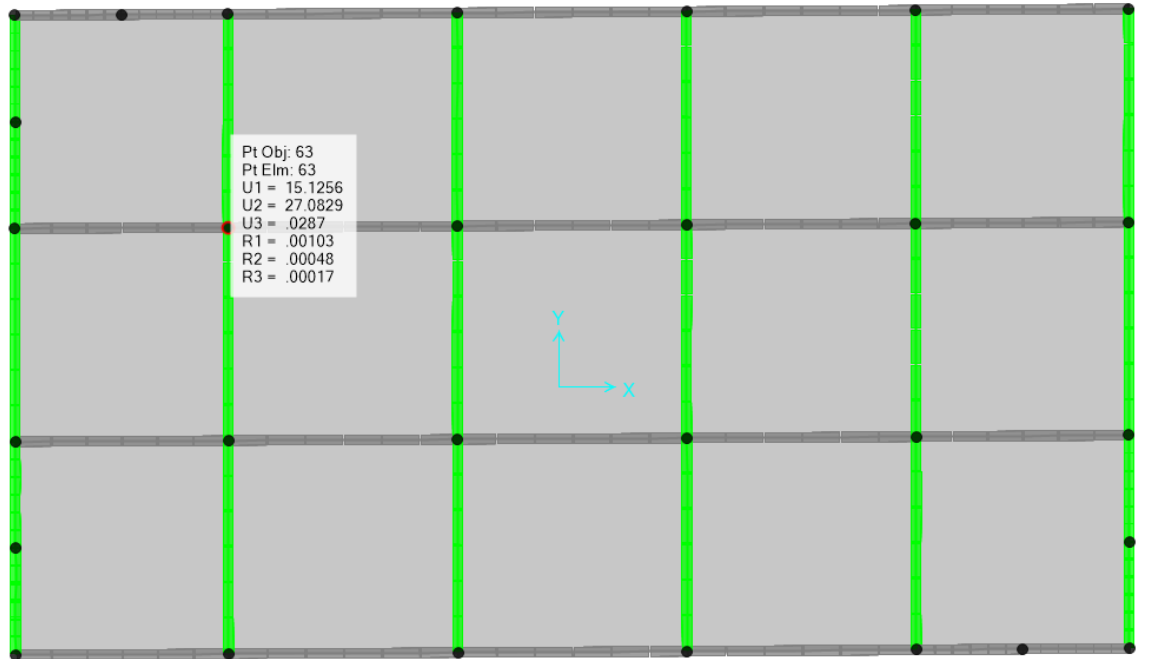
**Anexo N°36:** Fuerzas Internas Con Disipadores En SAP2000. Observación experimental donde se obtendrán los datos numéricos de los desplazamientos máximos y fuerzas internas producidas en la estructura.



Joint Text	OutputCase	CaseType Text	StepType Text	U1 mm	U2 mm	U3 mm	R1 Radians	R2 Radians	R3 Radians
1	SISMO X	LinRespSpec	Max	0	0	0	0	0	0
2	SISMO X	LinRespSpec	Max	1.267585	0.82526	0.982084	0.00023	0.000471	1.3E-05
3	SISMO X	LinRespSpec	Max	3.185496	1.824584	1.878889	0.00037	0.0007	2.7E-05
4	SISMO X	LinRespSpec	Max	6.002992	3.50252	2.243505	0.000466	0.00088	5.2E-05
5	SISMO X	LinRespSpec	Max	9.098152	5.368781	2.617197	0.000516	0.000944	7.8E-05
6	SISMO X	LinRespSpec	Max	12.441974	7.447695	2.67534	0.000554	0.00099	0.000109
7	SISMO X	LinRespSpec	Max	15.778806	9.573615	2.740007	0.000553	0.000967	0.000141
8	SISMO X	LinRespSpec	Max	19.024082	11.703414	2.663055	0.000578	0.000939	0.000173
9	SISMO X	LinRespSpec	Max	22.143775	13.80291	2.5761	0.000449	0.000885	0.000204
10	SISMO X	LinRespSpec	Max	0	0	0	0	0	0
11	SISMO X	LinRespSpec	Max	1.327674	0.82526	1.451093	0.000247	0.000459	1.3E-05
12	SISMO X	LinRespSpec	Max	3.295134	1.824584	2.211843	0.000389	0.000683	2.7E-05
13	SISMO X	LinRespSpec	Max	6.217863	3.50252	2.983296	0.00049	0.000869	5.2E-05
14	SISMO X	LinRespSpec	Max	9.416323	5.368781	3.314748	0.00054	0.000929	7.8E-05
15	SISMO X	LinRespSpec	Max	12.887766	7.447695	3.658832	0.00058	0.000984	0.000109
16	SISMO X	LinRespSpec	Max	16.351547	9.573615	3.71189	0.000579	0.000958	0.000141

Figura 107. Observación Experimental Desplazamientos Máximos eje X

Fuente: Propia



Joint Text	OutputCase	CaseType Text	StepType Text	U1 m	U2 m	U3 m	R1 Radians	R2 Radians	R3 Radians
1	SISMO Y	LinRespSpec	Max	0	0	0	0	0	0
2	SISMO Y	LinRespSpec	Max	0.000648	0.001128	0.001492	0.000449	0.00033	1.1E-05
3	SISMO Y	LinRespSpec	Max	0.002164	0.003477	0.002853	0.00074	0.000534	2.2E-05
4	SISMO Y	LinRespSpec	Max	0.004048	0.006669	0.003454	0.00091	0.000617	4.2E-05
5	SISMO Y	LinRespSpec	Max	0.006387	0.010419	0.004057	0.001021	0.000696	6.3E-05
6	SISMO Y	LinRespSpec	Max	0.008705	0.014433	0.004181	0.001068	0.000688	8.9E-05
7	SISMO Y	LinRespSpec	Max	0.011078	0.018536	0.004301	0.00106	0.000689	0.000114
8	SISMO Y	LinRespSpec	Max	0.013332	0.022588	0.004203	0.001088	0.00064900...	0.00014
9	SISMO Y	LinRespSpec	Max	0.015463	0.026509	0.004086	0.000836	0.000604	0.000166
10	SISMO Y	LinRespSpec	Max	0	0	0	0	0	0
11	SISMO Y	LinRespSpec	Max	0.000663	0.001128	0.001888	0.000481	0.000274	1.1E-05
12	SISMO Y	LinRespSpec	Max	0.002141	0.003477	0.002728	0.000781	0.000456	2.2E-05
13	SISMO Y	LinRespSpec	Max	0.004003	0.006669	0.003602	0.000957	0.000523	4.2E-05
14	SISMO Y	LinRespSpec	Max	0.006307	0.010419	0.003877	0.001074	0.000593	6.3E-05
15	SISMO Y	LinRespSpec	Max	0.008595	0.014433	0.004196	0.001116	0.000589	8.9E-05
16	SISMO Y	LinRespSpec	Max	0.010934	0.018536	0.004148	0.001116	0.000584	0.000114

Figura 108. Observación Experimental Desplazamientos Máximos eje X

Fuente: Propia

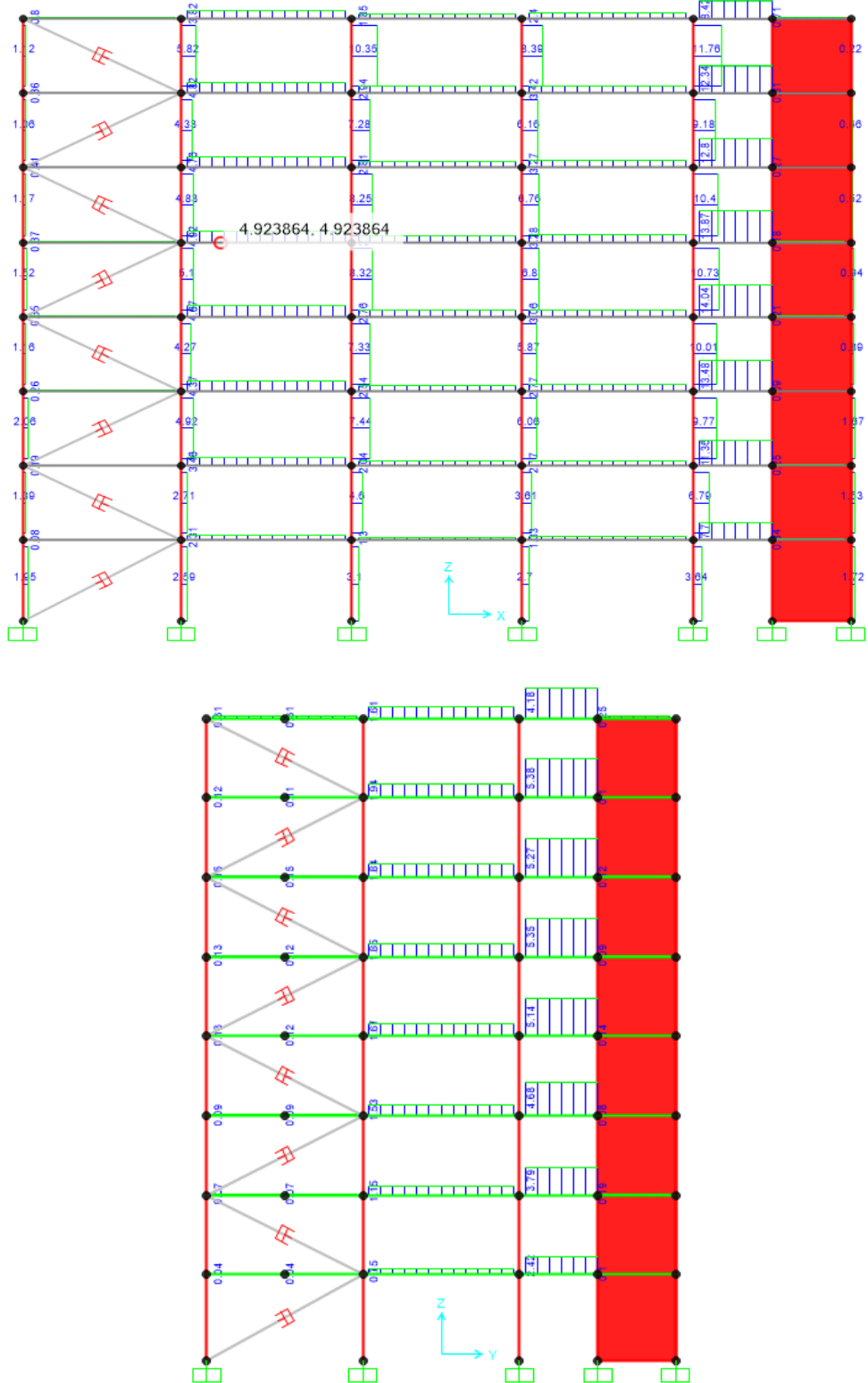


Figura 109. Observación Experimental Fuerzas Internas Cortantes Máximas.

Fuente: Propia

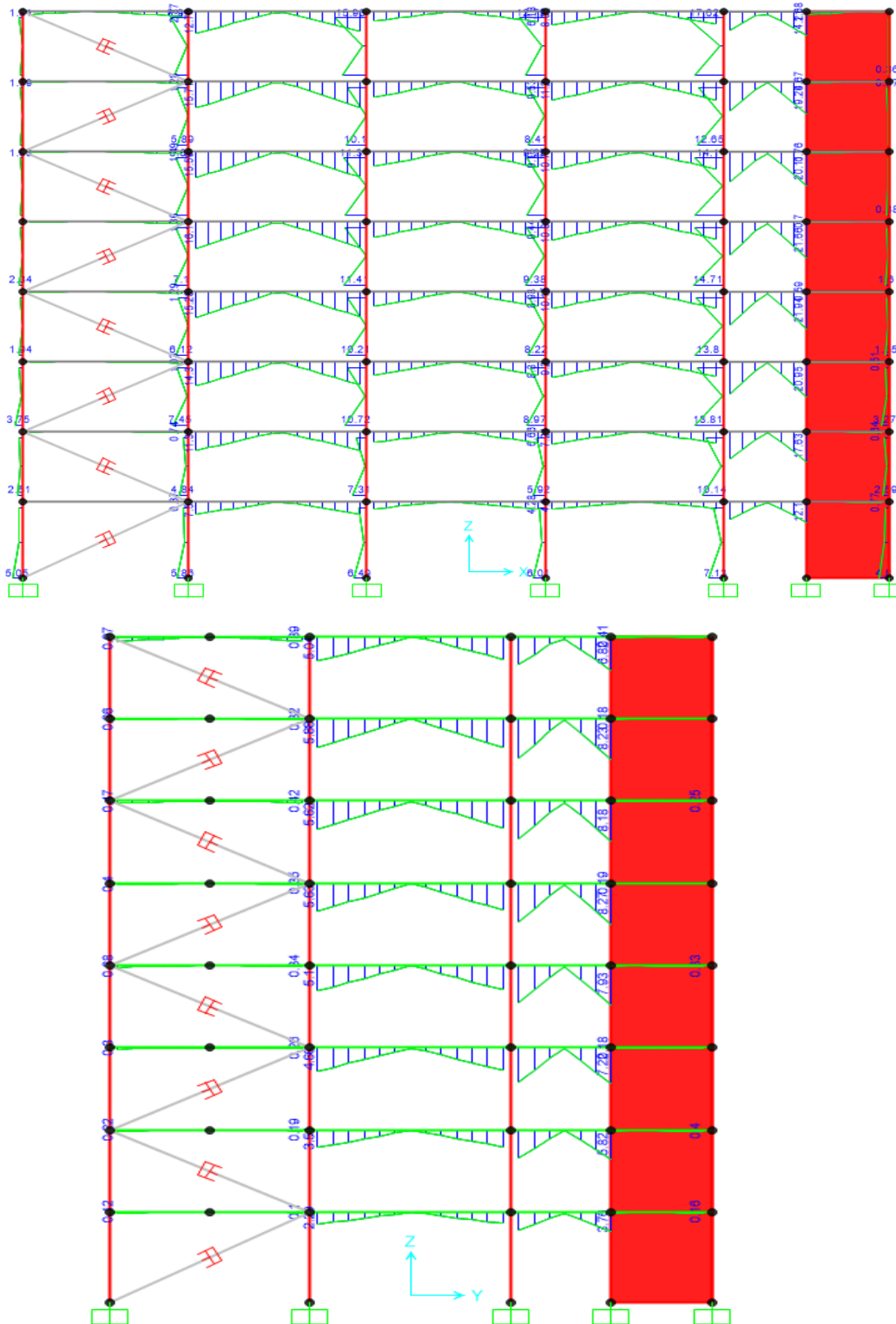


Figura 110. Observación Experimental Fuerzas Internas Momentos Máximos.

Fuente: Propia

**Anexo N°37: Ficha de recolección de datos**

*Tabla N° 69. Ficha de recolección de datos del periodo informativo*

PERIODO INFORMATIVO					
N° PISOS	P (Tn)	F (Tn)	$\Delta x$ (mm)	$P*\Delta x^2$	$F*\Delta x$
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
<b>RESULTADO</b>	<b>TX (seg)</b>				

*Tabla N° 70. Ficha de recolección de datos de los desplazamientos en X & Y.*

SISMO X			SISMO Y		
PISO	DX (mm)	DISTORSIÓN X	PISO	DY (mm)	DISTORSIÓN Y
8			8		
7			7		
6			6		
5			5		
4			4		
3			3		
2			2		
1			1		

*Tabla N° 71. Ficha de recolección de datos de las distorsiones de entrepiso*

DISTORSION DE ENTREPISO EN X			DISTORSION DE ENTREPISO EN Y		
PISO	DISTORSIÓN	CONDICIÓN	PISO	DISTORSIÓN	CONDICIÓN
8			8		
7			7		
6			6		
5			5		
4			4		
3			3		
2			2		
1			1		

Tabla N° 72. Ficha de recolección de datos de las fuerzas sísmicas

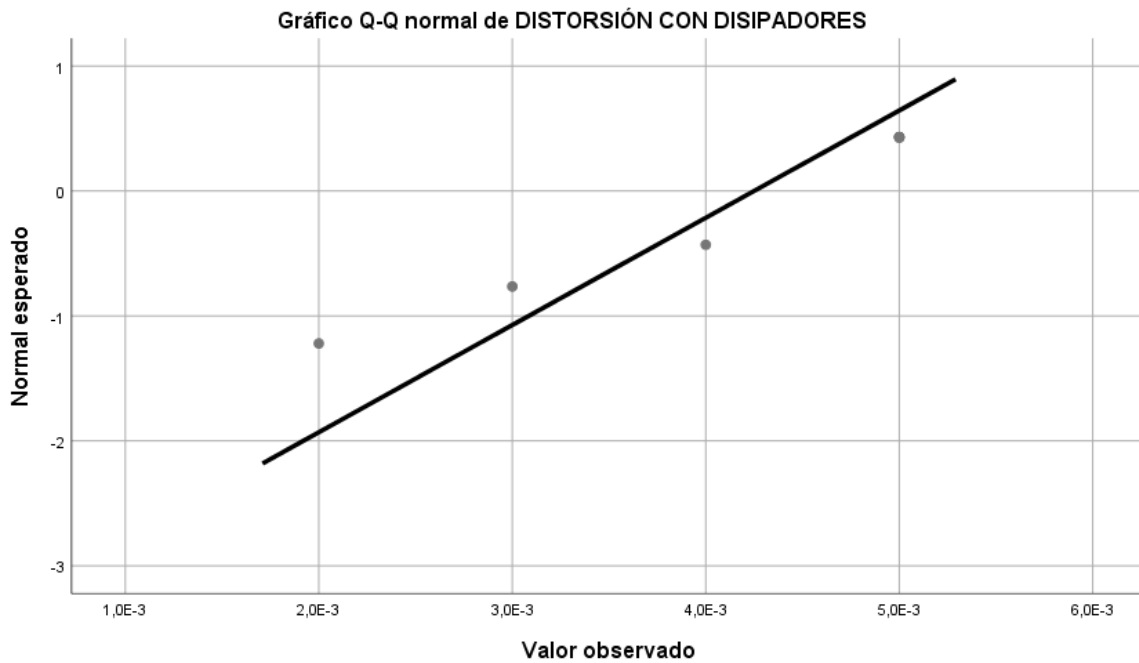
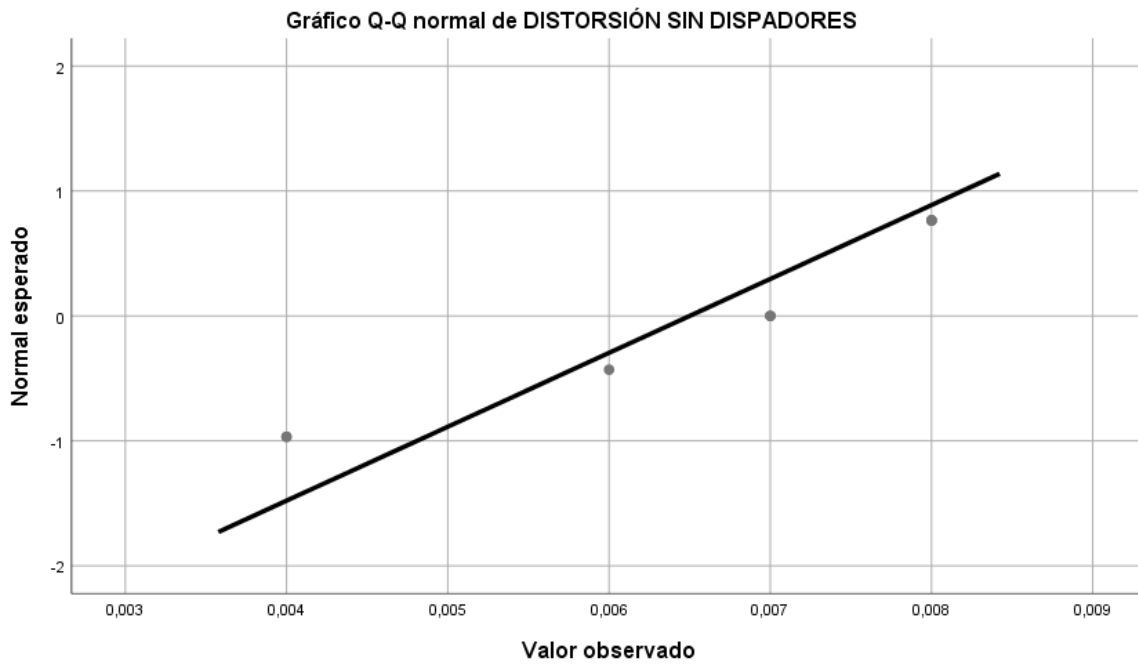
MAXIMOS		
F. INTERNA	SISMO X	SISMO Y
VMAX		
MMAX		

Tabla N° 73. Ficha de recolección de datos de la participación de masa

PARTICIPACIÓN DE MASA			
NÚMERO DE MODOS	Periodo Sec	Sumatoria "X"	Sumatoria "Y"
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			

Fuente: Propia

**Anexo N°38: Distribución Normal de los Datos**



**Fuente:** *Software Gráficos estadísticos SPS*