



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

**TÍTULO:**

Análisis sísmico, con el uso de disipadores y aisladores en el edificio SKY UP, Trujillo – La Libertad.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

**AUTORES:**

Angulo Aguilar Deniss Rolando (ORCID:0000-0003-2140-3864)

Escobedo Dios Muska Zuliana (ORCID: 0000-0002-4709-0598)

**ASESOR:**

MG.ING. Josualdo Carlos Villar Quiroz (ORCID:0000-0003-3392-9580)

MG.ING. Jorge Luis Meza Rivas (ORCID:0000-0002-4258-4097)

**LINEA DE INVESTIGACIÓN:**

DISEÑO SÍSMICO Y ESTRUCTURAL

CIUDAD DE TRUJILLO – PERÚ

2020

## PÁGINA DEL JURADO

---

DOC.ING. VALDIVIESO VELARDE, ALAN YORDAN

---

MG.ING. JOSUALDO CARLOS VILLAR QUIROZ

---

MG.ING. JORGE LUIS MEZA RIVAS

## **Dedicatoria**

A mi padre Ever Angulo y a mi madre Vicky Aguilar que siempre me apoyaron para ser una mejor persona, confiando en cada momento y sin perder las esperanzas en mí, y forjando la persona que soy hoy en día; a mis tíos Víctor Angulo, Juan Alfaro y Winston Aguilar y mis abuelas, por sus palabras de aliento y apoyo constante las cuales me brindaron motivación de seguir adelante, a mi hermana Milagros y a mi pareja por siempre estar a mi lado dándome tranquilidad y apoyo a todo momento y a Dios por cuidarme siempre y brindarme personas maravillosas que tengo a mi lado.

**Deniss Rolando Angulo Aguilar.**

Dedico este trabajo en primer lugar a Dios, por darme la vida y la oportunidad de realizarme de manera profesional, a mi padre, que con su apoyo me dio la fuerza para realizar esta meta. A mi madre por estar de forma incondicional, para sostenerme, animarme, fortalecerme y por ser ese motor y motivo todos los días de mi vida. A mis hermanos, por sus buenos deseos, consejos y ánimos para seguir adelante siempre. A mi persona favorita, por su apoyo, su constancia dedicación y amor. Y a mis amigos, los buenos amigos, que siempre me impulsaron para ser mejor persona.

**Muska Zuliana Escobedo Dios.**

## **Agradecimiento**

Queremos dar infinitas gracias a Dios, por guiarnos, protegernos, bendecirnos y fortalecernos todos los días de nuestra vida académica, en especial en esta etapa de arduo trabajo y dedicación.

Un agradecimiento a nuestro asesor Josualdo Carlos Villar Quiroz, quién con su apoyo, conocimiento y enseñanzas nos guio en todas las etapas, para hacer realidad este proyecto de investigación. Así como también a nuestro asesor Jorge Luis Meza Rivas quién con su empeño, conocimiento y empuje nos orientó para lograr este objetivo.

También queremos agradecer a nuestra alma mater Universidad César Vallejo, por su calidad, por los recursos y herramientas que nos brindaron ciclo a ciclo para concluir nuestros estudios universitarios.

Finalmente, también queremos agradecer a todos nuestros compañeros, que, con esfuerzo, entrega y dedicación, logramos formar equipos de trabajo para juntos ser impulsos y lograr nuestras metas. Y una vez más a nuestros padres, a nuestros familiares porque siempre estuvieron ahí para darnos palabras de aliento y fortaleza para renovar nuestras energías y seguir a pie de lucha a todos y cada uno de ustedes.

Muchas gracias a todos.

Deniss R. Angulo Aguilar y Muska Z. Escobedo Dios.



## Índice de contenidos

<b>PÁGINA DEL JURADO</b> .....	ii
<b>Dedicatoria</b> .....	ii
<b>Agradecimiento</b> .....	iii
<b>Índice de contenidos</b> .....	iv
<b>Índice de tablas</b> .....	viii
<b>Indice de figuras</b> .....	ix
<b>Tabla de ecuaciones</b> .....	xii
<b>Resumen</b> .....	xiv
<b>ABSTRACT</b> .....	xv
<b>CAPITULO I</b> .....	1
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>1.1. Realidad problemática</b> .....	1
<b>1.2. Planteamiento de problema</b> .....	10
<b>1.4. Hipótesis:</b> .....	11
<b>1.5. Objetivos</b> .....	11
<b>1.5.1. Objetivo General:</b> .....	11
<b>1.5.2. Objetivos específicos:</b> .....	11
<b>CAPITULO II</b> .....	13
<b>II. MARCO TEORICO:</b> .....	13
<b>2.1. Antecedentes</b> .....	13
<b>2.2. Bases teóricas</b> .....	19
<b>2.2.1. Conceptos Básicos</b> .....	19
<b>2.2.2. Sistemas modernos de protección sísmica</b> .....	22
<b>2.2.2.1. Sistema Pasivo</b> .....	23
<b>2.2.2.2. Sistemas activos</b> .....	23
<b>2.2.2.3. Configuraciones de sistemas pasivos</b> .....	23
<b>2.2.2.4. Disipadores sísmicos</b> .....	24
<b>2.2.3. Aislamiento de un impacto sísmico</b> .....	25
<b>2.2.3.1. Comportamiento de los dispositivos elastoméricos</b> .....	26
<b>2.2.4. Bases teóricas Modelo elástico</b> .....	27
<b>2.2.4.1. Modelo elástico de 1 (GDL)</b> .....	27
<b>2.2.4.2. Modelo elástico 2 (GDL)</b> .....	28

2.2.4.3.	Desplazamiento para el modelo de 2 grados de libertad. ....	34
2.2.5.	Energía en un sistema de disipadores. ....	35
2.2.5.1.	Disipadores dependientes a la velocidad.....	37
2.2.5.2.	Ecuaciones generales. ....	39
2.2.5.3.	Deriva Objetivo .....	39
2.2.5.4.	Amortiguamiento efectivo ( $\beta_{eff}$ ).....	40
2.2.5.5.	Amortiguadores lineales.....	40
2.2.5.6.	Amortiguadores no lineales. ....	40
2.2.5.7.	Ángulo de inclinación de sistemas de disipadores de energía. ....	43
2.2.5.8.	Rigidez del brazo metálico del sistema de disipación “K”. ....	43
2.2.5.9.	Amplitud de desplazamiento del modo fundamental (A) .....	43
2.2.5.10.	Conducta fuerza desplazamiento.....	44
2.2.6.	Métodos para el desarrollo de análisis sísmico. ....	44
2.2.6.1.	Análisis estático. ....	45
2.2.6.2.	Análisis dinámico modal espectral.....	46
2.2.6.3.	Análisis dinámico no lineal Tiempo – Historia .....	47
2.2.7.	Pasos para el diseño de una infraestructura de aislamiento. ....	48
III.	Metodología. ....	50
3.1.	Enfoque, tipo y diseño de investigación:.....	50
3.1.1	Enfoque de investigación .....	50
3.1.2	Tipo de investigación .....	50
3.1.3	Diseño de Investigación.....	52
3.2.	Variable y Operacionalización.....	52
3.3.	Población, muestra, muestreo y unidad de análisis .....	53
3.3.1	Población: .....	53
3.3.2	Muestra:.....	53
3.4	Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	53
3.4.1	Técnica: .....	53
3.4.2	Instrumento de recolección de datos:.....	53
3.4.3	Validación del instrumento de recolección de datos: .....	54
3.5.	Procedimientos .....	55
3.6.	Métodos de análisis de datos.....	59
3.7.	Aspectos éticos.....	59
3.8	Desarrollo del proyecto de investigación .....	60
3.8.1.	Estudio de mecánica de suelos aldaño.....	60

3.8.2. Modelamiento de la edificación el programa ETABS V-17 .....	63
3.8.3. Análisis Sísmico en la edificación Sky Up sin disipadores y aisladores sísmicos .....	70
3.8.4. análisis sísmicos en la edificación sky up usando disipadores sísmicos	80
3.8.5. Análisis sísmicos en la edificación Sky up usando aisladores sísmicos .....	92
<b>IV Resultados.....</b>	<b>102</b>
4.1 Estudio de mecánica de suelo aledaño.....	102
4.1.1 Coeficiente portante .....	102
4.1.2 Clasificación suelos SUCS .....	102
4.2 Análisis sísmico en la edificación SKY UP, sin disipadores y aisladores sísmicos.....	102
4.2.1 Derivas .....	102
4.2.2. Desplazamientos y masas .....	103
4.3. Análisis sísmico en la edificación SKY UP, usando disipadores sísmicos. ...	104
4.3.1. Derivas .....	104
4.3.2. Desplazamientos y masas.....	105
4.4. Análisis sísmico en la edificación SKY UP, usando aisladores sísmicos.....	106
4.4.1. Derivas de la edificación con el sistema de aislación .....	106
4.4.2. Desplazamientos y masas .....	107
4.5 Cuadro comparativo de los desplazamientos laterales en la edificación SKY UP con y sin aisladores y disipadores sísmicos .....	108
4.5.1 Derivas .....	109
4.5.2 Desplazamientos .....	110
<b>V. Discusiones.....</b>	<b>112</b>
<b>VI. Conclusiones.....</b>	<b>119</b>
<b>VII. Recomendaciones.....</b>	<b>121</b>
<b>Referencias .....</b>	<b>122</b>
<b>Anexos .....</b>	<b>126</b>
<b>Anexo 1. Declaratoria de autenticidad.....</b>	<b>127</b>
<b>Anexo 2. Declaratoria de autenticidad .....</b>	<b>128</b>
<b>Anexo 3 .....</b>	<b>129</b>
<b>Anexo 3.1 Matriz de Operacionalización de variable .....</b>	<b>129</b>
<b>Anexo 3.2 Indicadores de variables.....</b>	<b>130</b>
<b>Anexo 4. Instrumentos de recolección de datos.....</b>	<b>131</b>
<b>Anexo 4.1. Guía de observación .....</b>	<b>131</b>

<b>Anexo 4.2. Ficha de recolección de datos.....</b>	<b>134</b>
<b>Anexo 6. Validez y confiabilidad de los instrumentos.....</b>	<b>137</b>
<b>Anexo 7. Fotos y documentos.....</b>	<b>139</b>
<b>Anexo 7.1. Fotos de la edificación.....</b>	<b>139</b>
<b>Anexo 7.2 Fotos para la recopilación de datos.....</b>	<b>140</b>
<b>Anexo 7.3 Norma Peruana E 0.30 diseño sismo resistente. ....</b>	<b>144</b>
<b>Anexo 7.4 Norma Peruana E 0.31 de Aislamiento sísmico. ....</b>	<b>157</b>
<b>Anexo 7.5. Norma Americana ASCE 7-10.....</b>	<b>167</b>
<b>Anexo 7.6. Catalogo del aislador. ....</b>	<b>182</b>
<b>Anexo 7.7. Hojas de calculo.....</b>	<b>187</b>
<b>Anexo 7.9 Dimensiones HSS.....</b>	<b>198</b>
<b>Anexo 7.10. Planos.....</b>	<b>201</b>
<b>Anexo 7.10.1. Planos Arquitectónicos.....</b>	<b>201</b>
<b>Anexo 7.10.2. Plano de elevación.....</b>	<b>205</b>
<b>Anexo 7.10.3. Planos de cimentación.....</b>	<b>206</b>
<b>Anexo 7.10.4. Planos de Columnas y Placas.....</b>	<b>207</b>
<b>Anexo 7.10.5. Detalle de vigas.....</b>	<b>208</b>
<b>Anexo 7.10.6. Losa aligerada del 1º - 10º.....</b>	<b>210</b>
<b>Anexo 7.10.7. Losa aligerada del 11º - 13º.....</b>	<b>211</b>

## Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b> Matriz de clasificación de variables.....	52
<b>Tabla 2.</b> Matriz de Operacionalización de variables .....	53
<b>Tabla 3.</b> Instrumentos y validaciones.....	54
<b>Tabla 4.</b> Ángulo de colocación de los sistemas en el eje X.....	86
<b>Tabla 5.</b> Ángulo de colocación de los sistemas en el eje Y.....	87
<b>Tabla 6.</b> Datos para los desplazamientos de los aisladores en el eje X. ....	94
<b>Tabla 7.</b> Datos para los desplazamientos de los aisladores en el eje Y. ....	94
<b>Tabla 8.</b> Resumen de los aspectos físico de los aisladores.....	99
<b>Tabla 9.</b> Clasificación de suelos SUCS.....	102
<b>Tabla 10.</b> Derivas de la edificación sin protección sísmica. ....	102
<b>Tabla 11.</b> Desplazamientos y masas de la edificación.....	104
<b>Tabla 12.</b> Derivas de la edificación con disipadores sísmicos. ....	105
<b>Tabla 13.</b> Desplazamientos y masas de la edificación con disipadores sísmicos. .....	105
<b>Tabla 14.</b> Deriva de la edificación aisladores sísmicos. ....	107
<b>Tabla 15.</b> Desplazamientos y masas de la edificación con aisladores sísmicos.	107
<b>Tabla 16.</b> Comparación de derivas de la edificación con y sin los sistemas de protección sisma. ....	109
<b>Tabla 17.</b> Porcentajes de reducción de desplazamientos con los sistemas de protección sísmica.....	111
<b>Tabla 18.</b> Indicadores de variables .....	130

## Índice de figuras

<b>Figura 1.</b> aisladores de base de plomo.....	21
<b>Figura 2.</b> Disipador sísmico de fluidos viscosos .....	22
<b>Figura 3.</b> sistema de protección sísmica (Gutiérrez, y otros, 2016).....	23
<b>Figura 4.</b> Partes de un sistema de aislación (Chilón Zárate, 2017) .....	24
<b>Figura 5.</b> Disipador de fluidos viscosos Taylor .....	25
<b>Figura 6.</b> Configuración de aislación de estructura frente a la respuesta sísmicas. .....	25
<b>Figura 7.</b> Grafica de modelamiento bilineal de los aisladores elastómeros con base de plomo.....	26
<b>Figura 8.</b> Modelamiento de 1 Grado de Libertad (GDL) de una edificación aislada. .....	28
<b>Figura 9.</b> Parámetros del sistema de dos grados de libertad aislado (Trujillo, 2017) .....	29
<b>Figura 10.</b> Desplazamiento de los modos de vibración del modelo de 2GDL.....	33
<b>Figura 11.</b> Distribución de energía sobre una edificación sin disipadores (Tafur, 2018).....	36
<b>Figura 12.</b> Distribución de energía en una edificación con sistema de disipadores viscosos (Tafur, 2018).....	37
<b>Figura 13.</b> Diagrama Fuerza – Desplazamiento de un sistema de disipador fluidos viscoso (Tafur, 2018).....	37
<b>Figura 14.</b> Grafica del modelo matemático de Voigt-kelvin (Fuentes, 2015). ....	38
<b>Figura 15.</b> Representación de un modelo lineal estándar.....	39
<b>Figura 16.</b> Diagrama de Relación velocidad vs fuerza del disipador en amortiguamiento lineal y no lineal. ....	42
<b>Figura 17.</b> Angulo de inclinaciones y desplazamiento relativos de un dispositivo de disipación sísmica (Tafur, 2018).....	43
<b>Figura 18.</b> Diagrama de relación entre la fuerza-desplazamiento para parámetros de 0.5 a 1. (Tafur, 2018).....	44
<b>Figura 19.</b> Aplicación de fuerzas laterales distribuidas en una edificación. ....	45
<b>Figura 20.</b> Diagrama de los porcentajes del espectro Sam realizado en una dirección de análisis .....	47

<b>Figura 21.</b> Flujograma del procedimiento de diseño en edificios con aislamiento sísmico .....	49
<b>Figura 22.</b> Esquema de diseño de investigación .....	51
<b>Figura 23.</b> Diseño transversal.....	52
<b>Figura 24.</b> Procedimientos.....	55
<b>Figura 25.</b> Gráficos e histogramas estadísticos. Fuente: internet.....	59
<b>Figura 26.</b> Estudios de mecánica de suelos .....	61
<b>Figura 27.</b> Estudios de mecánica de suelos .....	61
<b>Figura 28.</b> Modelamiento de vigas.....	63
<b>Figura 29.</b> Modelamiento de columnas y vigas.....	64
<b>Figura 30.</b> Modelamiento de la estructura. ....	64
<b>Figura 31.</b> Modelamiento de placas.....	65
<b>Figura 32.</b> Modelamiento de placas.....	65
<b>Figura 33.</b> Modelamiento de losas.....	66
<b>Figura 34.</b> Colocación de losas en el programa ETABS.....	66
<b>Figura 35.</b> Cargas en la edificación .....	67
<b>Figura 36.</b> Modelamiento de cargas vivas y cargas muertas.....	67
<b>Figura 37.</b> Carga máxima axial.....	68
<b>Figura 38.</b> Carga máxima axial.....	69
<b>Figura 39.</b> Modelamiento de la edificación. ....	69
<b>Figura 40.</b> Peso de la edificación.....	71
<b>Figura 41.</b> Distribución de cargas sísmicas en altura .....	72
<b>Figura 42.</b> Datos de las fuerzas laterales por piso.....	73
<b>Figura 43.</b> Datos para el pseudo-aceleración .....	74
<b>Figura 44.</b> Espectro de respuesta de pseudo-aceleración .....	75
<b>Figura 45.</b> Modelamiento de pseudo-aceleración en programa ETABS. ....	75
<b>Figura 46.</b> Representación de aceleración del sismo de Loreto 2019. ....	76
<b>Figura 47.</b> Modelamos la aceleración del sismo de Loreto 2019 en dirección Este. .....	77
<b>Figura 48.</b> Modelamos la aceleración del sismo de Loreto 2019 en dirección z. 77	
<b>Figura 49.</b> Modelamos la aceleración del sismo de Loreto 2019 en dirección Norte. .....	78
<b>Figura 50.</b> Desplazamientos de la estructura en cm.....	79

<b>Figura 51.</b> Fuerza cortante de la estructura.....	80
<b>Figura 52.</b> estructura con disipadores.....	82
<b>Figura 53.</b> Estructura con disipadores .....	82
<b>Figura 54.</b> tabla de parámetros con relación a exponentes. ....	84
<b>Figura 55.</b> Tabla de datos para el coeficiente "C" eje X.....	87
<b>Figura 56,</b> Tabla de datos para el coeficiente "C" eje Y.....	88
<b>Figura 57.</b> modelamiento de los disipadores en el programa ETABS. ....	89
<b>Figura 58.</b> Movimiento histerético de los disipadores K7.....	90
<b>Figura 59.</b> Movimiento histerético de los disipadores K55.....	90
<b>Figura 60.</b> Balance energético para la edificación con aisladores .....	91
<b>Figura 61.</b> Desplazamientos de la estructura con los disipadores.....	92
<b>Figura 62.</b> Tabla de factores de amortiguamiento. ....	93
<b>Figura 63.</b> Propiedades del aislador en unidades métricas. ....	96
<b>Figura 64.</b> Proporciones del aislador. ....	96
<b>Figura 65.</b> Ingreso de datos de los aisladores. ....	99
<b>Figura 67.</b> Ubicación de los aisladores.....	100
<b>Figura 66.</b> Ubicación de los aisladores.....	100
<b>Figura 68.</b> Desplazamientos de la edificación con aisladores en cm.....	101
<b>Figura 69.</b> Desplazamiento de la edificación sin sistemas de protección sísmica. .....	103
<b>Figura 70.</b> Desplazamiento de la edificación con disipadores en cm. ....	106
<b>Figura 71.</b> Desplazamiento de la edificación con los aisladores sísmicos en cm. .....	108
<b>Figura 72.</b> Representación gráfica de los desplazamientos con y sin los sistemas de protección en el eje X. ....	110
<b>Figura 73.</b> Representación gráfica de los desplazamientos con y sin los sistemas de protección en el eje Y. ....	110



## Tabla de ecuaciones

Ecuación 1.....	26
Ecuación 2.....	26
Ecuación 3.....	26
Ecuación 4.....	26
Ecuación 5.....	27
Ecuación 6.....	27
Ecuación 7.....	28
Ecuación 8.....	28
Ecuación 9.....	29
Ecuación 10.....	29
Ecuación 11.....	29
Ecuación 12.....	29
Ecuación 13.....	30
Ecuación 14.....	30
Ecuación 15.....	30
Ecuación 16.....	30
Ecuación 17.....	30
Ecuación 18.....	30
Ecuación 19.....	30
Ecuación 20.....	31
Ecuación 21.....	31
Ecuación 22.....	31
Ecuación 23.....	31
Ecuación 24.....	31
Ecuación 25.....	31
Ecuación 26.....	31
Ecuación 27.....	32
Ecuación 28.....	32
Ecuación 29.....	32
Ecuación 30.....	32
Ecuación 31.....	32
Ecuación 32.....	32

Ecuación 33.....	32
Ecuación 34.....	33
Ecuación 35.....	33
Ecuación 36.....	33
Ecuación 37.....	33
Ecuación 38.....	33
Ecuación 39.....	34
Ecuación 40.....	34
Ecuación 41.....	34
Ecuación 42.....	34
Ecuación 43.....	34
Ecuación 44.....	34
Ecuación 45.....	34
Ecuación 46.....	34
Ecuación 47.....	34
Ecuación 48.....	35
Ecuación 49.....	35
Ecuación 50.....	35
Ecuación 51.....	38
Ecuación 52.....	38
Ecuación 53.....	39
Ecuación 54.....	39
Ecuación 55.....	39
Ecuación 56.....	40
Ecuación 57.....	40
Ecuación 58.....	41
Ecuación 59.....	41
Ecuación 60.....	43
Ecuación 61.....	43
Ecuación 62.....	57
Ecuación 63.....	62

## **Resumen**

En la presente investigación Análisis sísmico, con el uso de disipadores y aisladores en el edificio SKY UP, Trujillo – La Libertad, se ha tenido como objetivo general Realizar el análisis sísmico con el uso de aisladores y disipadores en la edificación SKY UP, Trujillo 2020, para poder ver el comportamiento de la edificación frente a los sistemas de protección sísmica.

El método estático y el método dinámico fue muy importante en el desarrollo o evaluación de los parámetros que buscamos ya que son métodos que nos brindan los desplazamientos es decir las derivas máximas necesarias para la comparación de los dos tipos de estructuras una sin disipadores ni aisladores y otra con aisladores y disipadores, en donde también combinamos los datos con el programa ETABS para el desarrollo de los desplazamientos y tener una visión más clara de las deformaciones y desplazamientos de la estructuras, con la cual ingresamos un análisis tiempo historia, con todos estos procedimientos hemos llegado a calcular la reducción de los disipadores de energía y simultáneamente de los aisladores sísmicos y poder comparar los desplazamientos entre ellos; Los cuales llegaron hacer una reducción de los desplazamientos laterales de la edificación a un 78.04% en los disipadores de fluidos viscosos y un 53.29% con los aisladores al desplazamiento máxima original de la edificación.

Palabras claves:

Análisis sísmico, fluidos viscosos, aisladores, disipadores.

## **ABSTRACT**

In the present investigation Seismic analysis, with the use of dissipaters and isolators in the building SKY UP, Trujillo - La Libertad, it has been had like general objective to carry out the seismic analysis with the use of isolators and dissipaters in the building SKY UP, Trujillo 2020, to be able to see the behavior of the building in front of the systems of seismic protection.

The static method and the dynamic method were very important in the development or evaluation of the parameters that we looked for since they are methods that offer us the displacements that is to say the maximum drifts necessary for the comparison of the two types of structures one without dissipaters or insulators and another one with insulators and dissipaters, where we also combine the data with the ETABS program for the development of the displacements and to have a clearer vision of the deformations and displacements of the structures, with which we enter a time history analysis, with all these procedures we have come to calculate the reduction of the energy dissipaters and simultaneously of the seismic isolators and to be able to compare the displacements between them; Which came to make a reduction of the lateral displacements of the building to 78.04% in the viscous fluid heatsinks and 53.29% with the insulators at the original maximum displacement of the building.

Keywords:

Seismic analysis, viscous fluids, insulators, dissipaters, seismic impact.

## **CAPITULO I**

### **I. INTRODUCCIÓN.**

#### **1.1. Realidad problemática**

En el mundo han sucedido por mucho tiempo desastres naturales los que han causado grandes pérdidas, una de estas son los sismos los cuales han podido provocar grandes pérdidas humanas así mismo grandes pérdidas económicas millonarias a los países que han pasado por ello, por lo cual cada país ha tomado parámetros necesarios para el diseño de sus estructuras incluso diseños que puedan aislarla del impacto sísmico utilizando métodos o sistemas nuevos para poder enfrentar un evento telúrico, ya que existen más de 2.000 millones de personas en zonas altamente sísmicas. (Terremotos Unesco, 1976)

Uno de los países más afectados por los impactos sísmicos es el país de Chile quien ha tenido que enfrentar terremotos con grandes magnitudes lo que conlleva a realizar una norma de diseño sísmico resistente el cual fue publicada en el año 1996, revisado como documento oficializado en el año 1993, en donde años antes en 1965 se creó una institución para poder impulsar nuevos estudios que ayuden a este problema. La norma NCh433 conlleva los parámetros necesarios para el diseño sísmico así mismo para aislamiento como zonas de diseño y tipos de suelos. (NCh433, 2012)

El país de Estados Unidos es uno de los países más grandes del mundo y con una de las más grandes fallas geológicas que existen como la falla de San Andrés que tiene una prolongación de 1300 km que atraviesa todo el estado de California lo que provoca que sea una zona altamente sísmica en la cual el gobierno de los Estados Unidos realizó la norma Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures IBC/ASCE7 que conlleva los parámetros necesarios de diseño sísmico resistente siendo uno de los países que innovan continuamente ya que tienen uno de los institutos más importantes a nivel mundial de estudio (American Concrete Institute). (Jarrín, 2015)

El país de Japón es uno de los países más afectados en la historia por eventos sísmicos como fue en el año 2011, ya que está en una zona donde es muy propenso a estos eventos el país de Japón tiene parámetros de diseño muy estrictos ya que es considerado uno de los países mejores preparados para

estos eventos en los cuales utilizan para su diseño la norma (BSLJ, 2000) SEISMIC DESIGN OF BUILDING FOUNDATIONS IN JAPAN la cual brinda procedimientos de diseño para la disipación de las cargas sísmicas y evaluación de todo los parámetros estructurales. (Cutipa, 2018)

Volviendo la mirada hacia nuestros hermanos vecinos del Ecuador y trayendo aquí el terremoto ocurrido el 16 de abril del 2016, en dicho evento suscitado en las provincias de Esmeraldas y Manabí el cual fue devastador presentando zonas con mayor movimiento telúrico causando daños en sus edificaciones, según un informe del Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional (EPN). (Pacheco, 2016)

A raíz del terremoto ocurrido en las Islas Célebes-Indonesia, Edinburgh Napier University estuvo investigando la utilización de neumáticos reciclados para evitar el derrumbe de edificios, esta es una investigación por parte de estudiantes que disponen implementar cimientos hechos con tierra mezclada con caucho para disipar las vibraciones sísmicas. Debido a la falta de acondicionamiento de las estructuras ya existentes, entre otros factores es la causa principal de que los fenómenos sísmicos sean más destructivos. Es por ello que en la Edinburgh Napier University estuvo trabajando en crear cimientos con tierra mezclada con neumáticos de desecho logrando reducir de esta manera el efecto de las vibraciones sísmicas en los edificios. Una de los problemas que se presentaron es el alto costo que genera el aplicar cualquier método de aislamiento sísmico para reducir los efectos de estos en las estructuras. (País, 07/10/2018).

En Europa la normativa vigente de diseños sísmicos de estructuras es el Eurocódigo 8 en ella se normalizan los parámetros a seguir en una estructura para contrarrestar las fuerzas que generan los sismos, en España, las normas vigentes son la NCSE/02 y la NCPSP-07, en esta nota del periódico El País Amadeo Benavente catedrático de Estructuras en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de la Universidad Politécnica de Madrid explica cómo hacer edificios que resistan terremotos tanto para acondicionar normas sismo resistentes en las edificaciones ya existentes, como para aquellas edificaciones

nuevas, proponiendo la utilización de aislamiento de bases que consiste básicamente en apoyar el edificio sobre elementos de goma, logrando de esta manera reducir los daños estructurales que un sismo genera en las edificaciones. (País, 26/08/2016).

Tecnología antisísmica que mantiene en pie a los edificios, el tema fue tratado por especialistas guatemaltecos y mexicanos en el foro “El futuro del desarrollo inmobiliario, en una ruta hacia el cero daño sísmico “, organizado por la constructora Qualicons. El uso de nuevas tecnologías a nivel mundial para disminuir los daños producidos por los sismos no es ajeno en Guatemala, Taiwán la torre Taipéi 101 este edificio tiene un enorme péndulo casi en la cima, el cual equilibra el movimiento de la construcción en caso de sismo o fuertes vientos, Estados Unidos y México con la aplicación de aisladores sísmicos (amortiguadores) en algunas torres y edificios ubicados en regiones con mayor probabilidad de sismos. (República, 2019)

En Perú ya siendo un país altamente sísmico ha tomado medidas que han ido evolucionando continuamente en el cual se rige por la norma E.030 y E.031 las cuales han brindado parámetros para diseños como el Hospital Regional de Moquegua en el año del 2014 es uno de las nuevas estructuras que llevan diseño de aislamiento de un sistema de elastoméricos con núcleo de plomo y deslizadores que fueron en total 216 dispositivos colocados ya que es una estructura esencial según las normas. (Talavera, 2017).

En el año 2015 se presentó la nueva edificación del gobierno regional de Moquegua una de las estructuras con la que conlleva 80 dispositivos de aislamiento sísmicos ya que la ciudad de Moquegua es una de los que se encuentran entre la zona 4 de la norma E.0.30 sísmo resistente, lo cual implica que sus parámetros de diseño fueron necesarios para la prevención. (Talavera, 2017)

El primer edificio en usar aisladores sísmicos en el Perú se encuentra en la Universidad Nacional de Ingeniería de Lima, siendo un nuevo Centro de

Información e Investigación de la facultad de ingeniería civil, este está constituido por 20 dispositivos de aislamiento sísmicos los cuales tienen función de aislar la estructura completa de las cargas sísmicas, los cuales cumplen con los requerimientos necesarios según las normas E.030 Y E.031. (agencia nacional de noticias, 2012)

Hablando sobre un riesgo sísmico el Perú se ubica en el cinturón de fuego o también conocido como anillo de fuego del pacífico. Este está ubicado en toda la costa de océano pacífico y está caracterizada por tener una gran cantidad de energía sísmica en el mundo, esta es la que causa una mayor actividad sísmica y volcánica por donde abarca. (Molto, 2016).

Trujillo se encuentra al norte de la costa peruana lo que indica que está en una zona altamente sísmica como lo indica la norma E.030 sismo resistente por cual los parámetros de diseño son más estrictos, lo que conlleva que el proyecto del bay pass de Mansiche tenga un diseño de aislamiento sísmico en la que está constituido por 28 aisladores sísmicos que están ubicados dos por cada pilar en el cual reposan los tableros de viaductos lo cual conlleva que la estructura no tenga daños en un evento telúrico. (el intercambio vial Mansiche- Trujillo, 2013)

Según lo constatado en el Reglamento Nacional de edificaciones la provincia de Trujillo está ubicada en una zona sísmica 4, con un factor "Z" (el que se expresa como una fracción de la aceleración de la gravedad) de 0,45 y teniendo en cuenta que está sujeta también a los fenómenos del niño, se deben señalar que hay zonas urbanas con mayor riesgo, tanto en la misma ciudad como en sus alrededores tales como Huanchaco, Huanchaquito y Huanchaquito Alto, La Esperanza Baja y La Esperanza Alta y el Milagro. Siendo un foco vulnerable en casos de sismos y por efecto este trabajo de investigación está orientado a disminuir el impacto de un sismo en las edificaciones de la ciudad de Trujillo según los parámetros necesarios indicados en la norma E.030 y E.031. (Einer, 2014)



En octubre del 2018 se realizó la publicación de la nueva versión de la norma peruana E 0.30 sismo resistente en la cual se establece parámetros donde menciona el uso de aislamientos sísmico en estructuras o edificaciones esenciales que estén ubicadas en las zonas correspondientes a la zona 3 y 4 del mapa sísmico, para las cuales se emplearan la norma E 0.31 aislamiento sísmico. Lo principal es identificar los factores de la realidad sísmica que existe en el Perú.

(Romero, 2013), En su investigación analizo en el diseño de una edificación con dispositivos de absorción de energía sísmica de fluido viscoso y una edificación convencional sometida a un evento sísmico. Para elaborar este diseño que tiene una estructura a porticada Universidad Nacional de Cajamarca con un área de 862 m<sup>2</sup>, cuya deriva o desplazamiento lateral es de (8.15 ‰) la cual superaba los límites que están permitidos según la norma peruana norma NTE E-030 (7‰). Para cumplir lo estipulado en la norma se realizará la inclusión de los disipadores de energía con fluidos viscosos lo que logro incrementar el amortiguamiento al 23% y reducir la deriva a 3.75‰.

(Minaya, 2019), Según su investigación de acuerdo a su criterio es la de comparar diferentes aspectos técnicos y económicos utilizando aisladores sísmicos en el hospital Daniel Alcides Carrión de cerro de Pasco. Atendiendo a esta consideración y para lograrlo se basó en el análisis modal espectral y el diseño de diferentes componentes de la estructura en diferentes modelos, apoyándose con el programa SAP200en el cual tiene tres grados de libertad por piso y el sistema estructural predominante en ambas direcciones es de muros de concreto armado que permiten controlar los desplazamientos laterales.

(Fuentes, 2015), En su investigación realizo análisis comparativos en un edificio aporticado de 5 pisos con disipadores de fluido viscoso incorporados en ambas direcciones se evaluó las respuestas de la estructura con la incorporación de disipadores lineales con exponentes  $\alpha = 1$  y disipadores no lineales con exponentes  $\alpha = 0.25$ , no obstante, la edificación cumple con la deriva permitida por la norma peruana NTE E.0.030 sismo resistente. Los disipadores no

lineales tienen la superioridad al producir fuerzas menores que los disipadores lineales con exponente 1 que aportan el amortiguamiento efectivo a la estructura colocada. El estudio de análisis tiempo historia nos demostró que los disipadores no lineales se corresponden con fuerzas sísmicas mayores que los disipadores lineales.

De las evidencias anteriores y realizando nuestro análisis en la implementación y el uso de los disipadores de energía, así como también de los aisladores sísmicos y en relación con las implicaciones que conlleva su aplicación y uso, hemos determinado la importancia tanto material como humana, es que se sugiere que toda infraestructura que de acuerdo a sus estudios realizados tales como, estudio de suelo, estudio de zona sísmica, etcétera sea de bien prioritario su adaptación, para disminuir el impacto de un sismo en las edificaciones.

**Gallegos, Casabonne, Arango, Quesada, Ingenieros Civiles S.A.C. / G.C.A.Q. Ingenieros Civiles S.A.C, identificada con RUC N° 20106832111,** es una empresa de ingeniería con más de 50 años realizando consultorías y ejecutando diversos proyectos en diferentes partes del Perú, trabajan con tecnología e innovación constante en las diversas áreas como diseño estructural, gerencia de proyectos y supervisión de proyectos. Es así que realizaron el PROYECTO DE DISEÑO ESTRUCTURAL de la Universidad de Ingeniería y Tecnología UTEC – Barranco, utilizando un sistema de aislación sísmica para la reducción de aceleraciones mejorando de esta manera el comportamiento del ante movimientos sísmicos. El sistema de aislación de UTEC está compuesto por ciento cuarenta y cinco (145) aisladores sísmicos con núcleo de plomo y cuatro (4) deslizadores. Para su análisis sísmico se apoyaron en un Análisis modal espectral, Análisis dinámico tiempo – historia y realizaron una comparación de bases fijas versus las bases aisladas. (Proyecto de Diseño Estructural, 2015).

**Cuota De Venta S.A.C. / CDV Ingeniería Antisísmica,** identificada con RUC N° 20515456130 son un equipo de profesionales que brindan consultorías en

soporte en ingeniería y supervisión, diseño con sistemas de protección sísmica, supervisión de montaje esto es en cuanto a Unidad de protección sísmica, han realizado numerosos proyectos entre los que vamos a resaltar las oficinas de GRAÑA Y MONTERO diseñado con aisladores sísmicos y edificios de oficina REDUCTO diseñado con disipadores sísmicos, Hospital. (CDV, 2015)

***Dinamyc Isolation System (DIS)***, se encuentra en Reno, Nevada, EE. UU, fue pionero en el desarrollo e introducción de la tecnología de aislamiento sísmico. En la actualidad sigue desarrollando sus aisladores cada vez mejor a las exigencias del mercado. El Hospital USC con aisladores DIS permaneció operativo durante el terremoto de Northridge de 1994 sin daños, El acelerador lineal Stanford de tres millones de libras (izquierda) en California, protegido por aisladores DIS, no sufrió daños por el terremoto de Loma Prieta de 1989, El puente del río el de California se aisló con aisladores DIS en 1988, el cual experimentó aceleraciones de 0,55 g en el cabo de 1992 terremoto de Mendocino, donde no sufrió daños y volvió a su posición original. (CDV, 2015)

**Sirve S.A.** identificado con el número de RUC: 20602632408, empresa chilena originalmente dirigida por la Pontificia Universidad Católica de Chile, al alero de la Dirección de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la UC (DICTUC). Creada en el año 2003, se dedica a solucionar problemas de ingeniería y protección sísmicos, realiza asesorías, diseño y construcción virtual, Mediciones y Ensayos en las áreas de edificación, hospitales, minería, industria, energía, infraestructura y líneas vitales. Entre algunos de sus proyectos, así como también asesoría que ha brindado podemos mencionar las siguientes: Diseño de fundaciones y sistema de aislamiento sísmico para horno de la planta de Cristalerías Chile utilizando aisladores elastoméricos y deslizadores se realizó una modelación tridimensional determinando aislar losas, pilares, vigas, entre otras. De igual manera ha brindado en la consultoría de: asesoría estructural y aislamiento sísmico para master plan del hospital del trabajador Santiago en la evaluación de la factibilidad técnica para aplicar los aisladores en sus estructuras ya construidas, entre otros. (Sirve S.A, 2003)

La empresa Constructora Pilasi y Cía S.A.C en consorcio con la empresa Sirve S.A edificaron viviendas unifamiliares implementando en su construcción aisladores sísmicos, la obra presenta una losa flotante fundada en apoyos deslizantes (bielas) que, con la ayuda de dos aisladores sísmicos de 42 cm de diámetro y 24 cm de altura, logrando resultados importantes en la disminución en los esfuerzos de hasta 4 y 6 veces con una vivienda de construcción utilizando el método tradicional, demostrando de ésta manera que es de suma importancia la aplicación de estos métodos en nuestras construcciones. (Tecnología Anti Sísmica, 2010)

El Perú es un país que por su ubicación geográfica se encuentra en un lugar altamente sísmico por lo que es de suma importancia que las estructuras realicen adecuadamente su prevención para poder reducir los efectos de los sismos que pueden suceder, en nuestro entorno ya se puede hacer el uso de dispositivo o sistemas antisísmicos, entre ellos están los disipadores de energía y aisladores.

En donde también el Perú es un país en donde las mayorías de edificaciones no toman la medida necesaria para la construcción de edificaciones, estas no completan las medidas necesarias para una licencia de construcción que otorgan las municipalidades las cuales son vulnerables a un riesgo sísmico mayor en los cuales las edificaciones pueden sufrir daños lamentables que pueden causar la muerte a sus habitantes. (Tavera, 2019)

Según la historia sísmica de Perú varias ciudades como Lima, ha sido afectada de manera reiterativa por sismos de gran magnitud, produciendo daños lamentables en las viviendas causando hasta la muerte en sus habitantes ya que también esto es provocado no solo por los sismos sino también por la vulnerabilidad del diseño de la estructura y también factores como las propiedades del suelo, factores como los nombrados son uno de los que favorecen que un sismo tenga mayor devastación al producirse. (Trujillo, 2017).

En nuestro país uno de los grandes terremotos que hubo en el año 1970 el 31 de mayo donde se reportaron víctimas humanas de 80 000 personas fallecidas que tuvo una intensidad de 7.8 grados sobre la escala de Richter, provocó la desaparición de la ciudad de Yungay. (BBC Mundo, 2017).

Al paso de la historia ha existido muchos eventos sísmicos de grandes magnitudes, uno de los más grandes registrados tuvo lugar en Valdivia, Chile que fue de una magnitud de 9.5 grados en la escala de Richter, fue en el año 1960 que tuvo una repercusión muy fuerte ya que cobro la vida de más 2000 personas y más de 2000000 de personas damnificadas. Las cuales provocaron las activaciones volcánicas y un gran maremoto, aquel evento fue tan fuerte que causó estragos incluso en lugares alejados como Japón donde llego 15 horas después. (BBC Mundo, 2017).

Otro gran evento sísmico no tan lejano fue el que afecto a Haití la cual fue el 12 de enero del 2010, tuvo una magnitud de 7 grados en la escala de Richter la que dejo como consecuencia 1 500 000 damnificados y más de 316 000 muertos y una cifra de 350 000 de heridos, algunos de los factores que influyeron para que esto pasara fue la precariedad de sus edificaciones y las aglomeraciones urbanas lo que provocó que esta catástrofe sucediera y tuviera repercusiones altamente catastróficas. (BBC Mundo, 2017).

En el 2018, según el ministro de vivienda, construcción y saneamiento Javier Piqué del Pozo, nos indica que en nuestro país el 70% de las edificaciones y hogares son informales y necesitan un reforzamiento en sus cimientos visto que un gran movimiento telúrico podría causar grandes daños, puesto que no siguen los parámetros de construcción según la normas y reglamentos de construcción que nuestro país tiene. (Melina, 2018).

Nuestro proyecto de investigación tiene como finalidad realizar el análisis sísmico con el uso de aisladores y disipadores en la edificación SKY UP, Trujillo 2020 usando los parámetros necesarios que indican las normas E.030 sismorresistente y E.0.31 de aislamiento, para el diseño sísmico de estructuras que pueden ser diseñadas con los diversos sistemas de protección sísmica en los cuales podemos dar a conocer que sistema puede ayudar a mejorar más la respuesta de la edificación frente a un impacto sísmico.

Al no realizar este proyecto ya teniendo en cuenta que el Perú está ubicado en una zona altamente sísmica que es el cinturón de fuego, se tendrá efectos

negativos como los diseños que no cumplan con los requisitos necesarios para un impacto sísmico provocando grandes pérdidas económicas no solo a las personas si no al país mismo y algo más importante lo cuales son las pérdidas humanas ya que estas son irreparables.

## **1.2. Planteamiento de problema.**

¿Cuál es el análisis sísmico, mediante el uso de disipadores y aisladores sísmicos en la edificación SKY UP, Trujillo, 2020?

## **1.3. Justificación**

Nuestro trabajo de investigación uso de disipadores y aisladores sísmicos en las edificaciones toma gran importancia en la actualidad porque a través de ellos se logra disminuir o reducir el impacto que las fuerzas de un sismo generan.

Al presentar esta propuesta lograremos amortiguar los daños estructurales salvaguardando de manera integrada a las edificaciones por ende a los que en ellas la habitan o utilizan.

En esta investigación explicaremos que la utilización de estos mecanismos, así como la utilización de la reglamentación correspondiente como lo son la norma E.030 diseño sismo resistente y la E.031 aislamiento sísmico, logran moderar las cargas sísmicas y las distribuyen a través del uso e implementación de aisladores y disipadores sísmicos.

En la actualidad y en el mundo de las construcciones el beneficio del uso de aisladores y disipadores es universal, en nuestro caso nuestro objetivo es reducir el impacto de un sismo en las edificaciones que se encuentren en la ciudad de Trujillo. Sobre las bases de las ideas expuestas también es una solución viable para aquellas construcciones que se encuentran ubicadas en zonas de alto riesgo sísmicos a nivel Nacional.

Con nuestro trabajo de investigación daremos a conocer que ventajas genera que una edificación utilice en sus diseños constructivos aisladores para soportar cargas y administrar la menor cantidad de movimiento a la estructura, así como también las ventajas del uso de disipadores ya que estos son sistemas de aislación y disipación proporcionando amortiguamiento y absorción

de energía y en tal caso reduciendo el impacto que las fuerzas del sismo genere en éstas.

Como ya lo hemos mencionado con anterioridad de los casos de terremotos ocurridos en diferentes países y de lo que estos generan en las edificaciones de forma global, nuestra investigación está orientada a reducir o disminuir el impacto que generan las fuerzas sísmicas en ellas, utilizando de manera eficiente, eficaz y oportuna aisladores y disipadores en ellas para contrarrestar las fuerzas horizontales y las vibraciones sísmicas.

Entre los instrumentos de recolección de datos utilizados en nuestra investigación tenemos en el caso de aisladores, a los aisladores de base flexible que están compuestos de base elastoméricos, aisladores elastoméricos con núcleo de plomo o caucho y en cuanto a disipadores expondremos lo que son disipadores de fluido viscoso, además tendremos como herramienta principal la utilización de la norma e030 de sismo resistente y e031 de aislamiento sísmico con el único propósito de disminuir el impacto de un sismo en las edificaciones.

#### **1.4. Hipótesis:**

El análisis sísmico mediante el uso de aisladores y disipadores sísmicos disminuye entre el 45 - 84 % del impacto de un sismo en la edificación SKY UP, en la ciudad de Trujillo, 2020.

#### **1.5. Objetivos**

##### **1.5.1. Objetivo General:**

Realizar el análisis sísmico con el uso de aisladores y disipadores en la edificación SKY UP, Trujillo 2020.

##### **1.5.2. Objetivos específicos:**

- ✓ Obtener un estudio de suelos aledaño a la edificación SKY UP.
- ✓ Evaluar el análisis sísmico en la edificación SKY UP, sin disipadores y aisladores sísmicos.
- ✓ Evaluar el análisis sísmico en la edificación SKY UP, usando disipadores sísmicos.

- ✓ Evaluar el análisis sísmico en la edificación SKY UP, usando aisladores sísmicos.
- ✓ Realizar la comparación del análisis sísmico en cuanto a los desplazamientos laterales en la edificación SKY UP, con y sin aisladores y disipadores sísmicos.



## CAPITULO II.

### II. MARCO TEORICO:

#### 2.1. Antecedentes

Como antecedentes tenemos los siguientes:

#### ***“Reforzamiento de una estructura a porticada con fluidos viscosos para un mercado en la ciudad de Trujillo”***

(Carranza, y otros, 2015), La presente indagación” muestra los actores de los diferentes sistemas de protección sísmica la cual está centrada en los disipadores de fluidos viscosos. La estructura reforzada se encuentra en la ciudad de Trujillo. El análisis de las derivas o desplazamientos laterales de la edificación de cada entrepiso que es mucho más superior a lo permitido por la norma MTE E.0.30 SISMO RESISTENTE (7‰). Lo cual con el sistema de amortiguamiento del disipador de fluidos – viscosos se logró reducir a la deriva por cada piso a un (4.55‰). Lo cual concluye con que la estructura reforzada tiene mejor comportamiento que sin los disipadores.

Este proyecto de investigación nos da como aporte importante como es el diseño y parámetros a tomar para el sistema de disipadores de energía de fluidos viscosos así mismo como el uso y colocación de los sistemas y los procedimientos a seguir como está reglamentando en la norma E.030 Y E.031.

#### ***“Desempeño sísmico de una estructura de concreto armado con aisladores sísmicos Irb para uso esencial en la ciudad de Trujillo, región la Libertad, 2018”***

(Tocto, 2018), En su investigación sobre las bases de las ideas expuestas nos dice que se puede pronosticar el comportamiento de una estructura con aislamiento sísmico y lo que éste implica dentro de una estructura, en paridad con una estructura construida a través del método convencional, dando como resultado la gran ventaja de una edificación frente a un sismo moderada y de severa intensidad al encontrarse con aisladores sísmicos ya que esta se encontraría en la categoría de ocupación inmediata. Reduciendo sus derivas 1.32‰ para el eje “X” y para el eje “Y” de 1.48‰, siendo sus derivas inicialmente de 8.3‰ en el eje “X” y para el eje “Y” de 8.6‰

Este proyecto nos ayuda entender los parámetros de diseño para la construcción de una edificación sismorresistente con aislamiento con los requisitos necesarios según las normas en la E.030 Y E.031 en la ciudad de Trujillo ya que por su ubicación el diseño de la estructura es en una zona cuatro, y nos ayuda entender el desempeño sísmico en esta zona.

***“Desempeño sísmico de un edificio de concreto armado con disipadores de energía viscosos, Trujillo 2019”***

(BRYAN, 2019), En su informe de tesis nos muestra los sistemas de protección contra sismos por amortiguamiento, teniendo como el principal los amortiguamientos de fluidos viscosos, y para la configuración elegida se logró reducir la deriva a 4.10 ‰ en el eje “X” y un 3.80 ‰ y en el eje “Y”.

Dichos dispositivos según los análisis presentados en ésta investigación logran reducir o disipar hasta un 74.45% de la energía ocasionado por el impacto sísmico, teniendo en cuenta que su deriva inicial fue de 11.9‰ y que el estudio se realizó para una edificación de nueve pisos.

En este proyecto es de gran aporte por lo cual en su investigación nos enseña el uso de los disipadores de fluidos viscoso y cómo se comportan en las edificaciones ya que nos indica la importancia del diseño de la edificación, pues aquí los disipadores actuaran de distinta manera.

***“Comparación de las respuestas dinámicas en estructuras con y sin disipadores de energía pasivos de fluido viscoso en la zona sísmica cuatro”***

(Navarro, 2017) este proyecto de esta investigación tiene como objetivo realizar comparaciones de las respuestas dinámicas de la estructura al ser incorporados los disipadores de fluidos – viscosos y poder corroborar cuando sea aplicada a una carga sísmica semejante al del año 2007 y verificar si no tiene ningún daño alguno, la estructura que se analizara es la de tipo A es decir una edificación esencial, en este caso una clínica de 5 niveles más una azotea, esta se ubica en la Urb. Santa Isabel, como deriva utilizaron el 7% para

estructuras de concreto armado según la norma peruana MTE. E.0.30 sismo resistente, este objetivo se pudo lograr al incorporar a la estructura un amortiguamiento adicional de 25% en la dirección, reduciendo así sus derivas de 1.1% a 0.582%.

El aporte que nos brinda este proyecto el diseño con los parámetros necesarios según la norma E.030 y E0.31 como lo indica para edificaciones esenciales los cuales son los parámetros mucho mayores igualmente nos da como aporte el comportamiento de la estructura bajo el estudio de un análisis dinámico de tiempo historia.

***“Evaluación del diseño con disipadores de energía del edificio principal de la universidad nacional de Cajamarca - sede Jaén”,***

(Calderon, 2014), En su investigación el objetivo fue comparar y evaluar el comportamiento de la edificación mejora al ser incorporada disipadores de energía, la estructura evaluada es la edificación principal de la Universidad Nacional de Cajamarca- sede Jaén ante un evento de movimiento telúrico. La edificación estudiada de edificación a porticada cuya deriva en el desplazamiento lateral en X-X es de (11,38‰) y en la dirección Y-Y (8,30‰) la cual supera los límites dados por la norma peruana MTE. E.030. sismo resistente que es (7,00‰). En la cual aplicaron los disipadores de energía lineales la cual logro reducir la deriva en X-X hasta un 5,00‰ y en la dirección Y-Y a un 4,57‰ logrando cumplir con lo requerido por la norma peruana E.0.30.

En este proyecto como aporte nos brinda los pasos necesarios para el diseño así mismo como evaluar el comportamiento de las edificaciones mediante el impacto sísmico como está indicado en la norma peruana de construcción E.030 Y E.031.

***“Diseño Integral de estructuras con sistema de aislación sísmica aplicado a un edificio de concreto armado”***

(Trujillo, 2017), en su proyecto desarrollado ha aplicado a una edificación de concreto armado de 4 niveles y 2 sótanos, ubicado en la localidad de Lima considerado como suelo S1; obteniendo como resultado una reducción en las derivas de 8.8‰, logrando reducir a un 2.00‰, en el eje “X” y en el eje “Y” de 11.7‰ se redujo a 2.6‰. Cumpliendo con lo estipulado en la norma peruana E030 de sismo resistente de un 7‰.

El aporte en esta cita es muy importante ya que nos enseña los parámetros necesarios y cálculo para el diseño de las edificaciones, así mismo el cálculo necesario para el sistema de aislamiento sísmico que ayudara a la súper estructura frente al impacto sísmico.

***“Implementación de aisladores sísmicos en un edificio de viviendas en Lima, Perú”***

(Leyton, 2017), En el desarrollo de su investigación sostuvo que las edificaciones al contar con protección antisísmica es la mejor opción para prevenir las fuerzas naturales como las fuerzas de un sismo y los daños que estas generan en las edificaciones, teniendo como objetivo la implementación de aisladores en un edificio realizando así comparaciones entre sistemas con aisladores y sistemas tradicionales. Dando como resultado los beneficios que conlleva la implementación de dichos aisladores en una estructura. Teniendo como derivas en el eje “X” 12‰ y para el eje “Y” 26‰.

En este proyecto hemos tomado el aporte de la importancia del uso de los aisladores sísmicos en la edificación y la importancia de la prevención así mismo cómo los requisitos de diseño para estructuras que puedan resistir impactos sísmicos y el comportamiento de las edificaciones ya con el uso de los aisladores sísmicos.

***“Análisis comparativo de un pórtico convencional con y sin disipadores de fluido viscoso modelado en SAP2000”***

(Vinces, 2016) en su proyecto de investigación tuvo como objetivo el de comparar y analizar el comportamiento de los sistemas de disipación de energía en una estructura de pórticos convencionales, teniendo una evaluación a una edificación de 10 niveles, las cuales fueron sometidas a sismo de Perú en donde tuvo como resultado una reducción de sus desplazamientos hasta un 85.27% y así mismo una reducción mínima de 61.24% en la cual fue obtenida en el nivel 9 de la edificación, llegando a cumplir con los parámetros de las normas vigentes en su país Ecuador.

El aporte de (Vinces, 2016) es de gran relevancia ya que nos ayuda a comprender y a tener en cuenta los parámetros de diseño fuera del país y así mismo el cálculo y procedimientos para poder desarrollar los aspectos físicos de los aisladores y poder tener referencias de los tipos de colocación de los disipadores.

***“Análisis del efecto de aisladores sísmicos en la respuesta dinámica de un edificio a porticado de 4 niveles, según las condiciones de suelo de la zona noroeste de la ciudad de Managua, Nicaragua”***

(Pastora Estrada , y otros, 2016) en su investigación de una edificación de 4 niveles de la ciudad de Managua de país de Nicaragua analizo el efecto de los aisladores los cuales fueron implementados en la edificación logrando generar una reducción considerable de sus derivas las cuales fueron para el eje “X” teniendo un porcentaje de 83.3% y para el eje “Y” fueron de un 82.3% de sus desplazamientos llegando a cumplir sus parámetros deseados frente a un evento telúrico en la ciudad de Managua.

El aporte de (Pastora Estrada , y otros, 2016) es de gran importancia y a que nos ayuda a tener en cuenta las respuestas dinámicas que tienen los aisladores frente a un sismo y a sí mismo el comportamiento que tendrá la edificación donde también debemos tener en cuenta el tipo de ubicación de la edificación.

***Estudio del comportamiento dinámico de modelos estructurales con base empotrada y con aisladores sísmicos, sometidas a diferentes eventos sísmicos simulados en la mesa de vibración XY Shake Table III.***

(Cando Erazo , y otros, 2020) En su proyecto de investigación identifico el comportamiento los sistemas de aislación sísmica en una edificación de 4 niveles en la ciudad de Quito – Ecuador, cumpliendo con los requerimientos según su norma en lo cual llego a mitigar las fuerzas sísmicas a un porcentaje promedio considerable de un 81% de sus desplazamientos laterales en ambos ejes “XX” y “YY”, teniendo en cuenta que tuvo diferentes aceleraciones para sus análisis tiempo-historia, en la cual concluyó que los aisladores son sistemas eficaces para fatigar las cargas sísmicas y reducir daños en la edificación.

Este proyecto de investigación nos da un gran aporte los cuales son el entendimiento del comportamiento de los sistemas de aislación sísmica frente a varios sísmico así mismo el comportamiento que tiene la edificación frente a estas cargas provocadas por un evento telúrico.

## **2.2. Bases teóricas.**

### **2.2.1. Conceptos Básicos.**

**Diseño Sismo resistente:** el diseño Sismo resistente convencional su desempeño es aceptable al ser sometida a cargas sísmicas la que está basada a la resistencia en la fuerza lateral las cuales son capaces de absorber la energía de una manera estable por un largo número de ciclos. La disipación de energía sucede en los puntos donde hay mayor porcentaje de rótulas plásticas dúctiles como son las vigas y en las columnas las cuales son también del sistema en cual son las que están aplicadas por cargas por gravedad, las regiones plásticas donde se concentra el daño son en los pórticos de gravedad.

**Definición de sismo:** Se refiere a la liberación de grandes fuerzas o energía las que se propagan en forma de ondas en el interior de la superficie terrestre. Las ondas al llegar a la superficie terrestres las estaciones sísmicas registran aquellas ondas y también son percibidas por la población y las estructuras son las cuales más son afectadas. (Tavera , 2012).

**Amplitud:** Máxima amplitud de la cresta de la onda sísmica identificada en el sismograma o registro del sismo. La amplitud es una señal que es proporcional a la liberación de energía de sismo por lo cual se puede calcular la magnitud del sismo. (Tavera , 2012)

**Corteza:** Es una capa rocosa que se encuentra al exterior y es mucho menor el espesor a la superficie de la tierra, siendo el espesor de la tierra en promedio de 7 kilómetros bajo el océano y en área continental está en 70 kilómetros.

**Epicentro:** Se define como un punto exacto en cual está representada cuando llega a la superficie las proyecciones de las ondas que se origina en el hipocentro.

**Estación sismológica:** es el lugar donde se tiene funcionando una estación sísmica para poder registrar las ondas sísmicas para poder tener en un registro de ellas y poder evaluarlas, las cuales estaciones en conjuntos constituyen una red de sismológica. Y se diferencian por su dimensión de área que cubren no más de 200km y regionales hasta 500km y mundial cuando es un registro global.

**Hipocentro o foco:** Es el punto en interior de la superficie terrestre en la cual tiene origen la liberación de energía que puede ser causada por una ruptura y

generación de un sismo, este punto es la ubicación de la fuente donde se origina el sismo.

**Gal:** Representa la unidad de medida correspondiente a la aceleración de un centímetro por unidad de tiempo (segundos) al cuadrado ( $\text{cm}/\text{seg}^2$ ) es de uso para sismología la cual lleva a cabo el nombre del físico Galileo en honor a él.

**Licuefacción:** es un proceso en el cual un sólido que puede ser roca, lodos, arcillas no están consolidados lo que sucede es que se comporta como un líquido ya que la consolidación de sus poros al ser sometidas a presión lo que provoca que es que los sólidos se comporten como líquido como ocurre en eventos sísmicos.

**Límite de placa:** Dícese al lugar en donde dos o más placas están en contacto, existen tres límites de placa: límites divergentes, límites convergentes y límites transformantes. En la situación de Perú están ubicadas en las placas de nazca y Sudamérica son de tipos convergentes.

**Onda:** Una onda es una perturbación de que se propaga desde su punto de origen en todo el medio donde encuentran hasta que pierdan fuerza y se dispersen, en cambio de las ondas electromagnéticas las demás ondas requieren de un cuerpo elástico que se deforme y recupere forma y se recupera al paso de la vibración de la onda, en la sismología se le llama ondas sísmicas y estas van cambiando su periodo dependiendo como se propagan y atraviesan distintos materiales.

**Placa tectónica:** Corresponde a las divisiones de la litósfera de la tierra en trozos de diferente área. Son relativamente rígidas se pueden mover, pero con relación con otras placas de la litosfera y estas interactúan y ah esto lo llamamos zonas de límites de placas donde se originan los sismos.

**Réplicas (Aftershock):** Después de la ocurrencia de un sismo de gran magnitud, es más probable que haya ocurrencias de muchos sismos menores a la magnitud del que se origina en el hipocentro, a estos movimientos telúricos le llamamos replicas, algunas de estas replicas duran bastante tiempo, incluso se pueden propagar por años y donde se produce las réplicas se lo nombre are de réplicas.

**Sismo:** Se denomina al proceso de liberación de energía que posteriormente fue propagada de y llego en formas de ondas desde su origen el hipocentro



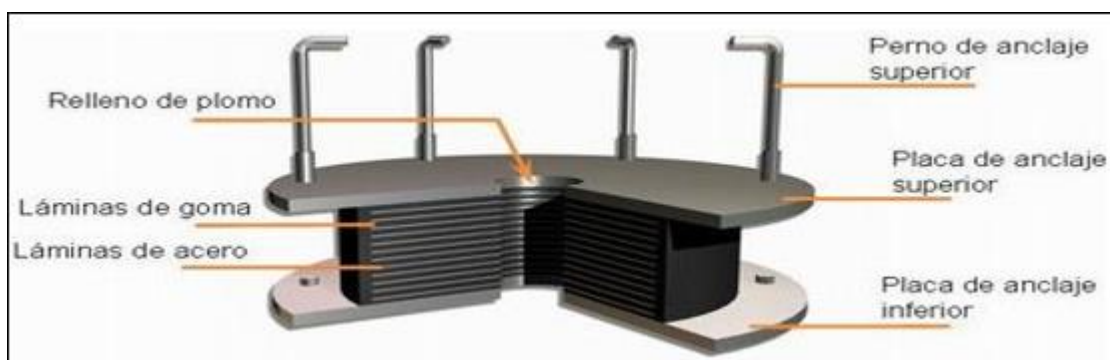
hasta llega a la superficie de la tierra, al llegar a la superficie terrestre estas son registradas por las estaciones sísmicas y son percibidas por la población. (Tavera , 2012)

### ¿Cómo afecta un sismo a una edificación?

Un sismo no daña una edificación por impacto, sino que lo daña por las fuerzas de inercia que son producidas por las ondas sísmicas a partir de la vibración de las masas de la estructura. Las dimensiones de la estructura o edificación son las que dañan a la misma, así como su masa afecta al edificio, las estructuras pesadas mayormente colapsan por su propio peso porque al ser sometidas a cargas de sismo el edificio colapsa en forma vertical y es poco probable que caigan a los costados, las fuerzas laterales son las que ejercen deformación y pueden quebrar y doblar a las columnas y muro. (Grupo CIPSA, 2019)

### Aisladores sísmicos:

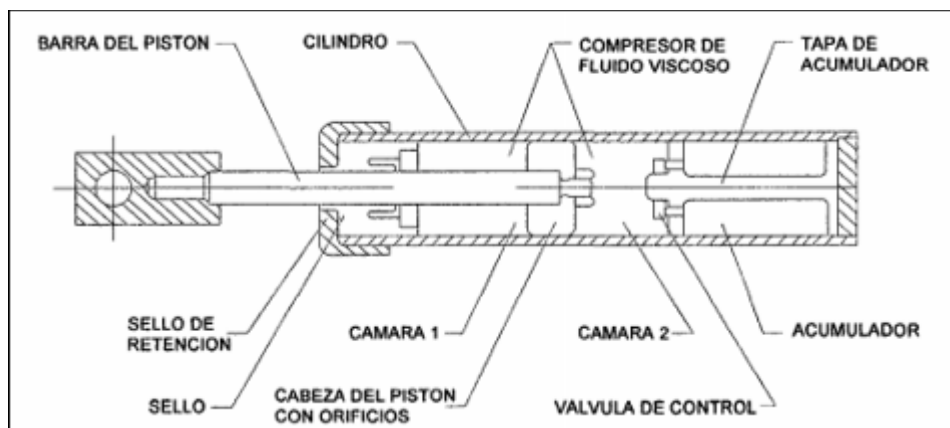
Un aislador sísmico es un elemento que se coloca entre la estructura y la fundación, con el fin de soportar las cargas de la edificación al terreno y otorgar un sistema de apoyo estable a la edificación. Tiene como fin administrar la menor cantidad de movimiento a la estructura, aislar los movimientos horizontales reducir, concentrar los desplazamientos y las eventuales deformaciones en casos de sismos mayores, en el instante de ocurrencia de un sismo. (Lafuente, 2016)



**Figura 1.** aisladores de base de plomo

**Disipadores de fluido viscoso:** Los disipadores viscosos o dampers son elementos que se sujetan a los pórticos estructurales, y en un momento sísmico estos sistemas contribuyen a disipar las cargas sísmicas a través de su fluido

viscoso en su interior provocando una resistencia a un movimiento libre de la edificación. Están compuestos por un cilindro lleno de un líquido de silicona y un pistón a su interior que se desliza. Y que tiene resistencia al fuego y no es toxico y con el tiempo no se degradan. El pistón a grades velocidades ya cuando esto sucede sus partículas ejercen fricción con el pistón provocando que se disipen las cargas sísmicas (Taylor, 2013).



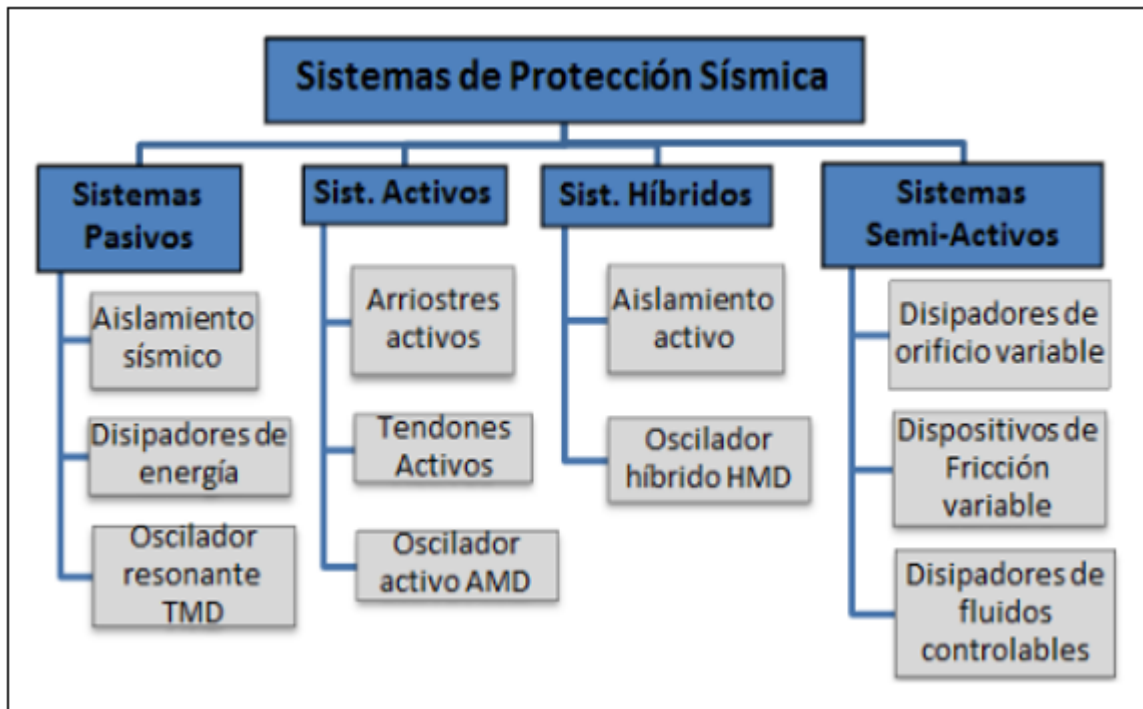
**Figura 2.** Disipador sísmico de fluidos viscosos

### 2.2.2. Sistemas modernos de protección sísmica.

Los sistemas empleados para la protección de las estructuras como aisladores y disipadores tienen como un propósito cual es el de disminuir o controlar los desplazamientos por los cuales estos pueden ser por diferentes alternativas que ayuden a su propósito, estos pueden ser la disminución de la energía de ingreso del impacto del sismo con estructuras que estén incorporadas por dispositivos ya que estos pueden ser aisladores o disipadores de energía que puedan absorber o aislar un porcentaje de la energía sísmica. (Chilón, 2017)

En general lo sistemas modernos de protección sísmica ha podidos mostrar que sus usos en las estructuras han podido reducir los daños estructurales que pueden ser causados por el impacto de la energía sísmica y siendo muy efectivas en un sismo.

Los sistemas de protección sísmica están clasificados en 4 grandes grupos como lo podemos ver en el cuadro siguiente:



**Figura 3.** sistema de protección sísmica (Gutiérrez, y otros, 2016)

### 2.2.2.1. Sistema Pasivo.

Estos son los dispositivos que más son empleados en nuestra actualidad ya que en estos sistemas tenemos los aisladores y disipadores de energía que trabajan para reducir las cargas sísmicas por medios mecánicos es decir ya que estos dispositivos trabajan a respuestas totalmente mecánicas y no respuestas controladas.

### 2.2.2.2. Sistemas activos.

En este sistema son dispositivos que requieren funciones externas para poder generar fuerzas de control para la respuesta dinámica que son ejercidas sobre la edificación para lo cual necesita sensores que funciones en tiempo real los cuales modifiquen propiedad mecánica es decir modifiquen la fuerza necesaria para poder contrarrestar la fuerza sísmica ejercida en la edificación.

### 2.2.2.3. Configuraciones de sistemas pasivos.

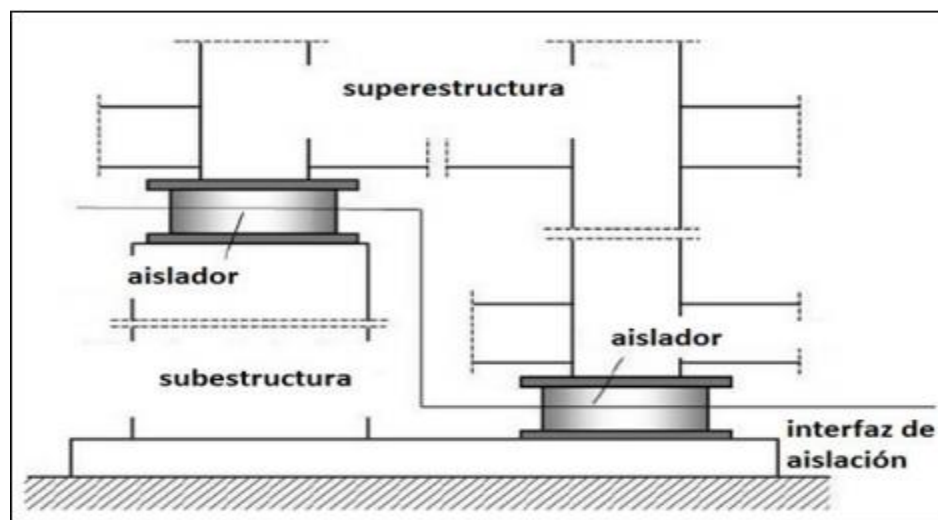
#### a) Aislamiento de base flexible (RUBBER BEARINGS)

Las características principales de este sistema es que están constituidas por material elastoméricos la cual le brinda la capacidad de regresar a sus forma o

posición inicial, sin embargo, sufren deformaciones ante las cargas de servicio lo que causa que su vida de uso disminuya. y uno de ellos es:

#### **b) Aisladores elastoméricos con núcleo de plomo (LEAD RUBBER BEARINGS)**

Los aisladores de plomo o caucho nos brindan una sola reacción que cuando están unida nos generan los soportes necesarios para la carga vertical así mismo nos brinda la flexibilidad horizontal necesaria y por supuesto también la capacidad de reducción de la energía provocando que la estructura o la edificación se aislada del impacto sísmico. (Robinson, WH , 1982)



**Figura 4.** Partes de un sistema de aislamiento (Chilón Zárate, 2017)

#### **2.2.2.4. Disipadores sísmicos.**

##### **➤ Disipadores de fluidos viscosos.**

Los disipadores de fluidos viscosos tienen como propósito de reducir el impacto del sismo al reducir los esfuerzos que tiene la estructura simultáneamente las flexiones de las estructuras, ya que a su propiedad mecánica varía su fuerza según la velocidad. (Tafur, 2018)

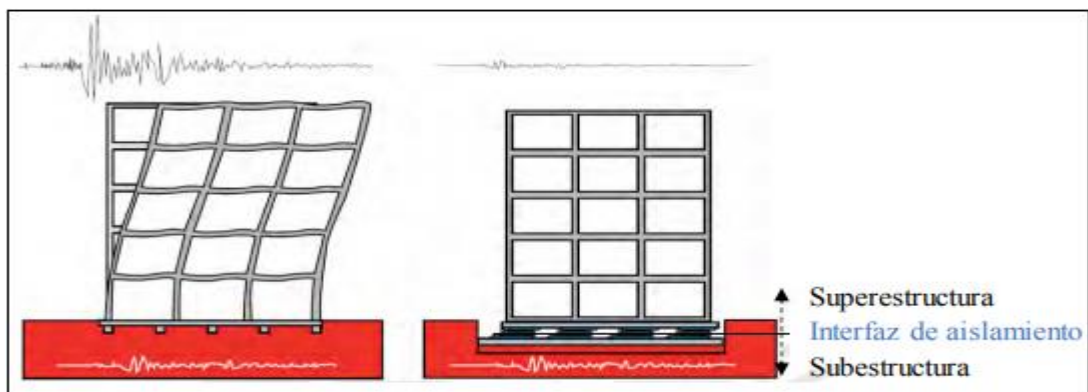


**Figura 5.** *Disipador de fluidos viscosos Taylor*

### 2.2.3. Aislamiento de un impacto sísmico.

La principal función y objetivo de los aisladores es de reforzar las bases de la edificación para que reduzca el porcentaje mayor de desplazamiento de la estructura provocando que la estructura no tenga deformaciones plásticas ya que los aisladores absorberán las cargas sísmicas.

Estos sistemas tienen la función de desacoplar la estructura completa de la superficie los cuales también tienen la propiedad de poder absorber un porcentaje considerable de las fuerzas sísmicas aplicadas y poder soportar las cargas de servicios, de esta manera puede tener desplazamientos relativos los elementos que existen de la estructura. (Zanelli, y otros, 2019)



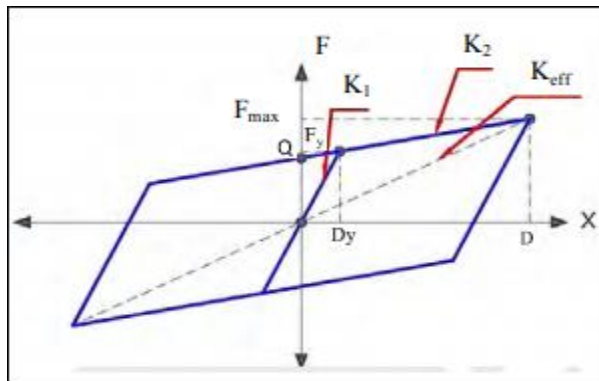
a) Edificación de Base fija      b) Edificación con base aislada

**Figura 6.** *Configuración de aislación de estructura frente a la respuesta sísmicas.*

En la figura 6. se puede ver los efectos de un sismo impactan más en la estructura a) ya que las fuerzas sísmicas se trasladan del suelo a la edificación provocando mayor desplazamiento en cambio en la ilustración b) los aisladores absorben la carga sísmica asiendo que la estructura tenga desplazamientos menores.

### 2.2.3.1. Comportamiento de los dispositivos elastoméricos.

Para los sistemas de aisladora sísmicos la curva histerética está representada mediante el modelo bilineal en donde su rigidez inicial esta denotada o expresada  $K_1$  y  $K_2$  y también son la rigidez pos fluencia, por ende  $F_y$  y  $D_y$  donde son la fuerza y también el desplazamiento de fluencia, y respectivamente  $AB$  es el área del ciclo de histerética y  $Q$  es la resistencia.



**Figura 7.** Grafica de modelamiento bilineal de los aisladores elastómeros con base de plomo.

Planteamos el siguiente modelo bilineal que está representada en la figura 7, luego haber planteado el modelo bilineal se ingresa o se plantea en la siguiente ecuación (1) y (2); en las siguientes ecuaciones de determina fuerza máxima ( $F_{max}$ ) y también el área encerrada del ciclo de histéresis ( $AB$ ) y la ecuación (3) y (4) dan solución a estas.

$$F_y = K_1(D_y) \dots \dots \dots \text{(Ecuación 1)}$$

$$F_y = Q + K_2(D_y) \dots \dots \dots \text{(Ecuación 2)}$$

$$F_{max} = F_y + K_2(D - D_y) \dots \dots \dots \text{(Ecuación 3)}$$

$$AB = 4Q(D - D_y) \dots \dots \dots \text{(Ecuación 4)}$$

Para determinar un modelo o el modelo bilineal es necesario tener el amortiguamiento efectivo ( $\beta_{eff}$ ) y también la rigidez efectiva ( $K_{eff}$ ), las cuales se da la solución en las siguientes ecuaciones.

$$K_{eff} = K_2 + \frac{Q}{D} \quad (\text{Ecuación 5})$$

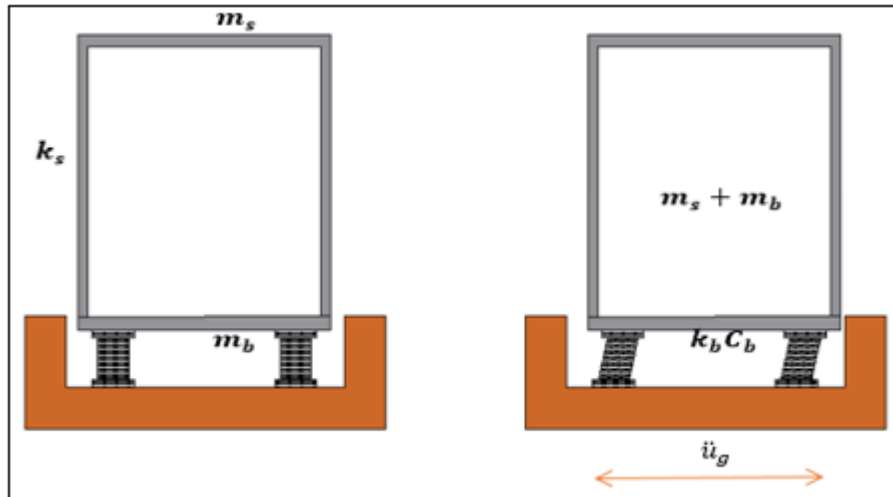
$$\beta_{eff} = \frac{Wd}{2\pi K_{eff} D^2} \quad (\text{Ecuación 6})$$

## 2.2.4. Bases teóricas Modelo elástico

### 2.2.4.1. Modelo elástico de 1 (GDL).

El modelo elástico de 1 grado de libertad (GL) está considerado que su rigidez esta expresada  $k_s$  en la cual también se expresa la rigidez de la plataforma de aislación con  $k_b$ , lo que conlleva que la deformación existente de que ocurra durante el impacto sísmico también sea para la superestructura ya que su rigidez es infinita en comparación a la plataforma de aislación, también se sabe que 1 grado de libertad (GDL) tiene un desplazamiento lateral sin haber tenido deformaciones ya que estas se consideran como un bloque rígido esto quiere decir que su masa total de la estructura es la que se traslada. En la siguiente figura 6, se muestra donde solo se tiene 1 modo de vibración, donde:

- $C_b$ , es el amortiguamiento de la base de aislación.
- $\xi_b$ , es la razón de amortiguamiento (esta representa a la fracción de amortiguamiento que posee el aislador o la plataforma utilizada en la estructura).
- $m_s$ : la masa total de toda la edificación.
- $m_b$ : es la masa de la base de aislación.



**Figura 8.** Modelamiento de 1 Grado de Libertad (GDL) de una edificación aislada.

Para poder calcular el periodo de la estructura aislada que esta denota  $T_b$  y así mismo para el amortiguamiento de base de aislamiento que esta denotada  $C_b$ , son calculadas por las siguientes ecuaciones (7) y (8).

$$T_b = 2\pi \sqrt{\frac{m_s + m_b}{k_b}} \quad (\text{Ecuación 7})$$

$$C_b = \xi_b 2\sqrt{(m_s + m_b)k_b} \quad (\text{Ecuación 8})$$

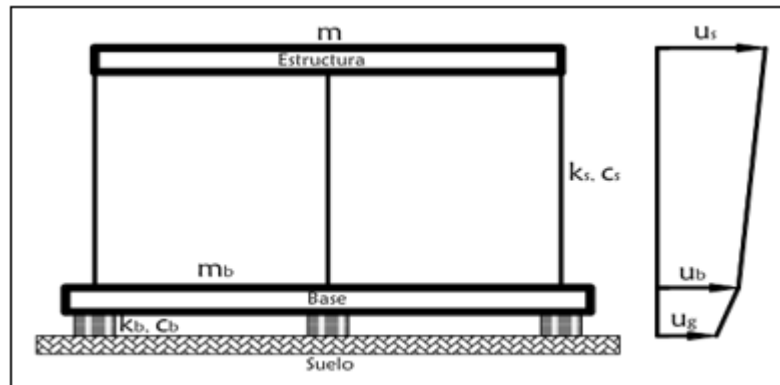
#### 2.2.4.2. Modelo elástico 2 (GDL).

En la siguiente ilustración (9) se muestra un modelo de 2 Grados de Libertad (GDL) el cual tiene una base aislación en donde:

- $V_s$ : Es el desplazamiento que tiene la edificación.
- $V_b$ : ES el desplazamiento que tiene la base o la plataforma de aislación.
- $k_b$ : Es la rigidez de la base de aislación.
- $k_s$ : Es la rigidez de la estructura o edificación.
- $C_s$ : Es el amortiguamiento de la estructura.
- $C_b$ : Es el amortiguamiento de la base de aislación.
- $m_s$ : Es la masa de la estructura.



- $m_b$ : Es la masa de la base de amortiguación.
- $\ddot{u}_g$ : Es la deformada del suelo por el movimiento.



**Figura 9.** Parámetros del sistema de dos grados de libertad aislado (Trujillo, 2017)

Para el cálculo dinámico del modelo de 2 grados de libertad (GDL) se realiza con la siguiente ecuación (9).

$$\hat{M}\ddot{V} + \hat{C}\dot{V} + \hat{K}V = -\hat{M}\hat{r}\ddot{u}_g \quad (\text{Ecuación 9})$$

Para el cálculo de la matriz de masa  $\hat{M}$  se realiza con la siguiente ecuación (1.10).

$$\hat{M} = \begin{bmatrix} m_s + m_b & m_s \\ m_s & m_s \end{bmatrix} \quad (\text{Ecuación 10})$$

Así mismo se utiliza la siguiente ecuación (11) para calcular la matriz de amortiguamiento  $C$  y también la ecuación (12) para hallar la matriz de rigidez de la estructura  $\hat{K}$  y en la siguiente ecuación se calcula el vector ( $\hat{r}$ ) ya que es la que introduce la dirección de la aceleración del suelo ( $\ddot{u}_g$ ) en el equilibrio dinámico.

$$\hat{C} = \begin{bmatrix} C_b & 0 \\ 0 & C_s \end{bmatrix} \quad (\text{Ecuación 11})$$

$$\hat{K} = \begin{bmatrix} k_b & 0 \\ 0 & k_s \end{bmatrix} \quad (\text{Ecuación 12})$$

$$\hat{r} = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (\text{Ecuación 13})$$

Entonces al saber las siguientes ecuaciones la ecuación (1.9) quedaría así.

$$\begin{bmatrix} m_s + m_b & m_s \\ m_s & m_s \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \ddot{V}_b \\ \ddot{V}_s \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} C_b & 0 \\ 0 & C_s \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{V}_b \\ \dot{V}_s \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} k_b & 0 \\ 0 & k_s \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_b \\ V_s \end{bmatrix} = - \begin{bmatrix} m_s + m_b & m_s \\ m_s & m_s \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} \ddot{u}_g$$

Para el cálculo de la frecuencia de la estructural  $\omega_s$  se tiene la siguiente ecuación (14) y (15) así mismo también para la frecuencia del sistema de aislación  $\omega_b$ .

$$\omega_s^2 = \frac{k_s}{m} \quad (\text{Ecuación 14})$$

$$\omega_b^2 = \frac{k_b}{m+m_b} \quad (\text{Ecuación 15})$$

Para la situación en que sea de vibración libre se tendrá en cuenta la siguiente ecuación de equilibrio dinámico en la cual tenemos la siguiente ecuación (16).

$$\hat{M}\ddot{V} + \hat{K}V = 0 \quad (\text{Ecuación 16})$$

Para poder simplificar la ecuación (16) que desarrollamos necesitamos expresar y desarrollar la siguiente ecuación de desplazamiento ( $V$ ) (17) luego de haber desarrollamos la ecuación (17) usamos la segunda deriva con el método de la cadena quedando así la ecuación (18), teniendo estas ecuaciones se remplaza en la ecuación de equilibrio dinámico (16) y llegamos a tener la ecuación (19).

$$V = A \text{sen}(\omega t)\phi \quad (\text{Ecuación 17})$$

$$\dot{V} = -\omega^2 A \text{sen}(\omega t)\phi \quad (\text{Ecuación 18})$$

$$(\hat{K} - \omega^2 \hat{M})\phi = 0 \quad (\text{Ecuación 19})$$

En la ecuación realizada anteriormente (19) tendrá únicamente solución si es que la matriz su determinante es cero en la cual se representara las siguientes ecuaciones (20), (21) y (22)

$$\|\hat{K} - \omega^2 \hat{M}\| = 0 \quad (\text{Ecuación 20})$$

$$\begin{bmatrix} k_b & 0 \\ 0 & k_s \end{bmatrix} \begin{bmatrix} m_s + m_b & m_s \\ m_s & m_s \end{bmatrix} (-\omega^2) = 0 \quad (\text{Ecuación 21})$$

$$\left\| \begin{bmatrix} k_b - \omega^2(m_s + m_b) & -\omega^2 m_s \\ -\omega^2 m_s & k_s - \omega^2 m_s \end{bmatrix} \right\| = 0 \quad (\text{Ecuación 22})$$

Hallamos nuevos factores los cuales son  $(\gamma, \lambda$  y  $\epsilon)$  en las siguientes ecuaciones (23), (24), (25) y (26) las cuales la remplazaremos en los términos de la ecuación anterior (9).

$$\lambda = \omega^2 \quad (\text{Ecuación 23})$$

$$\epsilon = \left( \frac{\omega_b}{\omega_s} \right)^2 \quad (\text{Ecuación 24})$$

$$\gamma = \frac{m_s}{m_b + m_s} \quad (\text{Ecuación 25})$$

Luego de haber obtenido los nuevos factores tenemos la nueva ecuación (26).

$$\frac{1-\gamma}{\omega_s^2} \lambda^2 - (1 + \epsilon)\lambda + \omega_b^2 = 0 \quad (\text{Ecuación 26})$$

Luego de haber insertado los nuevos factores la se ha obtenido una ecuación cuadrática (27), por lo cual se da solución a la ecuación quedado las nuevas ecuaciones  $\lambda_1$  y  $\lambda_2$  (28) y (29).

$$\lambda_{1,2} = \frac{(1+\epsilon) \pm \sqrt{(1+\epsilon)^2 - 4(1-\gamma)\epsilon}}{2(1-\gamma)} \omega_s^2 \quad (\text{Ecuación 27})$$

$$\lambda_1 = \omega_1^2 = (1 - \epsilon\gamma)\omega_b^2 = \left( \omega_1 = \omega_b \sqrt{(1 - \epsilon\gamma)} \right) \quad (\text{Ecuación 28})$$

$$\lambda_2 = \omega_2^2 = \frac{1+\epsilon\gamma}{1-\gamma} \omega_s^2 = \left( \omega_2 = \omega_s \sqrt{\left(\frac{1+\epsilon\gamma}{1-\gamma}\right)} \right) \quad (\text{Ecuación 29})$$

Al obtener los dos resultados de lambda  $\lambda_1$  y  $\lambda_2$  los cuales estos son el primer y segundo modo de vibración en los cuales el primer modo de vibración se refiere a la estructura aislada  $\omega_b$  es decir la frecuencia natural de vibración así mismo el segundo modo de vibración a la estructura de base fija  $\omega_s$ .

Para el cálculo del primor modo de vibración (normalizado al primer grado de liberta)  $\phi_1$  se tiene en la siguiente ecuación (30). para el cual el cálculo de su factor de participación  $\frac{L_1^*}{M_1^*}$  y para su periodo  $T_1$  tenemos las siguientes ecuaciones (31) Y (32).

$$\phi_1 = \begin{Bmatrix} 1 \\ \epsilon \end{Bmatrix} \quad (\text{Ecuación 30})$$

$$\frac{L_1^*}{M_1^*} = 1 - \epsilon\gamma \quad (\text{Ecuación 31})$$

$$T_1 = T_b \frac{1}{\sqrt{1-\epsilon\gamma}} \quad (\text{Ecuación 32})$$

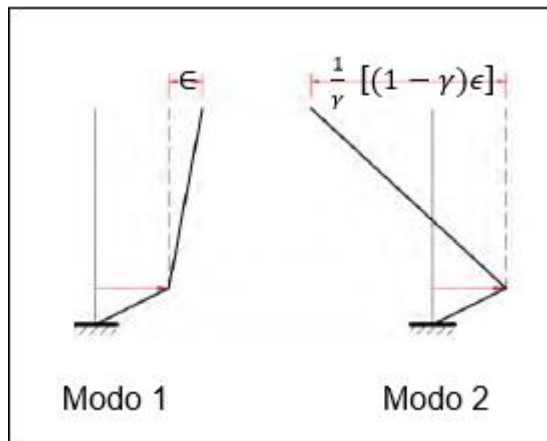
Para el segundo modo de vibración  $\phi_2$  tenemos la siguiente ecuación para el cálculo de ella (1.33), igualmente para el segundo modo de vibración calculamos su factor de participación  $\frac{L_2^*}{M_2^*}$  y el periodo  $T_2$  con las siguientes ecuaciones (1.34) y (1.35).

$$\phi_2 = \begin{Bmatrix} 1 \\ -\frac{1}{\gamma}[1 - (1-\gamma)\epsilon] \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 1 \\ -\frac{1}{\gamma} \end{Bmatrix} \quad (\text{Ecuación 33})$$

$$\frac{L_2^*}{M_2^*} = \epsilon\gamma \quad (\text{Ecuación 34})$$

$$T_2 = \frac{T_s \sqrt{1-\gamma}}{\sqrt{1+\epsilon\gamma}} \quad (\text{Ecuación 35})$$

En la siguiente ilustración se muestran los modos de vibración del 2 grado de libertad, donde sí se puede conocer el desplazamiento de la azotea se puede también conocer el desplazamiento de la base de aislamiento.



**Figura 10.** Desplazamiento de los modos de vibración del modelo de 2GDL.

Para el cálculo del amortiguamiento modal tenemos la siguiente ecuación (36), en la cual remplazaremos los factores  $\epsilon$  y  $\gamma$  obtendremos el factor de amortiguamiento de para el primer modo  $\xi_1$  y respectivamente el 2 modo de vibración  $\xi_2$  en las siguientes ecuaciones (37) y (38).

$$\xi_1 = \frac{C_i^*}{2 \omega_i^2 M_i^*} \quad (\text{Ecuación 36})$$

$$\xi_1 = \xi_b \left(1 - \frac{3}{2} \epsilon\gamma\right) \quad (\text{Ecuación 37})$$

$$\xi_2 = \frac{1}{\sqrt{1-\gamma}} \left(\xi_s + \gamma\sqrt{\epsilon}\xi_b\right) \left(1 - \frac{\epsilon\gamma}{2}\right) \quad (\text{Ecuación 38})$$

Ya teniendo los parámetros dinámicos del modelo de 2 grados de libertad se puede desarrollar el cálculo de las respuestas espectrales para cada modo de vibración y correspondientemente se ara el cálculo del desplazamiento máximo para la estructura y de la base de aislamiento para poder diseñar el sistema de aislamiento.

### 2.2.4.3. Desplazamiento para el modelo de 2 grados de libertad.

Ya con el factor de amortiguamiento del primer modo de vibración  $\xi_1$  y del periodo  $T_1$  ya se puede calcular el espectro de respuesta de pseudo-aceleración  $S_{aM1}$  y respectivamente hallamos el desplazamiento  $S_{d1}$  con las siguientes ecuaciones (39) y (40).

$$S_{aM1} = 1.5 ZC_1 Sg \quad (\text{Ecuación 39})$$

$$S_{d1} = \frac{S_{aM1} T_1^2}{4\pi^2 B_{M1}} \quad (\text{Ecuación 40})$$

Para los desplazamientos  $V_{1max}$  de cada grado de libertad (41) es el resultado de la participación modal así mismo del desplazamiento  $S_{d1}$  y el modo de vibración.

$$V_{1max} = (1 - \epsilon\gamma) \left\{ \epsilon \right\} S_{d1} \quad (\text{Ecuación 41})$$

Igualmente, para el 2 modo de vibración se tiene las siguientes ecuaciones que nos brinda pseudo-aceleración  $S_{aM2}$  y los desplazamientos máximos para cada grado de libertad las cuales son (42), (43) y (44).

$$S_{aM2} = 1.5 ZC_2 Sg \quad (\text{Ecuación 42})$$

$$S_{d2} = \frac{S_{aM2} T_2^2}{4\pi^2 B_{M2}} \quad (\text{Ecuación 43})$$

$$V_{2max} = \epsilon\gamma \left\{ \frac{1 - (1 - \gamma)}{\gamma} \right\} S_{d2} \quad (\text{Ecuación 44})$$

Con los desplazamientos máximos de los grados de libertad  $V_{1max}$  y  $V_{2max}$  se ha obtenido las deformaciones máximas de la estructura respecto a la base de aislamiento de para cada modo de vibración, para poder hallar el cálculo de la respuesta máxima se toma como un criterio la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados, en las siguientes ecuaciones (45) y (46).

$$V_{Smax} = \left\{ (1 - \epsilon\gamma)^2 \epsilon^2 S_{d1}^2 + \gamma^2 \epsilon^2 \frac{1}{\gamma^2} (1 - (1 - \gamma)\epsilon)^2 S_{d2}^2 \right\}^{0.5} \quad (\text{Ecuación 45})$$

$$V_{Smax} = \epsilon \left[ S_{d1}^2 + S_{d2}^2 \right]^{0.5} \quad (\text{Ecuación 46})$$

Para un gran porcentaje de los casos  $S_{d1}^2$  es superior al  $S_{d2}^2$ , sabiendo esto tomamos en cuenta el desplazamiento máximo del 2 grado de libertad se toma la siguiente ecuación (47).

$$V_{Smax} \approx \epsilon S_{d1} \quad (\text{Ecuación 47})$$

Para el sistema de aislamientos el cálculo de sus desplazamientos máximos  $V_{bmax}$  el cual su desarrollo es parecido por la combinación de la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados tenemos la siguiente ecuación (48). sabiendo que los factores  $\gamma^2, \epsilon^2$  son mínimos se puede simplificar en la siguiente ecuación. (49).

$$V_{bmax} = \{(1 - \epsilon\gamma)^2 S_{d1}^2 + \gamma^2 \epsilon^2 S_{d2}^2\}^{0.5} \quad (\text{Ecuación 48})$$

$$V_{bmax} = (1 - \epsilon\gamma) S_{d1} \quad (\text{Ecuación 49})$$

Es importante comprender la dinámica de los edificios de base aislada, por lo cual en esta sección se realizó una revisión de la base teórica de los modelos que representan el comportamiento de edificios de base aislada. Los modelos de 1 GDL y 2 GDL conducen a aproximaciones de resultados mediante cálculos relativamente sencillos. Debido a la naturaleza dinámica de los edificios de base aislada, los modelos de 1 GDL son suficientes para obtener una buena estimación de resultados.

### 2.2.5. Energía en un sistema de disipadores.

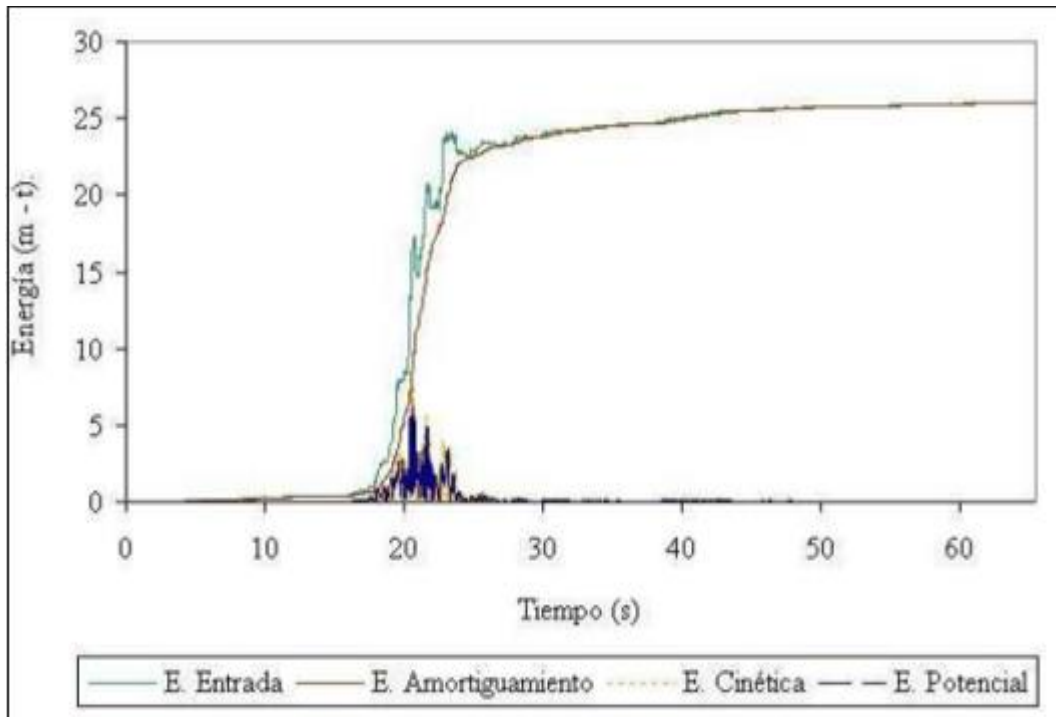
En el ámbito de diseño de estructuras sísmicas los parámetros aumentan para edificaciones esenciales los cuales requieren alternativas de sistemas de protección sísmica en el cual se puede usar sistemas como los disipadores de energía así mismo los aisladores sísmicos ya que estos son los sistemas que se utilizan más en la actualidad, ya que estos dispositivos hacen que las estructuras o edificaciones tengan mejor comportamiento frente a un impacto sísmico.

Gracias a las propiedades mecánicas de estos sistemas de la adición de rigidez o amortiguamiento por lo cual se debe conocer cómo se distribuye la energía sísmica y poder comprender la distribución de las fuerzas sísmicas de la edificación sometidas a ellas. Por lo cual se utiliza el balance de energías. (Chilón, 2017)

$$E = E_k + E_s + E_h + E_d \quad (\text{Ecuación 50})$$

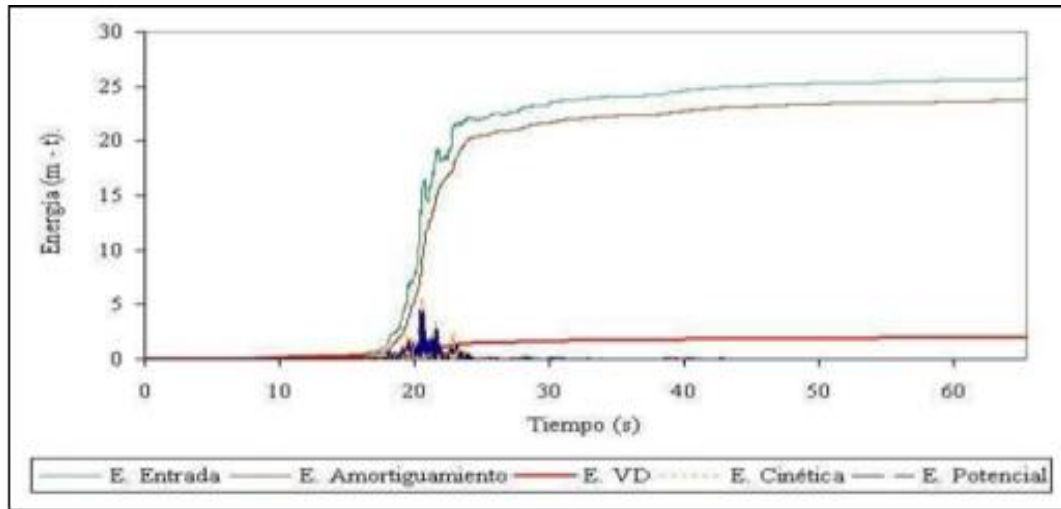
Donde las expresiones están dadas por:

- $E$ : Energía de agente externo (Energía sísmica).
- $E_k$ : Energía cinética.
- $E_s$ : Energía elástica de deformación recuperable.
- $E_h$ : Energía inelástica, esta energía es irre recuperable.
- $E_d$ : Energía de amortiguamiento, esta energía es dada por los dispositivos de amortiguamiento.



**Figura 11.** Distribución de energía sobre una edificación sin disipadores (Tafur, 2018)



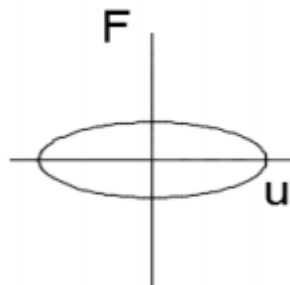


**Figura 12.** Distribución de energía en una edificación con sistema de disipadores viscosos (Tafur, 2018)

### 2.2.5.1. Disipadores dependientes a la velocidad.

#### 2.2.5.1.1. Disipadores de fluidos viscosos.

Estos sistemas de disipadores tienden a tener una dependencia de la velocidad y no a los desplazamientos por lo que en general no afectan a la estructura es decir no afectan a la rigidez de la estructura y tampoco aumentan los esfuerzos de todos los elementos estructurales. (Tafur, 2018)



**Figura 13.** Diagrama Fuerza – Desplazamiento de un sistema de disipador de fluidos viscoso (Tafur, 2018)

#### 2.2.5.1.2. Modelos matemáticos

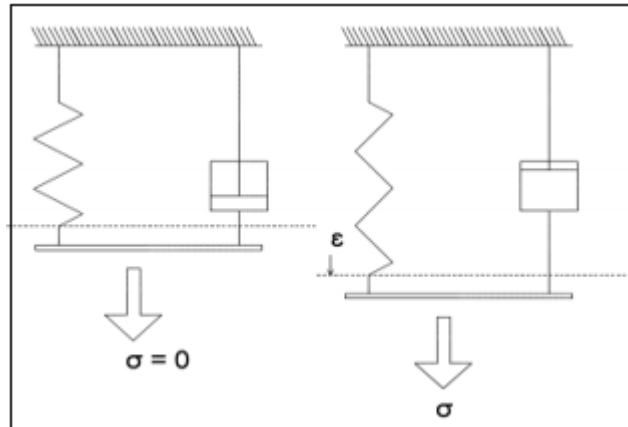
##### a. Modelo sólido Voigt-Kelvin.

En este modelo matemático se realiza a la utilización de un amortiguador newtoniano así mismo se utiliza un resorte hookeano estos están entre sí paralelamente colocados en lo cual calculamos la deformación unitaria del resorte  $\epsilon_d$  y consecutivamente la deformación unitaria del amortiguador  $\epsilon_s$  en la siguiente ecuación (51), así mismo calcularemos el esfuerzo  $\sigma$  en la

ecuación (52), donde los coeficientes  $\eta$  es el de viscosidad y  $E$  es el módulo de elasticidad. (Tafur, 2018)

$$\varepsilon_d = \varepsilon_s = \varepsilon \quad (\text{Ecuación 51})$$

$$\sigma = \sigma_s + \sigma_d = E\varepsilon + \eta\varepsilon \quad (\text{Ecuación 52})$$

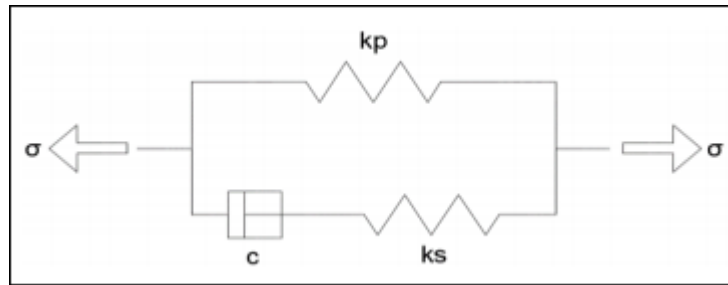


**Figura 14.** Grafica del modelo matemático de Voigt-kelvin (Fuentes, 2015).

**b. Modelo de solido lineal estándar.**

El modelo lineal estándar es una combinación del modelo de Maxwell en el cual se introduce o se implementa un resorte paralelo como se muestra en la imagen (11), el cual puede dar relajación a los esfuerzos y así mismo puede pronosticar los fenómenos de flujo plástico, así mismo la rigidez  $k_e$  del resorte el cual brinda una estabilidad del sistema luego de haber aplicado los esfuerzos en sistemas Maxwell.

Ya que son paralelos las deformaciones serán las mismas para los dos sistemas, entonces el esfuerzo total  $\sigma$  es obtenido por la composición de los dos esfuerzos de cada modelo como se muestra en la siguiente ecuación (53) (Fuentes, 2015)



**Figura 15.** Representación de un modelo lineal estándar.

$$\varepsilon = \dot{\varepsilon}_s + \varepsilon_d = \frac{\dot{\sigma}}{E} + \frac{\sigma}{\eta} \Rightarrow \dot{\sigma} + \frac{E}{\eta}\sigma = E\dot{\varepsilon} \quad (\text{Ecuación 53})$$

### 2.2.5.2. Ecuaciones generales.

La fuerza debida de un disipador de fluidos viscosos se calcula en la siguiente ecuación donde:

- $F$  = Representa la fuerza del disipador y tiene como medida a  $lb$ .
- $V$  = Velocidad relativa que existe entre el amortiguador y se mide como pulg/seg.
- $C$  = Esta es la constante de amortiguamiento del disipador y que se mide como  $(lb \times seg / pulg)$ , para el cálculo de la constante se calcula con el diámetro de la compuerta y el área del orificio.
- $\alpha$  = Este es el coeficiente de exponente de velocidad que pueden variar en  $(0.3 - 1.0)$ . El valor  $\alpha$  depende del diseño del disipador.

$$F = CV^\alpha \quad (\text{Ecuación 54})$$

### 2.2.5.3. Deriva Objetivo

Para el cálculo de la deriva objetivo o respuestas de reducción sísmica se calcula mediante la siguiente ecuación, en donde:

$$B = \frac{D_{max}}{D_{objetivo}} \quad (\text{Ecuación 55})$$

- ✓ Deriva máxima ( $D_{max}$ ): Es la deriva máxima entre piso calculada sin el disipador sísmico.
- ✓ Deriva objetivo ( $D_{objetivo}$ ): Es la deriva de reducción deseada con el sistema de disipación de energía del sismo. (BRYAN, 2019)

#### 2.2.5.4. Amortiguamiento efectivo ( $\beta_{eff}$ )

Se determina mediante la siguiente ecuación:

$$B = \frac{1.65}{2.31 - 0.41 \cdot \ln(\beta_{eff})} \quad (\text{Ecuación 56})$$

#### 2.2.5.5. Amortiguadores lineales

En la siguiente ecuación (57) se calcula el coeficiente de amortiguamiento de los disipadores de energía, también se sabe que los amortiguamientos en los pisos superiores son menos eficientes que los que están en los niveles inferiores, donde:

- $\beta_{visc}$ : Este es el amortiguamiento crítico para los sistemas disipadores sísmicos.
- $T$ : Este es el periodo fundamental que tiene la edificación o la superestructura.
- $C_j$ : este es el coeficiente de amortiguamiento del sistema de disipación de energía  $j$ .
- $\phi_i$ : Este es el coeficiente de desplazamiento modal en el modo " $i$ ".
- $\phi_{rj}$ : Este es el coeficiente de desplazamiento modal que es concerniente a ambos extremos del sistema de disipación de energía  $j$  en la dirección horizontal.
- $\theta_j$ : Este representa al ángulo de inclinación del sistema de disipación de energía  $j$ .
- $m_i$ : Este es Masa de cada modo " $i$ ".

$$\beta_{visc} = \frac{T \Sigma C_j \phi_{rj}^2 \cos^2 \theta_j}{4\pi \Sigma m_i \phi_i} \quad (\text{Ecuación 57})$$

#### 2.2.5.6. Amortiguadores no lineales.

Para poder calcular el amortiguamiento no lineal se realiza con la siguiente ecuación (58) para poder determinar el coeficiente, teniendo en cuenta que:

- $\beta_{visc}$  = Este es el amortiguamiento crítico para los sistemas disipadores sísmicos.
- $C_j$ : este es el coeficiente de amortiguamiento del sistema de disipación de energía j.
- $\phi_i$ : Este es el coeficiente de desplazamiento modal en el modo "i".
- $\phi_{rj}$ : Este es el coeficiente de desplazamiento modal que es concerniente a ambos extremos del sistema de disipación de energía j en la dirección horizontal.
- $\theta_j$ : Este representa al ángulo de inclinación del sistema de disipación de energía j.
- $m_i$ : Este es Masa de cada modo "i".
- $A$ : Este es el coeficiente de amplitud del modo fundamental lo que quiere decir es la traslación o desplazamiento de la edificación relativamente desde la azotea hasta la base de la estructura.
- $\omega$ : este coeficiente es la medida de velocidad de rotación (frecuencia angular).
- $\lambda$ : El coeficiente lambda cual es el modo de vibración.
- $\alpha$ : Este es el coeficiente de exponente de velocidad que pueden variar en (0.3 - 1.0). El valor  $\alpha$  depende del diseño del disipador.

$$\beta_{visc} = \frac{\sum_j \lambda C_j \phi_{rj}^{1+\alpha} \cos^{1+\alpha} \theta_j}{2\pi A^{1+\alpha} \omega^{1+\alpha} \sum_i m_i \phi_i} \quad (\text{Ecuación 58})$$

Para hallar lambda se tiene la siguiente ecuación (59) donde  $r$  es la función gamma.

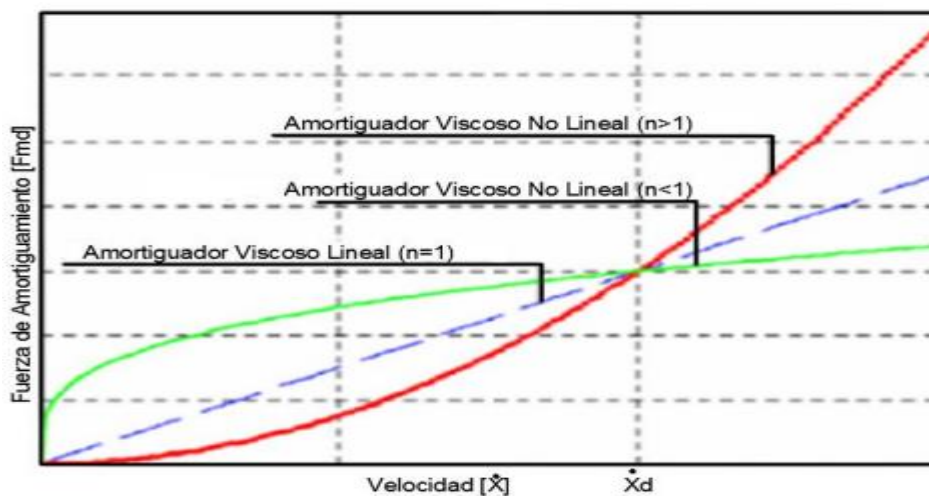
$$\lambda = 2^{2+\alpha} \frac{r^{2(1+\frac{\alpha}{2})}}{r(2+\alpha)} \quad (\text{Ecuación 59})$$

#### 2.2.5.6.1. Coeficiente de amortiguamiento "α":

El coeficiente  $\alpha$  de amortiguamiento es un exponente de la velocidad que al mismo tiempo nos ayuda a calcular como es el comportamiento histerético para los disipadores de energía usados en la edificación, para los disipadores de fluidos viscosos que sean iguales al coeficiente de amortiguamiento  $\alpha$  según los parámetros que son ( $\alpha = 1$  ;  $\alpha > 1$ ) quiere decir que son disipadores líneas que son relativas a la velocidad, en cambio para disipadores que sean mayores

o superior a los parámetros de coeficiente  $\alpha$  de amortiguamiento son disipadores no lineales, ya que estas tienen que tener una superioridad de velocidad para poder aumentar las fuerzas de los disipadores de energía.

En la siguiente ilustración (16) se muestra a los disipadores no lineal ya que se puede apreciar que se necesita una velocidad superior para poder aumentar la fuerza de amortiguamiento que genera el disipador en comparación a los sistemas de disipación que cumplen con los parámetros requeridos de amortiguamiento.

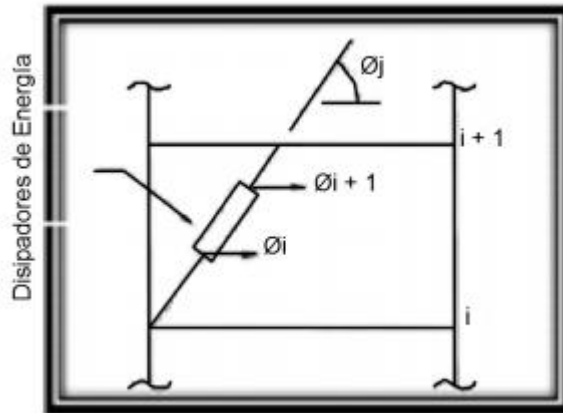


**Figura 16.** Diagrama de Relación velocidad vs fuerza del disipador en amortiguamiento lineal y no lineal.

Para los valores más usados para el coeficiente de amortiguamiento  $\alpha$  están entre los parámetros que pueden ser de 0.4 a 0.5 que han sido comprobados que tiene más uso para el diseño sísmico en las estructuras.

### 2.2.5.7. Ángulo de inclinación de sistemas de disipadores de energía.

Es muy importantes la colocación de los sistemas de disipación de energía en la siguiente figura (17) se muestra la inclinación  $\theta_j$  de ella así mismo se muestra



**Figura 17.** Angulo de inclinaciones y desplazamiento relativos de un dispositivo de disipación sísmica (Tafur, 2018)

### 2.2.5.8. Rigidez del brazo metálico del sistema de disipación “K”.

para el cálculo de la rigidez del sistema de disipación se realiza con la siguiente ecuación (60) en donde:

$E$ : Este es el Coeficiente de elasticidad del material del disipador (acero).

$A$ : área del acero

$L$ : Longitud del brazo metálico del sistema de disipación.

$$K = \frac{EA}{L} \quad (\text{Ecuación 60})$$

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

Para calcular ese valor que es la amplitud tomamos la siguiente formula:

$$A = \frac{10 g r_1 S_{d1} T_1}{4 B_{1D} \pi^2} \quad (\text{Ecuación 61})$$

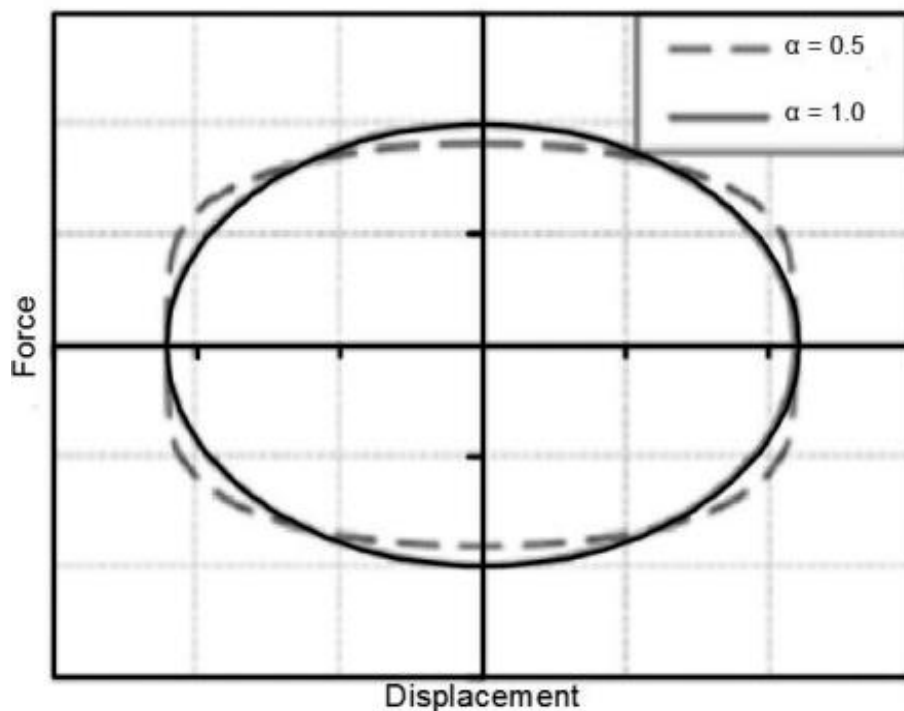
Donde:

- $g$  = aceleración gravitacional
- $r_1$  = factor de participación modal

- $S_{D1}$  = aceleración máxima espectral del sismo de diseño
- $T_1$  = periodo del primer modo de vibración
- $B_{1D}$  = coeficiente de amortiguamiento

#### 2.2.5.10. Conducta fuerza desplazamiento.

La conducta histerético generalmente de los sistemas de disipación de energía de fluidos viscosos es geométrica elíptica donde llega a tener desplazamientos nulos ya que alcanzan valores máximos de fuerza, como podemos ver en la siguiente figura (18).



**Figura 18.** Diagrama de relación entre la fuerza-desplazamiento para parámetros de 0.5 a 1. (Tafur, 2018)

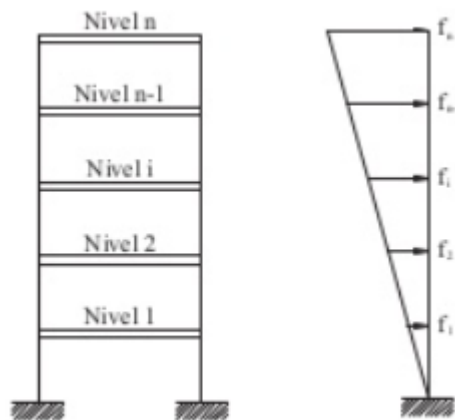
#### 2.2.6. Métodos para el desarrollo de análisis sísmico.

Según la norma E.031 de aislamiento sísmico nos brinda los métodos de análisis sísmico para poder diseñar y evaluar, en los cuales tenemos los siguientes conceptos para cada método de los análisis propuestos por la norma E.031.



### 2.2.6.1. Análisis estático.

Para el análisis estático se puede realizar cuando siempre se cumplan los parámetros dictados por la Norma E.031 de aislamiento sísmicos donde se tendrá en cuenta las máximas propiedades de los sistemas de aislamiento sísmico en donde también se tomará en cuenta la zona sísmica así mismo el tipo de suelo, teniendo en claro que el análisis estático es un desarrollo simple en que cual consiste en encontrar las fuerzas laterales así mismo los desplazamientos como se muestra en la siguiente figura (19), donde la sollicitación sísmica está definida por el pseudo-aceleraciones es decir el espectro de reacción.



**Figura 19.** Aplicación de fuerzas laterales distribuidas en una edificación.

Para el desarrollo del análisis estático se desarrolla inicialmente los desplazamientos laterales que están propuestos para el diseño por lo cual se tiene que obtener los desplazamientos traslaciones el cual este como función al espectro de pseudo-aceleración y por supuesto también del amortiguamiento del sistema de disipación o aislamiento y continuamente se puede calcular el periodo efectivo que corresponde a los desplazamientos traslaciones donde se necesita el peso de edificación sobre la plataforma de aislamiento para caso de aisladores y por supuesto de la rigidez efectiva, entonces luego de haber hecho todo el procedimiento se calcula el desplazamiento total de la súper estructura es decir que es desplazamiento de torsión accidental y real también son considerados .

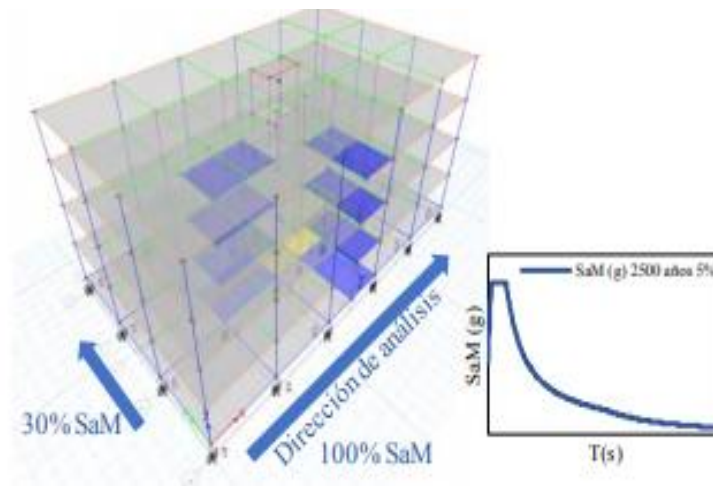
Tenemos como un segundo paso es el de calcular las fuerzas laterales mínimas que son exigidas por los parámetros de diseño, por lo cual se calculan las fuerzas en los sistemas de asilamiento y disipación, para el caso de aislamiento se calcula la fuerza que ejerce la estructura sobre la base de aislación y sus límites, luego para los distintos niveles de la edificación de calculan las fuerzas de distribución vertical.

Para las derivas máximas de una estructura no debe sobrepasar los 3.5%, uno de los aspectos del análisis sísmico estático es que no da a conocer las aceleraciones que existen por piso lo que sí se puede en el análisis dinámico.

#### **2.2.6.2. Análisis dinámico modal espectral.**

Para el análisis dinámico se requiere el pseudo-aceleración para poder obtener la respuesta espectral así mismo la Norma peruana E.031 nos da parámetros de diseño que son necesarios cumplir para poder realizar el análisis dinámico modal en el cual se especifica que el amortiguamiento efectivo debe ser mayor al amortiguamiento modal del modo fundamental, los valores de amortiguamiento modal para los otros modos deben ser consistentes deben ser correspondientes para base fija. (Zanelli, y otros, 2019)

En el análisis modal se debe usar el 30% del espectro que tenga la dirección perpendicular igualmente se usa el 100% en la dirección de análisis como se puede mostrar en la siguiente figura (20), para desplazamiento que existe en el modelo de aislación se calcula como suma vectorial para los dos desplazamientos existentes ortogonales (Zanelli, y otros, 2019).



**Figura 20.** Diagrama de los porcentajes del espectro SaM realizado en una dirección de análisis (Zanelli, y otros, 2019).

Para el análisis con vectores que ayuden a poder determinar los modos de vibración pueden ser los modos Eigen ya que estos los más convenientes para poder calcular las respuestas de la aceleración horizontal, igualmente tenemos el otro método los vectores Ritz ya que estas son dependientes de las cargas eso quiere decir que son más a convenientes para el análisis de aceleración vertical del terreno, para los las respuestas espectrales de cada modo de vibración tenemos diferentes posibilidades de deformaciones por lo cual los resultados pueden ser combinados de diferentes métodos los cuales pueden ser (raíz cuadrada de la suma de los cuadrados, suma de los valores absolutos y también tenemos el método combinación cuadrática completa) ,actualmente el método más usado es el SRSS ser (raíz cuadrada de la suma de los cuadrados). (Zanelli, y otros, 2019)

### 2.2.6.3. Análisis dinámico no lineal Tiempo – Historia

Para este análisis es permitido para el diseño de edificaciones que tengan un sistema de disipación y aislación sísmica para las edificaciones que no cumplan con los parámetros del análisis sísmico dinámico modal espectral que están especificados en la Norma peruana de aislamiento sísmico E.0.31.

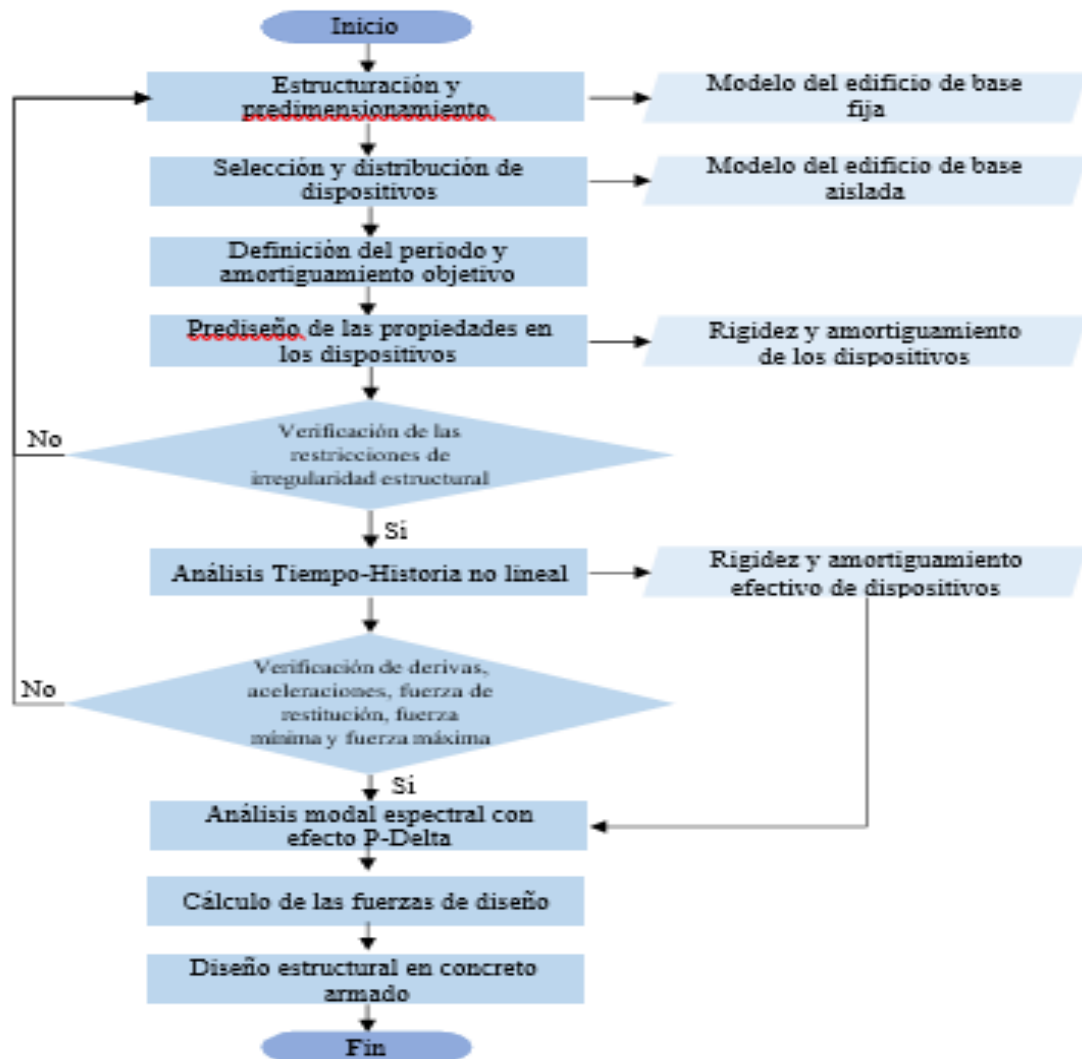
En la sollicitación sísmica es necesario realizar según los parámetros que están implementados en la Norma Peruana E.030 sismo resistente. Para el registro sísmico se debe implementar el modelo siempre y cuando se dé tener en consideración a la excentricidad de masa más desfavorables. Para los cálculos

de las derivas máximas se hace la suma vectorial de los desplazamientos ortogonales para cada momento o periodo de tiempo.

El objetivo de los métodos para el análisis sísmico mencionado anteriormente es el de poder diseñar y ejecutar, en el modelo estático es un método adecuado ya que este es un análisis que no tiene o no es necesario un modelo tridimensional para poder calcular o evaluar los desplazamientos y las fuerzas de diseño en cambio si es necesario realizar el diseño en conjunto de todos los elementos estructurales es necesario utilizar el método de análisis sísmico modal espectral por otro lado si solo es necesario verificar derivas y aceleraciones es recomendable el uso del análisis dinámico no lineal tiempo-historia.

#### **2.2.7. Pasos para el diseño de una infraestructura de aislamiento.**

Los pasos para un diseño sísmico de una edificación se deben tener en cuenta la verificación de las aceleraciones así mismo de las derivas, también se tiene en cuenta como la mínima fuerza de restitución y por supuesto la fuerza mínima axial (tracción) y fuerza máxima axial (compresión) que están indicas en la Norma peruana E.031 de aislamiento sísmico. en la siguiente figura (21) se muestra un planteamiento de los pasos a seguir para el diseño de edificaciones que pueden por sistemas aislados o de disipación.



**Figura 21.** Flujograma del procedimiento de diseño en edificios con aislamiento sísmico (Zanelli, y otros, 2019)

### **III. Metodología.**

#### **3.1. Enfoque, tipo y diseño de investigación:**

##### **3.1.1 Enfoque de investigación**

Nuestra investigación es de un enfoque tipo cuantitativo pues se necesitan de instrumentos como, por ejemplo: guías, fichas de recolección de datos entre otros, para demostrar nuestra hipótesis planteada, utilizando cantidades numéricas y respaldando nuestros resultados mediante parámetros dictaminados en las diferentes normas que se utilizaron.

##### **3.1.2 Tipo de investigación**

###### **3.1.1.1 Por el propósito de Investigación**

###### **❖ Investigación Aplicada:**

###### **✚ Concepto:**

La investigación aplicada busca la generación de conocimiento con aplicación directa a los problemas de la sociedad o el sector productivo.

###### **✚ Según la investigación:**

El tipo de investigación del proyecto realizado es aplicada ya que se usará conocimientos ya conocidos para poder brindar una información nueva. En esta investigación se usará conocimientos y formulas según la norma E-030 y el método lineal con el fin de evaluar la resistencia de estructuras con aisladores sísmicos y sin disipadores, se hará una comparación en los efectos que tienen ambas estructuras sometidas a un movimiento telúrico simulado y se verá cuál de las estructuras es más resistente a un sismo.

###### **3.1.1.2. Por el Diseño de Investigación**

###### **❖ No Experimental:**

###### **✚ Concepto:**

La metodología por el tipo de diseño en este caso es no experimental descriptivo porque aquí no se manipulan variables y se basa en la observación de los factores tal cual para después analizarlos.

### ✚ Según la investigación:

Según la investigación realizada es no experimental descriptivo, se recolectan datos en un solo momento en un tiempo único, tiene como propósito describir variables y analizar su incidencia en un tiempo dado.



*Figura 22. Esquema de diseño de investigación*

**G:** Grupo o Muestra

**O:** Observación

### 3.1.1.3. Por el Nivel de Investigación

#### ❖ Nivel de investigación:

**Descriptivo:**

#### ✚ Concepto:

El método descriptivo es uno de los métodos cualitativos que se usan en investigaciones que tiene como prioridad la evaluación de las características que pueda tener la población en momentos relativos, este método es de describir el comportamiento una variable de números.

#### ✚ Según la investigación:

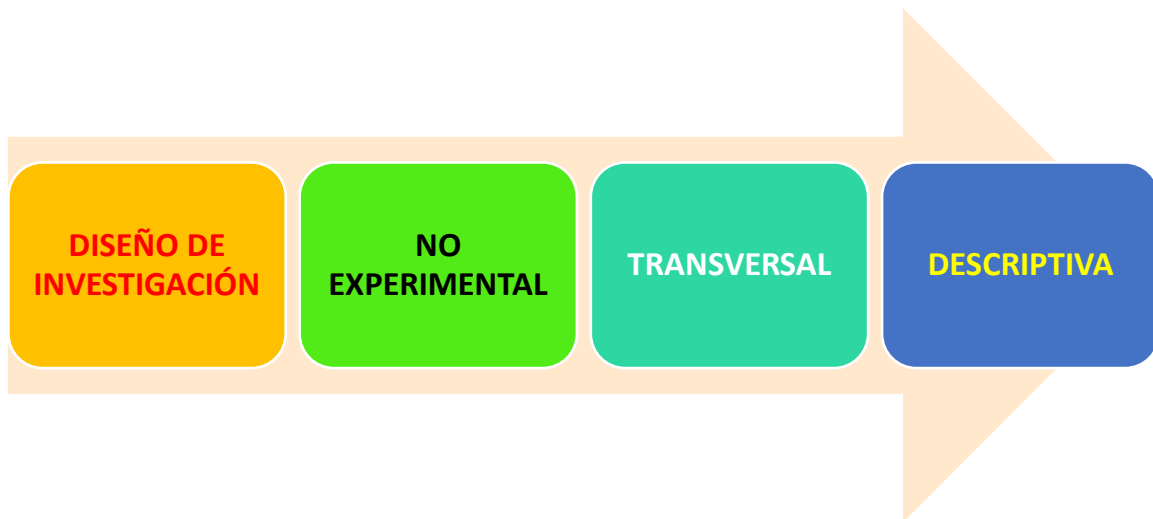
El proyecto de investigación que se realizara es de nivel descriptivo ya que usaremos un método cualitativo en la cual desarrollaremos una evaluación de algunas características de situaciones particulares de lo que provoca un movimiento telúrico, describiendo el comportamiento de una estructura bajo cargas de sismo y una estructura con disipador de fluido viscoso.

### 3.1.3 Diseño de Investigación

Este estudio de diseño es no experimental transversal descriptivo

#### ❖ Diseño Transversal

Un diseño transversal se define como un tipo de investigación en la cual se hace una recopilación en base a lo observado, teniendo un periodo de tiempo sobre una población muestra. (Paz, 2017)



*Figura 23. Diseño trasversal.*

## 3.2. Variable y Operacionalización.

### 3.2.1 Variable

En este trabajo de investigación se identificó una sola variable, la cual es de gran importancia para un proyecto, ya que se conceptualizan para que de ellas nazcan la hipótesis. (Paz, 2017)

### 3.2.2 Matriz y clasificación de variables

VARIABLES	CLASIFICACIÓN				
	RELACIÓN	NATURALEZA	ESCALA DE MEDICIÓN	DIMENSIÓN	FORMA DE MEDICIÓN
Análisis sísmicos	Independiente	Cuantitativa Continua	Razón	Multidimensional	Indirecta

*Tabla 1. Matriz de clasificación de variables.*



### 3.2.3 Matriz de Operacionalización de variables

**Tabla 2.** Matriz de Operacionalización de variables Ver tabla en anexos 3.1

### 3.3. Población, muestra, muestreo y unidad de análisis

#### 3.3.1 Población:

- **Población:** La edificación SKY UP, Trujillo-La Libertad, 2020.

#### 3.3.2 Muestra:

La edificación SKY UP, San Fernando II Etapa Manzana B Lote 18 – Trujillo-La Libertad.

### 3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

#### 3.4.1 Técnica:

En este proyecto de investigación se utilizará la técnica observación de tipo directa, por lo que se recopilará datos obtenidos en campo.

La observación es la parte elemental en una investigación, porque a través de ella se logra obtener datos para posteriormente ordenarlos y realizar de esta manera el análisis, la toma de decisiones en nuestro proyecto y en su defecto llegar a una determinada conclusión. (Paz, 2017)

#### 3.4.2 Instrumento de recolección de datos:

En el siguiente proyecto de investigación se desarrollará una guía de observación y fichas de recolección de datos, en la cuales se tendrán que anotar los valores siguientes, que son las derivas entre piso en (XX) y en (YY) teniendo en cuenta las máximas derivas según la norma E.030 para el diseño sismorresistente. (anexos 4.1)

Los instrumentos de recolección de datos son aquellos que sirven para registrar y recopilar información a través de sucesos o situaciones pasadas, teniendo como base principal las variables definidas en nuestra investigación **Tamayo** (2011).

Etapas de la investigación (Dimensiones)	Instrumentos	Validación
Estudio de mecánica de suelos aledaño.	Ficha de recolección de datos	Juicio de expertos especialistas en el tema de Investigación
Análisis sísmico en la edificación SKY UP sin disipadores y aisladores sísmicos.	Guía de observación	
Análisis sísmico en la edificación SKY UP usando disipadores sísmicos		
Análisis sísmico en la edificación SKY UP usando aisladores sísmicos		
Cuadro comparativo de los desplazamientos laterales en la edificación SKY UP con y sin aisladores y disipadores sísmicos		

**Tabla 3.** Instrumentos y validaciones.

### 3.4.3 Validación del instrumento de recolección de datos:

La validación o validez de nuestra recolección de datos será dada por un ingeniero especializado en la rama, también el instrumento será realizado con parámetros brindados en la norma peruana E.030 sismorresistente los cuales brindan criterios de análisis sísmicos y parámetros de medición. Dicha validez estará a cargo del Mag.Ing. Jorge Luis Meza Rivas CIP N°32326 y Mag.Ing. Josualdo Carlos Villar Quiroz CIP 106997

### 3.5. Procedimientos

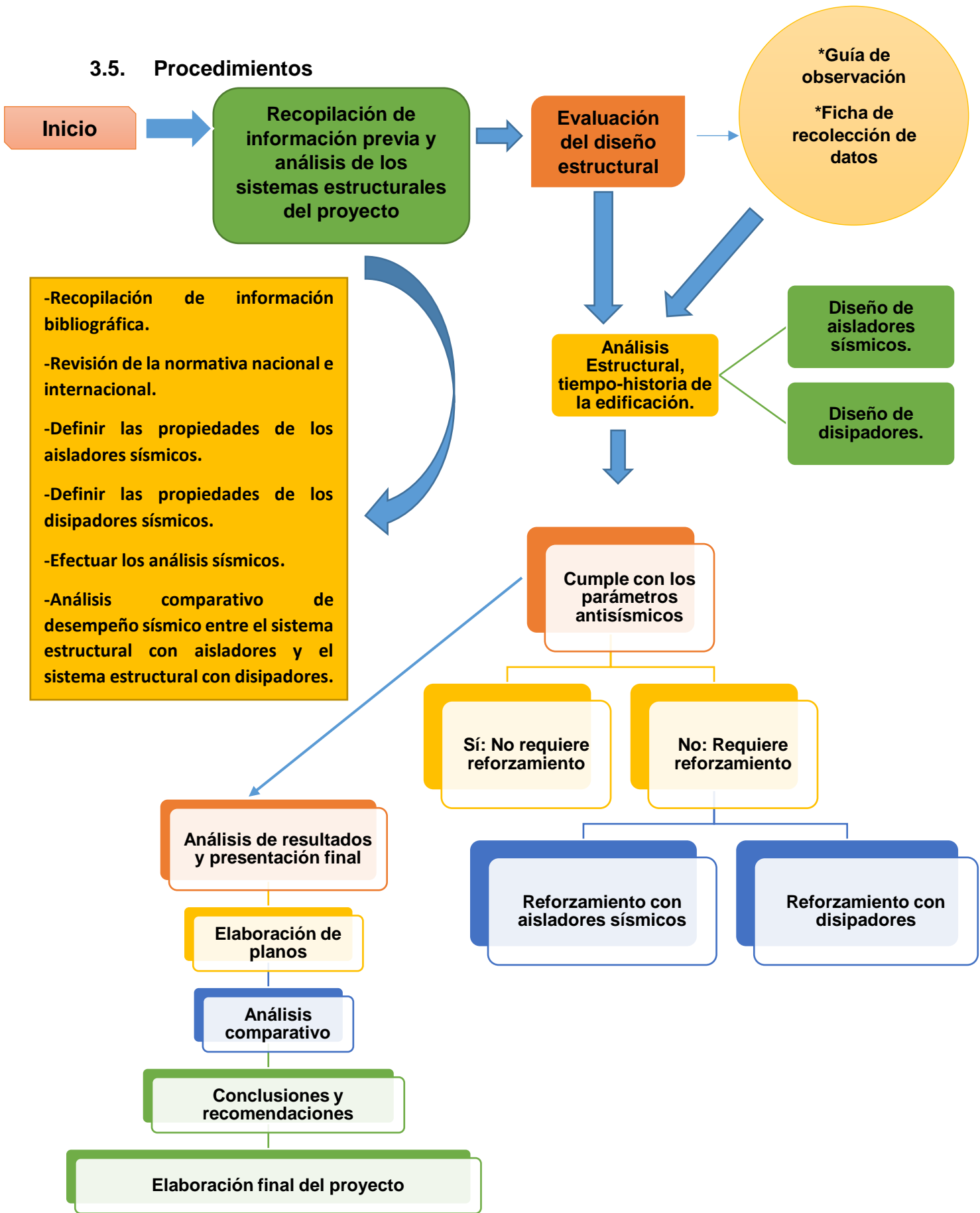


Figura 24. Procedimientos

Para desarrollar nuestra investigación hemos seleccionado una edificación esencial de 13 niveles en la ciudad de Trujillo, esta edificación será analizada considerando un sistema estructural con aisladores sísmicos y otro con un sistema estructural con disipadores de fluido viscoso y a la par para ser comparada con el sistema convencional con el que fue construido.

De esta manera, se analizará las ventajas que proporciona cada uno de estos sistemas de protección sísmica. Luego se procede a modelar la estructura mediante software ETABS, en este modelamiento se realizará el análisis sísmico de cada sistema estructural, utilizando las normas correspondientes como la E030 y la E031 al diseño de cada sistema estructural.

Primero se realizará el análisis tiempo-historia de la estructura convencional, luego, se realizará el análisis del sistema estructural con aisladores sísmicos para obtener las propiedades del aislador posteriormente se realizará el análisis estructural con disipadores de fluido viscoso, obteniendo las propiedades del disipador.

Después de diseñar los elementos se procederá a realizar el análisis de los costos de los tres sistemas estructurales, además, a fin de comparar el beneficio a largo plazo que pueden brindar estos sistemas de protección sísmica.

Una vez realizados todos estos procedimientos se analizará los diferentes aspectos investigados para llegar a las conclusiones de nuestro trabajo.

❖ **Inicio:**

Con el objeto de cumplir con los requisitos establecidos en nuestra malla curricular y siguiendo los lineamientos de nuestro ciclo académico es que nos dispusimos a elaborar nuestro proyecto de investigación basándonos en temas de dominio personal como es el caso nuestro en la línea de investigación diseño sísmico y estructural, aplicando en ello nuestros conocimientos adquiridos en clases, es así que encontramos el tema idóneo que es Disminución del impacto de un sismo mediante el uso de disipadores y aisladores sísmicos en la edificación SKY UP, Trujillo-La libertad, 2020.

❖ **Recopilación de información previa y análisis de los sistemas estructurales del proyecto:**

Para lograr nuestro cometido nos apoyamos en la:

- Recopilación de información bibliográfica.
- Recopilar el estudio de suelo (donde encontraremos la capacidad portante del suelo) (Norma E0.50, 2018)

$$q_u = cN_c S_c + qN_q S_q + \frac{\gamma B}{2} N_\gamma S_\gamma \quad (\text{Ecuación 62})$$

- Revisión de la normativa nacional e internacional.
- Definir las propiedades de los aisladores sísmicos.
- Definir las propiedades de los disipadores sísmicos.
- Efectuar los análisis sísmicos.
- Análisis comparativo de desempeño sísmico entre el sistema estructural con aisladores y el sistema estructural con disipadores

#### ❖ **Evaluación del diseño estructural:**

Con el objeto de evaluar nuestro diseño estructural nos apoyamos en herramientas básicas para el análisis respectivo como es el caso de guías de observación y fichas de recolección de datos, las que ayudarán a recolectar la información necesaria para evaluar dicho diseño, anexo 4.1.

#### ❖ **Análisis Estructural, tiempo-historia de la edificación:**

En este caso es necesario realizar el diseño de aisladores sísmicos, diseño de disipadores y el diseño de los elementos estructurales para concluir el análisis estructural tiempo-historia de la edificación en estudio. Anexo 7.3

#### ❖ **Cumple con los parámetros antisísmicos:**

Atendiendo a estas consideraciones sí cumple con los parámetros antisísmicos entonces la edificación no requiere reforzamiento, pero si no cumple con dichos parámetros antisísmicos entonces la estructura requiere reforzamiento, el cual podría ser con aisladores, con disipadores o de ser el caso con los dos sistemas antisísmicos a la vez, todo esto dependiendo del diseño estructural, el tamaño y la importancia de la edificación en estudio. Ver Anexo( 7.3 - 7.4 -7.5.)

❖ **Análisis de resultados y presentación final:**

Después de evaluar el desempeño de las edificaciones usando disipadores y aisladores sísmicos, se logra demostrar que las derivas, las aceleraciones globales y el sistema de amortiguamiento se reducen considerablemente, logrando de esta manera que el impacto de un sismo en la edificación sea menor. Ver Anexo (7.7)

❖ **Elaboración de planos:**

Como complemento para evaluar el análisis del impacto de un sismo en las edificaciones que usan aisladores y disipadores realizaremos la elaboración y recopilación de planos demostrando a través del uso del programa ETABS, el uso de la norma E030, E031, E020, FEMA 247 y la norma americana ACES 7-16 y utilizando el programa del AutoCAD, que la reducción al tener una edificación aislada es considerable.

❖ **Análisis comparativo:**

Por lo anteriormente expuesto realizaremos un análisis comparativo de una edificación con aisladores, una edificación con disipadores y una edificación con un diseño convencional y al comparar estas evidencias llegaremos a una determinada conclusión.

❖ **Conclusiones y recomendaciones**

Partiendo de los supuestos anteriores llegamos a la conclusión de que el implementar en una edificación el uso de disipadores y aisladores sísmicos reducen en un 84 el impacto de un sismo en ellas, por estas razones encontramos recomendable la aplicación y uso de estos sistemas para amortiguar, disminuir y redistribuir las fuerzas sísmicas en una estructura, previniendo así los daños materiales y humanos en una determinada ciudad.

❖ **Elaboración final del proyecto:**

Finalmente, luego de investigar, recolectar, estudiar y analizar cada etapa de nuestro procedimiento, llegamos a nuestra elaboración final del proyecto, aquí es la aplicación de todo lo anteriormente expuesto.

### 3.6. Métodos de análisis de datos

La presente investigación es de diseño no experimental transversal, puesto que se realizará el estudio en un solo periodo de tiempo, utilizaremos la técnica descriptiva cuyos instrumentos a aplicar son tablas de frecuencia o gráficos estadísticos, al ser nuestra variable cuantitativa continua usaremos histogramas, ojivas o polígonos, para el análisis de datos se usó fichas de observación tomadas en el proyecto, por medio de las hojas de cálculos (Excel). Anexos 7.7.

Nuestra investigación utilizará guía de observación, para la elaboración y procesamiento de datos se utilizó la técnica de muestreo no probabilístico por conveniencia, mediante software AutoCAD, ETABS, Office Excel, etc.

#### ❖ Gráficos e histogramas estadísticos

Los gráficos e histogramas estadísticos son técnicas gráficas que se utilizan para plasmar datos cuantitativos y de esta manera realizar un análisis visual de una determinada investigación, mediante el uso de barras.



*Figura 25. Gráficos e histogramas estadísticos. Fuente: internet*

### 3.7. Aspectos éticos

La ética es la parte esencial que debe primar en todo ser humano tanto en sus relaciones personales como laborales ya que juega un papel silencioso pero muy importante en nuestras vidas, se refiere a las costumbres y a la conducta humana, es decir trata del comportamiento y del accionar de las personas en su día a día; es por ello que cabe resaltar que en nuestro proyecto de investigación nos hemos

apoyado de diversos proyectos de investigación, tesis, artículos y noticias confiables para su posterior redacción y calificación a través de nuestros jurados calificados para dicha evaluación. La ética engloba la moral y el correcto accionar de un ser humano, por lo cual hemos trabajado con conciencia y dedicación en nuestro proyecto de investigación utilizando herramientas para llegar a su desarrollo final, citando de forma correcta las normas del manual ISO 690 y ISO 690-2 y además corroborando nuestra transparencia y similitud con el programa Turnitin. (Anexo N°9)

### **3.8 Desarrollo del proyecto de investigación**

#### **3.8.1. Estudio de mecánica de suelos aledaño**

En el informe técnico obtenido del laboratorio de mecánicas de suelos INGEOMA SAC, encontrados en nuestras fichas de recolección de datos tenemos para el cálculo de la capacidad portante lo siguiente:



ANÁLISIS DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES			
"COMERCIO - HOSTAL"			
CALICATA N° 1 - ESTRATO 2 / PROFUND. 1.40			
		FECHA :	Mar-18
<b>CAPACIDAD DE CARGA</b> (Terzaghi 1943 y modificado por Vesic 1975) $q_u = c N_c Sc + q N_q S_q + \frac{\gamma}{2} B N_\gamma S_\gamma$		<b>ASENTAMIENTO INICIAL</b> Teoría Elástica $S = C_s q B \left( \frac{1-\nu^2}{E_s} \right)$	
<b>FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA</b> $N_c = \cot \phi (N_q - 1)$ $N_q = e^{\pi \tan \phi} \tan^2 \left( \frac{1}{4} \pi + \frac{1}{2} \phi \right)$ $N_\gamma = 2(N_q + 1) \tan \phi$		<b>FACTORES DE FORMA (Vesic)</b> $S_c = 1 + \frac{B}{L} \frac{N_q}{N_c}$ $S_q = 1 + \frac{B}{L} \tan \phi$ $S_\gamma = 1 - 0.4 \frac{B}{L} \quad >= 0.6$	
Peso unitario suelo encima NNF $\gamma =$ 1.376 ton/m3 Peso unitario suelo debajo NNF $\gamma' =$ 1.383 ton/m3 Profundidad de cimentación (ZAPATA) 1.40 m Factor de seguridad 3.00 Prof. cimiento corrido (ingresar dato, si hay) 0.90	Relación de Poisson $\nu =$ 0.25 Módulo de elasticidad del suelo $E_s =$ 250.00 kg/cm2 Factor de forma y rigidez cimentación corrida $C_s =$ 254.00 cm/m Factor de forma y rigidez cimentación cuadrada $C_s =$ 112.00 cm/m Factor de forma y rigidez cimentación rectangular $C_s =$ 153.00 cm/m		
Sobrecarga en la base de la cimentación $q = \gamma D =$ 1.93 ton/m2 Sobrecarga en la base del cimiento corrido $q = \gamma D =$ 1.24 ton/m2			
Considerando Falla Local por Corte Angulo de fricción $\phi$ 26.00 Cohesión $c$ (kg/cm2) 0.017 $N_c$ 22.254 $N_q$ 11.854 $N_\gamma$ (Vesic) 12.539 $N_q/N_c$ 0.533 $\tan \phi$ 0.488			
B= Ancho de la cimentación L= Longitud de cimentación			

Figura 26. Estudios de mecánica de suelos

CIMENTACION CORRIDA								
B (m)	L (m)	Sc	Sq	Sy	qu (kg/cm2)	qad (kg/cm2)	S (cm)	
0.40		1.00	1.00	1.00	2.19	0.73	0.28	
0.50		1.00	1.00	1.00	2.28	0.76	0.36	
0.60		1.00	1.00	1.00	2.37	0.79	0.45	
0.80		1.00	1.00	1.00	2.54	0.85	0.65	
1.00		1.00	1.00	1.00	2.71	0.90	0.88	
CIMENTACION CUADRADA								
B (m)	L (m)	Sc	Sq	Sy	qu (kg/cm2)	qad (kg/cm2)	S (cm)	
1.20	1.20	1.53	1.49	0.60	4.60	1.53	0.77	
1.30	1.30	1.53	1.49	0.60	4.65	1.55	0.85	
1.50	1.50	1.53	1.49	0.60	4.76	1.59	1.00	
2.00	2.00	1.53	1.49	0.60	5.02	1.67	1.40	
3.00	3.00	1.53	1.49	0.60	5.54	1.85	2.33	
CIMENTACION RECTANGULAR								
B (m)	L (m)	Sc	Sq	Sy	qu (kg/cm2)	qad (kg/cm2)	S (cm)	
1.00	1.50	1.36	1.33	0.73	4.17	1.39	0.80	
1.50	1.90	1.44	1.41	0.67	4.63	1.54	1.33	
3.00	3.50	1.46	1.42	0.66	5.50	1.83	3.15	
4.00	6.00	1.36	1.33	0.73	6.06	2.03	4.65	

Se puede considerar como valor único de diseño:	
$q_{admisible} =$	1.53 kg/cm <sup>2</sup>
$Q_{admisible} =$	15.34 tn/m <sup>2</sup>
<b>CARGA ADMISIBLE BRUTA</b>	$Q =$ 23.01 tn/m
	$S =$ 1.00 cm

CARACTERISTICAS FISICAS DEL SUELO			
SUCS :	SP (ARENA MAL GRADUADA)		
AMSHTO :	A-3 (0)		
COLOR	$\beta^*$	$c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$P_u$ (Tn/m <sup>2</sup> )
Gris	26	0.017	1.383

Figura 27. Estudios de mecánica de suelos

### 3.8.1.1. Especificaciones generales de la edificación

#### 3.8.1.1.1. Aspectos físicos de los materiales

- **Aspectos del concreto.**

El diseño de concreto  $F'_c$  280 kg/cm<sup>2</sup> para lozas, placas, columnas, vigas y plateas de cimentación.

- **Módulo de elasticidad.**

El módulo de elasticidad es la representación del esfuerzo a la deformación de concreto siendo esta una deformación unitaria. La cual se obtuvo de la siguiente manera como está especificado en la formula (1.56). Norma E060

$$E_s: 15000\sqrt{F'_c} \quad (\text{Ecuación 63})$$

$$E_s: 15000\sqrt{280 \text{ kg/cm}^2}$$

$$E_s: 25099.80 \text{ kg/cm}^2$$

- **Peso específico.**

El peso específico es la densidad de la masa del concreto definida así mismo y su valor está dada en la siguiente expresión: Norma E 060

$$\gamma: 2400 \text{ kg/m}^3$$

- **Aspectos del Acero**

- **Fluencia del acero.**

Es la deformación cuando el concreto llega a tener su mayor compresión formándose de esta manera grietas en esta estructura absorbiendo así el acero toda la tensión, en esta tapa el esfuerzo en el acero aumenta hasta logra su valor de fluencia. Norma E060

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

➤ **Peso específico.**

El peso específico es la densidad de masa que en este caso es del acero la cual es mostrada. Norma E 060

$$\gamma: 7850 \text{ Kg/cm}^3$$

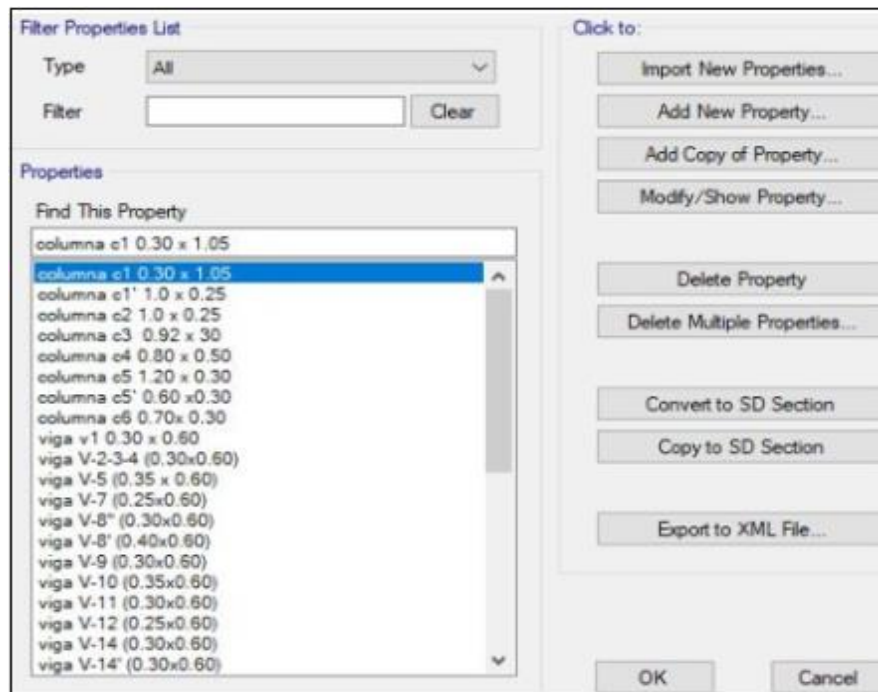
➤ **Módulo de elasticidad.**

El módulo de elasticidad es la capacidad de deformación del material en este caso es del acero la cual tenemos. Norma E060

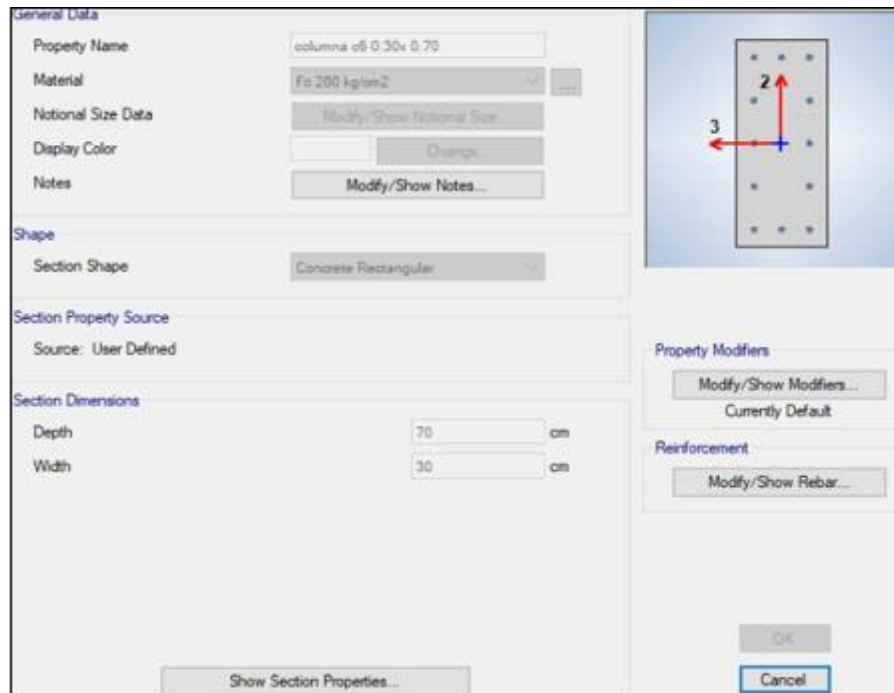
$$E_s: 2000000 \text{ kg/cm}^2$$

### 3.8.2. Modelamiento de la edificación el programa ETABS V-17

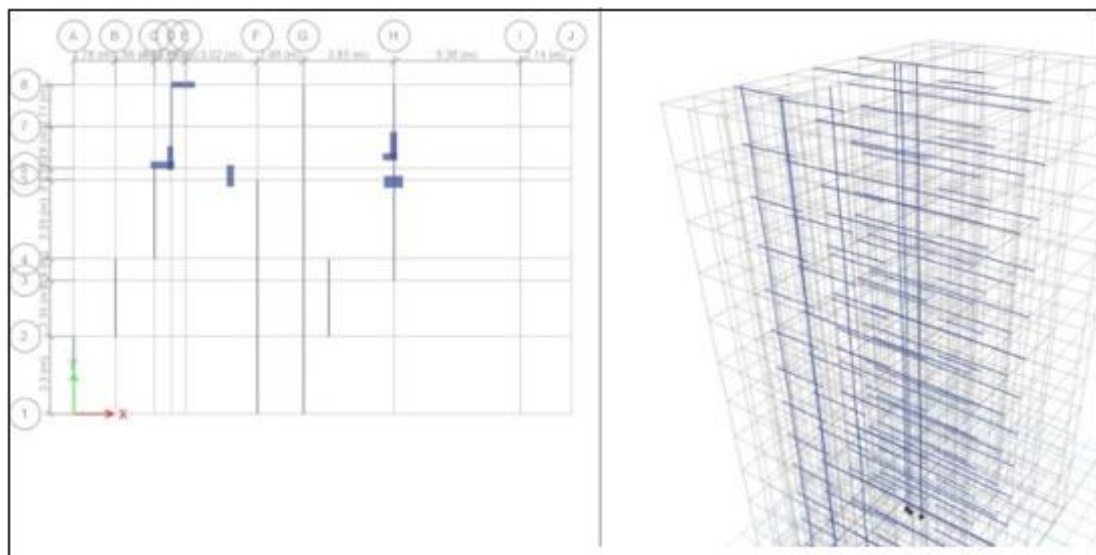
Se ha realizado el modelamiento con el programa ETABS en donde hemos modelado la edificación de 13 pisos en sus columnas, vigas y placas, estructurales con la fuerza de compresión  $F'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$  y fluencia del acero  $F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ , según el plano estructural de la edificación SKY UP. Según el siguiente detalle: ver Anexo 7.10



**Figura 28.** Modelamiento de vigas

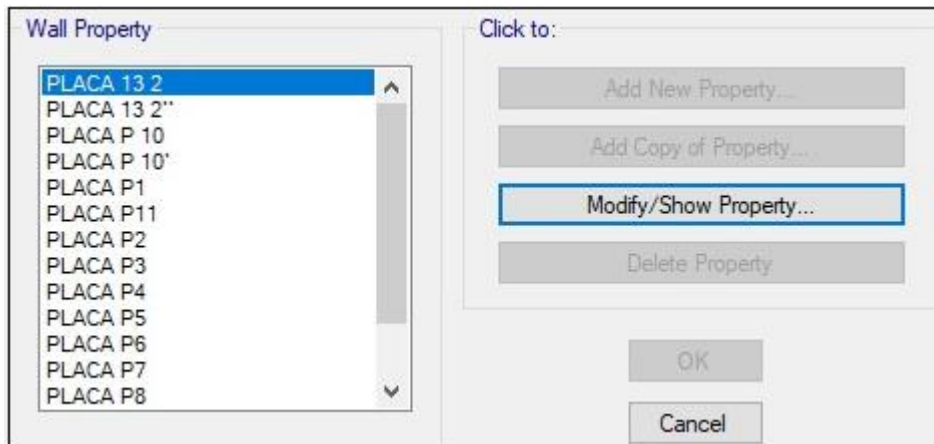


**Figura 29.** Modelamiento de columnas y vigas

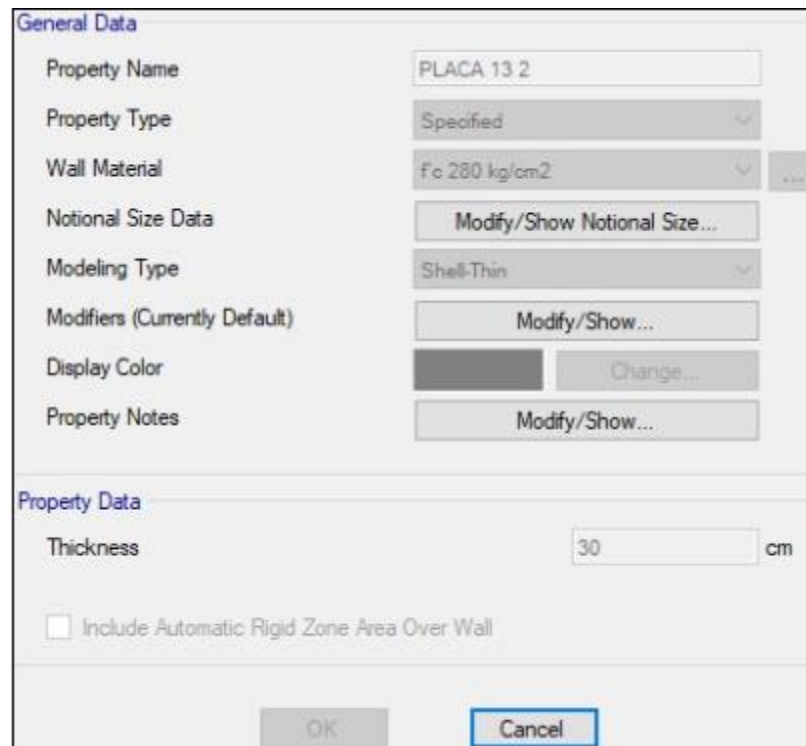


**Figura 30.** Modelamiento de la estructura.

- ✓ Hemos modelado con los parámetros estructurales las placas con las medidas según planos alcanzados, Anexo 8.3.



**Figura 31.** Modelamiento de placas

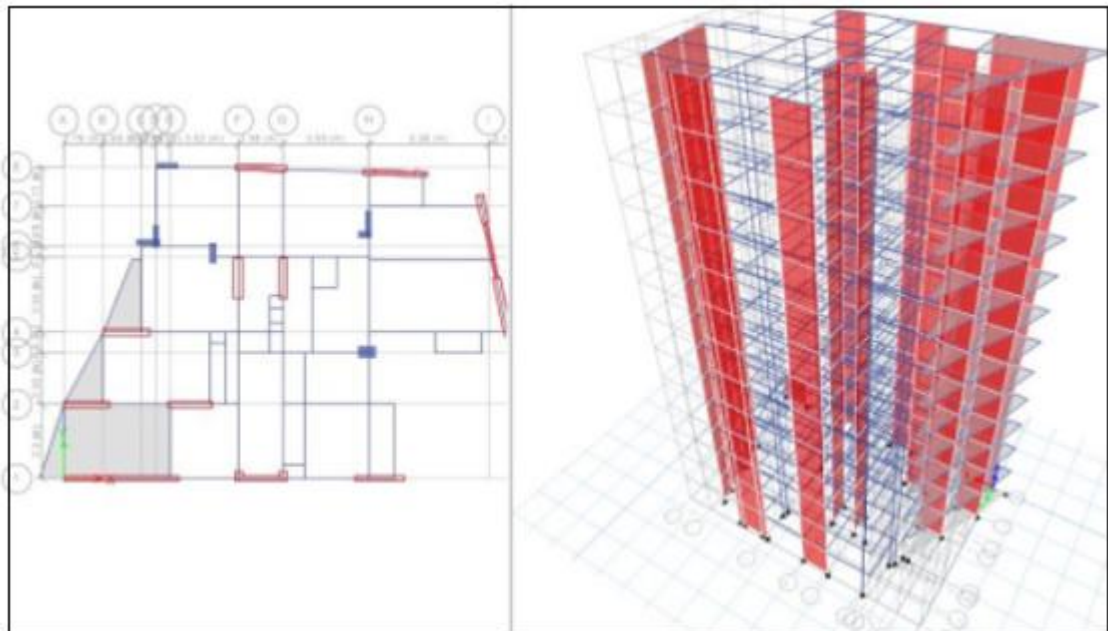


**Figura 32.** Modelamiento de placas

- ✓ Luego de haberse modelado las vigas, columnas y placas de nuestra edificación ingresamos al sistema ETABS los parámetros estructurales de las losas indicados en los planos de la misma. Anexo 8.3

General Data	
Property Name	losa aligerada 1 - 13 (0,20)
Slab Material	f'c 280 kg/cm <sup>2</sup>
Notional Size Data	Modify/Show Notional Size...
Modeling Type	Shell-Thick
Modifiers (Currently Default)	Modify/Show...
Display Color	<span style="background-color: magenta; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 20px; height: 10px;"></span> Change...
Property Notes	Modify/Show...
Property Data	
Type	WaFla
Overall Depth	20 cm
Slab Thickness	50 cm
Stem Width at Top	10 cm
Stem Width at Bottom	10 cm
Spacing of Ribs that are Parallel to Slab 1-Axis	30 cm
Spacing of Ribs that are Parallel to Slab 2-Axis	30 cm
<input type="button" value="OK"/> <input type="button" value="Cancel"/>	

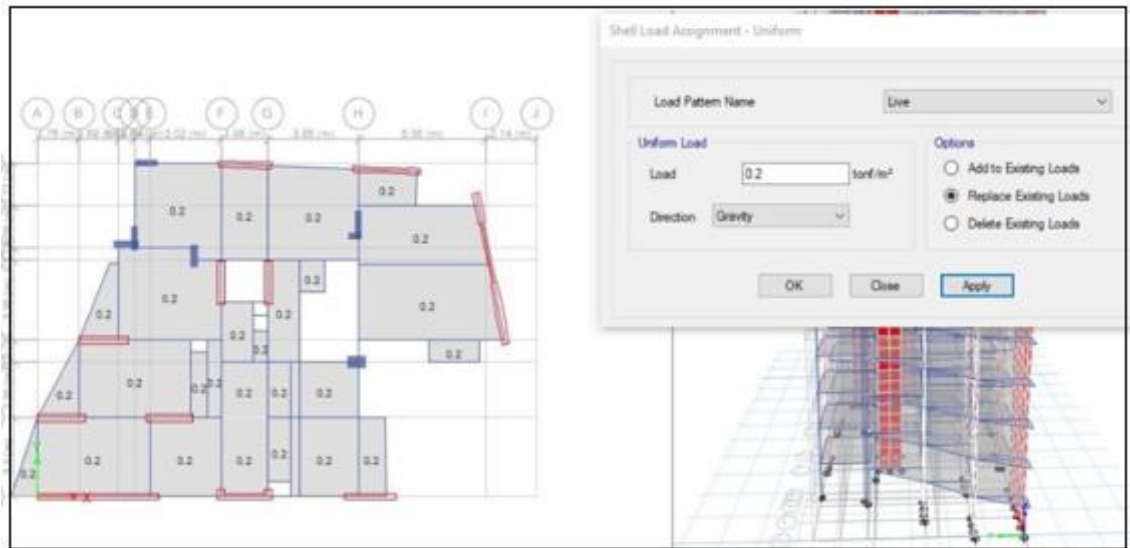
**Figura 33.** Modelamiento de losas



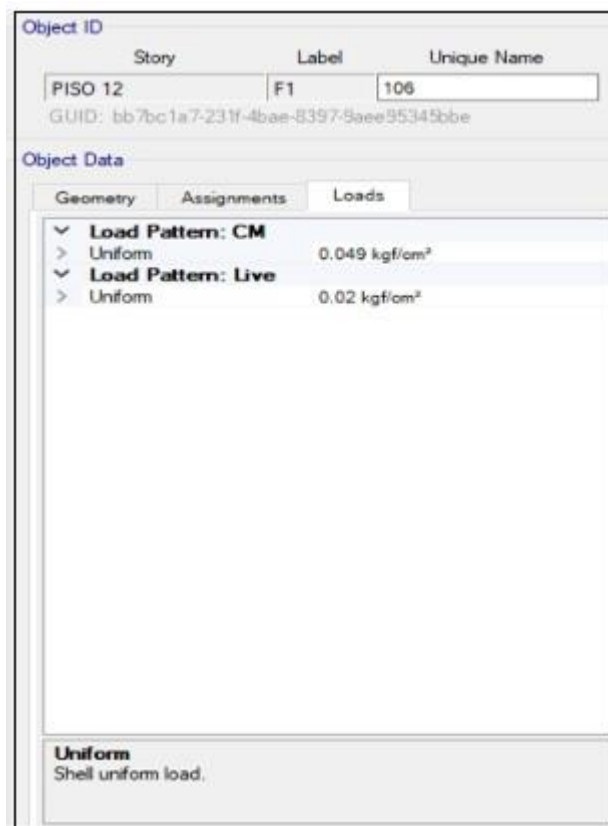
**Figura 34.** Colocación de losas en el programa ETABS

- ✓ Ingresamos los datos de las cargas vivas y las cargas muertas según las especificaciones de los planos obtenidos.





**Figura 35.** Cargas en la edificación



**Figura 36.** Modelamiento de cargas vivas y cargas muertas

Sabiendo que el último piso según la norma E020 y E030, nos indican que el último piso tiene una carga de  $100 \text{ Kg/cm}^2$ , ya que no tiene una inclinación.

- ✓ Cálculo de las cargas máximas axiales ( $P_U$ ): Para la estimación de pesos máximos es obtenido con los siguientes datos:

$$1.25(CM + CV) + CS$$

- Sabiendo que la carga del sismo es 0.30% de la carga muerta obteniendo de esta manera la siguiente ecuación:

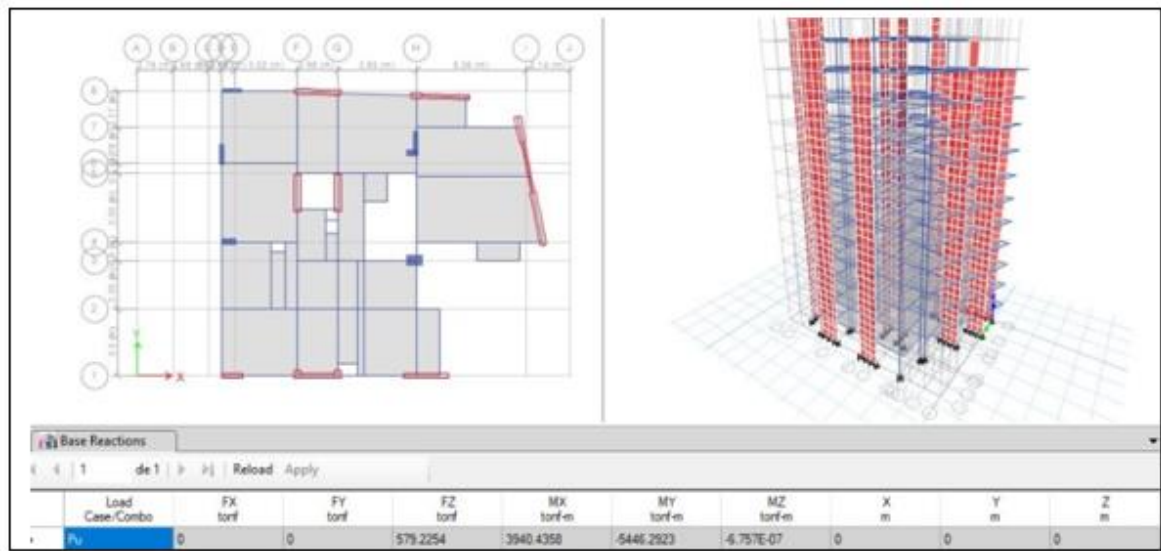
$$1.50CM + 1.25CV$$

- Obteniendo una carga máxima axial de 579 Ton, extraído del programa ETABS.

Load Name	Scale Factor
PP	1.5
SCP	1.5
Live	1.25
live up	1.25

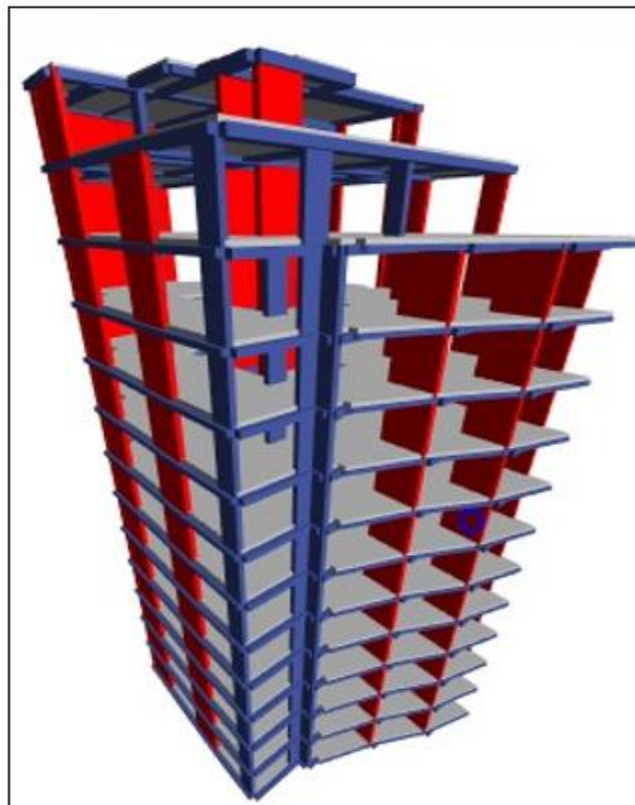
**Figura 37.** Carga máxima axial





**Figura 38.** Carga máxima axial.

- ✓ Luego de haber hecho todos los procedimientos incluyendo la restricción del movimiento de la edificación, podemos elaborar el diseño sísmico estático y tiempo – historia dinámico.



**Figura 39.** Modelamiento de la edificación.

### 3.8.3. Análisis Sísmico en la edificación Sky Up sin disipadores y aisladores sísmicos

#### 3.8.3.1. Parámetros sísmicos de la edificación

Para los parámetros sísmicos de la edificación nos guiamos de la Norma E030 en los cuales nos especifica:

- ✓ Peligro sísmico: Según la norma está indicado en un mapa en donde nos muestra los tipos de zonas sísmicas en el territorio nacional, en la cual nos brinda el factor Z, según se especifica en la norma E030 en la tabla número 1. La cual se guio por la ubicación de la edificación en estudio. Anexos 7.3.

$$ZONA = 4$$

$$Z = 045$$

- ✓ Clasificación de perfil de suelos: Tenemos las amplitudes sísmicas por diferentes tipos de suelos, las cuales se presenta en la tabla número 2 de la norma E030, teniendo en cuenta el estudio de suelos obtenidos a un estudio aledaño a la edificación obtenemos el siguiente factor de amplitud sísmica con respecto al tipo de zona de la edificación mostrada en la tabla número 3 de la presente norma. Anexos 7.3.

$$\text{Factor(S)} = 1.10$$

- ✓ Periodos  $T_p$  y  $T_L$ : Los periodos están conjugados con los factores de suelos los cuales están representados en la norma según la tabla número 4, obteniendo de esta manera los siguientes periodos:

$$T_p = 1$$

$$T_L = 1.6$$

- ✓ Factor de categorías y factor (U): En esta categoría encontramos las irregularidades de la edificación en donde representan el tipo de edificación como esenciales, importantes, comunes y temporales. En nuestro caso son las siguientes:

Tipo de edificación: Edificación común

$$U=1$$

- ✓ Coeficiente ( $R_o$ ): Es la reducción de las fuerzas sísmicas la que es representada en la tabla número 7 de la norma E030, en donde el factor R de la edificación es:

Concreto armado: Sistema dual

$$R_o = 7$$

- ✓ Estructuras regulares: Son las que, en su configuración resistente a cargas laterales, no presentan las irregularidades indicadas en la tabla 8 y 9; para nuestro caso:

$$I_a = 1$$

$$I_p = 0.90$$

Siendo el producto del resultado obtenido anteriormente podemos calcular el coeficiente de reducción de las fuerzas provocadas por un sismo denominada factor R cual resultado fue:

$$R = 6.30$$

- ✓ Estimación del peso para cargas (P): Para la estimación de pesos máximos es obtenido con los siguientes datos: Anexo 7.7.

MASA ETABS	N° PISO	mi	pi
12.84027	PISO 13	12.84027	125.963049
31.80474	PISO 12	31.80474	312.004499
38.89965	PISO 11	38.89965	381.605567
39.98586	PISO 10	39.98586	392.261287
39.98586	PISO 9	39.98586	392.261287
39.98586	PISO 8	39.98586	392.261287
39.98586	PISO 7	39.98586	392.261287
39.98586	PISO 6	39.98586	392.261287
39.98586	PISO 5	39.98586	392.261287
39.98586	PISO 4	39.98586	392.261287
39.98586	PISO 3	39.98586	392.261287
39.98586	PISO 2	39.98586	392.261287
43.14152	PISO 1	43.14152	423.218311
0	TOTAL		4773.14301

**Figura 40.** Peso de la edificación

- ✓ Calculo de la fuerza cortante en la base: Ya obtenidos todos los factores según la norma calculamos la cortante basal, cuya fórmula es:

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

Obteniendo una cortante basal de:

$$V=937.58\text{Ton}$$

- ✓ Calculo de la distribución de las cargas sísmicas en altura:

$$F_i = \alpha_i * V$$

- Sabiendo que:

$$\alpha_i = \frac{P_i * (h_i)^K}{\sum_{j=1}^n P_i * (h_i)^J}$$

pi	hi	pi(hi) <sup>k</sup>	αi
125.963049	35.46	5254.05974	0.0536
312.004499	32.74	11972.2454	0.1222
381.605567	30.02	13373.5768	0.1365
392.261287	27.30	12447.539	0.1270
392.261287	24.58	11153.9528	0.1138
392.261287	21.86	9866.87641	0.1007
392.261287	19.14	8587.08457	0.0876
392.261287	16.42	7315.56847	0.0747
392.261287	13.70	6053.64294	0.0618
392.261287	10.98	4803.13944	0.0490
392.261287	8.26	3566.7945	0.0364
392.261287	5.54	2349.1725	0.0240
423.218311	2.82	1251.12267	0.0128
<b>4773.14301</b>		<b>97994.7753</b>	

**Figura 41.** Distribución de cargas sísmicas en altura

- ✓ Cálculo del periodo fundamental de vibración:

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

Teniendo como resultado  $T = 0.59$  como nos indica la norma, teniendo en cuenta la altura del edificio y  $C$  para edificaciones de albañilería y para todas las edificaciones de concreto armado dual, también siendo para muros de ductilidad limitada con un factor de 60. Anexo 7.3.

- ✓ Obteniendo todos estos datos podemos calcular las fuerzas cortantes laterales por piso:

Fi	Vi
50.2691	50.2691
114.5465	164.8156
127.9540	292.7696
119.0939	411.8635
106.7173	518.5809
94.4030	612.9839
82.1584	695.1423
69.9929	765.1352
57.9193	823.0545
45.9549	869.0093
34.1259	903.1352
22.4761	925.6113
11.9703	937.5817
937.5817	OK!

**Figura 42.** Datos de las fuerzas laterales por piso.

- ✓ Ahora calcularemos la aceleración espectral o pseudo aceleraciones mediante la siguiente formula:

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

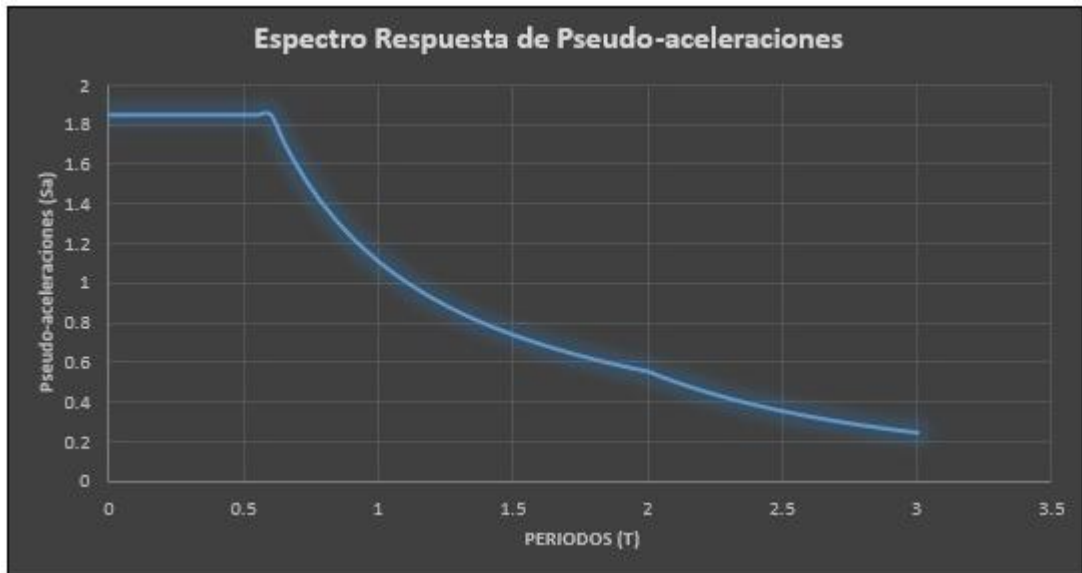
Obteniendo los siguientes resultados:

T	C	Sa
0.0000	2.5000	1.9262
0.0500	2.5000	1.9262
0.1000	2.5000	1.9262
0.1500	2.5000	1.9262
0.2000	2.5000	1.9262
0.2500	2.5000	1.9262
0.3000	2.5000	1.9262
0.3500	2.5000	1.9262
0.4000	2.5000	1.9262
0.4500	2.5000	1.9262
0.5000	2.5000	1.9262
0.5500	2.5000	1.9262
0.6000	2.5000	1.9262
0.6500	2.5000	1.9262
0.7000	2.5000	1.9262
0.7500	2.5000	1.9262
0.8000	2.5000	1.9262
0.8500	2.5000	1.9262
0.9000	2.5000	1.9262
0.9500	2.5000	1.9262
1.0000	2.5000	1.9262

1.0000	2.5000	1.9262
1.0500	2.3810	1.8345
1.1000	2.2727	1.7511
1.1500	2.1739	1.6749
1.2000	2.0833	1.6051
1.2500	2.0000	1.5409
1.3000	1.9231	1.4817
1.3500	1.8519	1.4268
1.4000	1.7857	1.3758
1.4500	1.7241	1.3284
1.5000	1.6667	1.2841
1.5500	1.6129	1.2427
1.6000	1.5625	1.2039
1.6500	1.4692	1.1320
1.7000	1.3841	1.0664
1.7500	1.3061	1.0063
1.8000	1.2346	0.9512
1.8500	1.1687	0.9005
1.9000	1.1080	0.8537
1.9500	1.0519	0.8105
2.0000	1.0000	0.7705
2.0500	0.9518	0.7333
2.1000	0.9070	0.6988

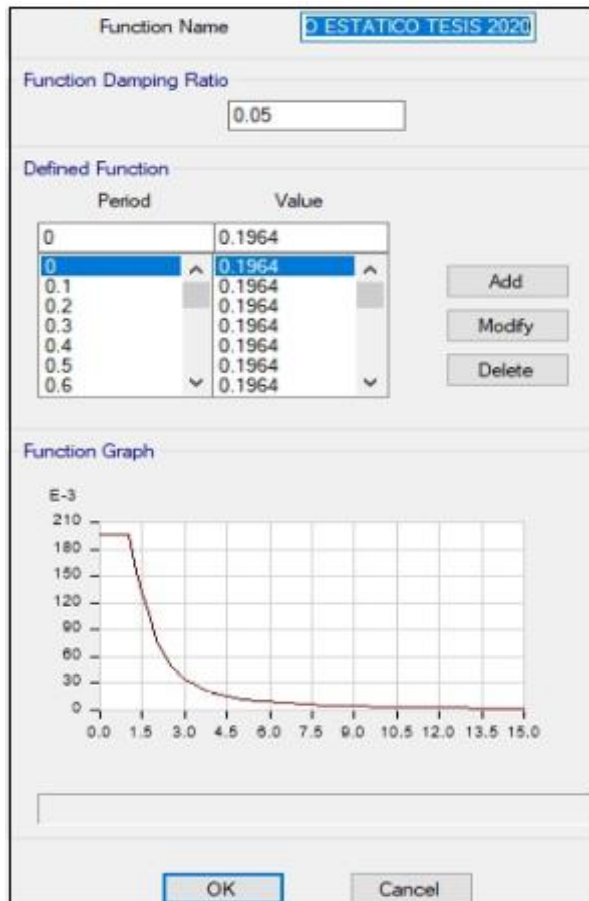
2.1000	0.9070	0.6988
2.1500	0.8653	0.6667
2.2000	0.8264	0.6368
2.2500	0.7901	0.6088
2.3000	0.7561	0.5826
2.3500	0.7243	0.5581
2.4000	0.6944	0.5350
2.4500	0.6664	0.5134
2.5000	0.6400	0.4931
2.5500	0.6151	0.4740
2.6000	0.5917	0.4559
2.6500	0.5696	0.4389
2.7000	0.5487	0.4228
2.7500	0.5289	0.4075
2.8000	0.5102	0.3931
2.8500	0.4925	0.3794
2.9000	0.4756	0.3665
2.9500	0.4596	0.3541
3.0000	0.4444	0.3424

**Figura 43.** Datos para el pseudo-aceleración



**Figura 44.** Espectro de respuesta de pseudo-aceleración

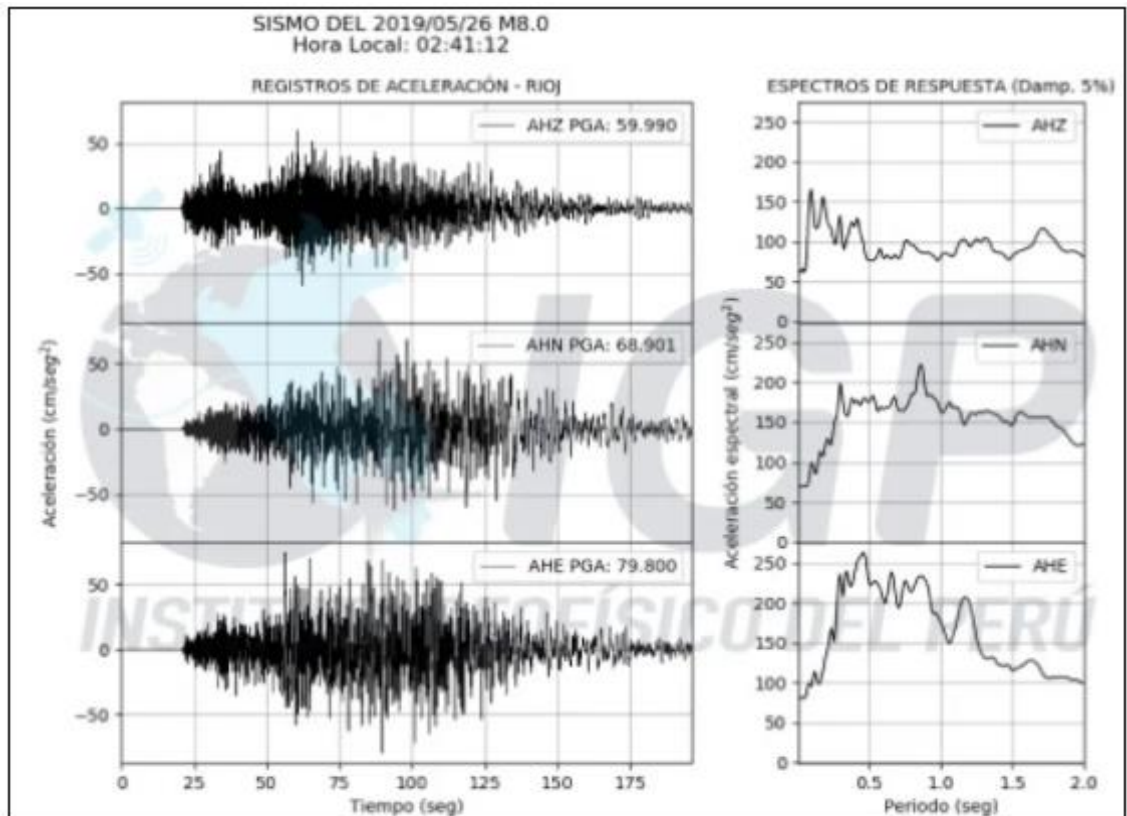
- ✓ Elaboramos el diseño del análisis estático en el programa ETABS a la edificación en estudio.



**Figura 45.** Modelamiento de pseudo-aceleración en programa ETABS.



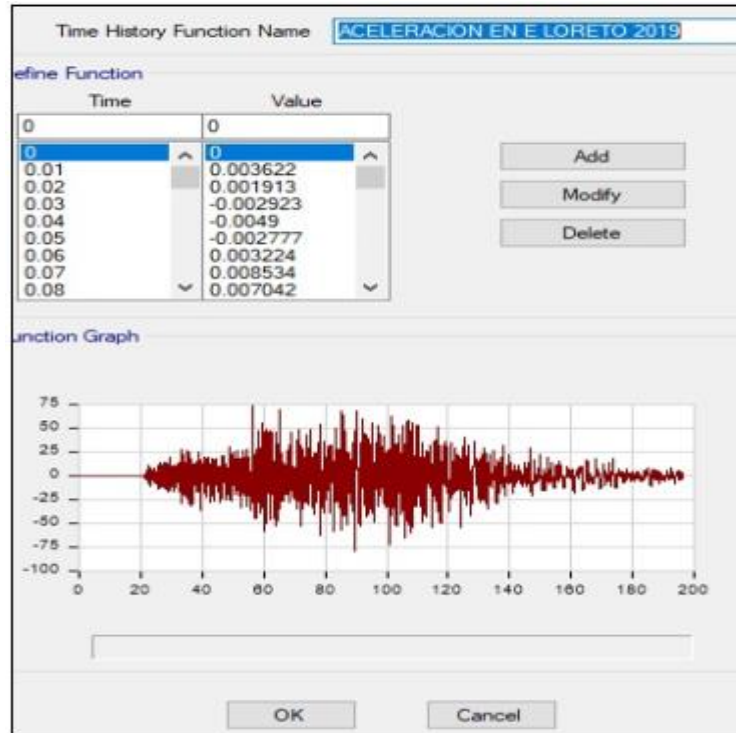
- ✓ Luego de haber procesado los datos podemos obtener las cargas, peso propio, masa y derivas de la estructura tal cual los hemos detallado en líneas anteriores.
- ✓ Concluimos realizando el análisis dinámico tiempo-historia con un sismo de magnitud 8 de la escala de Richter, ocurrido en la ciudad de Loreto el día 26 de mayo del 2019, habiendo recolectado los datos del Instituto Geo Físico del Perú, con el acelerómetro sísmico registrado en la ciudad de Riojas, San Martín, habiendo alcanzado una profundidad de 135 km.



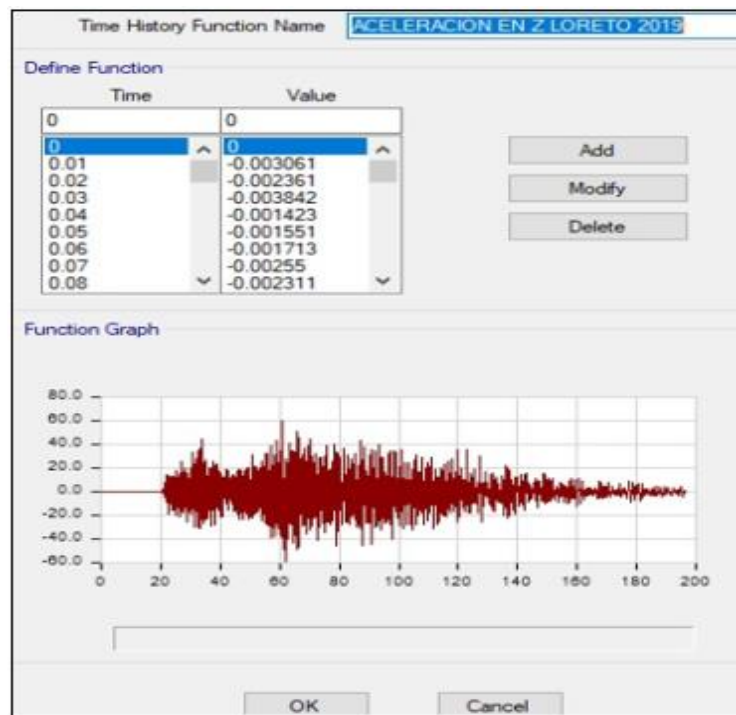
**Figura 46.** Representación de aceleración del sismo de Loreto 2019.



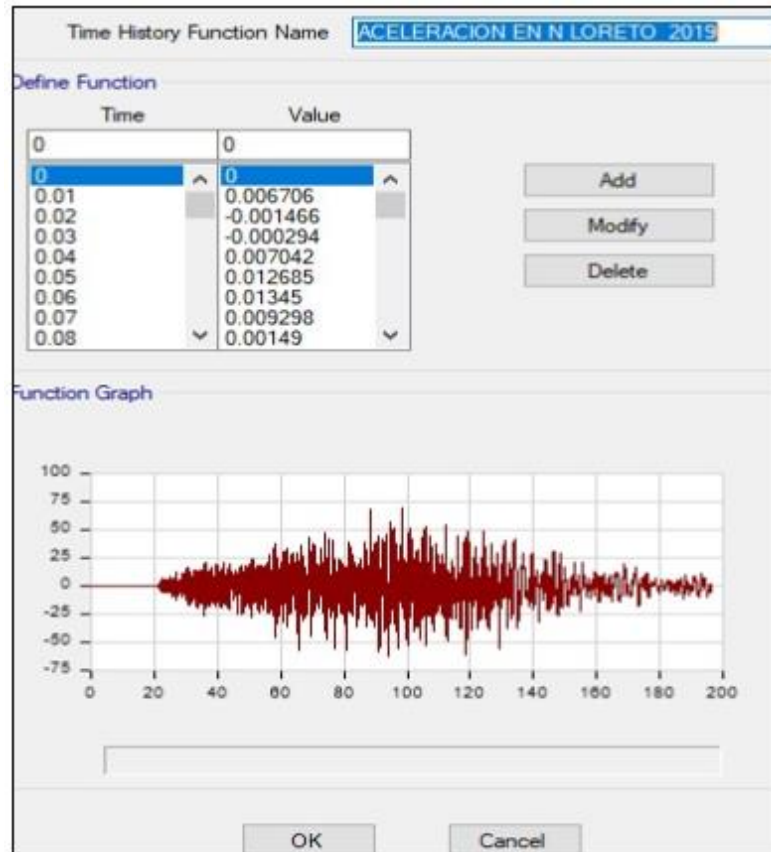
Los que fueron ingresados al programa ETABS:



**Figura 47.** Modelamos la aceleración del sismo de Loreto 2019 en dirección Este.

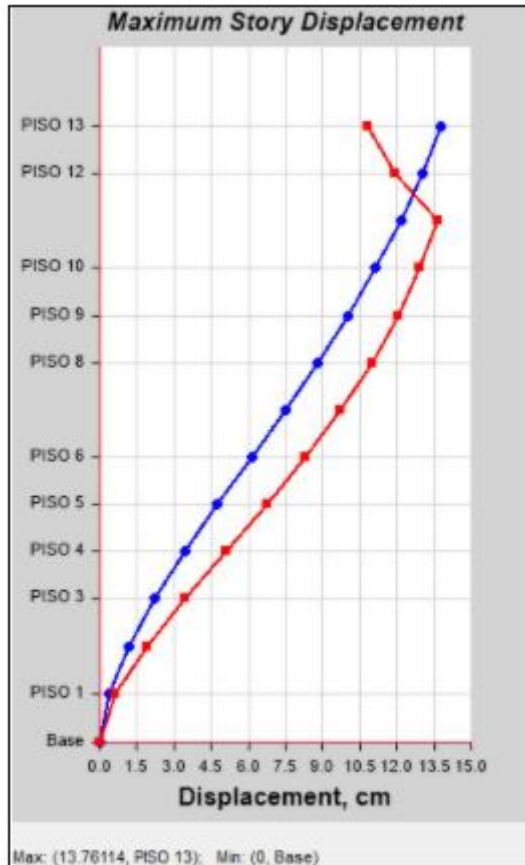


**Figura 48.** Modelamos la aceleración del sismo de Loreto 2019 en dirección z



**Figura 49.** Modelamos la aceleración del sismo de Loreto 2019 en dirección Norte.

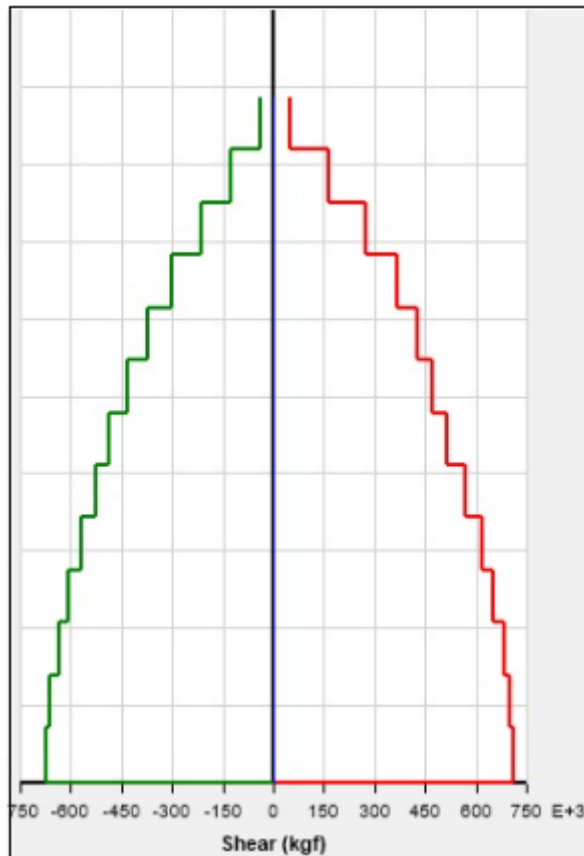
- ✓ Teniendo como resultado los valores encontrados como son los desplazamientos en la estructura XX-YY, como se muestra en la siguiente figura:



**Figura 50.** Desplazamientos de la estructura en cm.

En la cual se muestra dicho desplazamiento expresado en centímetros, teniendo como máximo desplazamiento en el treceavo piso de 13.76cm, siendo el eje “X” el de color azul y el eje “Y” el de color rojo.

- ✓ También se obtuvo la cortante basal del sismo de Loreto de 712 Ton, la que mostramos en la siguiente figura:



*Figura 51. Fuerza cortante de la estructura.*

### 3.8.4. análisis sísmicos en la edificación sky up usando disipadores sísmicos

Para los procedimientos del cálculo de fluido viscoso nos guiamos de la norma FEMA 247, ACE 7-16. Así mismo, como en la tabla de aceros según las características geométricas del perfil HSS 20\*0.5 seleccionado.

#### 3.8.4.1. Deriva Objetivo

La deriva objetivo es de 2 ‰, con respecto a la deriva máxima obtenida en el análisis tiempo-historia anteriormente mencionado en el eje “X”, en el eje “Y”; siendo de 4.2 ‰ y 5.7‰ respectivamente, en el cual calculamos el factor de reducción de respuesta (**B**). Siendo estas. Ver en Anexo (7.7)

$$B=2.1045 \text{ en "X"}$$

$$B= 2.8985 \text{ en "Y", ecuación (55)}$$

#### 3.8.4.2. Calculo del amortiguamiento efectivo ( $\beta_{ef}$ )

Hemos realizado el cálculo del amortiguamiento efectivo, teniendo como resultado:

$$\beta_{efectivo}(\%) = 41.34 \text{ en "X"}$$

$$\beta_{efectivo}(\%) = 69.81 \text{ en Y} \quad \text{ecuación(56)}$$

#### 3.8.4.3. Calculo del amortiguamiento viscoso del objetivo

Para el cálculo del amortiguamiento viscoso objetivo se realiza con la beta inherente que para las estructuras es del 5% y se calcula también con el amortiguamiento efectivo, obteniendo:

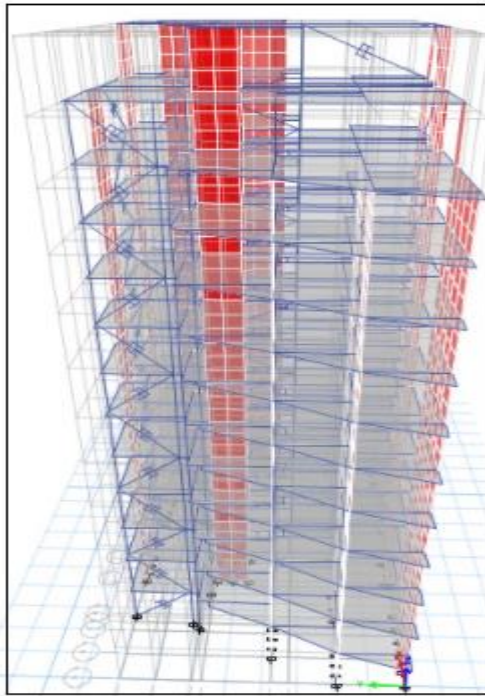
$$\beta_{añadido}(\%) = 36.34 \text{ en "X"}$$

$$\beta_{añadido}(\%) = 64.81 \text{ en "Y"..}$$

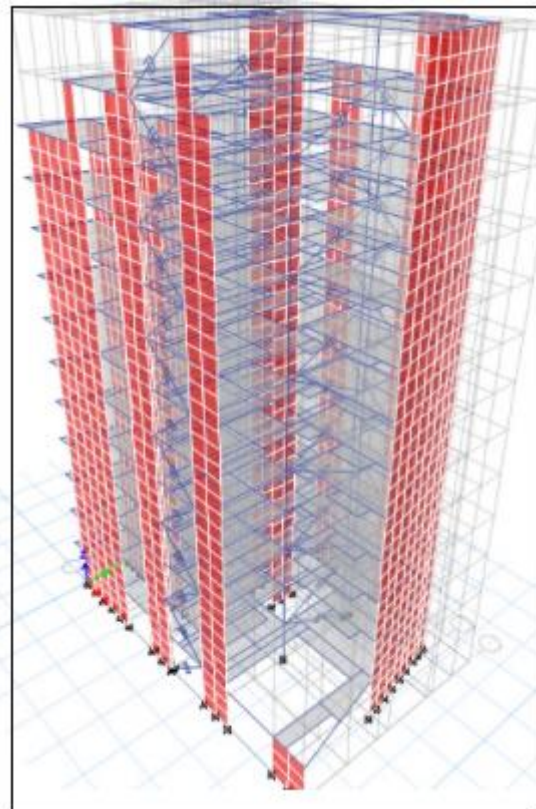
Sabiendo los requerimientos del 20% al 40% de amortiguamiento viscoso añadido, lo sustituimos por el 40% en ambos ejes.

#### 3.8.4.4. Ubicación de los disipadores sísmicos

Según la norma americana ASCE 7-10, nos indica que se exige como mínimo dos disipadores por dirección, para que no se produzca torsión en la edificación. Los cuales fueron ubicados en las partes posteriores e inferiores de la edificación en ambos ejes como se muestra en las siguientes figuras:



**Figura 52.** estructura con disipadores.



**Figura 53.** Estructura con disipadores

### 3.8.4.5. Cálculo del brazo rígido metálico (K)

Para el cálculo del brazo rígido nos hemos guiado del perfil metálico HSS 20x0.5, donde tenemos: ver en anexo (7.9)

E: módulo de elasticidad del acero=  $20400000 \text{ ton}/m^2$

A: área que utilizamos del diámetro del HSS20x0.5=  $0.01838706m^2$

L: estudio del brazo metálico, en este caso tenemos 8 longitudes en las dos direcciones:

- Para el eje "X"

Lx (segundo al doceavo piso) =3.448m,

Lx (primer piso) = 3.512m,

Lx (treceavo piso) =3.334m

- Para el eje "Y"

Ly (segundo al doceavo piso) = 3.371m,

Ly (primer piso) = 3.437m

Ly (treceavo piso) = 5.39m

- Para el eje Y – parte inferior

Ly (primer piso) = 5.21m

Ly (segundo al doceavo piso) = 5.16m

Ly (treceavo piso) = 5.39m

- Obteniendo los siguientes resultados para el eje "X"

K (primer piso) = 106766.915 ton/m

K (segundo al doceavo piso) = 108785.597ton/m

K (treceavo piso) = 112502.1167 ton/m

- Y obtenemos los siguientes resultados para la parte posterior del eje “Y”:

K (primer piso) = 109107.04 ton/m

K (segundo al doceavo piso) = 111243.768 ton/m

K (treceavo piso) = 69582.2217 ton/m

- Teniendo como resultado para la parte inferior del eje “Y”:

- K (primer piso) = 71946.62 ton/m
- K (segundo al doceavo piso) = 72591.5388 ton/m
- K (treceavo piso) = 69582.2217 ton/m

Teniendo el último piso un área pequeña, se colocaron un disipador para el eje “X” y un disipador para el eje “Y”.

#### 3.8.4.6. Estimación del coeficiente (C)

Para la definición del exponente de velocidad “ $\alpha$ ” con respecto al parámetro “ $\lambda$ ” = 3.5, nos da un exponente “ $\alpha$ ” = 0.5, ya que este muestra un mejor comportamiento para la estructura ante un evento sísmico.

<b>Exponent <math>\alpha</math></b>	<b>Parameter <math>\lambda</math></b>
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 54.** tabla de parámetros con relación a exponentes.



#### 3.8.4.7. Cálculo para encontrar la frecuencia angular ( $\omega$ )

Para el cálculo de ésta se toma en cuenta el periodo fundamental de la estructura en los ejes "X" - "Y". Anexos (7.3.) (7.7)

$$\omega = \frac{2\pi}{Tn}$$

Para el eje "X"

$$\omega = 5.521252 \text{ rad/seg}$$

Para el eje "Y"

$$\omega = 4.288864 \text{ rad/seg}$$

#### 3.8.4.8. Amplitud del desplazamiento del modo fundamental

Para el cálculo del valor de amplitud de ambos ejes se realizado con la siguiente ecuación (61), con lo que se obtuvo:

- Amplitud para el eje "X"

$$A_x = 0.027325m$$

- Amplitud para el eje "Y"

$$A_y = 0.029741m$$

#### 3.8.4.9. Colocación del ángulo del disipador

- ❖ Hallamos los ángulos de colocación en el eje "X" teniendo en cuenta la altura entre piso y la distancia entre vano o luz libre. Los cuales se muestran en la siguiente tabla....

<b>NIVELES</b>	<b>ANGULO DE COLOCACIÓN(<math>\theta</math>)</b>
13	41.26
12	39.93
11	39.93
10	39.93
9	39.93
8	39.93
7	39.93
6	39.93
5	39.93
4	39.93
3	39.93
2	39.93
1	40.95

**Tabla 4.** Ángulo de colocación de los sistemas en el eje X.

- ❖ Hallamos los ángulos de colocación en el eje “Y” teniendo en cuenta la altura de entre piso y la distancia entre vano o luz libre. Los cuales se muestran en la siguiente tabla:

<b>NIVELES</b>	<b>ANGULO DE COLOCACIÓN(<math>\theta</math>)</b>
13	26.11
12	40.81
11	40.81
10	40.81
9	40.81
8	40.81
7	40.81
6	40.81
5	40.81
4	40.81
3	40.81
2	40.81

1	41.84
---	-------

**Tabla 5.** Ángulo de colocación de los sistemas en el eje Y.

### 3.8.4.10. Cálculo del coeficiente de amortiguamiento (C)

Para el cálculo del coeficiente de amortiguamiento utilizamos la siguiente ecuación:

$$\sum C_j = \frac{\beta_H \cdot 2\pi A^{1-\alpha} (\sum_1 m_i \phi_i^2)}{\lambda (\sum \phi_{ij}^{1-\alpha} \cos^{1+\alpha} \theta_j)} \quad \text{Ecuación (58)}$$

Obteniendo los siguientes datos para el eje "X":

NIVELES	Masa ETABS	θdisp (°)	COS θ	$\phi_j^{1+\alpha} \cos^{1+\alpha} \theta$	m.φi
13	12.84027	41.26	0.75167475	0.000379779	0.24315487
12	31.80474	39.93	0.7668657	0.000584679	0.54276043
11	38.89965	39.93	0.7668657	0.00067615	0.57440452
10	39.98586	39.93	0.7668657	0.000798526	0.49685682
9	39.98586	39.93	0.7668657	0.000916807	0.40183893
8	39.98586	39.93	0.7668657	0.001010389	0.30923454
7	39.98586	39.93	0.7668657	0.001064826	0.22378601
6	39.98586	39.93	0.7668657	0.001071294	0.14982773
5	39.98586	39.93	0.7668657	0.001023187	0.09044674
4	39.98586	39.93	0.7668657	0.00087888	0.04709579
3	39.98586	39.93	0.7668657	0.00072037	0.01998203
2	39.98586	39.93	0.7668657	0.000485821	0.00563924
1	43.14152	40.95	0.75530555	0.000154795	0.00062853
			Σ	0.009765504	3.10565619

**Figura 55.** Tabla de datos para el coeficiente "C" eje X

$$\sum C_j = 489.74 \text{ ton. seg/m}$$

Se dividen entre dos disipadores

$$C_j = 244.87 \text{ ton. seg/m}$$

Y los siguientes datos para el eje "Y":

NIVELES	Masa ETABS	$\theta_{disp}$ (°)	$\cos \theta$	$\phi_j^{1+\alpha} * \cos \theta^{1+\alpha}$	m. $\phi_i$
13	12.84027	26.11	0.89795833	0.001018917	0.15043642
12	31.80474	40.81	0.75687703	0.001472539	0.45430722
11	38.89965	40.81	0.75687703	0.000407712	0.72603843
10	39.98586	40.81	0.75687703	0.000548231	0.6690526
9	39.98586	40.81	0.75687703	0.000723758	0.58063336
8	39.98586	40.81	0.75687703	0.000917943	0.482532
7	39.98586	40.81	0.75687703	0.0011111435	0.37912847
6	39.98586	40.81	0.75687703	0.001272206	0.27677161
5	39.98586	40.81	0.75687703	0.001398038	0.18318321
4	39.98586	40.81	0.75687703	0.001415483	0.104679
3	39.98586	40.81	0.75687703	0.001279058	0.04761842
2	39.98586	40.81	0.75687703	0.000933268	0.01434551
1	43.14152	41.84	0.7450557	0.000323378	0.00172504
			$\Sigma$	0.012821966	4.07045128

**Figura 56,** Tabla de datos para el coeficiente "C" eje Y

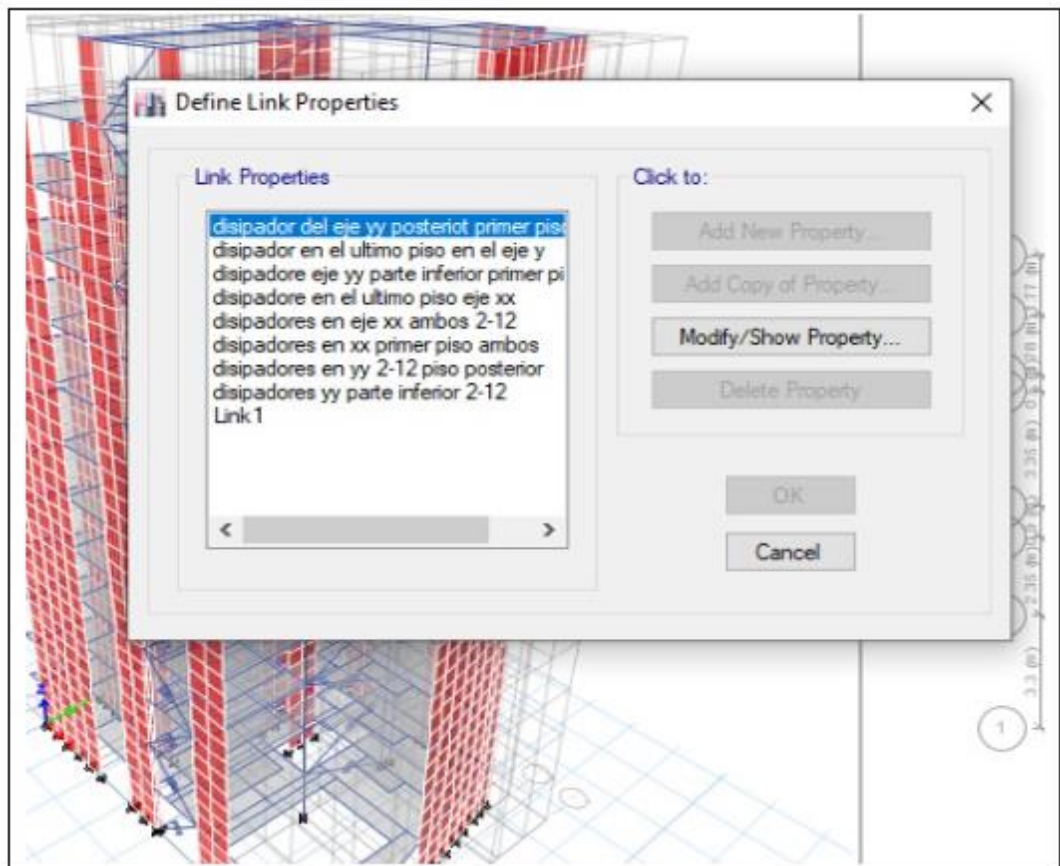
$$\sum C_j = 349.181 \text{ ton.seg/m}$$

Se divide entre dos disipadores.

$$C_j = 174.591 \text{ ton.seg/m}$$

### 3.8.4.11. Cálculo del sistema de disipación del programa ETABS

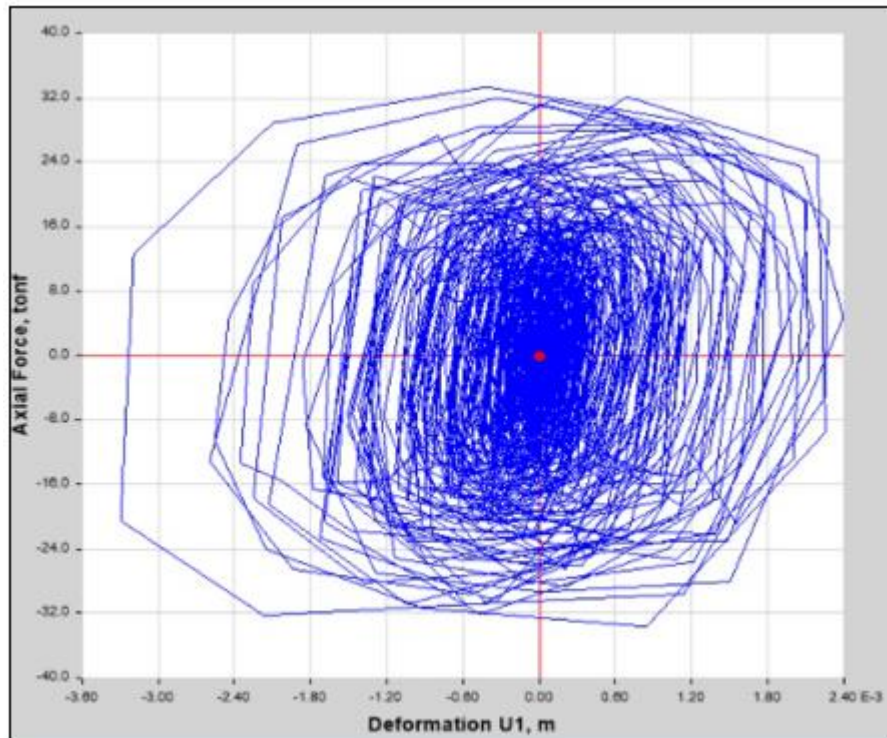
Luego de haber calculado los coeficientes estructurales del disipador, procedemos a insertar dichos cálculos en el programa ETABS para su procesamiento.



*Figura 57. modelamiento de los disipadores en el programa ETABS.*

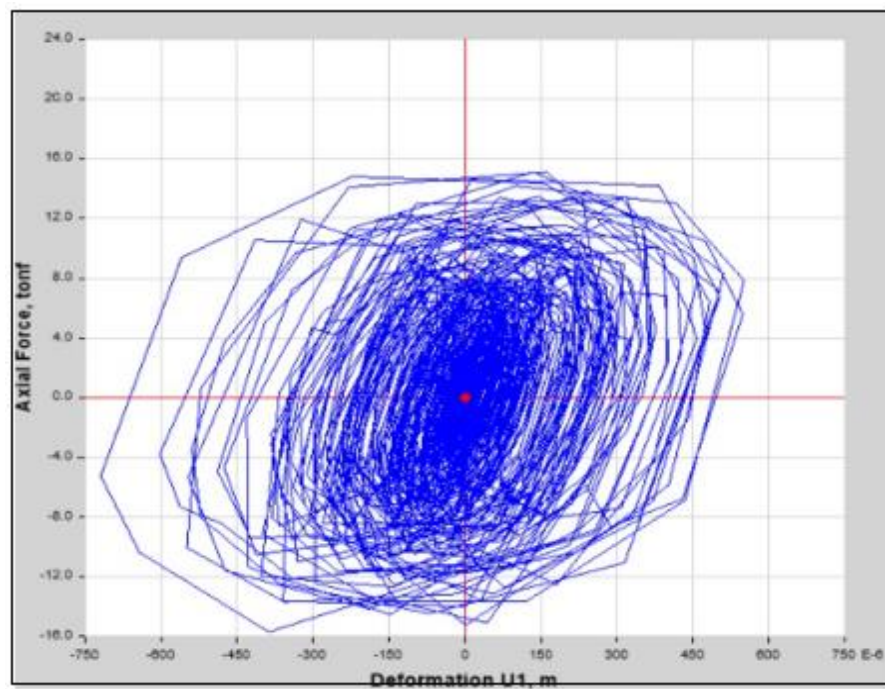
#### **3.8.4.12. Respuestas de las fuerzas de desplazamiento con los sistemas de disipación**

En los cuales podemos mostrar los datos obtenidos del disipador K7 del movimiento histerético de los disipadores.



**Figura 58.** Movimiento histerético de los disipadores K7

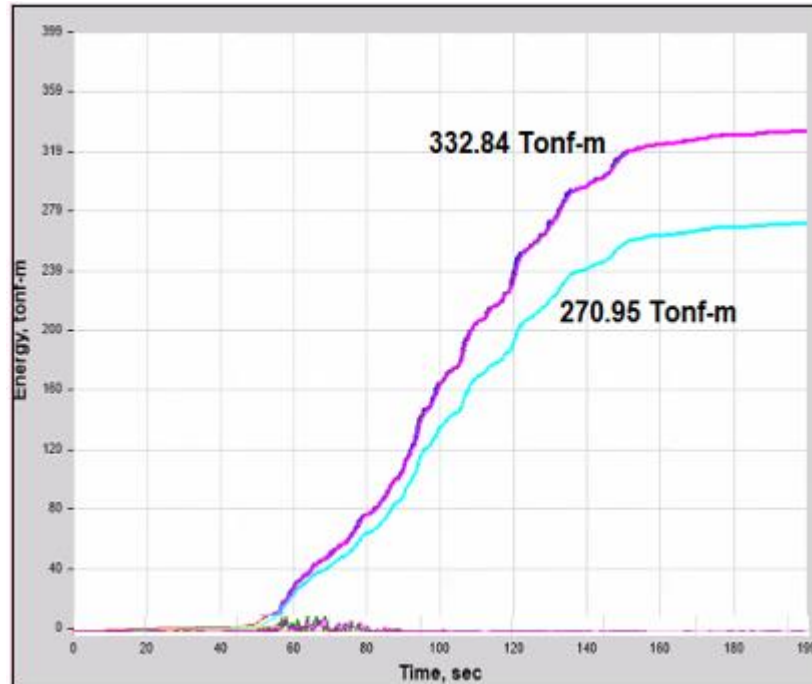
Para el eje “Y” en el piso 7, K55 tenemos lo siguiente:



**Figura 59.** Movimiento histerético de los disipadores K55

### 3.8.4.13. Balance energético del sismo

Es donde se puede mostrar el comportamiento y la participación de los disipadores de energía y también donde se puede evaluar la efectividad de la disposición de los disipadores vista en la siguiente figura:

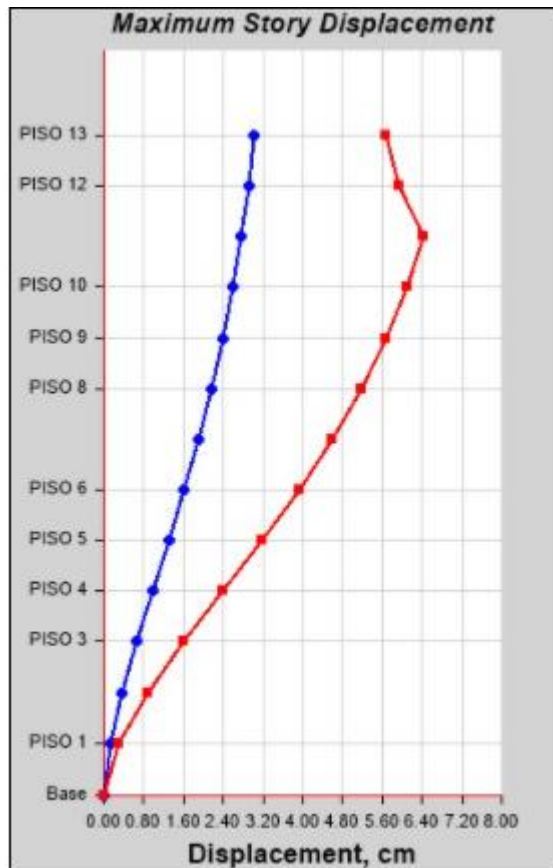


**Figura 60.** Balance energético para la edificación con aisladores

### 3.8.4.14. Desplazamiento de la estructura con los sistemas de Disipación

Teniendo como resultado los valores encontrados como son los desplazamientos en la estructura XX-YY, con los sistemas de disipación hemos llegado a reducir su desplazamiento máximo de 6.41cm, siendo el del eje “X” el color azul y el del eje “Y” el de color rojo, como se muestra en la siguiente figura:





**Figura 61.** Desplazamientos de la estructura con los disipadores.

### 3.8.5. Análisis sísmicos en la edificación Sky up usando aisladores sísmicos

#### 3.8.5.1. Desplazamiento mínimo laterales para el diseño

El sistema de aislamiento será diseñado con las propiedades del límites superiores e inferiores del sistema de aislamiento teniendo en cuenta la siguiente ecuación:

$$D_M = \frac{g * S_{M1} * T_M}{4 * \pi^2 * B_M} \quad \text{ver Anexo (7.5)}$$

Donde:

- $g$ : Aceleración de la gravedad
- $S_{M1}$ : Aceleración máxima espectral correspondiente a 1 segundo para el sismo máximo probable (MCE) con un 5% de amortiguamiento.
- $T_M$ : Periodo efectivo de la estructura sísmicamente aislada.



- $B_M$ : Coeficiente numérico con respecto al amortiguamiento efectivo del sistema de aislación, el cual se puede observar en la norma E031 y en la tabla N° 5
- ✓ Establecemos el periodo objetivo para la edificación aislada  $T_M$

$$T_M = 2.5 \text{ seg}$$

- ✓ Establecemos el sismo máximo de la estructura (MCE)

$$\text{MCE} = 1.5 * \text{DBE}$$

DBE = Sismo de diseño de la estructura

$$\text{MCE} = 0.29452272$$

- ✓ Donde asumimos el amortiguamiento efectivo inicial de un 5% con respecto al coeficiente  $B_M$

Tabla N° 5 Factor de amortiguamiento $B_M$	
Amortiguamiento Efectivo, $\beta_M$ (En porcentaje del amortiguamiento critico) a,b	Factor $B_M$
$\leq 2$	0,8
5	1,0
10	1,2
20	1,5
30	1,7
$\geq 40$	1,9

**Figura 62.** Tabla de factores de amortiguamiento.

- ✓ Siendo el desplazamiento lateral ( $D_M$ ) del aislador,

$$D_M = 0.457412561 \text{ m}$$

### 3.8.5.2. Cálculo para el desplazamiento total del aislador

$$D_{TM} = D_M \left[ 1 + y \frac{12 + e}{b^2 + d^2} \right] \quad \text{Anexo(7.5)}$$

- Para el eje "X"

CARACTERÍSTICAS		VALOR
Distancia entre la rigidez y el sistema de aislamiento	y	12.32m
La excentricidad es obtenida por la suma de las distancias entre masa de la estructura sobre el sistema de aislamiento	e	1.087m
Es la dimensión menor sobre la proyección en planta de la estructura	b	14.17m
Dimensión mayor de la dimensión en planta de la estructura	d	21.74m
Desplazamiento máximo lateral	$D_M$	0.457m

**Tabla 6.** Datos para los desplazamientos de los aisladores en el eje X.

$$D_{TM} = 0.566m$$

$$D_{TM} = 566.568mm$$

- Para el eje "Y"

CARACTERÍSTICAS		VALOR
Distancia entre la rigidez y el sistema de aislamiento	y	5.81m
La excentricidad es obtenida por la suma de las distancias entre masa de la estructura sobre el sistema de aislamiento	e	0.7085m
Es la dimensión menor sobre la proyección en planta de la estructura	b	14.17m
Dimensión mayor de la dimensión en planta de la estructura	d	21.74m
Desplazamiento máximo lateral	$D_M$	0.457m

**Tabla 7.** Datos para los desplazamientos de los aisladores en el eje Y.

$$D_{TM} = 0.4910m$$

$$D_{TM} = 490.965mm$$

- Sabiendo que el desplazamiento total del  $D_{TM}$  no será menor que el 1.15 de  $D_M$ , por lo cual usamos el  $D_{TM}$  en X = 566.6mm  $\cong$  567mm

### 3.8.5.3. Cálculo de la carga axial última

Para ésta carga se determinará teniendo en cuenta que la carga del sismo es de 0.30 de la carga muerta, quedando el 50% de la carga muerta más 25% de la carga viva, los cuales el resultado obtenido del programa ETABS es de 579ton. Anexos (7.4)

### 3.8.5.4. Cálculo del diámetro para el sistema de aislación

Teniendo en cuenta para el diámetro del sistema de aislación, el desplazamiento máximo lateral y la carga axial última, las que se pueden calcular con dos tipos de fórmulas. Anexo (7.4), (7.7)

$$D_I = 1.5 D_{TM}$$

$$D_I = 849.85mm$$

$$D_I = \sqrt{\frac{4}{\pi} \cdot \frac{P_{umax}}{\sigma_{max perm}}}$$

$$D_I = 950.62mm$$

- Teniendo en cuenta que con la fórmula de la carga axial máxima es más precisa, el diámetro del sistema de aislación será de 950.62mm

## Propiedades del aislador: Unidades métricas

TAMANO DEL DISPOSITIVO				DIMENSIONES DE LA PLACA DE SOPORTE					
Diámetro Aislador, $D_i$ (mm)	Altura Aislador, H (mm)	Numero de capas de caucho, N	Diámetro del plomo, $D_L$ (mm)	L (mm)	t (mm)	Cantidad Orificios	Orificio $\phi$ (mm)	A (mm)	B (mm)
305	125-280	4-14	0-100	355	25	4	27	50	-
355	150-305	5-16	0-100	405	25	4	27	50	-
405	175-330	6-20	0-125	455	25	4	27	50	-
455	175-355	6-20	0-125	510	25	4	27	50	-
520	205-380	8-24	0-180	570	25	8	27	50	50
570	205-380	8-24	0-180	620	25	8	27	50	50
650	205-380	8-24	0-205	700	32	8	27	50	50
700	205-430	8-30	0-205	750	32	8	33	65	75
750	230-455	8-30	0-230	800	32	8	33	65	75
800	230-510	8-33	0-230	850	32	8	33	65	75
850	230-535	8-35	0-255	900	38	12	33	65	95
900	255-560	9-37	0-255	955	38	12	33	65	95
950	255-585	10-40	0-280	1005	38	12	33	65	95
1000	280-635	11-40	0-280	1055	38	12	40	75	115
1050	305-660	12-45	0-305	1105	44	12	40	75	115
1160	330-760	14-45	0-330	1205	44	12	40	75	115
1260	355-760	16-45	0-355	1335	44	16	40	75	115
1360	405-760	18-45	0-380	1435	51	16	40	75	115
1450	430-760	20-45	0-405	1525	51	20	40	75	115
1550	455-760	22-45	0-405	1625	51	20	40	75	115

Figura 63. Propiedades del aislador en unidades métricas.

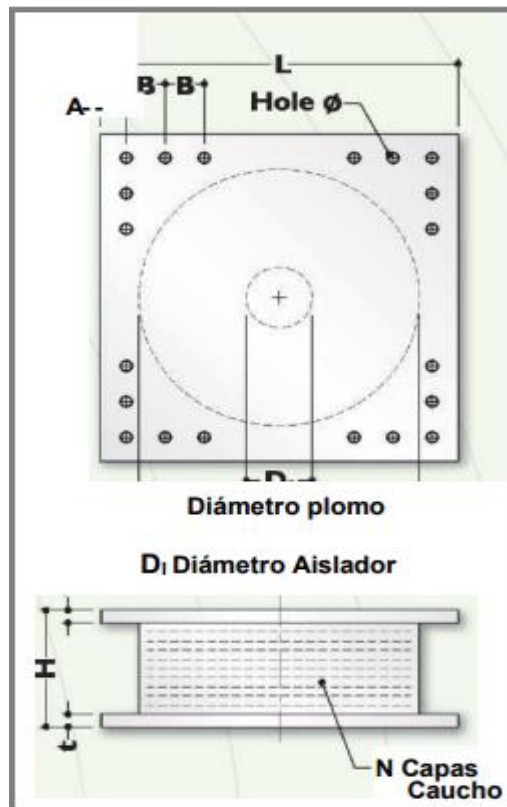


Figura 64. Proporciones del aislador.

### 3.8.5.5. Cálculo del Qd

$$\frac{Q_d}{w} = (3\% @ 10\%)$$

El cálculo del Qd se da entre el peso, sabiendo que tomaremos un factor del 6%, teniendo en cuenta la carga muerta más el 50% de la carga viva.

$$Q_d = 35.4$$

### 3.8.5.6. Cálculo del diámetro del núcleo de plomo

$$Area(A)_{plomo} = \frac{F_y}{\sigma_y}$$

$$D_L = \sqrt{\frac{4}{\pi} \cdot \frac{1.10 Q_D}{\sigma_Y}}$$

- Esto es un valor dado entre 10MPa es igual a 1019.71ton/m<sup>2</sup> entonces;

$$D_L = 0.200m$$

### 3.8.5.7. Cálculo de la altura del aislador sin plancha

$$H_I = \frac{D_{TM}}{2.50}$$

$$H_I = 0.226m$$

### 3.8.5.8. Cálculo del Kd

$$K_d = \frac{\pi}{4} * \frac{(D_I^2 - D_L^2) * G}{H_I}$$

- Siendo G un valor dado por la empresa que oscila entre 55 psi hasta 100 psi, tomamos un valor de 80psi de diseño, entonces G=56.26ton/m<sup>2</sup>

$$K_d = 166.67ton/m$$

**3.8.5.9. Cálculo de la rigidez efectiva (KEFF)**

$$K_{eff} = \frac{Q_d}{D_{TM}} + K_d$$

$$K_{eff} = 238.77 \text{ton/m}$$

**3.8.5.10. Calculo del amortiguamiento efectivo (beff)**

$$\beta_{eff} = \frac{4Q_d(D_{TM} - \frac{F_y}{10K_d})}{2\pi * K_{eff \max} D^2_{TM}}$$

$$\beta_{eff} = 5\%$$

**3.8.5.11. Cálculo de Rigidez vertical (Kv)**

$$K_V = \frac{E_C A}{H_I}$$

$$K_V = 461492.6892 \text{ton/m}$$

$$E_C = \frac{6GS^2 K}{6GS^2 + K}$$

$$E_C = 160902.80 \text{ton/m}^2$$

**3.8.5.12. Cálculo de la rigidez elástica (Ke)**

$$K_e = 10 * KD$$

$$K_e = 1666.73 \text{ton/m}$$

<b>Resumen de los aspectos físicos y mecánicos del aisladores</b>		
$D_I =$	950.63	mm
$H_I =$	226.63	Mm
$K_{eff} =$	238.78	T/m
$\beta_{eff} =$	5	%
$K_e =$	1666.73	T/m
$F_Y =$	35.4	T

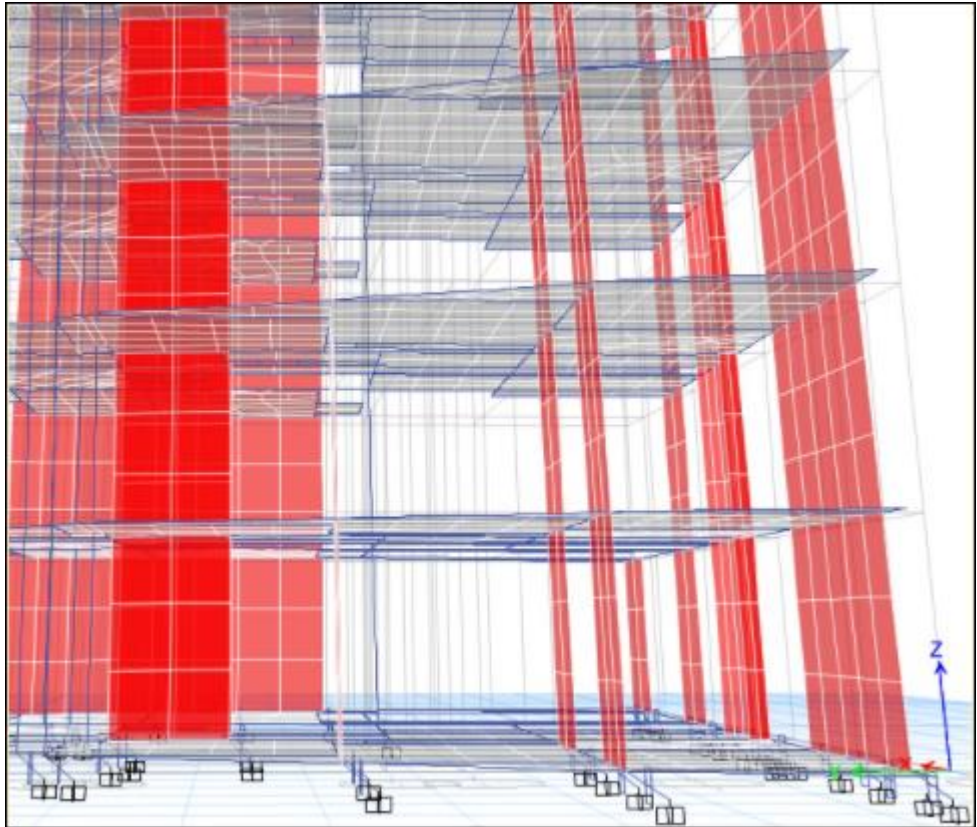
$\frac{K_d}{K_e} =$	0.10	
$P_{umax} =$	579	
$K_v =$	461492.69	T/m

**Tabla 8.** Resumen de los aspectos físico de los aisladores.

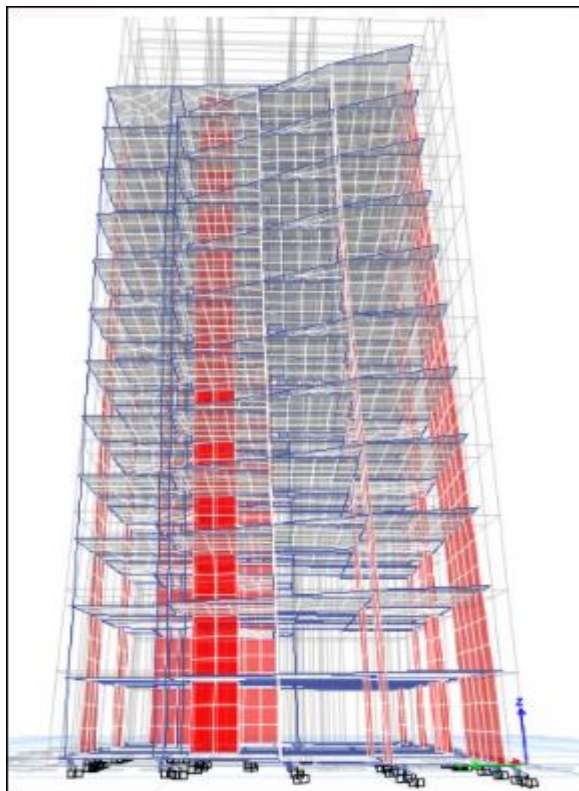
### 3.8.5.13. Procesamiento de datos utilizando el programa ETABS

**Figura 65.** Ingreso de datos de los aisladores.

- Luego de haber pasado los datos ubicamos los aisladores en la edificación y el número de los mismos, siendo para nuestro caso de 42 aisladores RLB.



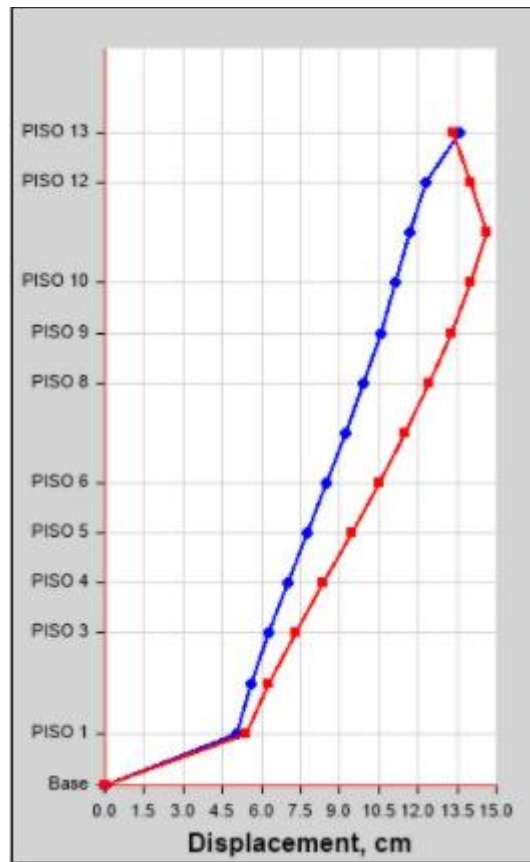
**Figura 67.** Ubicación de los aisladores



**Figura 66.** Ubicación de los aisladores



- Obteniendo como resultados en los desplazamientos máximos de 14.62cm, ya que en la edificación aislada su desplazamiento es mucho mayor, como se demuestra en la siguiente figura:



**Figura 68.** Desplazamientos de la edificación con aisladores en cm.

#### IV Resultados

##### 4.1 Estudio de mecánica de suelo aledaño

###### 4.1.1 Coeficiente portante

$$q_{admisible} = 1.53 \text{ Kg/cm}^2$$

###### 4.1.2 Clasificación suelos SUCS

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL SUELO			
SUCS : SP (arena mal graduada)			
AASHTO : A-3 (0)			
Color	$\phi^{\circ}$	c Kg/cm <sup>2</sup>	P.u. Ton/cm <sup>3</sup>
Gris	26	0.017	1.383

**Tabla 9.** Clasificación de suelos SUCS.

Ver en anexos (7.8)

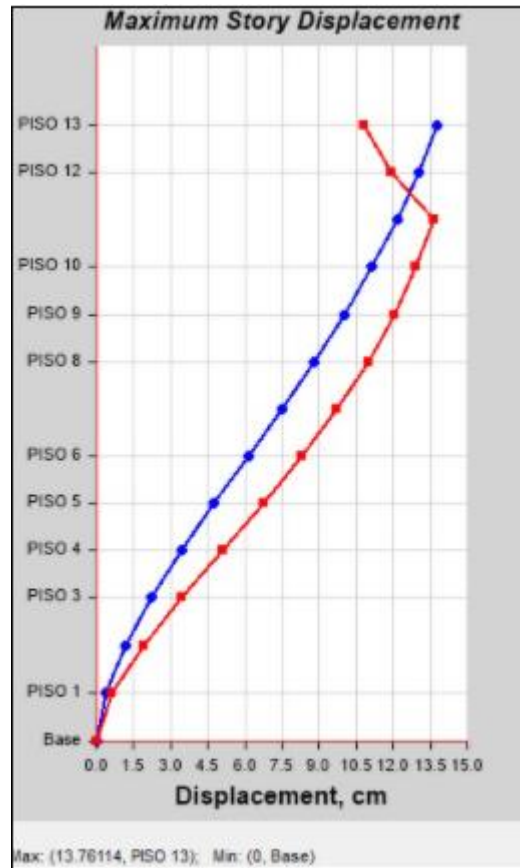
##### 4.2 Análisis sísmico en la edificación SKY UP, sin disipadores y aisladores sísmicos.

###### 4.2.1 Derivas

SISMO LORETO 2019		
PISOS	X	Y
13	0.002728	0.002641
12	0.003094	0.00264
11	0.003311	0.003139
10	0.00351	0.003689
9	0.003708	0.004249
8	0.003979	0.004738
7	0.004154	0.005173
6	0.004209	0.005584
5	0.004121	0.005798
4	0.003922	0.005734
3	0.003473	0.005266
2	0.002651	0.004182
1	0.001208	0.001893

**Tabla 10.** Derivas de la edificación sin protección sísmica.

#### 4.2.2. Desplazamientos y masas



**Figura 69.** Desplazamiento de la edificación sin sistemas de protección sísmica.

<b>TABLA DE DESPLAZAMIENTOS Y MASA</b>			
<b>Niveles</b>	<b>Masa(Ton – Seg<sup>2</sup>/m)</b>	<b>X-Dir(cm)</b>	<b>Y-Dir(cm)</b>
13	12.84027	13.76113998	10.82404055
12	31.80474	13.06345835	11.95167831
11	38.89965	12.15167311	13.66176958
10	39.98586	11.1471131	12.93531212
9	39.98586	10.02473233	12.05029755
8	39.98586	8.794087364	10.98524728
7	39.98586	7.481061878	9.737331984
6	39.98586	6.121288888	8.319697824
5	39.98586	4.756015159	6.768455944
4	39.98586	3.431925196	5.116542331
3	39.98586	2.235458626	3.450915013
2	39.98586	1.187564102	1.894107849
1	43.14152	0.381694499	0.632341938
Base		0	0

**Tabla 11.** Desplazamientos y masas de la edificación.

### 4.3. Análisis sísmico en la edificación SKY UP, usando disipadores sísmicos.

#### 4.3.1. Derivas

<b>SISMO LORETO 2019</b>		
<b>PISOS</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>
13	0.000551	0.001331
12	0.00062	0.001339
11	0.00069	0.001355
10	0.000788	0.00147
9	0.000888	0.00183
8	0.000975	0.002186
7	0.001095	0.002502
6	0.001281	0.002754

5	0.001419	0.002918
4	0.001481	0.002943
3	0.001425	0.002757
2	0.001169	0.002248
1	0.00056	0.001058

**Tabla 12.** Derivas de la edificación con disipadores sísmicos.

#### 4.3.2. Desplazamientos y masas.

<b>TABLA DE DESPLAZAMIENTOS Y MASA</b>			
<b>Niveles</b>	<b>Masa(Ton – Seg<sup>2</sup>/m)</b>	<b>X-Dir(cm)</b>	<b>Y-Dir(cm)</b>
13	12.84027	3.022318426	5.676895991
12	31.80474	2.910009706	5.925684694
11	38.89965	2.764465995	6.415657703
10	39.98586	2.592712031	6.086410477
9	39.98586	2.393064571	5.676929822
8	39.98586	2.162015164	5.178082373
7	39.98586	1.899310019	4.589341192
6	39.98586	1.608039213	3.918201094
5	39.98586	1.299614748	3.180446376
4	39.98586	0.982947951	2.400569377
3	39.98586	0.663110998	1.616131129
2	39.98586	0.372639	0.900242498
1	43.14152	0.125457546	0.305980978
Base		0	0

**Tabla 13.** Desplazamientos y masas de la edificación con disipadores sísmicos.

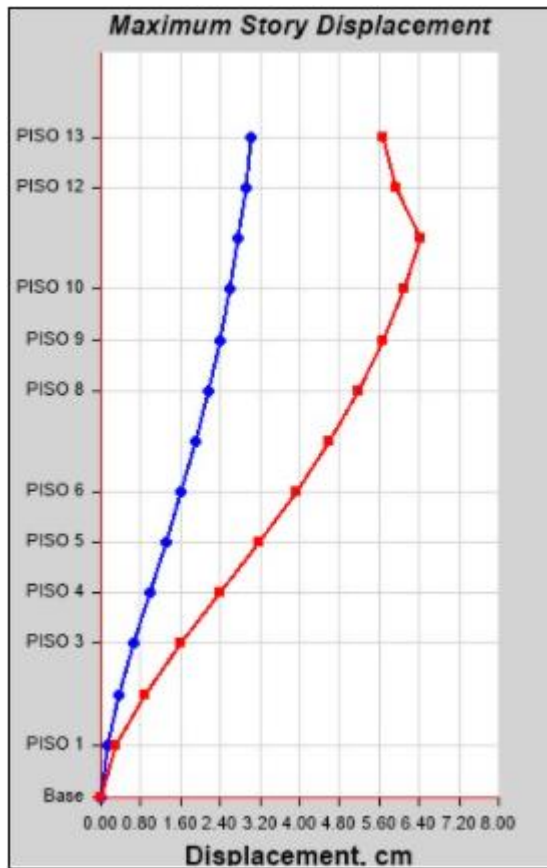


Figura 70. Desplazamiento de la edificación con disipadores en cm.

- Evaluar el análisis sísmico en la edificación SKY UP, con aisladores sísmicos

#### 4.4. Análisis sísmico en la edificación SKY UP, usando aisladores sísmicos.

##### 4.4.1. Derivas de la edificación con el sistema de aislación

SISMO LORETO 2019		
Niveles	Aisladores X	Aisladores Y
13	0.001247	0.001501
12	0.002353	0.001442
11	0.002488	0.001396
10	0.002621	0.001393
9	0.002714	0.001367
8	0.002763	0.001304
7	0.002768	0.001205
6	0.00273	0.00135
5	0.002644	0.001386

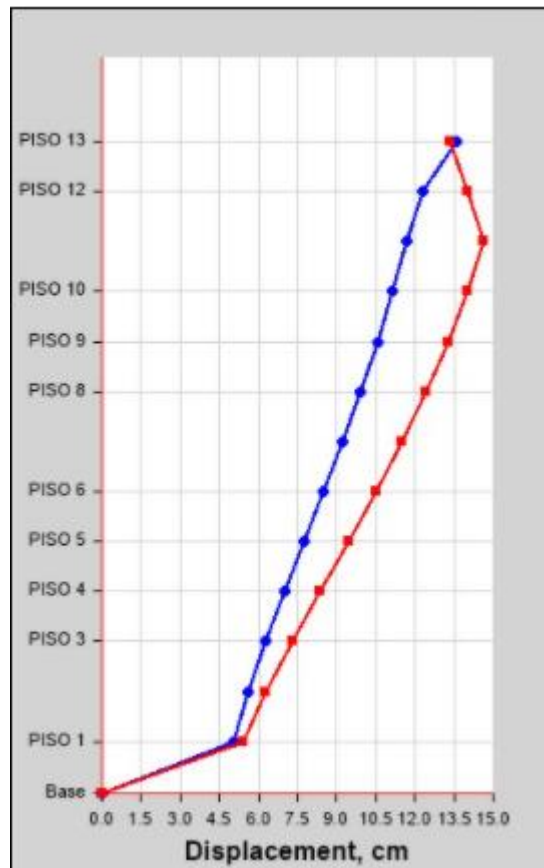
4	0.002476	0.001267
3	0.002231	0.00118
2	0.002092	0.001244
1	0.002467	0.001257

**Tabla 14.** Deriva de la edificación aisladores sísmicos.

#### 4.4.2. Desplazamientos y masas

<b>TABLA DE DESPLAZAMIENTOS Y MASA</b>			
<b>Niveles</b>	<b>Masa(Ton – Seg<sup>2</sup>/m)</b>	<b>X-Dir(cm)</b>	<b>Y-Dir(cm)</b>
13	12.84027	13.57380177	13.34172232
12	31.80474	12.28238897	14.00606583
11	38.89965	11.65946558	14.62512391
10	39.98586	11.11802145	14.03555258
9	39.98586	10.54954613	13.28990579
8	39.98586	9.921313155	12.44815602
7	39.98586	9.238182185	11.51677865
6	39.98586	8.511154842	10.51032868
5	39.98586	7.756827451	9.450186377
4	39.98586	6.997838198	8.365488744
3	39.98586	6.264490579	7.296183072
2	39.98586	5.598693619	6.299498054
1	43.14152	5.044065853	5.404501356
Base		0	0

**Tabla 15.** Desplazamientos y masas de la edificación con aisladores sísmicos.



*Figura 71. Desplazamiento de la edificación con los aisladores sísmicos en cm.*

#### 4.5 Cuadro comparativo de los desplazamientos laterales en la edificación SKY UP con y sin aisladores y disipadores sísmicos



#### 4.5.1 Derivas

Niveles	X	Y	AISL "X"	AISL "Y"	DISP "X"	DISP "Y"	NORMA E030	CUMPLE
13	0.002728	0.002641	0.002113	0.001501	0.000551	0.001331	0.007	si
12	0.003094	0.00264	0.002353	0.001442	0.00062	0.001339	0.007	si
11	0.003311	0.003139	0.002488	0.001396	0.00069	0.001355	0.007	si
10	0.00351	0.003689	0.002621	0.001393	0.000788	0.00147	0.007	si
9	0.003708	0.004249	0.002714	0.001367	0.000888	0.00183	0.007	si
8	0.003979	0.004738	0.002763	0.001304	0.000975	0.002186	0.007	si
7	0.004154	0.005173	0.002768	0.001205	0.001095	0.002502	0.007	si
6	0.004209	0.005584	0.00273	0.00135	0.001281	0.002754	0.007	si
5	0.004121	0.005798	0.002644	0.001386	0.001419	0.002918	0.007	si
4	0.003922	0.005734	0.002476	0.001267	0.001481	0.002943	0.007	si
3	0.003473	0.005266	0.002231	0.00118	0.001425	0.002757	0.007	si
2	0.002651	0.004182	0.002092	0.001244	0.001169	0.002248	0.007	si
1	0.001208	0.001893	0.002467	0.001257	0.00056	0.001058	0.007	si

**Tabla 16.** Comparación de derivas de la edificación con y sin los sistemas de protección sisma.

#### 4.5.2 Desplazamientos



**Figura 72.** Representación gráfica de los desplazamientos con y sin los sistemas de protección en el eje X.



**Figura 73.** Representación gráfica de los desplazamientos con y sin los sistemas de protección en el eje Y.

#### 4.5.3 Porcentajes de reducción de los sistemas de protección sísmica

NIVELES	% EJE "X" AISLADOR	% EJE "Y" AISLADOR	% EJE "X" DISIPADOR	% EJE "Y" DISIPADOR
13	38.02	26.63	78.04	47.55
12	44.59	27.99	77.72	50.42
11	45.56	32.47	77.25	53.04
10	45.51	33.24	76.74	52.95
9	45.08	34.53	76.13	52.89
8	44.54	35.84	75.42	52.86
7	43.94	37.18	74.61	52.87
6	43.36	38.58	73.73	52.90
5	42.96	40.16	72.67	53.01
4	43.07	42.04	71.36	53.08
3	45.40	45.05	70.34	53.17
2	53.29	52.51	68.62	52.47
1	----	----	67.13	51.61

**Tabla 17.** Porcentajes de reducción de desplazamientos con los sistemas de protección sísmica.

## V. Discusiones

En el análisis sísmico con el uso de aisladores y disipadores sísmicos del edificio SKY UP, ubicado en San Fernando II Etapa Manzana B lote18, Trujillo-La Libertad 2020, se concluyó en base a las ideas expuestas con anterioridad, que, se da por validada nuestra hipótesis, visto que la disminución de los aisladores reducen: 53.29% en el eje "X" y 52.51% en el eje "Y"; mientras tanto en los disipadores reducen un porcentaje hasta de:78.04% para el eje "X" y para el eje "Y" de 53.08%, realizando un análisis tiempo-historia del sismo de Loreto del año 2019, con una magnitud de 8 grados en la escala de Richter, a una profundidad de 135 km, el cual fue procesado en el programa ETABS. Así mismo tenemos el análisis sísmico de la estructura mostradas

Tenemos los resultados de tipo de suelo de la edificación siendo  $S_3$ , según la norma E030, así mismo hemos tenido el resultado de la capacidad portante según 4.1.1 es de  $1.53 \text{ Kg/cm}^2$  siendo esta la capacidad de carga que tiene el suelo. También se tiene la clasificación del suelo SUCS donde se representa el tipo de suelo que existe obtenido por el estudio de mecánica de suelo dando como resultado una arena mal graduada (SP), guiándonos de la norma E030 nos indica que es un tipo de suelo S3.

Para los resultados de los análisis sísmicos sin disipadores y aisladores sísmicos tenemos los resultados de la tabla N° 10, donde se muestran derivas que son las distorsiones de desplazamientos entre piso en ambos ejes, los cuales cumplen según la norma E030 0,007‰, en la figura 69 se expresa el gráfico de los desplazamientos de la edificación en centímetros de cada nivel, mientras que en la tabla N° 11 se muestra los desplazamientos y las masas por cada nivel de la estructura.

En el análisis sísmico de la edificación Sky Up usando disipadores sísmicos hemos llegado a obtener como se ve en la tabla N°12 las derivas con los sistemas de disipación que son los desplazamientos que tiene la estructura entre piso las que cumplen con lo indicado en la norma E030, en la figura 70 se ve como es la deformación de la estructura, teniendo en cuenta sus desplazamientos por piso con los sistemas de disipación sísmica, así como se denota en la tabla N°13, los centímetros de desplazamiento que tiene cada

piso con relación entre ellas, notándose una disminución de 67.13% - 78.04% para el eje "X" y para el eje "Y" de 51.61% - 53.08% , en los valores de cada piso

Ahora en el análisis sísmico de la edificación Sky Up usando aisladores sísmicos hemos llegado a obtener las derivas como se muestra en la tabla N° 14, las que son los desplazamientos de la estructura provocadas por cargas sísmicas. Mientras que en la figura N° 71 se muestra el comportamiento de la estructura con los sistemas de aislación con respecto a sus desplazamientos, lo que se puede verificar en la tabla N°15, ya que ahí se ve los desplazamientos de la estructura de cada piso y sus masas, notándose una disminución de 53.29% en el eje "X" y de 52.51% en el eje "Y" en los valores de cada piso con respecto a la estructura sin aisladores, lo cual es menor con respecto a los disipadores

Es así que en el análisis del cuadro comparativo de los desplazamientos laterales en la edificación SKY UP con y sin aisladores y disipadores sísmicos, tenemos en la tabla N° 16 los resultados de las derivas o desplazamientos laterales entre piso de los 3 análisis desarrollados, teniendo en cuenta el cumplimiento de la norma para las derivas, donde se muestran los resultados por piso; también en la figura N° 72 y figura N° 73 tenemos cuadros de barras que representa la disminución de los desplazamientos laterales para los tres análisis en los ejes "X" y "Y" donde llegamos a concluir en la tabla N° 17 el porcentaje de reducción de los sistemas de protección sísmica con respecto a sus desplazamientos laterales por piso. En el sistema comparativo hemos llegado a determinar que el porcentaje de la reducción de los aisladores y disipadores sísmicos se han llegado a reducir para los aisladores 38.02% - 53.29% y de 26.63% - 52.51% en el eje "Y" mientras que en los disipadores reducen un porcentaje de 67.13% - 78.04% para el eje "X" y para el eje "Y" de 51.61% - 53.08%, verificando de esta manera que el sistema de aislamiento es menos beneficioso que el sistema de disipación de fluidos viscosos.

- (Carranza, y otros, 2015), En su proyecto de investigación "reforzamiento de una estructura aporticada con fluidos viscosos para

un mercado en la ciudad de Trujillo”, llegó a reducir a un 70.21%, logrando disminuir en su deriva en cada piso, de 7.00‰ a 4.55‰, teniendo una estructura simétrica de 4 pisos. Esto lo llevo a la conclusión de que la estructura reforzada tiene mejor comportamiento con los disipadores. Al comparar estas evidencias con nuestro proyecto de investigación, hemos llegado a concluir que el porcentaje de reducción de los disipadores tiene un rango mayor del 50% en relación con nuestras ideas es similar a los resultados obtenidos, ya que el porcentaje de reducción comparado con el nuestro que es de 78.04% utilizando sistema de disipadores de fluidos viscosos están dentro del mismo rango. Esto debido a que tuvo un área de brazo metálico menor con el que se ha propuesto en nuestro proyecto.

- (Navarro, 2017) En su investigación “Comparación de las respuestas dinámicas en estructuras con y sin disipadores de energía pasivos de fluido viscoso en la zona sísmica cuatro” concluye que al incorporar en la estructura un amortiguamiento adicional del 25% en la dirección, reduce sus derivas de 1.1% a 0.582%, en una clínica de 6 niveles más una azotea, que está ubicada en la Urb. Santa Isabel de Piura, reduciendo un 48% de los desplazamientos de la estructura, teniendo Navarro un HSS(dimensiones del perfil metálico) de 7.5x0.50, una ubicación de sus disipadores distinta, entre otras cosas, como resultado su reducción es menor que la planteada en nuestra tesis que es de 78.04%.
- (Calderon, 2014), En su trabajo de investigación “Evaluación del diseño con disipadores de energía del edificio principal de la universidad nacional de Cajamarca - sede Jaén”, con respecto a sus desplazamientos laterales, logro reducir al 5‰ sus derivas en el eje “X” y en la dirección de “Y” a un 4.57‰, siendo sus derivas iniciales de 11‰ y 8.30‰ para el eje “X” y “Y” respectivamente, teniendo una edificación de 3 pisos; logrando de ésta manera cumplir con lo requerido por la Norma Peruana E030. De acuerdo con (Calderon,

2014), en su trabajo de investigación, indicó que la reducción de sus derivas en sus desplazamientos totales es del 75.11% en el eje “X” y para la dirección “Y” un valor del 61%, en consecuencia encontramos similitud con los resultado obtenidos en nuestros análisis sísmicos con el uso de disipadores de fluido viscoso. Teniendo en cuenta el tipo de zona y tipo de suelo de la ubicación de la estructura como también la dimensión del brazo metálico menor que el nuestro.

- (Trujillo, 2017) En su proyecto desarrollado “Diseño Integral de estructuras con sistema de aislación sísmica aplicado a un edificio de concreto armado” utilizo aisladores elastoméricos y deslizadores planos de fricción, dejando la posibilidad de emplear otros tipos de dispositivos, obteniendo mejor resultado con el aislador de plomo LRB, de un porcentaje de 8.8‰, logra reducir a un 2.00‰, en el eje “X” y en el eje “Y” de 11.7‰ se redujo a 2.6‰. Con respecto a los sistemas de aislación llego a tener una reducción de sus derivas de su estructura de un 84% teniendo en cuenta que la edificación estudiada cumple con los parámetros que están indicados en la norma E0.31 de aislamiento sísmicos, en su altura, así mismo de coeficiente “S”, por lo cual llega a reducir un porcentaje mayor a nuestra edificación, ya que, por su altura, como por su ubicación tenemos unas derivas de 53.29%.
- (Tocto, 2018) En su proyecto de investigación “Desempeño sísmico de una estructura de concreto armado con aisladores sísmicos lrb para uso esencial en la ciudad de Trujillo, región la Libertad, 2018”, se asumió que es de un centro educativo y que cuenta con tres niveles de entrepiso y siendo una estructura simétrica; reduciendo sus derivas 1.32‰ para el eje “X” y para el eje “Y” de 1.48‰, siendo sus derivas inicialmente de 8.3‰ en el eje “X” y para el eje “Y” de 8.6‰. También llego a reducir sus derivas a un 85% siendo sus resultados muy similares a Trujillo Benito, en donde se da los contrastes diferentes a nuestros resultados ya que la estructura diseñada es una edificación de 3 pisos, así mismo siendo una estructura simétrica.

- (Leyton, 2017), En el desarrollo de su investigación “Implementación de aisladores sísmicos en un edificio de viviendas en Lima, Perú” sostuvo que inicialmente tuvo unas derivas de 5.9‰ y al implementar una protección antisísmica redujo sus derivas en 1.8‰, llegando a reducir un 69.49% de sus derivas y de acuerdo a los requerimientos de la actual Norma de Diseño Sismorresistente E.030 se llegó a la conformidad de su investigación, teniendo en cuenta que su edificación es de mayor altura y de mayor área a las demás edificaciones, lo que produce que nuestra edificación sea de 53.29% resultando menor, debido a que tenemos mayor altura y un tipo de suelo S3.
- (BRYAN, 2019), En su informe “Desempeño sísmico de un edificio de concreto armado con disipadores de energía viscosos, Trujillo 2019” nos muestra que sus derivas han sido reducidas considerablemente hasta un 74% con respecto a su deriva inicial, teniendo como resultados en su eje “X” de 4.10 ‰ y un 3.80 ‰ para el eje “Y”, la cual tiene una edificación de nueve niveles, siendo por su diseño de su estructura simétrica, encontramos que tiene bastante similitud con Navarro respecto a la ubicación y dimensiones del brazo metálico en uno de los distintos análisis que muestra en su proyecto de investigación teniendo como reducción en sus derivas encontradas de 49.2%, 56.4%, al mismo tiempo nos muestra que logró reducir sus derivas en el sismo de Chimbote de 1970 de 71%, como resultado a nuestra investigación en comparación a la de Bryan tenemos una reducción en el desplazamiento del 78.04%, debido a los diferentes tipos de instalación en su estructura, además que él en su investigación realizó un análisis con diversos sismos.
- (Vinces, 2016) en su proyecto “Análisis comparativo de un pórtico convencional con y sin disipadores de fluido viscoso modelado en SAP2000” llegó a reducir considerablemente sus desplazamientos 85.27% teniendo en cuenta que tuvo una estructura simétrica de 10



niveles así mismo una deriva inicial de 1.29% la cual fue en el 9 piso, teniendo en cuenta que su estructura es simétrica tiene mejor comportamiento que la edificación estudiada así mismo tiene menores niveles por lo cual nuestra reducción es de un 78.04 % de sus desplazamientos.

- (Pastora Estrada , y otros, 2016) “Análisis del efecto de aisladores sísmicos en la respuesta dinámica de un edificio a porticado de 4 niveles, según las condiciones de suelo de la zona noroeste de la ciudad de Managua, Nicaragua” Llego a reducir sus desplazamientos en un 82.3% teniendo en cuenta una deriva inicial en el eje “X” de 6‰ y en el eje “Y” de 7‰, donde tuvo un suelo estable, también siendo una estructura simétrica ayudando a tener una mejor respuesta dinámica al aislador, por lo cual el porcentaje de reducción de sus desplazamientos son mayores a los nuestros siendo de un 53.29% de reducción para nuestros resultados.
- (Cando Erazo , y otros, 2020) en su investigación Estudio del comportamiento dinámico de modelos estructurales con base empotrada y con aisladores sísmicos, sometidas a diferentes eventos sísmicos simulados en la mesa de vibración XY Shake Table III. Pudo lograr que su edificación redujera hasta un 81% de sus desplazamientos promedios en ambos ejes “X” y “Y” llegando a obtener un comportamiento optimo con los sistemas de aislación sísmica. teniendo en cuenta que tuvo una edificación de cuatro niveles, así mismo una zona apta para el uso de aisladores como lo indica la norma, teniendo mayor reducción de dichos desplazamientos que nuestra estructura porque no cuenta con los parámetros requeridos para un análisis con aisladores sísmicos, en comparación con la nuestra que es de 53.29%.

Las limitaciones encontradas para el desarrollo de la tesis han sido la dificultad de realizar y conseguir los estudios de mecánica de suelos por motivos de la

coyuntura social que existe en el país y a nivel mundial, los cuales también nos dificultaron poder encontrar una edificación para nuestro análisis. En nuestro trabajo de investigación hemos concluido que la utilización o la implementación de los disipadores y aisladores sísmicos en el edificio Sky Up, reduce las cargas de los sismos mostrando la estructura un mejor comportamiento ante estos.

En el presente proyecto hemos llegado a comprobar que los sistemas de protección sísmica logran reducir un porcentaje considerable la cual es de 78.04% de desplazamiento para los disipadores y para los aisladores un porcentaje de 53.29%, en el caso de nuestra investigación.

Por lo anteriormente planteado hemos llegado a la conclusión que los aisladores sísmicos pierden su función en edificaciones de gran altitud y los disipadores sísmicos tienen mejores comportamientos en ellas, es de gran importancia tener en cuenta la ubicación de la edificación por los factores: tipo de suelo, zona sísmica, ubicación de los sistemas de disipación y simetría de la estructura. Todos estos factores en conjunto son de gran importancia para lograr efectividad en el uso de sistemas antisísmicos en las edificaciones.

## VI. Conclusiones.

- ✓ Se realizó el análisis sísmico con el uso de los aisladores y disipadores en la edificación SKY UP, donde procesando los datos llegamos a la conclusión que los sistemas de disipación trabajan mejor en altura que los sistemas de aislación, teniendo como resultado un 78.04% de reducción de los desplazamientos con los disipadores y con los aisladores llegamos a reducir a un 53.29%.
- ✓ Se logró obtener el estudio de suelos aledaño a la edificación SKY UP, el que nos sirvió para utilizar los componentes como: relación de Poisson, el módulo de elasticidad del suelo y entre otros; para encontrar la capacidad portante que es de  $1.53 \text{ kg/cm}^2$  y con la clasificación del suelo SUCS definir en qué tipo de factor de suelo se encuentra ubicado la edificación, resultando de esta manera ser un Suelo S3, dictaminados según la Norma E030.
- ✓ Logramos evaluar el análisis de la edificación SKY UP sin disipadores ni aisladores sísmicos y luego, de haber procesado los datos del análisis sísmico dinámico tiempo-historia en el programa ETABS, donde, se modeló la estructura, teniendo por resultados las derivas de la edificación o desplazamientos laterales, se obtuvo una deriva máxima de 0.004209‰ en la dirección "X", ubicado en el sexto piso. Y para la dirección "Y" en el quinto piso con una deriva máxima de 0.005798 ‰, como se muestra en la tabla número 16 de resultados.
- ✓ Logramos evaluar el análisis sísmico en la edificación SKY UP con disipadores sísmicos de fluidos viscosos, y la respuesta hallada fue bastante favorable en cuanto al aislamiento que éstos generaron en el edificio, porque, se logró reducir un porcentaje mayor que con el uso de aisladores, ya que para las edificaciones de mayor altura trabajan mejor los sistemas de disipación; encontrándose de esta manera con unas derivas máximas en "X" de 0.001481, y unas derivas máximas en "Y" de 0.002943, ambas ubicadas en el 4 piso, según la tabla número 16 de resultados.

- ✓ Logramos evaluar el análisis sísmico en la edificación SKY UP con aisladores; encontrando que las derivas máximas en la dirección "X" es igual a 0.002768 ubicada en el piso número 7 y la deriva máxima en la dirección "Y" es de 0.001501 en el último piso, logrando reducir el porcentaje de los desplazamientos entre piso de la edificación sin aislamiento, teniendo en cuenta que el periodo de la edificación es muy largo para el diseño del aislador, lo que provoca que el aislador no cumpla al 100% con su función, mostrada en la tabla número 16 de resultados.
  
- ✓ Realizamos la comparación del análisis sísmico en cuanto a las derivas máximas en la edificación SKY UP, con y sin aisladores ni disipadores, obteniendo una reducción de los sistemas investigados lo que demostró mayor eficacia con el uso de disipadores de fluidos viscosos con un 78.04%, en relación al uso de los aisladores con 53.29%, ya que, no todas las edificaciones cumplen o requieren implementar en su estructura los aisladores, porque éste puede generar una mayor flexibilidad a las estructuras( tabla número17)

## **VII. Recomendaciones.**

De acuerdo a lo anteriormente expuesto en nuestro trabajo de investigación recomendamos para la edificación Sky Up, el uso de los disipadores de fluido viscoso ya que ellos tienen un mejor comportamiento en la estructura teniendo en cuenta su esbeltez

Se recomienda a los especialistas estructurales que antes de empezar a hacer un diseño de una edificación, realizar su respectivo análisis sísmico teniendo en cuenta la altura para que la edificación no pierda su rigidez ya que esto genera que la estructura sea más flexible, lo que provocaría que los aisladores no cumplan al 100% su función, también tener en cuenta la altura, tener en cuenta el espacio de las edificaciones adyacentes, pues la estructura aislada necesita espacio para desplazarse, mientras que para el uso de los disipadores se recomienda tener en cuenta el tipo de brazo metálico a utilizar, ya que por el sistema de colocación pueden variar sus dimensiones así mismo su ángulo de instalación.

Por todas estas razones se recomienda el uso e implementación de disipadores en las edificaciones ya que estos son más eficientes en ellas, así como para las estructuras de alturas mayores (7 pisos para arriba); y del mismo modo también se recomienda el uso e implementación de los aisladores para edificaciones consideradas tipo A1 (hospitales, colegios, estructuras gubernamentales, etcétera) teniendo siempre en cuenta las restricciones de diseño. Siendo considerada Trujillo una zona 4, altamente sísmica es que nuestra investigación está orientada a fomentar dichos sistemas de protección para las edificaciones futuras y de ésta manera contribuir a reducir y redistribuir las fuerzas que los sismos generan en ellas, salvaguardando así la integridad humana y los daños socio económicos que produciría un evento telúrico.

## Referencias

1. Agencia Nacional De Noticias. 2012. El Primer Edificio De Perú Con Aislador Sísmico Se Construirá En La Uni. Andina. 20 De Julio De 2012.
2. Bbc Mundo. 2017. Los 10 Terremotos Más Potentes Y Mortíferos De La Historia En América Latina. Bbc. 21 De Septiembre De 2017.
3. Bryan, Otiniano Vazques Jeyson. 2019. Desempeño Sísmico De Un Edificio De Concreto Armado Con Disipadores De Energía Viscosos, Trujillo 2019". La Libertad, Universidad Privada Del Norte. Trujillo : S.N., 2019.
4. Calderon. 2014. Evaluacion Del Diseno Con Disipadores De Energia Del Edificio Principal De La Univesidad Nacional De Cajamarca - Sede Jaén. Cajamarca, Universidad Nacional De Cajamarca - Sede Jaen. 2014.
5. Campo, Rafael Jesús Yialico. 2018. "Análisis Comparativo Del Comportamiento Sísmico De Un Sistema Dual Frente Al Modelo Con Aisladores Sísmicos Hdr, De Un Sistema Aporticado, Del Edificio Country, Ubicado En Nuevo Chimbote". Nuevo Chimbote : S.N., 2018.
6. Cando Erazo , Brian Oswaldo Y Guama Tequiz , Carlos Andres. 2020. Estudio Del Comportamiento Dinámico De Modelos Estructurales Con Base Empotrada Y Con Aisladores Sísmicos, Sometidas A Diferentes Eventos Sísmicos Simulados En La Mesa De Vibración Xy Shake Table Iii. Universidad Central Del Ecuador . Quito - Ecuador : S.N., 2020.
7. Carranza, Johan Santiago Y Calderon Correa, Edgardo Jesús Miguel, Edgardo Jesús Miguel. 2015. Reforzamiento De Una Estructura Aporticada Con Disipadores De Fluido Viscoso Para Un Mercado En La Ciudad De Trujillo. La Liberta , Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo : S.N., 2015.
8. Cdv. Cip, Concejo Departamental De Lima. 2015. 2015.
9. —. Cip, Concejo Departamental De Lima. 2015. 2015.
10. Chilón. 2017. Diseño Integral De Estructuras Con Sistema De Aislacion Sísmica Aplicado A Un Edificio De Concreto Armado. Junin , Universidad Nacional Del Centro Del Perú. Huancayo : S.N., 2017. Pág. P.21.
11. Chilón Zárata, Eder Alexis . 2017. Diseño Y Análisis Sísmico Comparativo Entre Un Sistema Con Aisladores De Núcleo De Plomo Y Un Sistema Con Disipadores De Fluido Viscoso En Una Edificación De 4 Niveles, Chiclayo, 2017. Lambayeque, Universidad Católica Santo Toribio De Mogrovejo. Chiclayo : S.N., 2017. Pág. P.27.
12. Cutipa. 2018. Análisis Comparativo De La Respuesta Sísmica De Un Edificio De Concreto Armado Aplicando Las Normas De Diseño Sismorresistente De Perú, Chile, Estados Unidos Y Japón. Puno, Universidad Nacional Del Altiplano. Puno : S.N., 2018.

13. Einer, Morillo Mejía. 2014. Diseño Y Construcción Del Centro De Sensibilización Y Capacitación De Riesgos Y Desastres, Provincia De Trujillo – La Libertad. 2014.
14. El Intercambio Vial Mansiche- Trujillo. Industria De La Construcción Y Arquitectura . 2013. Trujillo : S.N., Noviembre De 2013, Perú Construye .
15. Fuentes. 2015. Análisis Sísmico De Una Edificación. Lima, Pontificia Universidad Católica Del Perú. Lima : S.N., 2015.
16. Grupo Cipsa. 2019. ¿Cómo Afecta Un Sismo A Una Edificación? Cipsa. 2019.
17. Gutiérrez, Martín Alonso, Herrera Gutiérrez, Marely Carmen Y Hodgson Escobar, Annie Solangee. 2016. Análisis Comparativo De Un Edificio Diseñado Por Métodos Convencionales Y Uso De Amortiguadores Friccionantes Y Viscoelásticos. Managua , Universidad Nacional De Ingeniería . 2016. Pág. P.8.
18. Instituto Geológico De México. 2017. Causas, Características E Impactos. México, México : S.N., 3 De Octubre De 2017.
19. Jarrín. 2015. Comparación De Los Capítulos Para Diseño Sismo Resistente De La Norma American Society Of Civil Engineers 7 2010 (Asce 7-10) Con La Norma Ecuatoriana De La Construcción Del 2011 (Nec-11). Quito , Pontificia Universidad Católica Del Ecuador. 2015.
20. Korswagen, Paul Alexander, Arias Ricse, Julio César Y Huaranga Huamaní, Pamela Grace. 2012. Análisis Y Diseño De Estructuras Con Aisladores Sísmicos En El Perú. Lima, Pontificia Universidad Católica Del Perú. 2012.
21. Lafuente, Carlos Genatios Marianela. 2016. Introducción Al Uso De Aisladores Y Disipadores En Estructuras. Caracas : S.N., 2016.
22. Leyton. 2017. Implementación De Aisladores Sísmicos En Un Edificio De Viviendas En Lima, Perú. Lima, Pontificia Universidad Católica Del Perú . 2017.
23. Melina. 2018. Ministerio De Vivienda: Edificaciones Informales En Perú Bordean El 70%. La República. 17 De Mayo De 2018.
24. Minaya. 2019. Análisis Técnico – Económico Del Uso De Aisladores Sísmico Del Hospital Daniel Alcides Carrion De Cerro De Pasco. Cerro De Pasco, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. Pasco : S.N., 2019.
25. Molto. Moltó. 2016. Valencia : S.N., 22 De Abril De 2016.
26. Moscoso. 2019. Evaluación Del Desempeño De Edificaciones Hospitalarias Prefabricadas Con Aislamiento Sísmico En El Perú. Lima , Pontificia Universidad Católica Del Perú . 2019.

27. Navarro. 2017. Comparación De Las Respuestas Dinámicas En Estructuras Con Y Sin Disipadores De Energía Pasivos De Fluido Viscoso En La Zona Sísmica Cuatro. Piura, Universidad Nacional De Piura. Piura : S.N., 2017.
28. Nch433. 2012. Diseños Sísmicos De Edificaciones. 2012.
29. Norma E0.50, Ministerio De Vivienda Construcción Y Saneamiento-, [Ed.]. 2018. Suelos Y Cimentaciones. Norma E0.50. Lima, Perú : El Peruano, 2018.
30. Pacheco, Mayra. 2016. El Terremoto Del 16 De Abril Fue Considerado Destructivo En San José De Chamanga Y Pedernales. Diario El Comercio. 2016.
31. País, El. 26/08/2016. Cómo Hacer Edificios Que Resistan Terremotos. 26/08/2016.
32. País, 07/10/2018. Neumáticos Reciclados Para Evitar El Derrumbe De Edificios. Catástrofe En Indonesia. 07/10/2018.
33. Pastora Estrada , Alejandra Gabriela Y Rios Rova , Marycelia. 2016. "Análisis Del Efecto De Aisladores Sísmicos En La Respuesta Dinámica De Un Edificio A Porticado De 4 Niveles, Según Las Condiciones De Suelo De La Zona Noroeste De La Ciudad De Managua, Nicaragua. Universidad Centroamerica. Managua- Nicaragua : S.N., 2016.
34. Paz, Guillermina Baena. 2017. Metodología A La Investigación. Tihuana : Grupo Editorial Patria S.A, 2017. Vol. Tercera Edición.
35. Protección Sísmica De Estructuras. Construcción, Corporación De Desarrollo Tecnológico - Cámara Chilena De La. 2011. Chile : S.N., 2011.
36. Construcción, Corporación De Desarrollo Tecnológico - Cámara Chilena De La Construcción. 2011. Chile : S.N., 2011.
37. Proyecto De Diseño Estructural. Cip, Concejo Departamental De Lima. 2015. Lima : S.N., 2015.
38. República. 2019. Tecnología Antisísmica Que Mantiene En Pie A Los Edificios. 2019.
39. Robinson, Wh . 1982. Rodamientos Históricos De Caucho-Plomo Adecuados Para Proteger Estructuras Durante Terremotos. [Aut. Libro] Wh Robinson. Earthquake Engineering Structural Dynamics. 1982.
40. Romero. 2013. Diseño De Edificaciones Con Disipadores De Energía Sísmica De Tipo Fluido Viscoso. Cajamarca , Universidad Nacional De Cajamarca . Cajamarca : S.N., 2013.
41. Sirve S.A. Chilena, Empresa. 2003. 2003.
42. Tafur. 2018. Análisis Sísmico Comparativo Del Pabellón De Aulas De La Facultad De Ingeniería Civil Y Ambiental De La Universidad Nacional Toribio



- Rodríguez De Mendoza De Amazonas, Con Y Sin Disipadores De Fluido Viscoso, Chachapoyas – 2017. Amazonas , Universidad Nacional Toribio Rodríguez De Mendoza De Amazonas. Chachapoyas : S.N., 2018. Págs. P,9.
43. Talavera. 2017. Experiencia Nacional En Edificaciones Con Sistemas De Protección Sísmica. 2017.
  44. Tavera . 2012. Conceptos Basicos . Igp (Instituto Geologico Del Perú). 28 De Febrero De 2012.
  45. Tavera, Hernando . 2019. Perú, Un País Altamente Sísmico. Sgp Geonoticias . 2019.
  46. Taylor. 2013. Disipadores Sísmicos De Fluido Viscoso. Ingeniería Antisísmica. 2013.
  47. Tecnología Anti Sísmica. Tecnológico, Hito. 2010. 2010.
  48. Terremotos Unesco. El Correo De La Unesco. 1976. Francia : S.N., 1976.
  49. Tocto. 2018. Desempeño Sísmico De Una Estructura De Concreto Armado Con Aisladores Sísmicos Lrb Para Uso Esencial En La Ciudad De Trujillo, Región La Libertad, 2018. La Libertad , Univesidad Privada Del Norte. 2018.
  50. Trujillo. 2017. Diseño Integral De Estructuras Con Sistema De Aislación Sísmica Aplicado A Un Edificio De Concreto Armado. Junin , Universidad Nacional Del Centro Del Perú. Huancayo : S.N., 2017. Págs. P.11,12.
  51. Vincés, Zulema Lenny Azución. 2016. “Análisis Comparativo De Un Portico Convencional Con Y Sin Disipadores De Fluido Viscoso Modelado En Sap2000”. Guayaquil, Universidad De Guayaquil. Guayaquil - Ecuador : S.N., 2016.
  52. Zanelli, Criss Talita Y Paredes Salas, Patricia Mercedes. 2019. Diseño Estructural De Un Pabellón De Hospital Con Aisladores Sísmicos. Lima, Pontificia Universidad Católica Del Perú. Lima : S.N., 2019. Págs. P,4-5.

# **Anexos**

## Anexo 1. Declaratoria de autenticidad.

### DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

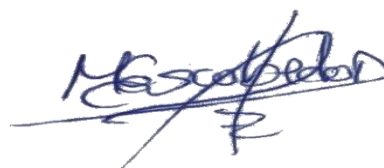
Yo, **Angulo Aguilar, Deniss Rolando** y **Escobedo Dios, Muska zuliana**, estudiantes de la escuela profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad César Vallejo, identificados con DNI N° 74875155 y 40660853; a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, declaramos bajo juramento que el Proyecto de Investigación es de nuestra autoría y que toda la documentación, datos e información que en ella se presenta es veraz y auténtica que acompañan al trabajo de investigación titulado Análisis sísmico, con el uso de disipadores y aisladores en el edificio SKY UP, Trujillo – La Libertad.

En tal sentido, asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u comisión tanto del contenido del presente Proyecto de Investigación como de información adicional aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Trujillo 30 de junio del 2020



Angulo Aguilar Deniss Rolando



Escobedo Dios, Muska Zuliana

## **Anexo 2. Declaratoria de autenticidad**

### **DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR**

Yo, Josualdo Carlos Villar Quiroz, docente de la Facultad de Ingeniería y Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Cesar Vallejo de Trujillo, revisor de proyecto de investigación titulada “Análisis sísmico, con el uso de disipadores y aisladores en el edificio SKY UP, Trujillo – La Libertad 2020”, de los estudiantes Angulo Aguilar, Deniss Rolando y Escobedo Dios, Muska Zuliana, constato que el proyecto de investigación tiene un índice de similitud de 15 % verificable en el aporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no incluye plagio. En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad Cesar Vallejo.

Trujillo, 18 de Diciembre del 2020



-----  
Firma

Ing. Villar Quiroz Josualdo Carlos, MBA

CIP: 106994

DNI: 40132759

Anexo 3

Anexo 3.1 Matriz de Operacionalización de variable

VARIABLE	TIPO DE VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	NIVEL DE MEDICIÓN	UNIDADES
<b>ANALISIS SISMICO</b>	Cuantitativa Continua	Un análisis sísmicos es el diseño de una estructura que se realiza para obtener las fuerzas de inercia, desplazamientos y deformaciones máximos que se son obtenidas para el estudio de las fuerzas actuantes debido a los sismos en una edificación (Instituto Geológico de México, 2017)	Utilizando el programa ETABS se realizará el cálculo para hallar las derivas máximas de una edificación durante un impacto sísmico y comparar los desplazamientos laterales de la edificación con disipadores y aisladores y sin disipadores ni aisladores.	Estudio de mecánica de suelos aledaño	Capacidad portante.	De razón	m(metros)
					Clasificación de suelo SUCS(%)		
				Análisis sísmico en la edificación SKY UP sin disipadores y aisladores sísmicos	Derivas máximas en XX-YY.		
					Desplazamientos En "X" y "Y"		
					Masa de la edificación		
				Análisis sísmico en la edificación SKY UP usando disipadores sísmicos	Derivas máximas en XX-YY		
					Masa de la edificación		
					Desplazamientos En "X" y "Y"		
				Análisis sísmico en la edificación SKY UP usando aisladores sísmicos	Derivas máximas en XX-YY		
					Masa de la edificación		
					Desplazamientos En "X" y "Y"		
					Diseño de aislador		
				Cuadro comparativo de los desplazamientos laterales en la edificación SKY UP con y sin aisladores y disipadores sísmicos	Resultados de derivas máximas en XX-YY		

### Anexo 3.2 Indicadores de variables

**Tabla 18.** Indicadores de variables

OBJETIVO ESPECÍFICO	INDICADOR	DESCRIPCIÓN	TÉCNICA / INSTRUMENTO	TIEMPO EMPLEADO	MODO DE CÁLCULO
Obtener un estudio de suelos aledaño a la edificación SKY UP.	Capacidad portante	Capacidad del suelo para soportar cargas	Guía de observación.  Software ETABS 2017.	2 meses	El cálculo de los indicadores se tendrá en cuenta con los datos recolectados en los metrados de los planos así mismo los diseños según la norma peruana E.030 sismorresistente para el diseño sísmico programa ETABS V17, así mismo utilizaremos la norma E.031 de aislamiento sísmico para evaluar la edificación con los sistemas de protección sísmica con el mismo análisis tiempo- historia y poder verificar las derivas máximas de la edificación
	Clasificación de suelo SUCS (%)	Clasifica el tipo de suelo existente en el área.			
Evaluar el análisis sísmico en la edificación SKY UP, sin disipadores ni aisladores sísmicos.	Derivas máximas en XX	Las derivas máximas en XX y el eje YY son los desplazamientos laterales entre piso que tiene la estructura.			
Evaluar el análisis sísmico en la edificación SKY UP, con disipadores de fluidos viscosos sísmicos.	Derivas máximas en YY	Son los desplazamientos laterales totales de la edificación.			
Evaluar el análisis sísmico en la edificación SKY UP, con aisladores.	Desplazamientos Cm Diseño de aislador				
Realizar la comparación del análisis sísmico en cuanto a los desplazamientos laterales en la edificación SKY UP, con y sin aisladores y disipadores sísmicos.	Resultados de derivas máximas en XX-YY	Cuadro comparativo de reducción de derivas entre piso y desplazamientos			

## Anexo 4. Instrumentos de recolección de datos.

### Anexo 4.1. Guía de observación

<b>INSTRUMENTO: GUÍA DE RECOLECCIÓN DE DATOS</b>		
<b>1. Datos Generales:</b> EDIFICIO SKY UP		
<b>1.1 Guía N°:01</b>		
<b>1.2.Tesis:</b> Análisis sísmico, con el uso de disipadores y aisladores en el edificio SKY UP Trujillo – La Libertad, 2020.		
<b>1.3. Tesistas:</b> Angulo Aguilar, Deniss Rolando y Escobedo Dios, Muska Zuliana		
<b>1.4. Fecha:</b> Setiembre 2020		
<b>1.5. Dirección:</b> URB. SAN FERNANDO II ETAPA MZ B LOTE 18 – TRUJILLO		
<b>1.6. Distrito:</b> TRUJILLO	<b>1.7. Provincia:</b> TRUJILLO	<b>1.8 Región:</b> LA LIBERTAD
<b>1.9. Año del proyecto:</b> 2020	<b>1.10. Número de Pisos:</b> 13	
<b>1.11. Área del Proyecto:</b> 246.18m <sup>2</sup>		
<b>1.12. Norma Vigente:</b>		
<p>- Para la Determinación de las cargas estáticas se han observado los requerimientos de la norma NTP.E020.</p> <p>- Para la Determinación de las fuerzas de sismo y el tipo de análisis se ha usado la norma NTP.E030.</p> <p>- Para el diseño y cálculo de los aisladores se utilizará la norma NTP. E0.31</p>		
<b>1.13.Croquis de ubicación:</b>		



<b>2. Parámetros Sísmicos (Norma E.030)</b>						
<b>2.1.Zona Sísmica</b>	Z1		<b>2.4.Categoría de la edificación</b>	A	A1	
	Z2				A2	
	Z3			B		
	Z4	<b>X</b>		C		<b>X</b>
<b>2.2.Perfil de Suelo</b>	S1		<b>2.5.Sistema estructural</b>	D		
	S2			Dual		<b>x</b>
	S3	<b>x</b>		Albañilería		
	S4			Aporticada		
<b>2.3.Periodos</b>	Tp	1.0 s		Muros estructurales		
	TL	1.60 s				

<b>3. Parámetros estructurales</b>		
<b>3.1.Concreto para la Superestructura</b>	Resistencia a la compresión (f'c):	280Kg/cm2
	Módulo de elasticidad	217370.65 Kg/cm2
	Coeficiente Poisson	0.2
<b>3.2.Acero de Refuerzo</b>	Fluencia del Acero (Fy):	4200 Kg/cm2
	Módulo de elasticidad	2000000 Kg/cm2

(Campo, 2018)



## IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES NTP.E030.

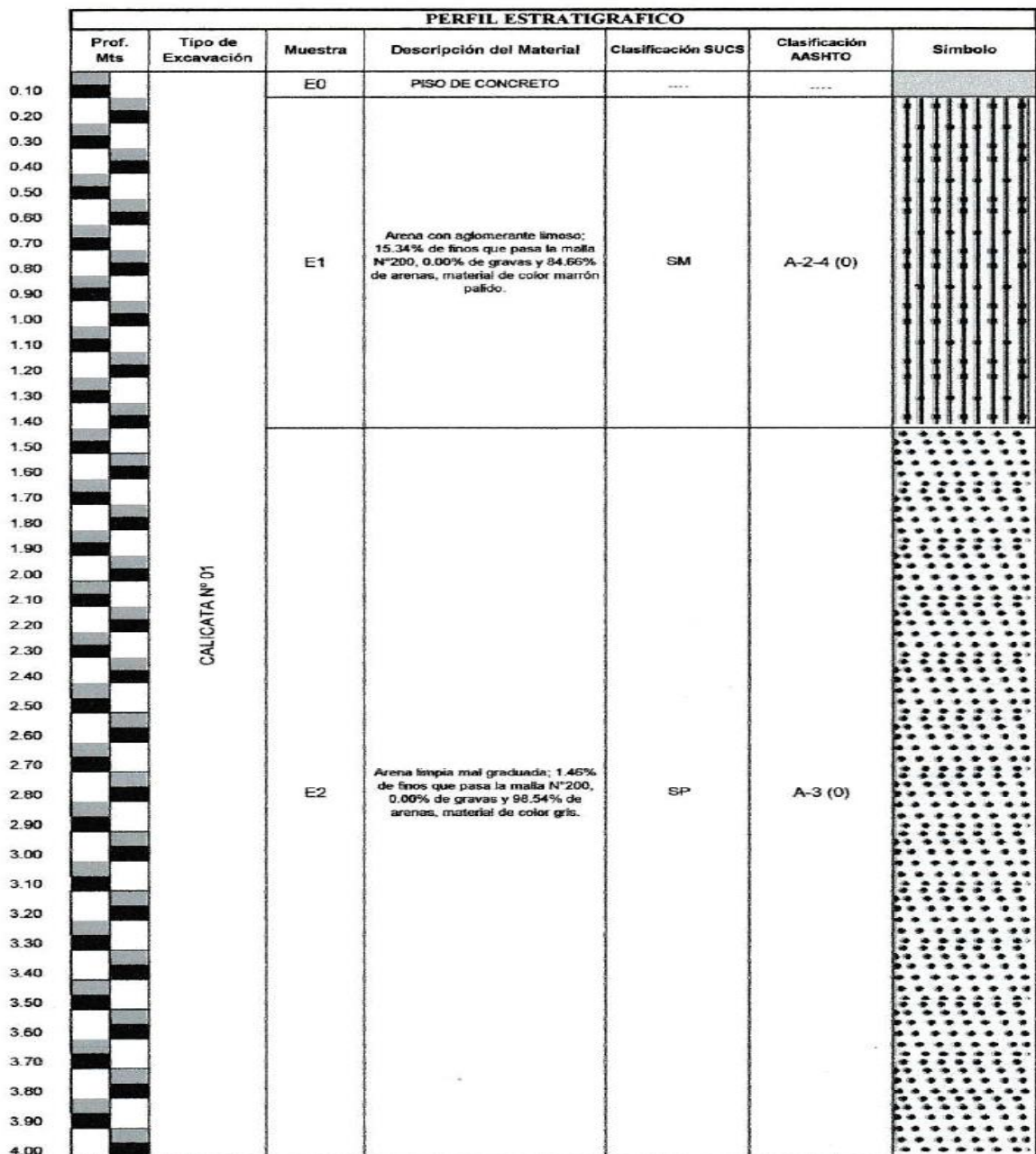
<b>3.3. IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN ALTURA</b>		
	<b>PRESENTA</b>	<b>NO PRESENTA</b>
<b>3.3.1 Irregularidad de rigidez - Piso blando</b>		<b>X</b>
<b>3.3.2. Irregularidades de Resistencia – Piso Débil</b>		<b>X</b>
<b>3.3.3. Irregularidad Extrema de Rigidez</b>		<b>X</b>
No presenta ( Debido a que no presenta la primera irregularidad de Piso Blando)		
<b>3.3.4 Irregularidad Extrema de Resistencia</b>		<b>X</b>
No presenta ( Debido a que no presenta la primera irregularidad de Piso Débil)		
<b>3.3.5 Irregularidad de Masa o Peso</b>		<b>X</b>
No aplica dado que el piso consecutivo para la comparación es un techo		
<b>3.3.6 Irregularidad Geométrica Vertical</b>		<b>X</b>
El edificio no presenta discontinuidades ni variaciones de configuración de los elementos estructurales.		
<b>3.3.7 Discontinuidad en los Sistemas Resistentes</b>		<b>X</b>
Todos los sistemas resistentes ( Pórticos y muros) son continuos		
<b>3.3.8. Discontinuidad extrema de los Sistemas Resistentes</b>		<b>X</b>
No presenta ( Debido a que no presenta la primera irregularidad de discontinuidad)		
<b>3.4. IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN PLANTA</b>		
<b>3.4.1. Irregularidad Torsional</b>		
<b>3.4.2. Irregularidad Torsional Extrema</b>		<b>X</b>
No presenta ( Debido a que no presenta la primera irregularidad de Discontinuidad)		
<b>3.4.3. Esquinas Entrantes</b>		<b>X</b>
El edificio no presenta discontinuidad ni variaciones de configuración estructural por esquinas entrantes		
<b>3.4.4. Discontinuidad del Diafragma</b>	<b>X</b>	
No presenta discontinuidades ni variaciones de configuraciones estructural del diafragma, no se tienen aberturas en la losas de entre piso		
<b>3.4.5. Sistemas no Paralelos</b>		<b>X</b>
no presenta discontinuidades en planta porque todos los ejes son horizontales y verticales		

Anexo 4.2. Ficha de recolección de datos

**FICHA DE RESUMEN DE ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS (EMS)**

**I. DATOS GENERALES**

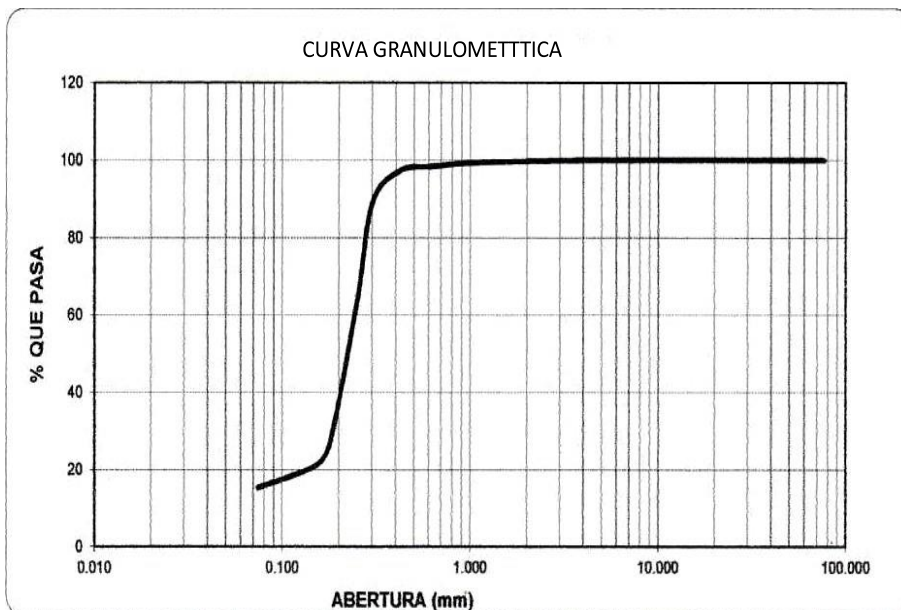
Título de Tesis	Análisis sísmico, con el uso de disipadores y aisladores en el edificio SKY UP, Trujillo – La Libertad.		
Nombre del expediente técnico	“COMERCIO – HOSTAL”		
Perfil	Perfil estratigráfico de las 2 muestras.		
Ubicación	DEP. LA LIBERTAD	PROV.	Trujillo
Fecha.	Marzo de 2018	DIST.	Trujillo–San Fernando



## I. DATOS GENERALES

Título de Tesis	Análisis sísmico, con el uso de disipadores y aisladores en el edificio SKY UP, Trujillo – La Libertad.		
Nombre del expediente técnico	"COMERCIO – HOSTAL"		
CALICATA	Nº 1 MUESTRA Nº 1		
Ubicación	DEP. LA LIBERTAD	PROV.	Trujillo
Fecha.	Marzo de 2018	DIST.	Trujillo–San Fernando

Tamices ASTM	Abertura en mm	Peso retenido	% retenido parcial	% retenido acumulado	% que pasa	Limites e índices de consistencia
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100	L liquido 0.00
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100	L plástico 0.00
2"	50.600	0.00	0.00	0.00	100	Ind. plástico 0.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100	Clas.sucs SM
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100	Clas. AASHTO A-2-4(0)
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100	
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100	Peso unitario volumétrico
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100	P. UNITARIO 1.376
1/4"	6.350	0.00	0.00	0.00	100	
Nº 4	4.178	0.00	0.00	0.00	100	CONTENIDO DE HUMEDAD
8	2.360	1.55	0.17	0.17	99.83	W(%) 4.62
10	2.000	0.68	0.08	0.25	99.75	
16	1.180	2.45	0.27	0.52	99.48	OBSERVACIONES
20	0.850	3.27	0.37	0.89	99.11	Arena con aglomerante limoso:
30	0.600	6.75	0.76	1.65	98.35	15.34% de finos que pasa la
40	0.420	9.24	1.04	2.68	97.32	15.34% de finos que pasa la
50	0.300	73.48	8.24	10.92	89.08	15.34% de finos que pasa la
60	0.250	224.34	25.15	36.07	63.93	15.34% de finos que pasa la
80	0.180	326.76	36.63	72.70	27.30	15.34% de finos que pasa la
100	0.150	55.63	6.24	78.93	21.07	15.34% de finos que pasa la
200	0.074	51.15	5.73	84.66	15.34	15.34% de finos que pasa la
<200		136.81	15.34	100.00	0.00	15.34% de finos que pasa la
Total		892.11				15.34% de finos que pasa la
						DATOS DEL ENSAYO
						PESO SECO INICIAL gr 892.11
						Peso seco lavado gr 755.30
						Peso perdido por lavado gr 136.81

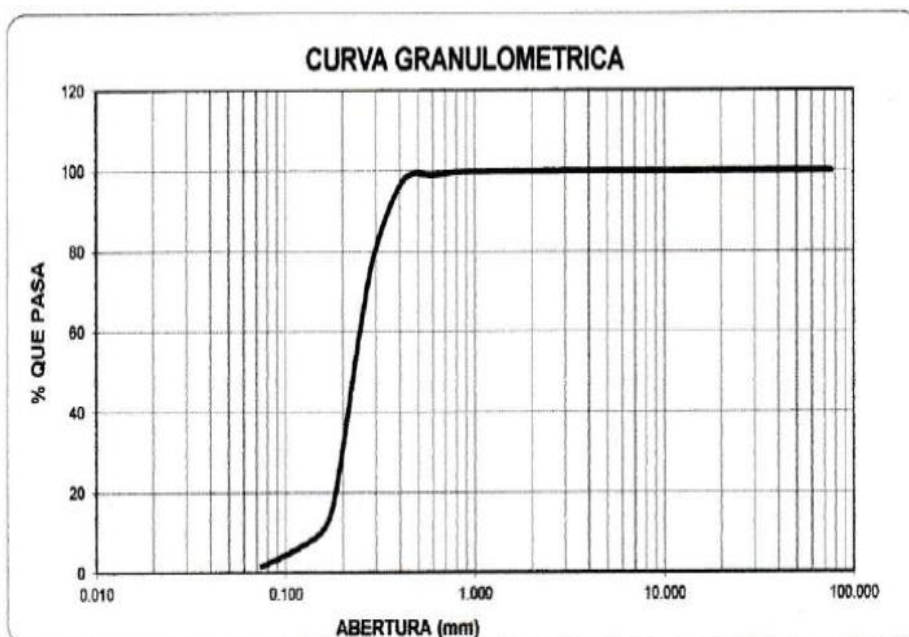


## II. DATOS GENERALES

Título de Tesis	Análisis sísmico, con el uso de disipadores y aisladores en el edificio SKY UP, Trujillo – La Libertad.		
Nombre del expediente técnico	"COMERCIO – HOSTAL"		
CALICATA	Nº 1 MUESTRA Nº 2		
Ubicación	DEP. LA LIBERTAD	PROV.	Trujillo
Fecha.	Marzo de 2018	DIST.	Trujillo–San Fernando

Tamices ASTM	Abertura en mm	Peso retenido	% retenido parcial	% retenido acumulado	% que pasa
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100
2"	50.600	0.00	0.00	0.00	100
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100
1/4"	6.350	0.00	0.00	0.00	100
Nº 4	4.178	0.00	0.00	0.00	100
8	2.360	0.38	0.04	0.04	99.96
10	2.000	0.17	0.02	0.06	99.94
16	1.180	0.68	0.08	0.14	99.85
20	0.850	1.6	0.18	0.32	99.68
30	0.600	5.7	0.65	0.97	98.03
40	0.420	10.64	1.21	2.19	97.81
50	0.300	145.82	16.65	18.84	81.16
60	0.250	166.97	19.06	37.90	62.10
80	0.180	383.48	43.78	81.68	18.32
100	0.150	76.54	8.74	90.42	9.58
200	0.074	71.17	8.13	98.64	1.46
<200		12.78	1.46	100.00	0.00
Total		875.93			

Limites e índices de consistencia	
L liquido	0.00
L plástico	0.00
Ind. plástico	0.00
Clas.sucs	SM
Clas. AASHTO	A-3(0)
Peso unitario volumétrico	
P. UNITARIO	1.383
CONTENIDO DE HUMEDAD	
W(%)	3.98
OBSERVACIONES	
Arena limpia mal graduada: 1.46% de finos que pasa la malla nº200- 0.00% de gravas y 98.54% de arenas, material de color gris	
DATOS DEL ENSAYO	
PESO SECO INICIAL	gr 875.93
Peso seco lavado	gr 863.15
Peso perdido por lavado	gr 12.78



## Anexo 6. Validez y confiabilidad de los instrumentos

Etapas de la investigación (Dimensiones)	Instrumentos	Validación
Tipo de suelo mediante un (EMS) aledaño al edificio SKY UP.	Ficha de recolección de datos	Juicio de expertos especialistas en el tema de Investigación
Análisis sísmico en la edificación SKY UP sin sistema de protección sísmica	Guía de observación	
Análisis sísmico en la edificación SKY UP usando aisladores sísmicos		
Análisis sísmico en la edificación SKY UP usando disipadores sísmicos		
Cuadro comparativo del análisis sísmico en la edificación SKY UP con y sin aisladores y disipadores sísmicos		

## CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo, Jorge Luis Meza Rivas, identificado con el N° de DNI: 17902304, de profesión Ingeniero Civil, CIP 32326, ejerciendo actualmente como Docente a tiempo completo, en la institución Universidad Privada César Vallejo sede Trujillo.

Por medio del presente hago constar que he revisado con la finalidad de validar el instrumento (guía de recolección de datos), de Análisis sísmico, con el uso de disipadores y aisladores en el edificio SKY UP, Trujillo – La Libertad.

Luego de realizar las observaciones presentes se puede responder la siguiente evaluación mediante una matriz respondiendo con un aspa en las columnas SI o NO.

ITEMS	PREGUNTAS	SI	NO
1	¿El instrumento de medición presenta el diseño adecuado?	X	
2	¿El instrumento de recolección de datos facilitará el logro de los objetivos de la investigación?	X	
3	¿Cada una de los ítems del instrumento de medición se relaciona con cada uno de los elementos de los indicadores?	X	
4	¿El instrumento de medición es claro, preciso y sencillo de manera que se pueda obtener los datos requeridos?	X	
5	¿El diseño del instrumento de medición facilitará el análisis y procesamiento de datos?	X	
6	¿El instrumento de recolección de datos tiene relación con el título de la investigación?	X	
7	¿El instrumento de recolección de datos se relaciona con las variables de estudio?	X	

Trujillo, 01 de setiembre del 2020

Valido la presente “Constancia de validación de datos”

  
JORGE L. MEZA RIVAS  
ING. CIVIL  
R. CIP. 32326



**Anexo 7. Fotos y documentos**  
**Anexo 7.1. Fotos de la edificación.**



Fuente: propia



Fuente: propia

## Anexo 7.2 Fotos para la recopilación de datos.

### Visita técnica



### Fachada de la edificación Sky Up





**Vista desde el treceavo piso edificio Sky Up**



**Vista desde el treceavo piso edificio Sky Up**



### Placa de la edificación Sky Up



### Vigas de la edificación Sky Up



**Interior de la edificación Sky Up**



## Anexo 7.3 Norma Peruana E 0.30 diseño sismo resistente.



# Resolución Ministerial

N° 043 -2019-VIVIENDA

Lima, 11 FEB. 2019

**VISTOS:** el Memorandum N° 0010-2019-VIVIENDA/VMCS-DGPRCS de la Dirección General de Políticas y Regulación en Construcción y Saneamiento; el Informe N° 2267-2018-VIVIENDA/VMCS-DGPRCS-DC de la Dirección de Construcción; el Informe N° 036-2019-VIVIENDA/OGAJ de la Oficina General de Asesoría Jurídica; y,

### CONSIDERANDO:

Que, los artículos 5 y 6 de la Ley N° 30156, Ley de Organización y Funciones del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento - MVCS, establecen que este Ministerio es el órgano rector de las políticas nacionales y sectoriales dentro de su ámbito de competencia, que son de obligatorio cumplimiento por los tres niveles de gobierno en el marco del proceso de descentralización, y en todo el territorio nacional y tiene entre otras competencias exclusivas el dictar normas y lineamientos técnicos para la adecuada ejecución de las políticas nacionales y sectoriales;

Que, el literal d) del artículo 82 del Reglamento de Organización y Funciones del MVCS, aprobado por Decreto Supremo N° 010-2014-VIVIENDA y su modificatoria aprobada por Decreto Supremo N° 006-2015-VIVIENDA, establece que la Dirección General de Políticas y Regulación en Construcción y Saneamiento - DGPRCS, tiene entre sus funciones proponer actualizaciones del Reglamento Nacional de Edificaciones - RNE, en coordinación con los sectores que se vinculen, en el marco de los Comités Técnicos de Normalización, según la normatividad vigente;

Que, mediante Decreto Supremo N° 015-2004-VIVIENDA se aprueba el Índice y la Estructura del RNE, aplicable a las Habilitaciones Urbanas y a las Edificaciones que se ejecuten a nivel nacional, estableciéndose en los artículos 1 y 3 de la citada norma, que el MVCS aprueba, mediante Resolución Ministerial, las normas técnicas y sus modificaciones de acuerdo al mencionado índice;

Que, mediante Decreto Supremo N° 011-2006-VIVIENDA se aprueban 66 Normas Técnicas del RNE, entre las que se encuentra la Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente, la misma que fue modificada sucesivamente por Decretos Supremos N° 002-2014-VIVIENDA y N° 003-2016-VIVIENDA, y se crea la Comisión Permanente de Actualización del Reglamento Nacional de Edificaciones - CPARNE, encargada de analizar y formular las propuestas para la actualización de las Normas Técnicas del RNE;

Que, por Resolución Ministerial N° 355-2018-VIVIENDA se aprueba la modificación de la Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente del RNE, publicada en el Diario Oficial El Peruano el 23 de octubre del 2018, y se dispone su publicación en el Portal Institucional del MVCS. Adicionalmente, el 7 de diciembre del 2018 fue publicada en el





3.9 Sistemas de Aislamiento Sísmico y Sistemas de Disipación de Energía

#### CAPÍTULO 4 ANÁLISIS ESTRUCTURAL

4.1 Consideraciones Generales para el Análisis  
4.2 Modelos para el Análisis  
4.3 Estimación del Peso ( $P$ )  
4.4 Procedimientos de Análisis Sísmico  
4.5 Análisis Estático o de Fuerzas Estáticas Equivalentes  
4.6 Análisis Dinámico Modal Espectral  
4.7 Análisis Dinámico Tiempo - Historia

#### CAPÍTULO 5 REQUISITOS DE RIGIDEZ, RESISTENCIA Y DUCTILIDAD

5.1 Determinación de Desplazamientos Laterales  
5.2 Desplazamientos Laterales Relativos Admisibles  
5.3 Separación entre Edificios (s)  
5.4 Redundancia  
5.5 Verificación de Resistencia Última

#### CAPÍTULO 6 ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES, APÉNDICES Y EQUIPOS

6.1 Generalidades  
6.2 Responsabilidad Profesional  
6.3 Fuerzas de Diseño  
6.4 Fuerza Horizontal Mínima  
6.5 Fuerzas Sísmicas Verticales  
6.6 Elementos no Estructurales Localizados en la Base de la Estructura, por Debajo de la Base y Cercos  
6.7 Otras Estructuras  
6.8 Diseño Utilizando el Método de los Esfuerzos Admisibles

#### CAPÍTULO 7 CIMENTACIONES

7.1 Generalidades  
7.2 Capacidad Portante  
7.3 Momento de Volteo  
7.4 Cimentaciones sobre suelos flexibles o de baja capacidad portante

#### CAPÍTULO 8 EVALUACIÓN, REPARACIÓN Y REFORZAMIENTO DE ESTRUCTURAS

8.1 Evaluación de estructuras después de un sismo  
8.2 Reparación y reforzamiento

#### CAPÍTULO 9 INSTRUMENTACIÓN

9.1 Estaciones Acelerométricas  
9.2 Requisitos para su Ubicación  
9.3 Mantenimiento  
9.4 Disponibilidad de Datos

#### ANEXOS

##### ANEXO N° 1 ZONIFICACIÓN SISMICA

##### ANEXO N° 2 PROCEDIMIENTO SUGERIDO PARA LA DETERMINACIÓN DE LAS ACCIONES SÍSMICAS

#### CAPÍTULO 1. GENERALIDADES

##### 1.1 Nomenclatura

Para efectos de la presente Norma Técnica, se consideran las siguientes nomenclaturas:

$C$  Factor de amplificación sísmica.

$C_e$  Coeficiente para estimar el período fundamental de un edificio.

$d_i$  Desplazamientos laterales del centro de masa del nivel  $i$  en traslación pura (restringiendo los giros en planta) debido a las fuerzas  $f_i$ .

$e_i$  Excentricidad accidental en el nivel " $i$ ".

$F_i$  Fuerza sísmica horizontal en el nivel " $i$ ".

$g$  Aceleración de la gravedad.

$h_i$  Altura del nivel " $i$ " con relación al nivel del terreno.

$h_e$  Altura del entrepiso " $i$ ".

$h_n$  Altura total de la edificación en metros.

$M_b$  Momento torsor accidental en el nivel " $i$ ".

$m$  Número de modos usados en la combinación modal.

$n$  Número de pisos del edificio.

$P$  Peso total de la edificación.

$P_i$  Peso del nivel " $i$ ".

$R$  Coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas.

$r$  Respuesta estructural máxima elástica esperada.

$r_i$  Respuestas elásticas máximas correspondientes al modo " $i$ ".

$S$  Factor de amplificación del suelo.

$S_a$  Espectro de pseudo aceleraciones.

$T$  Período fundamental de la estructura para el análisis estático o período de un modo en el análisis dinámico.

$T_p$  Período que define la plataforma del factor  $C$ .

$T_i$  Período que define el inicio de la zona del factor  $C$  con desplazamiento constante.

$U$  Factor de uso o importancia.

$V$  Fuerza cortante en la base de la estructura.

$Z$  Factor de zona.

$R_o$  Coeficiente básico de reducción de las fuerzas sísmicas.

$I_a$  Factor de irregularidad en altura.

$I_p$  Factor de irregularidad en planta.

$f_i$  Fuerza lateral en el nivel  $i$ .

$\bar{v}_s$  Velocidad promedio de propagación de las ondas de corte.

$\bar{N}_{60}$  Promedio ponderado de los ensayos de penetración estándar.

$\bar{S}_u$  Promedio ponderado de la resistencia al corte en condición no drenada.

##### 1.2 Alcances

Esta Norma establece las condiciones mínimas para que las edificaciones diseñadas tengan un comportamiento sísmico acorde con los principios señalados en numeral 1.3.

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.

El empleo de sistemas estructurales diferentes a los indicados en el numeral 3.2, deberá ser aprobado por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, y demostrar que la alternativa propuesta produce adecuados resultados de rigidez, resistencia sísmica y ductilidad.

Para estructuras tales como reservorios, tanques, silos, puentes, torres de transmisión, muelles, estructuras hidráulicas y todas aquellas cuyo comportamiento sísmico difiera del de las edificaciones, se podrá usar esta Norma en lo que sea aplicable.

Además de lo indicado en esta Norma, se deberá tomar medidas de prevención contra los desastres que puedan producirse como consecuencia del movimiento sísmico: tsunamis, fuego, fuga de materiales peligrosos, deslizamiento masivo de tierras u otros.

##### 1.3 Filosofía y Principios del Diseño Sismorresistente

La filosofía del Diseño Sismorresistente consiste en:

- a. Evitar pérdida de vidas humanas.
- b. Asegurar la continuidad de los servicios básicos.
- c. 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:

- a. 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.
- b. La estructura debería soportar movimientos del suelo calificados como moderados para el lugar del proyecto, pudiendo experimentar daños reparables dentro de límites aceptables.
- c. Para las edificaciones esenciales, definidas en la Tabla N° 5, se tendrán consideraciones especiales orientadas a lograr que permanezcan en condiciones operativas luego de un sismo severo.

**1.4 Concepción Estructural Sismorresistente**

Debe tomarse en cuenta la importancia de los siguientes aspectos:

- Simetría, tanto en la distribución de masas como de rigideces.
- Peso mínimo, especialmente en los pisos altos.
- Selección y uso adecuado de los materiales de construcción.
- Resistencia adecuada frente a las cargas laterales.
- Continuidad estructural, tanto en planta como en elevación.
- Ductilidad, entendida como la capacidad de deformación de la estructura más allá del rango elástico.
- Deformación lateral limitada.
- Inclusión de líneas sucesivas de resistencia (redundancia estructural).
- Consideración de las condiciones locales.
- Buena práctica constructiva y supervisión estructural rigurosa.

**1.5 Consideraciones Generales**

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.

No es necesario considerar simultáneamente los efectos de sismo y viento.

Deberá considerarse el posible efecto de los tabiques, parapetos y otros elementos adosados en el comportamiento sísmico de la estructura. El análisis, el detallado del refuerzo y anclaje deberá hacerse acorde con esta consideración.

En concordancia con los principios de diseño sismorresistente del numeral 1.3, se acepta que las edificaciones tengan incursiones inelásticas frente a solicitaciones sísmicas severas. Por tanto, las fuerzas sísmicas de diseño son una fracción de la solicitación sísmica máxima elástica.

**1.6 Presentación del Proyecto**

Los planos, memoria descriptiva y especificaciones técnicas del proyecto estructural, deberán estar firmados por el ingeniero civil colegiado responsable del diseño, quien será el único autorizado para aprobar cualquier modificación a los mismos.

Los planos del proyecto estructural deberán incluir la siguiente información:

- a. Sistema estructural sismorresistente.
- b. Período fundamental de vibración en ambas direcciones principales.
- c. Parámetros para definir la fuerza sísmica o el espectro de diseño.
- d. Fuerza cortante en la base empleada para el diseño, en ambas direcciones.

- e. Desplazamiento máximo del último nivel y el máximo desplazamiento relativo de entrepiso.
- f. La ubicación de las estaciones acelerométricas, si éstas se requieren conforme al Capítulo 9.

**CAPÍTULO 2. PELIGRO SÍSMICO**

**2.1 Zonificación**

El territorio nacional se considera dividido en cuatro zonas, como se muestra en la Figura N° 1. 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, así como en la información neotectónica. El Anexo N° 1 contiene el listado de las provincias y distritos que corresponden a cada zona.

**ZONAS SÍSMICAS**



**FIGURA N° 1**

A cada zona se asigna un factor Z según se indica en la Tabla N° 1. Este factor se interpreta como la aceleración máxima horizontal en suelo rígido con una probabilidad de 10 % de ser excedida en 50 años. El factor Z se expresa como una fracción de la aceleración de la gravedad.

ZONA	Z
4	0,45
3	0,35
2	0,25
1	0,10

**2.2 Microzonificación Sísmica y Estudios de Sitio**

**2.2.1 Microzonificación Sísmica**

Son estudios multidisciplinarios que investigan los efectos de sismos y fenómenos asociados como licuación



de suelos, deslizamientos, tsunamis y otros, sobre el área de interés. Los estudios suministran información sobre la posible modificación de las acciones sísmicas por causa de las condiciones locales y otros fenómenos naturales, así como las limitaciones y exigencias que como consecuencia de los estudios se considere para el diseño, construcción de edificaciones y otras obras.

Para los siguientes casos podrán ser considerados los resultados de los estudios de microzonificación correspondientes:

- Áreas de expansión de ciudades.
- Reconstrucción de áreas urbanas destruidas por sismos y fenómenos asociados.

### 2.2.2 Estudios de Sitio

Son estudios similares a los de microzonificación, aunque no necesariamente en toda su extensión. Estos estudios están limitados al lugar del proyecto y suministran información sobre la posible modificación de las acciones sísmicas y otros fenómenos naturales por las condiciones locales. Su objetivo principal es determinar los parámetros de diseño.

Los estudios de sitio deberán realizarse, entre otros casos, en grandes complejos industriales, industria de explosivos, productos químicos inflamables y contaminantes.

No se considerarán parámetros de diseño inferiores a los indicados en esta Norma.

### 2.3 Condiciones Geotécnicas

#### 2.3.1 Perfiles de Suelo

Para los efectos de esta Norma, 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. Estas propiedades deben determinarse para los 30 m superiores del perfil de suelo medidos desde el nivel del fondo de cimentación, como se indica en el numeral 2.3.2.

Para los suelos predominantemente granulares, se calcula  $\bar{N}_{60}$  considerando solamente los espesores de cada uno de los estratos granulares. Para los suelos predominantemente cohesivos, la resistencia al corte en condición no drenada  $\bar{S}_u$  se calcula como el promedio ponderado de los valores correspondientes a cada estrato cohesivo.

Este método también es aplicable si se encuentran suelos heterogéneos (cohesivos y granulares). En tal caso, si a partir de  $\bar{N}_{60}$  para los estratos con suelos granulares y de  $\bar{S}_u$  para los estratos con suelos cohesivos se obtienen clasificaciones de sitio distintas, se toma la que corresponde al tipo de perfil más flexible.

Los tipos de perfiles de suelos son cinco:

#### a. Perfil Tipo $S_0$ : Roca Dura

A este tipo corresponden las rocas sanas con velocidad de propagación de ondas de corte  $\bar{V}_s$  mayor que 1500 m/s. Las mediciones deberán corresponder al sitio del proyecto o a perfiles de la misma roca en la misma formación con igual o mayor intemperismo o fracturas. Cuando se conoce que la roca dura es continua hasta una profundidad de 30 m, las mediciones de la velocidad de las ondas de corte superficiales pueden ser usadas para estimar el valor de  $\bar{V}_s$ .

#### b. Perfil Tipo $S_1$ : Roca o Suelos Muy Rígidos

A este tipo corresponden las rocas con diferentes grados de fracturación, de macizos homogéneos y los suelos muy rígidos con velocidades de propagación de onda de corte  $\bar{V}_s$ , entre 500 m/s y 1500 m/s, incluyéndose los casos en los que se cimienta sobre:

- Roca fracturada, con una resistencia a la compresión no confinada  $qu$  mayor o igual que 500 kPa (5 kg/cm<sup>2</sup>).
- Arena muy densa o grava arenosa densa, con  $\bar{N}_{60}$  mayor que 50.

- Arcilla muy compacta (de espesor menor que 20 m), con una resistencia al corte en condición no drenada  $\bar{S}_u$  mayor que 100 kPa (1 kg/cm<sup>2</sup>) y con un incremento gradual de las propiedades mecánicas con la profundidad.

#### c. Perfil Tipo $S_2$ : Suelos Intermedios

A este tipo corresponden los suelos medianamente rígidos, con velocidades de propagación de onda de corte  $\bar{V}_s$ , entre 180 m/s y 500 m/s, incluyéndose los casos en los que se cimienta sobre:

- Arena densa, gruesa a media, o grava arenosa medianamente densa, con valores del SPT  $\bar{N}_{60}$ , entre 15 y 50.
- Suelo cohesivo compacto, con una resistencia al corte en condiciones no drenada  $\bar{S}_u$ , entre 50 kPa (0,5 kg/cm<sup>2</sup>) y 100 kPa (1 kg/cm<sup>2</sup>) y con un incremento gradual de las propiedades mecánicas con la profundidad.

#### d. Perfil Tipo $S_3$ : Suelos Blandos

Corresponden a este tipo los suelos flexibles con velocidades de propagación de onda de corte  $\bar{V}_s$ , menor o igual a 180 m/s, incluyéndose los casos en los que se cimienta sobre:

- Arena media a fina, o grava arenosa, con valores del SPT  $\bar{N}_{60}$  menor que 15.
- Suelo cohesivo blando, con una resistencia al corte en condición no drenada  $\bar{S}_u$ , entre 25 kPa (0,25 kg/cm<sup>2</sup>) y 50 kPa (0,5 kg/cm<sup>2</sup>) y con un incremento gradual de las propiedades mecánicas con la profundidad.
- Cualquier perfil que no correspondan al tipo  $S_4$  y que tenga más de 3 m de suelo con las siguientes características: índice de plasticidad  $P_i$  mayor que 20, contenido de humedad  $\omega$  mayor que 40%, resistencia al corte en condición no drenada  $\bar{S}_u$  menor que 25 kPa.

#### e. Perfil Tipo $S_4$ : Condiciones Excepcionales

A este tipo corresponden los suelos excepcionalmente flexibles y los sitios donde las condiciones geológicas y/o topográficas son particularmente desfavorables, en los cuales se requiere efectuar un estudio específico para el sitio. Sólo será necesario considerar un perfil tipo  $S_4$  cuando el Estudio de Mecánica de Suelos (EMS) así lo determine.

La Tabla N° 2 resume valores típicos para los distintos tipos de perfiles de suelo:

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

### 2.3.2 Definición de los Perfiles de Suelo

Las expresiones de este numeral se aplicarán a los 30 m superiores del perfil de suelo, medidos desde el nivel del fondo de cimentación. El subíndice  $i$  se refiere a uno cualquiera de los  $n$  estratos con distintas características,  $m$  se refiere al número de estratos con suelos granulares y  $k$  al número de estratos con suelos cohesivos.

#### a. Velocidad Promedio de las Ondas de Corte, $\bar{V}_s$

La velocidad promedio de propagación de las ondas de corte se determinará con la siguiente fórmula:

$$\bar{V}_s = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{\sum_{i=1}^n \left( \frac{d_i}{V_{si}} \right)}$$

donde  $d_i$  es el espesor de cada uno de los  $n$  estratos y  $V_m$  es la correspondiente velocidad de ondas de corte (m/s).

**b. Promedio Ponderado del Ensayo Estándar de Penetración,  $\bar{N}_{60}$**

El valor  $\bar{N}_{60}$  se calculará considerando solamente los estratos con suelos granulares en los 30 m superiores del perfil:

$$\bar{N}_{60} = \frac{\sum_{i=1}^m d_i}{\sum_{i=1}^m \left( \frac{d_i}{N_{60i}} \right)}$$

Donde  $d_i$  es el espesor de cada uno de los  $m$  estratos con suelo granular y  $\bar{N}_{60}$  es el correspondiente valor corregido del SPT.

**c. Promedio Ponderado de la Resistencia al Corte en Condición no Drenada,  $\bar{S}_u$**

El valor  $\bar{S}_u$  se calculará considerando solamente los estratos con suelos cohesivos en los 30 m superiores del perfil:

$$\bar{S}_u = \frac{\sum_{i=1}^k d_i}{\sum_{i=1}^k \left( \frac{d_i}{S_{ui}} \right)}$$

Donde  $d_i$  es el espesor de cada uno de los  $k$  estratos con suelo cohesivo y  $S_u$  es la correspondiente resistencia al corte en condición no drenada (kPa).

**Consideraciones Adicionales:**

En los casos en los que no sea obligatorio realizar un Estudio de Mecánica de Suelos (EMS) o cuando no se disponga de las propiedades del suelo hasta la profundidad de 30 m, se permite que el profesional responsable estime valores adecuados sobre la base de las condiciones geotécnicas conocidas.

En el caso de estructuras con cimentaciones profundas a base de pilotes, el perfil de suelo será el que corresponda a los estratos en los 30 m por debajo del extremo superior de los pilotes.

**2.4 Parámetros de Sitio ( $S$ ,  $T_p$  y  $T_L$ )**

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 periodos  $T_p$  y  $T_L$  dados en las Tablas N° 3 y N° 4.

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

	Perfil de suelo			
	$S_0$	$S_1$	$S_2$	$S_3$
$T_p$ (s)	0,3	0,4	0,6	1,0
$T_L$ (s)	3,0	2,5	2,0	1,6

**2.5 Factor de Amplificación Sísmica (C)**

De acuerdo a las características de sitio, se define el factor de amplificación sísmica (C) por las siguientes expresiones:

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

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

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

$T$  es el período de acuerdo al numeral 4.5.4, concordado con el numeral 4.6.1.

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

**CAPÍTULO 3 CATEGORÍA, SISTEMA ESTRUCTURAL Y REGULARIDAD DE LAS EDIFICACIONES**

**3.1 Categoría de las Edificaciones y Factor de Uso (U)**

Cada estructura debe ser clasificada de acuerdo con las categorías indicadas en la Tabla N° 5. El factor de uso o importancia (U), definido en la Tabla N° 5 se usará según la clasificación que se haga. Para edificios con aislamiento sísmico en la base se podrá considerar  $U = 1$ .

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	FACTOR U
A	A1: Establecimientos de salud del Sector Salud (públicos y privados) del segundo y tercer nivel, según lo normado por el Ministerio de Salud.	Ver nota 1
	A2: Edificaciones esenciales cuya función no debería interrumpirse inmediatamente después de que ocurra un sismo severo tales como:  - Establecimientos de salud no comprendidos en la categoría A1. - Puertos, aeropuertos, locales municipales, centrales de comunicaciones. Estaciones de bomberos, cuarteles de las fuerzas armadas y policía. - Instalaciones de generación y transformación de electricidad, reservorios y plantas de tratamiento de agua.  Todas aquellas edificaciones que puedan servir de refugio después de un desastre, tales como instituciones educativas, institutos superiores tecnológicos y universidades. Se incluyen edificaciones cuyo colapso puede representar un riesgo adicional, tales como grandes hornos, fábricas y depósitos de materiales inflamables o tóxicos. Edificios que almacenen archivos e información esencial del Estado.	1,5



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

Nota 1: Las nuevas edificaciones de categoría A1 tendrán aislamiento sísmico en la base cuando se encuentren en las zonas sísmicas 4 y 3. En las zonas sísmicas 1 y 2, la entidad responsable podrá decidir si usa o no aislamiento sísmico. Si no se utiliza aislamiento sísmico en las zonas sísmicas 1 y 2, el valor de *U* será como mínimo 1,5.

Nota 2: En estas edificaciones deberá proveerse resistencia y rigidez adecuadas para acciones laterales, a criterio del proyectista.

### 3.2 Sistemas Estructurales

#### 3.2.1 Estructuras de Concreto Armado

Todos los elementos de concreto armado que conforman el sistema estructural sismorresistente deberán cumplir con lo previsto en el Capítulo 21 "Disposiciones especiales para el diseño sísmico" de la Norma Técnica E.060 Concreto Armado del RNE.

**Pórticos.** Por lo menos el 80 % de la fuerza cortante en la base actúa sobre las columnas de los pórticos. En caso se tengan muros estructurales, éstos deberán diseñarse para resistir una fracción de la acción sísmica total de acuerdo con su rigidez.

**Muros Estructurales.** Sistema en el que la resistencia sísmica está dada predominantemente por muros estructurales sobre los que actúa por lo menos el 70 % de la fuerza cortante en la base.

**Dual.** Las acciones sísmicas son resistidas por una combinación de pórticos y muros estructurales. La fuerza cortante que toman los muros está entre 20 % y 70 % del cortante en la base del edificio. Los pórticos deberán ser diseñados para resistir por lo menos 30 % de la fuerza cortante en la base.

**Edificaciones de Muros de Ductilidad Limitada (EMDL).** Edificaciones que se caracterizan por tener un sistema estructural donde la resistencia sísmica y de cargas de gravedad está dada por muros de concreto armado de espesores reducidos, en los que se prescinde de extremos confinados y el refuerzo vertical se dispone en una sola capa.

Con este sistema se puede construir como máximo ocho pisos.

#### 3.2.2 Estructuras de Acero

Los Sistemas que se indican a continuación forman parte del Sistema Estructural Resistente a Sismos.

#### Pórticos Especiales Resistentes a Momentos (SMF)

Estos pórticos deberán proveer una significativa capacidad de deformación inelástica a través de la fluencia por flexión de las vigas y limitada fluencia en las zonas de panel de las columnas. Las columnas deberán ser diseñadas para tener una resistencia mayor que las vigas cuando estas incursionan en la zona de endurecimiento por deformación.

#### Pórticos Intermedios Resistentes a Momentos (IMF)

Estos pórticos deberán proveer una limitada capacidad de deformación inelástica en sus elementos y conexiones.

#### Pórticos Ordinarios Resistentes a Momentos (OMF)

Estos pórticos deberán proveer una mínima capacidad de deformación inelástica en sus elementos y conexiones.

#### Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados (SCBF)

Estos pórticos deberán proveer una significativa capacidad de deformación inelástica a través de la resistencia post-pandeo en los arriostres en compresión y fluencia en los arriostres en tracción.

#### Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados (OCBF)

Estos pórticos deberán proveer una limitada capacidad de deformación inelástica en sus elementos y conexiones.

#### Pórticos Excéntricamente Arriostrados (EBF)

Estos pórticos deberán proveer una significativa capacidad de deformación inelástica principalmente por fluencia en flexión o corte en la zona entre arriostres.

#### 3.2.3 Estructuras de Albañilería

Edificaciones cuyos elementos sismorresistentes son muros a base de unidades de albañilería de arcilla o concreto. Para efectos de esta Norma no se hace diferencia entre estructuras de albañilería confinada o armada.

#### 3.2.4 Estructuras de Madera

Se consideran en este grupo las edificaciones cuyos elementos resistentes son principalmente a base de madera. Se incluyen sistemas entramados y estructuras arriostradas tipo poste y viga.

#### 3.2.5 Estructuras de Tierra

Son edificaciones cuyos muros son hechos con unidades de albañilería de tierra o tierra apisonada in situ.

### 3.3 Categoría y Sistemas Estructurales

De acuerdo a la categoría de una edificación y la zona donde se ubique, ésta deberá proyectarse empleando el sistema estructural que se indica en la Tabla N° 6 y respetando las restricciones a la irregularidad de la Tabla N° 10.

Categoría de la Edificación	Zona	Sistema Estructural
A1	4 y 3	Aislamiento Sísmico con cualquier sistema estructural.
	2 y 1	Estructuras de acero tipo SCBF, OCBF y EBF. Estructuras de concreto: Sistema Dual, Muros de Concreto Armado. Albañilería Armada o Confinada.
A2 (*)	4, 3 y 2	Estructuras de acero tipo SCBF, OCBF y EBF. Estructuras de concreto: Sistema Dual, Muros de Concreto Armado. Albañilería Armada o Confinada.
	1	Cualquier sistema.

Categoría de la Edificación	Zona	Sistema Estructural
B	4, 3 y 2	Estructuras de acero tipo SMF, IMF, SCBF, OCBF y EBF. Estructuras de concreto: Pórticos, Sistema Dual, Muros de Concreto Armado. Albanilería Armada o Confinada. Estructuras de madera
	1	Cualquier sistema.
C	4, 3, 2 y 1	Cualquier sistema.

(\*) Para pequeñas construcciones rurales, como escuelas y postas médicas, se podrá usar materiales tradicionales siguiendo las recomendaciones de las normas correspondientes a dichos materiales.

**3.4 Sistemas Estructurales y Coeficiente Básico de Reducción de las Fuerzas Sísmicas ( $R_p$ )**

Los sistemas estructurales se clasificarán según los materiales usados y el sistema de estructuración sismorresistente en cada dirección de análisis, tal como se indica en la Tabla N° 7.

Cuando en la dirección de análisis, la edificación presente más de un sistema estructural, se tomará el menor coeficiente  $R_p$  que corresponda.

Sistema Estructural	Coeficiente Básico de Reducción $R_p$ (*)
<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>Concreto Armado:</b>	
Pórticos	8
Dual	7
De muros estructurales	6
Muros de ductilidad limitada	4
<b>Albanilería Armada o Confinada.</b>	3
<b>Madera (Por esfuerzos admisibles)</b>	7

(\*) Estos coeficientes se aplicarán únicamente a estructuras en las que los elementos verticales y horizontales permitan la disipación de la energía manteniendo la estabilidad de la estructura. No se aplican a estructuras tipo péndulo invertido.

Para construcciones de tierra debe remitirse a la Norma E.080 "Adobe" del RNE. Este tipo de construcciones no se recomienda en suelos  $S_3$ , ni se permite en suelos  $S_4$ .

**3.5 Regularidad Estructural**

Las estructuras deben ser clasificadas como regulares o irregulares para los fines siguientes:

- Cumplir las restricciones de la Tabla N° 10.
- Establecer los procedimientos de análisis.
- Determinar el coeficiente  $R$  de reducción de fuerzas sísmicas.

**Estructuras Regulares** son las que en su configuración resistente a cargas laterales, no presentan las irregularidades indicadas en las Tablas N° 8 y N° 9.

En estos casos, el factor  $I_a$  o  $I_p$  será igual a 1,0.

**Estructuras Irregulares** son aquellas que presentan una o más de las irregularidades indicadas en las Tablas N° 8 y N° 9.

**3.6 Factores de Irregularidad ( $I_a, I_p$ )**

El factor  $I_a$  se determinará como el menor de los valores de la Tabla N° 8 correspondiente a las irregularidades estructurales existentes en altura en las dos direcciones de análisis. El factor  $I_p$  se determinará como el menor de los valores de la Tabla N° 9 correspondiente a las irregularidades estructurales existentes en planta en las dos direcciones de análisis.

Si al aplicar las Tablas N° 8 y 9 se obtuvieran valores distintos de los factores  $I_a$  o  $I_p$  para las dos direcciones de análisis, se deberá tomar para cada factor el menor valor entre los obtenidos para las dos direcciones.

Tabla N° 8 IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN ALTURA	Factor de Irregularidad $I_a$
<b>Irregularidad de Rigidez – Piso Blando</b> Existe irregularidad de rigidez cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la distorsión de entrepiso (deriva) es mayor que 1,4 veces el correspondiente valor en el entrepiso inmediato superior, o es mayor que 1,25 veces el promedio de las distorsiones de entrepiso en los tres niveles superiores adyacentes. La distorsión de entrepiso se calculará como el promedio de las distorsiones en los extremos del entrepiso.	0,75
<b>Irregularidades de Resistencia – Piso Débil</b> Existe irregularidad de resistencia cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la resistencia de un entrepiso frente a fuerzas cortantes es inferior a 80 % de la resistencia del entrepiso inmediato superior.	0,50
<b>Irregularidad Extrema de Rigidez (Ver Tabla N° 10)</b> Se considera que existe irregularidad extrema en la rigidez cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la distorsión de entrepiso (deriva) es mayor que 1,6 veces el correspondiente valor del entrepiso inmediato superior, o es mayor que 1,4 veces el promedio de las distorsiones de entrepiso en los tres niveles superiores adyacentes. La distorsión de entrepiso se calculará como el promedio de las distorsiones en los extremos del entrepiso.	
<b>Irregularidad Extrema de Resistencia (Ver Tabla N° 10)</b> Existe irregularidad extrema de resistencia cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la resistencia de un entrepiso frente a fuerzas cortantes es inferior a 65 % de la resistencia del entrepiso inmediato superior.	0,90
<b>Irregularidad de Masa o Peso</b> Se tiene irregularidad de masa (o peso) cuando el peso de un piso, determinado según el numeral 4.3, es mayor que 1,5 veces el peso de un piso adyacente. Este criterio no se aplica en azoteas ni en sótanos.	
<b>Irregularidad Geométrica Vertical</b> La configuración es irregular cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la dimensión en planta de la estructura resistente a cargas laterales es mayor que 1,3 veces la correspondiente dimensión en un piso adyacente. Este criterio no se aplica en azoteas ni en sótanos.	0,90
<b>Discontinuidad en los Sistemas Resistentes</b> Se califica a la estructura como irregular cuando en cualquier elemento que resista más de 10 % de la fuerza cortante se tiene un desalineamiento vertical, tanto por un cambio de orientación, como por un desplazamiento del eje de magnitud mayor que 25 % de la correspondiente dimensión del elemento.	0,80



Tabla N° 8 IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN ALTURA	Factor de Irregularidad $I_a$
<b>Discontinuidad extrema de los Sistemas Resistentes (Ver Tabla N° 10)</b> Existe discontinuidad extrema cuando la fuerza cortante que resisten los elementos discontinuos según se describen en el ítem anterior, supere el 25 % de la fuerza cortante total.	0,60
Tabla N° 9 IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN PLANTA	Factor de Irregularidad $I_p$
<b>Irregularidad Torsional</b> Existe irregularidad torsional cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio, calculado incluyendo excentricidad accidental ( $\Delta_{m\acute{a}x}$ ), es mayor que 1,2 veces el desplazamiento relativo del centro de masas del mismo entrepiso para la misma condición de carga ( $\Delta_{CM}$ ). Este criterio sólo se aplica en edificios con diafragmas rígidos y sólo si el máximo desplazamiento relativo de entrepiso es mayor que 50 % del desplazamiento permisible indicado en la Tabla N° 11.	0,75
<b>Irregularidad Torsional Extrema (Ver Tabla N° 10)</b> Existe irregularidad torsional extrema cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio, calculado incluyendo excentricidad accidental ( $\Delta_{CM}$ ), es mayor que 1,5 veces el desplazamiento relativo del centro de masas del mismo entrepiso para la misma condición de carga ( $\Delta_{CM}$ ). Este criterio sólo se aplica en edificios con diafragmas rígidos y sólo si el máximo desplazamiento relativo de entrepiso es mayor que 50 % del desplazamiento permisible indicado en la Tabla N° 11.	0,60
<b>Esquinas Entrantes</b> La estructura se califica como irregular cuando tiene esquinas entrantes cuyas dimensiones en ambas direcciones son mayores que 20 % de la correspondiente dimensión total en planta.	0,90
<b>Discontinuidad del Diafragma</b> La estructura se califica como irregular cuando los diafragmas tienen discontinuidades abruptas o variaciones importantes en rigidez, incluyendo aberturas mayores que 50 % del área bruta del diafragma. También existe irregularidad cuando, en cualquiera de los pisos y para cualquiera de las direcciones de análisis, se tiene alguna sección transversal del diafragma con un área neta resistente menor que 25 % del área de la sección transversal total de la misma dirección calculada con las dimensiones totales de la planta.	0,85
<b>Sistemas no Paralelos</b> Se considera que existe irregularidad cuando en cualquiera de las direcciones de análisis los elementos resistentes a fuerzas laterales no son paralelos. No se aplica si los ejes de los pórticos o muros forman ángulos menores que 30° ni cuando los elementos no paralelos resisten menos que 10 % de la fuerza cortante del piso.	0,90

### 3.7 Restricciones a la Irregularidad

#### 3.7.1 Categoría de la Edificación e Irregularidad

De acuerdo a la categoría de una edificación y la zona donde se ubique, ésta deberá proyectarse respetando las restricciones a la irregularidad de la Tabla N° 10.

Tabla N° 10 CATEGORÍA Y REGULARIDAD DE LAS EDIFICACIONES		
Categoría de la Edificación	Zona	Restricciones
A1 y A2	4, 3 y 2	No se permiten irregularidades
	1	No se permiten irregularidades extremas
B	4, 3 y 2	No se permiten irregularidades extremas
	1	Sin restricciones
C	4 y 3	No se permiten irregularidades extremas
	2	No se permiten irregularidades extremas excepto en edificios de hasta 2 pisos u 8 m de altura total
	1	Sin restricciones

#### 3.7.2 Sistemas de Transferencia

Los sistemas de transferencia son estructuras de losas y vigas que transmiten las fuerzas y momentos desde elementos verticales discontinuos hacia otros del piso inferior.

En las zonas sísmicas 4, 3 y 2 no se permiten estructuras con sistema de transferencia en los que más del 25 % de las cargas de gravedad o de las cargas sísmicas en cualquier nivel sean soportadas por elementos verticales que no son continuos hasta la cimentación. Esta disposición no se aplica para el último entrepiso de las edificaciones.

#### 3.8 Coeficiente de Reducción de las Fuerzas Sísmicas, R

El coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas se determinará como el producto del coeficiente  $R_0$  determinado a partir de la Tabla N° 7 y de los factores  $I_a$ ,  $I_p$  obtenidos de las Tablas N° 8 y N° 9.

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

#### 3.9 Sistemas de Aislamiento Sísmico y Sistemas de Disipación de Energía

Se permite la utilización de sistemas de aislamiento sísmico o de sistemas de disipación de energía en la edificación, siempre y cuando se cumplan las disposiciones de esta Norma (mínima fuerza cortante en la base, distorsión de entrepiso máxima permisible), y en la medida que sean aplicables los requisitos del documento siguiente:

"Minimum Design Loads for Building and Other Structures", ASCE/SEI 7-10, Structural Engineering Institute of the American Society of Civil Engineers, Reston, Virginia, USA, 2010.

La instalación de sistemas de aislamiento sísmico o de sistemas de disipación de energía deberá someterse a una supervisión técnica especializada a cargo de un ingeniero civil.

### CAPÍTULO 4 ANÁLISIS ESTRUCTURAL

#### 4.1 Consideraciones Generales para el Análisis

Para estructuras regulares, el análisis podrá hacerse considerando que el total de la fuerza sísmica actúa independientemente en dos direcciones ortogonales predominantes. Para estructuras irregulares deberá suponerse que la acción sísmica ocurre en la dirección que resulte más desfavorable para el diseño.

Las sollicitaciones sísmicas verticales se considerarán en el diseño de los elementos verticales, en elementos horizontales de gran luz, en elementos post o pre tensados y en los voladizos o salientes de un edificio. Se considera que la fuerza sísmica vertical actúa en los elementos simultáneamente con la fuerza sísmica horizontal y en el sentido más desfavorable para el análisis.

#### 4.2 Modelos para el Análisis

El modelo para el análisis deberá considerar una distribución espacial de masas y rigideces que sean adecuadas para calcular los aspectos más significativos del comportamiento dinámico de la estructura.

Para propósito de esta Norma las estructuras de concreto armado y albañilería podrán ser analizadas considerando las inercias de las secciones brutas, ignorando la fisuración y el refuerzo.

Para edificios en los que se pueda razonablemente suponer que los sistemas de piso funcionan como diafragmas rígidos, se podrá usar un modelo con masas concentradas y tres grados de libertad por diafragma, asociados a dos componentes ortogonales de traslación horizontal y una rotación. En tal caso, las deformaciones de los elementos deberán compatibilizarse mediante la condición de diafragma rígido y la distribución en planta de las fuerzas horizontales deberá hacerse en función a las rigideces de los elementos resistentes.

Deberá verificarse que los diafragmas tengan la rigidez y resistencia, suficientes para asegurar la distribución antes mencionada, en caso contrario, deberá tomarse en cuenta su flexibilidad para la distribución de las fuerzas sísmicas.

El modelo estructural deberá incluir la tabiquería que no esté debidamente aislada.

Para los pisos que no constituyan diafragmas rígidos, los elementos resistentes serán diseñados para las fuerzas horizontales que directamente les corresponde.

En los edificios cuyos elementos estructurales predominantes sean muros, se deberá considerar un modelo que tome en cuenta la interacción entre muros en direcciones perpendiculares (muros en H, muros en T y muros en L).

#### 4.3 Estimación del Peso ( $P$ )

El peso ( $P$ ), se calculará adicionando a la carga permanente y total de la edificación un porcentaje de la carga viva o sobrecarga que se determinará de la siguiente manera:

- En edificaciones de las categorías A y B, se tomará el 50 % de la carga viva.
- En edificaciones de la categoría C, se tomará el 25 % de la carga viva.
- En depósitos, el 80 % del peso total que es posible almacenar.
- En azoteas y techos en general se tomará el 25 % de la carga viva.
- En estructuras de tanques, silos y estructuras similares se considerará el 100 % de la carga que puede contener.

#### 4.4 Procedimientos de Análisis Sísmico

Deberá utilizarse uno de los procedimientos siguientes:

- Análisis estático o de fuerzas estáticas equivalentes (numeral 4.5).
- Análisis dinámico modal espectral (numeral 4.6).

El análisis se hará considerando un modelo de comportamiento lineal y elástico con las solicitaciones sísmicas reducidas.

El procedimiento de análisis dinámico tiempo - historia, descrito en el numeral 4.7, podrá usarse con fines de verificación, pero en ningún caso será exigido como sustituto de los procedimientos indicados en los numerales 4.5 y 4.6.

#### 4.5 Análisis Estático o de Fuerzas Estáticas Equivalentes

##### 4.5.1 Generalidades

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

Podrán analizarse mediante este procedimiento todas las estructuras regulares o irregulares ubicadas en la zona sísmica 1, las estructuras clasificadas como regulares según el numeral 3.5 de no más de 30 m de altura y las estructuras de muros portantes de concreto armado y albañilería armada o confinada de no más de 15 m de altura, aun cuando sean irregulares.

##### 4.5.2 Fuerza Cortante en la Base

La fuerza cortante total en la base de la estructura, correspondiente a la dirección considerada, se determinará por la siguiente expresión:

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

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

$$\frac{C}{R} \geq 0,125$$

#### 4.5.3 Distribución de la Fuerza Sísmica en Altura

Las fuerzas sísmicas horizontales en cualquier nivel  $i$ , correspondientes a la dirección considerada, se calcularán mediante:

$$F_i = \alpha_i \cdot V$$

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

Donde  $n$  es el número de pisos del edificio,  $k$  es un exponente relacionado con el período fundamental de vibración de la estructura ( $T$ ), en la dirección considerada, que se calcula de acuerdo a:

- Para  $T$  menor o igual a 0,5 segundos:  $k = 1,0$ .
- Para  $T$  mayor que 0,5 segundos:  $k = (0,75 + 0,5 T) \leq 2,0$ .

#### 4.5.4 Período Fundamental de Vibración

El período fundamental de vibración para cada dirección se estimará con la siguiente expresión:

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

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 arriostamiento.

$C_T = 45$  Para edificios cuyos elementos resistentes en la dirección considerada sean:

- Pórticos de concreto armado con muros en las cajas de ascensores y escaleras.
- Pórticos de acero arriostrados.

$C_T = 60$  Para edificios de albañilería y para todos los edificios de concreto armado duales, de muros estructurales, y muros de ductilidad limitada.

Alternativamente podrá usarse la siguiente expresión:

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

Donde:

-  $f_i$  es la fuerza lateral en el nivel  $i$  correspondiente a una distribución en altura semejante a la del primer modo en la dirección de análisis.

-  $d_i$  es el desplazamiento lateral del centro de masa del nivel  $i$  en traslación pura (restringiendo los giros en planta) debido a las fuerzas  $f_i$ . Los desplazamientos se calcularán suponiendo comportamiento lineal elástico de la estructura y, para el caso de estructuras de concreto armado y de albañilería, considerando las secciones sin fisurar.



Cuando el análisis no considere la rigidez de los elementos no estructurales, el período fundamental  $T$  deberá tomarse como 0,85 del valor obtenido con la fórmula precedente.

#### 4.5.5 Excentricidad Accidental

Para estructuras con diafragmas rígidos, se supondrá que la fuerza en cada nivel ( $F_i$ ) actúa en el centro de masas del nivel respectivo y debe considerarse además de la excentricidad propia de la estructura el efecto de excentricidades accidentales (en cada dirección de análisis) como se indica a continuación:

a) En el centro de masas de cada nivel, además de la fuerza lateral estática actuante, se aplicará un momento torsor accidental ( $M_{ti}$ ) que se calcula como:

$$M_{ti} = \pm F_i \cdot e_i$$

Para cada dirección de análisis, la excentricidad accidental en cada nivel ( $e_i$ ), se considerará como 0,05 veces la dimensión del edificio en la dirección perpendicular a la dirección de análisis.

b) Se puede suponer que las condiciones más desfavorables se obtienen considerando las excentricidades accidentales con el mismo signo en todos los niveles. Se considerarán únicamente los incrementos de las fuerzas horizontales no así las disminuciones.

#### 4.5.6 Fuerzas Sísmicas Verticales

La fuerza sísmica vertical se considerará como una fracción del peso igual a  $2/3 Z \cdot U \cdot S$ .

En elementos horizontales de grandes luces, incluyendo volados, se requerirá un análisis dinámico con los espectros definidos en el numeral 4.6.2.

#### 4.6 Análisis Dinámico Modal Espectral

Cualquier estructura puede ser diseñada usando los resultados de los análisis dinámicos por combinación modal espectral según lo especificado en este numeral.

##### 4.6.1 Modos de Vibración

Los modos de vibración podrán determinarse por un procedimiento de análisis que considere apropiadamente las características de rigidez y la distribución de las masas.

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.

##### 4.6.2 Aceleración Espectral

Para cada una de las direcciones horizontales analizadas se utilizará un espectro inelástico de pseudo-aceleraciones definido por:

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

Para el análisis en la dirección vertical podrá usarse un espectro con valores iguales a los  $2/3$  del espectro empleado para las direcciones horizontales.

##### 4.6.3 Criterios de Combinación

Mediante los criterios de combinación que se indican, se podrá obtener la respuesta máxima elástica esperada ( $r$ ) tanto para las fuerzas internas en los elementos componentes de la estructura, como para los parámetros globales del edificio como fuerza cortante en la base, cortantes de entrepiso, momentos de volteo, desplazamientos totales y relativos de entrepiso.

La respuesta máxima elástica esperada ( $r$ ) correspondiente al efecto conjunto de los diferentes modos de vibración empleados ( $r_i$ ) podrá determinarse

usando la combinación cuadrática completa de los valores calculados para cada modo.

$$r = \sqrt{\sum \sum r_i \rho_{ij} r_j}$$

Donde  $r$  representa las respuestas modales, desplazamientos o fuerzas. Los coeficientes de correlación están dados por:

$$\rho_{ij} = \frac{8 \beta^2 (1 + \lambda) \lambda^{3/2}}{(1 - \lambda^2)^2 + 4 \beta^2 \lambda (1 + \lambda)^2} \quad \lambda = \frac{\omega_j}{\omega_i}$$

$\beta$ , fracción del amortiguamiento crítico, que se puede suponer constante para todos los modos igual a 0,05  
 $\omega_i, \omega_j$  son las frecuencias angulares de los modos  $i, j$

Alternativamente, la respuesta máxima podrá estimarse mediante la siguiente expresión.

$$r = 0,25 \cdot \sum_{i=1}^m |r_i| + 0,75 \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^m r_i^2}$$

#### 4.6.4 Fuerza Cortante Mínima

Para cada una de las direcciones consideradas en el análisis, la fuerza cortante en el primer entrepiso del edificio no podrá ser menor que el 80 % del valor calculado según el numeral 4.5 para estructuras regulares, ni menor que el 90 % para estructuras irregulares.

Si fuera necesario incrementar el cortante para cumplir los mínimos señalados, se deberán escalar proporcionalmente todos los otros resultados obtenidos, excepto los desplazamientos.

#### 4.6.5 Excentricidad Accidental (Efectos de Torsión)

La incertidumbre en la localización de los centros de masa en cada nivel, se considerará mediante una excentricidad accidental perpendicular a la dirección del sismo igual a 0,05 veces la dimensión del edificio en la dirección perpendicular a la dirección de análisis. En cada caso deberá considerarse el signo más desfavorable.

#### 4.7 Análisis Dinámico Tiempo - Historia

El análisis dinámico tiempo - historia podrá emplearse como un procedimiento complementario a los especificados en los numerales 4.5 y 4.6.

En este tipo de análisis deberá utilizarse un modelo matemático de la estructura que considere directamente el comportamiento histerético de los elementos, determinándose la respuesta frente a un conjunto de aceleraciones del terreno mediante integración directa de las ecuaciones de equilibrio.

##### 4.7.1 Registros de Aceleración

Para el análisis se usarán como mínimo tres conjuntos de registros de aceleraciones del terreno, cada uno de los cuales incluirá dos componentes en direcciones ortogonales.

Cada conjunto de registros de aceleraciones del terreno consistirá en un par de componentes de aceleración horizontal, elegidas y escaladas de eventos individuales. Las historias de aceleración serán obtenidas de eventos cuyas magnitudes, distancia a las fallas, y mecanismos de fuente sean consistentes con el máximo sismo considerado. Cuando no se cuente con el número requerido de registros apropiados, se podrán usar registros simulados para alcanzar el número total requerido.

Para cada par de componentes horizontales de movimiento del suelo, se construirá un espectro de pseudo aceleraciones tomando la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados (SRSS) de los valores espectrales calculados para cada componente por separado, con 5 % de amortiguamiento. Ambas componentes se escalarán por un mismo factor, de modo que en el rango de períodos entre  $0,2 T$  y  $1,5 T$  (siendo  $T$  el período fundamental),



el promedio de los valores espectrales SRSS obtenidos para los distintos juegos de registros no sea menor que la ordenada correspondiente del espectro de diseño, calculada según el numeral 4.6.2 con  $R = 1$ .

Para la generación de registros simulados deberán considerarse los valores de  $C$ , definidos en el numeral 2.5, excepto para la zona de períodos muy cortos ( $T < 0,2 T_p$ ) en la que se considerará:

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

#### 4.7.2 Modelo para el Análisis

El modelo matemático deberá representar correctamente la distribución espacial de masas en la estructura.

El comportamiento de los elementos será modelado de modo consistente con resultados de ensayos de laboratorio y tomará en cuenta la fluencia, la degradación de resistencia, la degradación de rigidez, el estrechamiento de los lazos histeréticos, y todos los aspectos relevantes del comportamiento estructural indicado por los ensayos.

La resistencia de los elementos será obtenida en base a los valores esperados sobre resistencia del material, endurecimiento por deformación y degradación de resistencia por la carga cíclica.

Se permite suponer propiedades lineales para aquellos elementos en los que el análisis demuestre que permanecen en el rango elástico de respuesta.

Se admite considerar un amortiguamiento viscoso equivalente con un valor máximo del 5 % del amortiguamiento crítico, además de la disipación resultante del comportamiento histerético de los elementos.

Se puede suponer que la estructura está empotrada en la base, o alternativamente considerar la flexibilidad del sistema de cimentación si fuera pertinente.

#### 4.7.3 Tratamiento de Resultados

En caso se utilicen por lo menos siete juegos de registros del movimiento del suelo, las fuerzas de diseño, las deformaciones en los elementos y las distorsiones de entrepiso se evaluarán a partir de los promedios de los correspondientes resultados máximos obtenidos en los distintos análisis. Si se utilizaran menos de siete juegos de registros, las fuerzas de diseño, las deformaciones y las distorsiones de entrepiso serán evaluadas a partir de los máximos valores obtenidos de todos los análisis.

Las distorsiones máximas de entrepiso no deberán exceder de 1,25 veces de los valores indicados en la Tabla N° 11.

Las deformaciones en los elementos no excederán de 2/3 de aquellas para las que perderían la capacidad portante para cargas verticales o para las que se tendría una pérdida de resistencia en exceso a 30 %.

Para verificar la resistencia de los elementos se dividirán los resultados del análisis entre  $R = 2$ , empleándose las normas aplicables a cada material.

### CAPÍTULO 5 REQUISITOS DE RIGIDEZ, RESISTENCIA Y DUCTILIDAD

#### 5.1 Determinación de Desplazamientos Laterales

Para estructuras regulares, los desplazamientos laterales se calcularán multiplicando por  $0,75 R$  los resultados obtenidos del análisis lineal y elástico con las solicitaciones sísmicas reducidas. Para estructuras irregulares, los desplazamientos laterales se calcularán multiplicando por  $R$  los resultados obtenidos del análisis lineal elástico.

Para el cálculo de los desplazamientos laterales no se considerarán los valores mínimos de  $C/R$  indicados en el numeral 4.5.2 ni el cortante mínimo en la base especificado en el numeral 4.6.4.

#### 5.2 Desplazamientos Laterales Relativos Admisibles

El máximo desplazamiento relativo de entrepiso, calculado según el numeral 5.1, no deberá exceder la

fracción de la altura de entrepiso (distorsión) que se indica en la Tabla N° 11.

Tabla N° 11 LÍMITES PARA LA DISTORSIÓN DEL ENTREPISO	
Material Predominante	$(\Delta_r / h_{ei})$
Concreto Armado	0,007
Acero	0,010
Albañilería	0,005
Madera	0,010
Edificios de concreto armado con muros de ductilidad limitada	0,005

Nota: Los límites de la distorsión (deriva) para estructuras de uso industrial serán establecidos por el proyectista, pero en ningún caso excederán el doble de los valores de esta Tabla.

#### 5.3 Separación entre Edificios (s)

Toda estructura debe estar separada de las estructuras vecinas, desde el nivel del terreno natural, una distancia mínima  $s$  para evitar el contacto durante un movimiento sísmico.

Esta distancia no será menor que los 2/3 de la suma de los desplazamientos máximos de los edificios adyacentes ni menor que:

$$s = 0,006 h \geq 0,03 \text{ m}$$

Donde  $h$  es la altura medida desde el nivel del terreno natural hasta el nivel considerado para evaluar  $s$ .

El edificio se retirará de los límites de propiedad adyacentes a otros lotes edificables, o con edificaciones, distancias no menores de 2/3 del desplazamiento máximo calculado según el numeral 5.1 ni menores que  $s/2$  si la edificación existente cuenta con una junta sísmica reglamentaria.

En caso de que no exista la junta sísmica reglamentaria, el edificio deberá separarse de la edificación existente el valor de  $s/2$  que le corresponde más el valor  $s/2$  de la estructura vecina.

#### 5.4 Redundancia

Cuando sobre un solo elemento de la estructura, muro o pórtico, actúa una fuerza de 30 % o más del total de la fuerza cortante horizontal en cualquier entrepiso, dicho elemento deberá diseñarse para el 125 % de dicha fuerza.

#### 5.5 Verificación de Resistencia Última

En caso se realice un análisis de la resistencia última se podrá utilizar las especificaciones del ASCE/SEI 41 SEISMIC REHABILITATION OF EXISTING BUILDINGS. Esta disposición no constituye una exigencia de la presente Norma.

### CAPÍTULO 6 ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES, APÉNDICES Y EQUIPOS

#### 6.1 Generalidades

Se consideran como elementos no estructurales aquellos que, estando conectados o no al sistema resistente a fuerzas horizontales, aportan masa al sistema pero su aporte a la rigidez no es significativo.

Para los elementos no estructurales que estén unidos al sistema estructural sismorresistente y deban acompañar la deformación de la estructura deberá asegurarse que en caso de falla no causen daños.

Dentro de los elementos no estructurales que deben tener adecuada resistencia y rigidez para acciones sísmicas se incluyen:

- Cercos, tabiques, parapetos, paneles prefabricados.
- Elementos arquitectónicos y decorativos entre ellos cielos rasos, enchapes.

- Vidrios y muro cortina.
- Instalaciones hidráulicas y sanitarias.
- Instalaciones eléctricas.
- Instalaciones de gas.
- Equipos mecánicos.
- Mobiliario cuya inestabilidad signifique un riesgo.

### 6.2 Responsabilidad Profesional

Los profesionales que elaboran los diferentes proyectos serán responsables de proveer a los elementos no estructurales la adecuada resistencia y rigidez para acciones sísmicas.

### 6.3 Fuerzas de Diseño

Los elementos no estructurales, sus anclajes, y sus conexiones deberán diseñarse para resistir una fuerza sísmica horizontal en cualquier dirección ( $F$ ) asociada a su peso ( $P_e$ ), cuya resultante podrá suponerse aplicada en el centro de masas del elemento, tal como se indica a continuación:

$$F = \frac{a_i}{g} \cdot C_1 \cdot P_e$$

Donde  $a_i$  es la aceleración horizontal en el nivel donde el elemento no estructural está soportado, o anclado, al sistema estructural de la edificación. Esta aceleración depende de las características dinámicas del sistema estructural de la edificación y debe evaluarse mediante un análisis dinámico de la estructura.

Alternativamente podrá utilizarse la siguiente ecuación:

$$F = \frac{F_i}{P_i} \cdot C_1 \cdot P_e$$

Donde  $F_i$  es la fuerza lateral en el nivel donde se apoya o se ancla el elemento no estructural calculada de acuerdo al numeral 4.5 y  $P_i$  el peso de dicho nivel.

Los valores de  $C_1$  se tomarán de la Tabla N° 12.

Para calcular las sollicitaciones de diseño en muros, tabiques, parapetos y en general elementos no estructurales con masa distribuida, la fuerza  $F$  se convertirá en una carga uniformemente distribuida por unidad de área. Para muros y tabiques soportados horizontalmente en dos niveles consecutivos, se tomará el promedio de las aceleraciones de los dos niveles.

Tabla N° 12 VALORES DE $C_1$	
- Elementos que al fallar puedan precipitarse fuera de la edificación y cuya falla entrañe peligro para personas u otras estructuras.	3,0
- Muros y tabiques dentro de una edificación.	2,0
- Tanques sobre la azotea, casa de máquinas, pérgolas, parapetos en la azotea.	3,0
- Equipos rígidos conectados rigidamente al piso.	1,5

### 6.4 Fuerza Horizontal Mínima

En ningún nivel del edificio la fuerza  $F$  calculada con el numeral 6.3 será menor que  $0,5 \cdot Z \cdot U \cdot S \cdot P_e$ .

### 6.5 Fuerzas Sísmicas Verticales

La fuerza sísmica vertical se considerará como 2/3 de la fuerza horizontal.

Para equipos soportados por elementos de grandes luces, incluyendo volados, se requerirá un análisis dinámico con los espectros definidos en el numeral 4.6.2.

### 6.6 Elementos no Estructurales Localizados en la Base de la Estructura, por Debajo de la Base y Cercos

Los elementos no estructurales localizados a nivel de la base de la estructura o por debajo de ella (sótanos) y los cercos deberán diseñarse con una fuerza horizontal calculada con:

$$F = 0,5 \cdot Z \cdot U \cdot S \cdot P_e$$

### 6.7 Otras Estructuras

Para letreros, chimeneas, torres y antenas de comunicación instaladas en cualquier nivel del edificio, la fuerza de diseño se establecerá considerando las propiedades dinámicas del edificio y de la estructura a instalar. La fuerza de diseño no deberá ser menor que la correspondiente a la calculada con la metodología propuesta en este capítulo con un valor de  $C_1$  mínimo de 3,0.

### 6.8 Diseño Utilizando el Método de los Esfuerzos Admisibles

Cuando el elemento no estructural o sus anclajes se diseñen utilizando el Método de los Esfuerzos Admisibles, las fuerzas sísmicas definidas en este Capítulo se multiplicarán por 0,8.

## CAPÍTULO 7 CIMENTACIONES

### 7.1 Generalidades

Las suposiciones que se hagan para los apoyos de la estructura deberán ser concordantes con las características propias del suelo de cimentación.

La determinación de las presiones actuantes en el suelo para la verificación por esfuerzos admisibles, se hará con las fuerzas obtenidas del análisis sísmico multiplicadas por 0,8.

### 7.2 Capacidad Portante

En todo estudio de mecánica de suelos deberán considerarse los efectos de los sismos para la determinación de la capacidad portante del suelo de cimentación. En los sitios en que pueda producirse licuación del suelo, debe efectuarse una investigación geotécnica que evalúe esta posibilidad y determine la solución más adecuada.

### 7.3 Momento de Volteo

Toda estructura y su cimentación deberán ser diseñadas para resistir el momento de volteo que produce un sismo, según los numerales 4.5 o 4.6. El factor de seguridad calculado con las fuerzas que se obtienen en aplicación de esta Norma deberá ser mayor o igual que 1,2.

### 7.4 Cimentaciones sobre suelos flexibles o de baja capacidad portante

Para zapatas aisladas con o sin pilotes en suelos tipo  $S_3$  y  $S_4$  y para las Zonas 4 y 3 se proveerá elementos de conexión, los que deben soportar en tracción o compresión, una fuerza horizontal mínima equivalente al 10 % de la carga vertical que soporta la zapata.

Para suelos de capacidad portante menor que 0,15 MPa se proveerá vigas de conexión en ambas direcciones.

Para el caso de pilotes y cajones deberá proveerse de vigas de conexión o deberá tenerse en cuenta los giros y deformaciones por efecto de la fuerza horizontal diseñando pilotes y zapatas para estas sollicitaciones. Los pilotes tendrán una armadura en tracción equivalente por lo menos al 15 % de la carga vertical que soportan.

## CAPÍTULO 8 EVALUACIÓN, REPARACIÓN Y REFORZAMIENTO DE ESTRUCTURAS

Las estructuras dañadas por sismos deben ser evaluadas, reparadas y/o reforzadas de tal manera que se corrijan los posibles defectos estructurales que provocaron los daños y recuperen la capacidad de resistir un nuevo evento sísmico, acorde con la filosofía del diseño sismorresistente señalada en el Capítulo 1.



**8.1 Evaluación de estructuras después de un sismo**

Ocurrido el evento sísmico la estructura deberá ser evaluada por un ingeniero civil, quien deberá determinar si la edificación se encuentra en buen estado o requiere de reforzamiento, reparación o demolición. El estudio deberá necesariamente considerar las características geotécnicas del sitio.

**8.2 Reparación y reforzamiento**

La reparación o reforzamiento deberá dotar a la estructura de una combinación adecuada de rigidez, resistencia y ductilidad que garantice su buen comportamiento en eventos futuros.

El proyecto de reparación o reforzamiento incluirá los detalles, procedimientos y sistemas constructivos a seguirse.

Para la reparación y el reforzamiento sísmico de edificaciones se seguirán los lineamientos del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE). Solo en casos excepcionales se podrá emplear otros criterios y procedimientos diferentes a los indicados en el RNE, con la debida justificación técnica y con aprobación del propietario y de la autoridad competente.

Las edificaciones esenciales se podrán intervenir empleando los criterios de reforzamiento sísmico progresivo y en la medida que sea aplicable, usando los criterios establecidos en el documento "Engineering Guideline for Incremental Seismic Rehabilitation", FEMA P-420, Risk Management Series, USA, 2009.

**CAPÍTULO 9 INSTRUMENTACIÓN**

**9.1 Estaciones Acelerométricas**

Las edificaciones que individualmente o en forma conjunta, tengan un área techada igual o mayor que 10 000 m<sup>2</sup>, deberán contar con una estación acelerométrica, instalada a nivel del terreno natural o en la base del edificio. Dicha estación acelerométrica deberá ser provista por el propietario, siendo las especificaciones técnicas, sistemas de conexión y transmisión de datos debidamente aprobados por el Instituto Geofísico del Perú (IGP).

En edificaciones con más de 20 pisos o en aquellas con dispositivos de disipación sísmica o de aislamiento en la base, de cualquier altura, se requerirá además de una estación acelerométrica en la base, otra adicional, en la azotea o en el nivel inferior al techo.

**9.2 Requisitos para su Ubicación**

La estación acelerométrica deberá instalarse en un área adecuada, con acceso fácil para su mantenimiento y apropiada iluminación, ventilación, suministro de energía eléctrica estabilizada. El área deberá estar alejada de fuentes generadoras de cualquier tipo de ruido antrópico. El plan de instrumentación será preparado por los proyectistas de cada especialidad, debiendo indicarse claramente en los planos de arquitectura, estructuras e instalaciones del edificio.

**9.3 Mantenimiento**

El mantenimiento operativo de las partes, de los componentes, del material fungible, así como el servicio de los instrumentos, deberán ser provistos por los propietarios del edificio y/o departamentos, bajo control de la municipalidad y debe ser supervisado por el Instituto Geofísico del Perú. La responsabilidad del propietario se mantendrá por 10 años.

**9.4 Disponibilidad de Datos**

La información registrada por los instrumentos será integrada al Centro Nacional de Datos Geofísicos y se encontrará a disposición del público en general.

**ANEXO N° 01  
ZONIFICACIÓN SÍSMICA**

Las zonas sísmicas en las que se divide el territorio peruano, para fines de esta Norma se muestran en la Figura 1.

A continuación se especifican las provincias y distritos de cada zona.

REGION (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SÍSMICA	AMBITO		
LORETO	MARISCAL RAMÓN CASTILLA	RAMON CASTILLA	1	TODOS LOS DISTRITOS		
		PEBAS				
		SAN PABLO				
		YAVARI				
	MAYNAS		ALTO NANAY	1	TODOS LOS DISTRITOS	
			BELEN			
			FERNANDO LORES			
			INDIANA			
			IQUITOS			
			LAS AMAZONAS			
			MAZÁN			
			NAPO			
			PUNCHANA			
			PUTUMAYO			
REQUENA		SAN JUAN BAUTISTA	1	UN DISTRITO		
		TNTE. MANUEL CLAVERO				
		TORRES CAUSANA				
		SAQUENA			2	DIEZ DISTRITOS
		REQUENA				
		CAPELO				
		SOPLIN				
		TAPICHE				
		JENARO HERRERA				
		YAQUERANA				
ALTO TAPICHE						
EMILIO SAN MARTIN						
MAQUIA						
LORETO		PUINAHUA	2	TODOS LOS DISTRITOS		
		NAUTA				
		PARINARI				
		TIGRE				
		TROMPETEROS				
ALTO AMAZONAS		URARINAS	2	UN DISTRITO		
		LAGUNAS				
		YURIMAGUAS				
		BALSAPUERTO				
		JEBEROS				
		SANTA CRUZ	3	CINCO DISTRITOS		
		TNTE. CÉSAR LÓPEZ ROJAS				


REGION (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SÍSMICA	AMBITO
LORETO	UCAVALI	CONTAMANA	2	TODOS LOS DISTRITOS
		INAHUAYA		
		PADRE MÁRQUEZ		
		PAMPA HERMOSA		
		SARAYACU		



## Anexo 7.4 Norma Peruana E 0.31 de Aislamiento sísmico.

74

NORMAS LEGALES

Miércoles 6 de noviembre de 2019 /  El Peruano

obtenido para los distintos pares de registros empleados no sea menor que la ordenada dada por la ecuación 5 de la presente Norma Técnica.

15.7 Para registros espectro-compatibles, cada par de componentes horizontales se deben escalar de modo que en el rango de periodos entre  $0,2 T_{M1}$ , calculado usando el límite superior para las propiedades del sistema de aislamiento sísmico, y  $1,25 T_{M1}$ , calculado con el límite inferior, el espectro de respuesta del componente en la dirección de análisis no sea menor que el 90% de la correspondiente ordenada dada por la ecuación 5.

### CAPÍTULO IV

#### SELECCIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS PARA ESTRUCTURAS AISLADAS

##### Artículo 16.- Diseño de las estructuras sísmicamente aisladas

16.1 Las estructuras sísmicamente aisladas, excepto las definidas en el artículo 17 de la presente Norma Técnica, deben ser diseñadas usando los procedimientos dinámicos del capítulo VI de la presente Norma Técnica.

16.2 Cuando adicionalmente se utilicen amortiguadores de fluido viscoso en el sistema de aislamiento sísmico, debe usarse el procedimiento de análisis dinámico tiempo-historia, como se indica en el numeral 18.2 del artículo 18 de la presente Norma Técnica.

##### Artículo 17.- Análisis estático o de fuerzas estáticas equivalentes

El procedimiento de fuerzas estáticas equivalentes, establecido en el capítulo V de la presente Norma Técnica, se puede utilizar para el diseño de una estructura sísmicamente aislada, siempre que se cumplan todas las siguientes condiciones, considerando los límites superior e inferior de las propiedades del sistema de aislamiento sísmico, predominando la de mayor exigencia:

17.1 La estructura debe estar ubicada en las zonas sísmicas 1 o 2, o en la zona 3 sobre suelos del tipo S1 o S2, o en la zona 4 sobre suelos tipo S1.

17.2 El periodo efectivo de la estructura aislada correspondiente al desplazamiento traslacional,  $T_M$ , será menor o igual a 5,0 s.

17.3 La estructura sobre la interfaz de aislamiento no debe tener más de 4 pisos ni más de 20 m de altura. Esta altura debe ser medida desde el nivel de base de la estructura.

17.4 El amortiguamiento efectivo del sistema de aislamiento sísmico correspondiente al desplazamiento traslacional,  $\beta_M$ , debe ser menor o igual a 30% del amortiguamiento crítico.

17.5 El periodo efectivo de la estructura aislada correspondiente al desplazamiento traslacional,  $T_M$ , debe ser mayor que tres veces el periodo elástico de la estructura por encima del sistema de aislamiento sísmico, considerada con base fija.

17.6 La estructura por encima del nivel de aislamiento sísmico no debe tener ninguna de las irregularidades listadas en el numeral 8.1 del artículo 8 de la presente Norma Técnica.

17.7 El sistema de aislamiento sísmico debe satisfacer los siguientes criterios:

a) La rigidez efectiva del sistema de aislamiento sísmico correspondiente al desplazamiento traslacional debe ser mayor que 1/3 de la rigidez efectiva, a un 20 % del desplazamiento máximo.

b) El sistema de aislamiento sísmico debe ser capaz de producir una fuerza de restitución lateral, tal como está especificado en el numeral 9.4 del artículo 9 de la presente Norma Técnica.

c) El desplazamiento máximo del sistema de aislamiento sísmico debe ser como mínimo el desplazamiento total máximo,  $D_{TM}$ .

##### Artículo 18.- Análisis dinámico

Los procedimientos de análisis dinámicos desarrollados

en el Capítulo VI de la presente Norma Técnica se aplican conforme a las siguientes disposiciones:

##### 18.1 Análisis modal espectral

El análisis dinámico modal espectral puede ser usado en el diseño de estructuras sísmicamente aisladas, si se cumplen los criterios establecidos en los numerales 17.1, 17.2, 17.3, 17.4 y 17.6 del artículo 17 de la presente Norma Técnica.

##### 18.2 Análisis tiempo – historia

El análisis tiempo – historia es permitido en el diseño de cualquier estructura aislada sísmicamente y debe ser necesariamente desarrollado para el diseño de todas las estructuras sísmicamente aisladas que no cumplan los criterios del numeral 18.1 del artículo 18 de la presente Norma Técnica.

En todos los casos los resultados usados para el diseño de los elementos de la estructura no serán menores que los obtenidos por el análisis dinámico modal espectral.

### CAPÍTULO V

#### PROCEDIMIENTO DE FUERZAS ESTÁTICAS EQUIVALENTES

##### Artículo 19.- Características de deformación del sistema de aislamiento sísmico

19.1 Los desplazamientos laterales de diseño mínimos y las fuerzas sobre las estructuras sísmicamente aisladas deben basarse en las características de deformación del sistema de aislamiento sísmico, los cuales deben incluir los efectos del sistema de restricción contra viento si es que ese sistema se usa para satisfacer los requisitos de diseño de esta Norma Técnica.

19.2 Las características de deformación del sistema de aislamiento sísmico se basan en ensayos de prototipos realizados conforme al capítulo VIII de la presente Norma Técnica e incorporan los factores de modificación de las propiedades según se especifica en el artículo 13 de la presente Norma Técnica.

19.3 El análisis del sistema de aislamiento sísmico y de la estructura se realiza por separado para las propiedades límite superior e inferior y se debe emplear para el diseño el resultado más desfavorable para cada parámetro de respuesta de interés.

##### Artículo 20.- Desplazamientos laterales considerados para el diseño

###### 20.1 Desplazamiento traslacional:

El sistema de aislamiento sísmico debe ser diseñado y construido para soportar, como mínimo, el desplazamiento máximo,  $D_M$ , determinado utilizando los límites superiores e inferiores de las propiedades, en la dirección más crítica para la respuesta horizontal, calculado con la ecuación 6:

$$D_M = \frac{S_{aM} T_M^2}{4\pi^2 B_M} \dots\dots\dots (6)$$

Donde:

$S_{aM}$  = Ordenada del espectro elástico de pseudo aceleraciones correspondiente al sismo máximo considerado, en  $\text{mm/s}^2$ , determinada como se indica en la ecuación 5.

$T_M$  = Período efectivo de la estructura sísmicamente aislada, asociado al desplazamiento traslacional  $D_M$  en la dirección de análisis, tal como se indica en la ecuación 7, expresada en segundos.

$B_M$  = Factor de amortiguamiento, correspondiente a la razón entre la ordenada espectral para 5% del amortiguamiento crítico y la ordenada espectral para el amortiguamiento efectivo  $\beta_M$  correspondiente al desplazamiento traslacional  $D_M$  que se indica en la Tabla N° 5.

Tabla N° 5 Factor de amortiguamiento $B_M$	
Amortiguamiento Efectivo, $\beta_M$ (En porcentaje del amortiguamiento crítico) a,b	Factor $B_M$
$\leq 2$	0,8
5	1,0
10	1,2
20	1,5
30	1,7
$\geq 40$	1,9

Donde:

<sup>a</sup> :  $\beta_M$  se basará en el amortiguamiento efectivo del sistema de aislamiento sísmico determinado en concordancia con los requisitos del numeral 13.5 del artículo 13 de la presente Norma Técnica.

<sup>b</sup> : Para valores de  $\beta_M$  diferentes de los indicados en la tabla, el factor  $B_M$  se obtendrá por interpolación lineal.

20.2 Período efectivo correspondiente al desplazamiento traslacional:

El periodo efectivo de la estructura aislada,  $T_M$ , correspondiente al desplazamiento traslacional,  $D_M$ , debe determinarse usando los límites superior e inferior de las características de deformación del sistema de aislamiento sísmico, con la ecuación 7 siguiente:

$$T_M = 2\pi \sqrt{\frac{P}{k_M g}} \quad \dots\dots\dots (7)$$

Donde:

- P = Peso de la estructura sobre la interfaz de aislamiento, determinado según la Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente, expresado en kN .
- $k_M$  = Rigidez efectiva (secante) del sistema de aislamiento sísmico en la dirección de análisis, calculada con la ecuación 3, expresada en kN/mm .
- g = Aceleración de la gravedad (9 810 mm/s<sup>2</sup>).

20.3 Desplazamiento total:

a) El desplazamiento total ( $D_{TM}$ ) de los elementos del sistema de aislamiento sísmico debe incluir el desplazamiento adicional debido a la torsión real y accidental, calculado con la distribución espacial de la rigidez lateral del sistema de aislamiento sísmico y la ubicación más desfavorable de la masa excéntrica.

b) El desplazamiento total ( $D_{TM}$ ) de los elementos de un sistema de aislamiento sísmico no debe ser menor que lo prescrito en las siguientes ecuaciones 8 y 9:

$$D_{TM} = D_M \left[ 1 + \left( \frac{y}{P_T} \right) \left( \frac{12e}{b^2 + d^2} \right) \right] \quad (8)$$

Nota: El desplazamiento total ( $D_{TM}$ ) no será menor que 1.15  $D_M$

Donde:

- $D_M$  = Desplazamiento traslacional en el centro de rigidez del sistema de aislamiento sísmico, en la dirección de análisis, como se indica en la ecuación 6, expresado en mm .
- y = Distancia entre el centro de rigidez del sistema de aislamiento sísmico y el elemento de interés, medida perpendicularmente a la dirección de la sollicitación sísmica considerada, expresada en mm .

- e = Excentricidad obtenida como la suma de la distancia en planta entre el centro de masa de la estructura sobre la interfaz de aislamiento y el centro de rigidez del sistema de aislamiento sísmico, más la excentricidad accidental, tomada como 5% de la mayor dimensión en planta del edificio en dirección perpendicular a la de la fuerza sísmica considerada, expresada en mm .
- b = Dimensión menor de la proyección en planta de la estructura, medida perpendicularmente a la dimensión mayor, d, expresada en mm .
- d = Dimensión mayor de la proyección en planta de la estructura, expresada en mm .
- $P_T$  = Razón entre el período traslacional efectivo del sistema de aislamiento sísmico y el período rotacional efectivo del sistema de aislamiento sísmico; calculada mediante un análisis dinámico o como se indica en la ecuación 9, pero no requiere ser menor que 1:

$$P_T = \frac{1}{r_a} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i^2 + y_i^2)}{N}} \quad \dots\dots\dots (9)$$

Donde:

- $r_a$  = Radio de giro del sistema de aislamiento sísmico, expresado en mm, el cual es igual a  $\frac{1}{12}(b^2 + d^2)^{1/2}$  en sistemas de aislamiento con planta rectangular de dimensiones b x d .
- N = Número de aisladores.
- $x_i, y_i$  = Distancias horizontales entre el centro de masas del sistema de aislamiento sísmico y el aislador i-ésimo, medidas en las direcciones de los ejes del sistema de aislamiento sísmico, expresadas en mm .

**Artículo 21.- Fuerzas laterales mínimas requeridas para el diseño**

20.1 Sistema de aislamiento sísmico y elementos estructurales bajo el nivel de base:

a) El sistema de aislamiento sísmico, la cimentación, y todos los elementos estructurales bajo el nivel de base deben ser diseñados y contruidos para resistir una fuerza sísmica lateral mínima,  $V_b$ , usando todos los requisitos aplicables para estructuras no aisladas y como se indica en la ecuación 10, considerando los límites superior e inferior de las propiedades del sistema de aislamiento sísmico:

$$V_b = k_M D_M \quad \dots\dots\dots (10)$$

Donde:

- $k_M$  = Rigidez efectiva (secante) del sistema de aislamiento sísmico en la dirección horizontal de análisis, calculada con la ecuación 3, expresada en kN/mm .
- $D_M$  = Desplazamiento traslacional en el centro de rigidez del sistema de aislamiento sísmico, en la dirección de análisis, como se indica en la ecuación 6, expresado en mm .

b)  $V_b$  no puede ser menor que la máxima fuerza que pueda desarrollarse en el sistema de aislamiento sísmico en cualquier desplazamiento, incluyendo el desplazamiento traslacional  $D_M$  como se define en el artículo 20 de la presente Norma Técnica.

c) Las cargas sobre los elementos del sistema de aislamiento sísmico, la cimentación, y los elementos estructurales por debajo del nivel de base debidas al momento de volteo originado por la fuerza sísmica lateral  $V_b$  se calculan con la distribución vertical de las fuerzas del artículo 22 de la presente Norma Técnica, excepto que debe usarse la fuerza lateral sísmica de diseño no reducida,  $V_{gr}$  en lugar de  $V_s$  en la ecuación 14.

21.2 Elementos estructurales sobre el nivel de base:

a) La estructura por encima del nivel de base debe ser diseñada y construida utilizando todos los requisitos



aplicables para una estructura no aislada, para una fuerza de corte mínima,  $V_s$ , determinada considerando los límites superior e inferior de las propiedades del sistema de aislamiento sísmico, como se indica en la ecuación 11:

$$V_s = \frac{V_{st}}{R_a} \quad \dots\dots\dots (11)$$

Donde:

$R_a$  = Coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas para la estructura sobre el sistema de aislamiento sísmico, calculado como  $3/8R_b$ , pero no menor que 1 ni mayor que 2.

$R_b$  = Coeficiente básico de reducción de las fuerzas sísmicas para la estructura sobre base fija, dependiente de las características de la estructura, definido en la Norma Técnica E.030 Diseño sísmorresistente.

$V_{st}$  = Fuerza cortante no reducida actuante sobre los elementos por encima del nivel de base, como se indica en la ecuación 12, expresada en kN.

b) La fuerza cortante no reducida actuante sobre los elementos por encima del nivel de base,  $V_{st}$ , se determina utilizando tanto los límites superior como inferior de las propiedades del sistema de aislamiento sísmico y como se indica en la ecuación 12:

$$V_{st} = V_b \left( \frac{P_s}{P} \right)^{(1-2,5\beta_M)} \quad \dots\dots\dots (12)$$

Donde:

$P$  = Peso sísmico de la estructura sobre la interfaz de aislamiento, determinado según la Norma Técnica E.030 Diseño sísmorresistente, expresado en kN.

$P_s$  = Peso sísmico efectivo de la estructura sobre la interfaz de aislamiento, calculado en forma similar a  $P$  pero sin incluir el nivel de base, expresado en kN.

$\beta_M$  = Amortiguamiento efectivo del sistema de aislamiento sísmico para el desplazamiento traslacional  $D_M$  según la ecuación 4 (expresado como fracción del amortiguamiento crítico).

c) Cuando la distancia promedio desde la parte superior del aislador a la parte inferior de la estructura del diafragma del nivel de base de aislamiento exceda de 900 mm, se debe considerar el peso sísmico efectivo  $P_s$  igual a  $P$ .

d) Excepcionalmente, para los sistemas de aislamiento sísmico cuyo comportamiento histerético se caracteriza por una transición abrupta desde el comportamiento prefluencia (o pre-deslizamiento) al comportamiento postfluencia (o post-deslizamiento), el exponente  $(1-2,5\beta_M)$  en la ecuación 12 es reemplazado por  $(1-3,5\beta_M)$ .

### 21.3 Límites de $V_s$

El valor de la fuerza cortante en la base sobre el sistema de aislamiento sísmico,  $V_s$ , debe ser mayor o igual que el máximo valor de:

a) La fuerza sísmica lateral requerida por la Norma Técnica E.030 Diseño Sísmorresistente para una estructura con base fija, con un peso igual al peso sísmico efectivo ( $P_s$ ) y un período igual al período del sistema de aislamiento sísmico ( $T_M$ ) calculado con las propiedades correspondientes al límite superior y considerando  $U=1$ .

b) La fuerza cortante en la base correspondiente a la carga de viento de diseño factorada.

c) La fuerza lateral sísmica ( $V_{st}$ ), calculada con la ecuación 12 de la presente Norma Técnica y con  $V_b$  igual a la fuerza requerida para activar plenamente el sistema de aislamiento sísmico utilizando el mayor valor de los siguientes:

- Las propiedades del sistema de aislamiento sísmico correspondientes al límite superior.

- 1,5 veces las propiedades nominales, requeridas para activar completamente el sistema de aislamiento sísmico.

- La capacidad máxima de un sistema "fusible" de restricción al viento.

- La fuerza de fricción de ruptura de un sistema de deslizamiento, o,

- La fuerza para cero desplazamientos de un sistema de deslizamiento después de un ciclo dinámico completo de movimiento de amplitud  $D_M$ .

### Artículo 22.- Distribución vertical de la fuerza

22.1 La fuerza sísmica lateral  $V_s$  debe distribuirse entre los distintos niveles de la estructura sobre el sistema de aislamiento sísmico usando las ecuaciones siguientes:

$$F_1 = (V_b - V_{st}) / R_a \quad \dots\dots\dots (13)$$

$$F_i = \frac{P_i h_i^k}{\sum_{j=2}^n P_j h_j^k} V_s \quad (i > 1) \quad \dots\dots\dots (14)$$

$$k = 14 \beta_M T_f \quad \dots\dots\dots (15)$$

Donde:

$F_1$  = Fuerza sísmica lateral en el nivel de base, expresada en kN

$F_i$  = Fuerza sísmica lateral en el nivel  $i$ , expresada en kN

$h_i$  = Altura del nivel  $i$  respecto al nivel de base, expresada en mm

$n$  = Número de pisos de la estructura sobre la interfaz de aislamiento.

$P_i$  = Parte del peso  $P$  que se ubica en o se asigna al nivel  $i$ , expresada en kN.

$R_a$  = Coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas para la estructura sobre el sistema de aislamiento sísmico, calculado como  $3/8R_b$ , pero no menor que 1 ni mayor que 2.

$T_f$  = Período fundamental de la estructura considerada con base fija, en la dirección de análisis, evaluado con cualquiera de los procedimientos indicados en la Norma Técnica E.030 Diseño Sísmorresistente, expresado en segundos.

$V_b$  = Fuerza cortante total en el sistema de aislamiento sísmico o en los elementos bajo el nivel de aislamiento, como se indica en la ecuación 10, expresada en kN.

$V_{st}$  = Fuerza cortante en la base de la estructura sobre el sistema de aislamiento sísmico, como se prescribe en la ecuación 11 y con los límites indicados en el numeral 21.3 del artículo 21 de la presente Norma Técnica, expresada en kN.

$V_{st}$  = Fuerza cortante no reducida actuante sobre los elementos por encima del nivel de base, como se indica en la ecuación 12, expresada en kN.

$\beta_M$  = Amortiguamiento efectivo del sistema de aislamiento sísmico para el desplazamiento traslacional según la ecuación 4 (expresado como fracción del amortiguamiento crítico).

En lugar de las ecuaciones 11 y 14, se permite calcular la fuerza sísmica lateral  $F_i$  como el promedio de las fuerzas obtenidas para el nivel  $i$  en la dirección de análisis, utilizando un modelo simplificado de acoplamiento cercano con una representación concentrada del sistema de aislamiento sísmico, mediante análisis tiempo-historia escalado para  $V_b / R_a$  al nivel de base.

### Artículo 23.- Límites de la distorsión angular de entrepiso o deriva

23.1 La máxima deriva en la estructura por encima del nivel de base no debe exceder de 0,0035.

23.2 Esta deriva se calcula multiplicando por  $R_a$  los valores obtenidos en la superestructura al aplicar las fuerzas distribuidas correspondientes a la fuerza cortante de diseño  $V_s$ .



**CAPÍTULO VI**

**PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS DINÁMICO**

**Artículo 24.- Modelo estructural de la edificación**

En el procedimiento de análisis dinámico, el modelo estructural de la edificación, que incluye el sistema de aislamiento sísmico, el sistema resistente a fuerzas sísmicas y otros elementos estructurales, debe encontrarse conforme a lo dispuesto por la Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente y a los requerimientos siguientes:

**24.1 Sistema de aislamiento sísmico:**

a) El sistema de aislamiento sísmico se modela usando las características de deformación desarrolladas de acuerdo a los requerimientos del artículo 13 de la presente Norma Técnica.

b) Los desplazamientos y fuerzas laterales deben ser calculados de forma separada para las propiedades límite superior e inferior del sistema de aislamiento sísmico tal como se define en el numeral 13.4 del artículo 13 de la presente Norma Técnica.

c) El sistema de aislamiento sísmico se debe modelar de forma detallada, de manera que permita:

- Considerar la distribución espacial de las unidades de aislamiento.
- Estimar la traslación en ambas direcciones horizontales y la torsión de la superestructura considerando la ubicación más desfavorable de la excentricidad de la masa.
- Evaluar los efectos del momento de volteo y el posible levantamiento de las unidades de aislamiento.
- Considerar los efectos de la carga vertical, las acciones bidireccionales y la velocidad de carga en caso que las relaciones de fuerza - deformación sean dependientes de una o más de estas variables.

d) El desplazamiento total ( $D_{TM}$ ) en el sistema de aislamiento sísmico, es calculado mediante un modelo matemático que incorpora el sistema resistente a fuerzas laterales y las características fuerza - deformación de los elementos no lineales del sistema de aislamiento sísmico.

**24.2 Estructura aislada:**

a) Se permite calcular el desplazamiento de cada nivel y las fuerzas de diseño en los elementos del sistema sismorresistente, mediante un modelo elástico lineal de la superestructura.

b) El análisis del sistema de aislamiento sísmico y de la estructura se realizará por separado para las propiedades límite superior e inferior y se usa para el diseño el resultado más crítico para cada parámetro de respuesta de interés.

**Artículo 25.- Descripción de procedimientos**

Los procedimientos de análisis dinámico modal espectral y análisis tiempo-historia se deben realizar de acuerdo a la Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente y a los requerimientos siguientes:

**25.1 Solicitud sísmica:**

El sismo máximo considerado se debe usar para calcular las fuerzas laterales, los desplazamientos de la superestructura, el desplazamiento total del sistema de aislamiento sísmico, las fuerzas en las unidades de aislamiento, las fuerzas en sus conexiones y las fuerzas en el sistema de vigas que se ubican sobre y por debajo del sistema de aislamiento sísmico para resistir el efecto P-Delta.

**25.2 Procedimiento modal espectral:**

a) Para los modos de vibración asociados al aislamiento sísmico, se debe emplear el menor valor entre el amortiguamiento efectivo del sistema de aislamiento sísmico y el 30 % del amortiguamiento crítico.

b) Los valores de amortiguamiento modal para los otros modos deben ser seleccionados consistentemente con aquellos valores correspondientes a la estructura con base fija.

c) El análisis modal espectral de cada dirección debe efectuarse empleando el espectro al 100 % en la dirección de análisis más el 30 % en la dirección perpendicular.

d) En cada dirección de análisis, el desplazamiento máximo del sistema de aislamiento sísmico debe calcularse como la suma vectorial de los dos desplazamientos ortogonales.

**25.3 Análisis tiempo-historia:**

a) Este procedimiento se debe desarrollar con un conjunto de pares de registros del movimiento del terreno que deben ser seleccionados y escalados según el artículo 15 de la presente Norma Técnica y lo señalado en la Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente.

b) Cada par de componentes del movimiento de terreno debe ser aplicado simultáneamente al modelo considerando la orientación y la ubicación de la excentricidad de la masa más desfavorable.

c) El desplazamiento máximo del sistema de aislamiento sísmico debe ser calculado mediante la suma vectorial de los dos desplazamientos ortogonales en cada instante de tiempo.

d) Los parámetros de interés deben ser calculados para cada movimiento del terreno usado para el análisis tiempo-historia y el valor promedio de los parámetros de respuesta de interés debe ser empleado para el diseño.

e) Para zonas cercanas a una falla geológica, cada par de componentes horizontales se debe rotar para ubicarse en la dirección paralela y perpendicular a la falla, y aplicarse a la edificación en cada dirección. En otros casos, no es necesario aplicar las componentes en múltiples direcciones.

**25.4 Excentricidad accidental de la masa:**

a) La respuesta torsional ocasionada por la falta de simetría de masa y rigidez debe ser considerada en el análisis.

b) Cada una de las dos direcciones ortogonales de análisis debe considerar, por separado, la excentricidad accidental consistente en el desplazamiento del centro de masa de la posición calculada en una magnitud igual a 5% de la dimensión del diafragma.

**Artículo 26.- Fuerzas y desplazamientos laterales mínimos**

**26.1 Sistema de aislamiento sísmico y elementos estructurales en la subestructura:**

a) El sistema de aislamiento sísmico, la cimentación y todos los elementos estructurales de la subestructura deben ser diseñados usando todos los requerimientos apropiados para una estructura no aislada y las fuerzas obtenidas del análisis dinámico sin reducción.

b) Esta fuerza lateral de diseño para el sistema de aislamiento sísmico, la subestructura y la cimentación, no debe ser menor a 90% de  $V_u$  determinada con la ecuación 10.

c) El desplazamiento total del sistema de aislamiento sísmico debido al SMC, no debe ser menor que el 80 % de  $D_{TM}$  especificado en el numeral 20.3 del artículo 20 de la presente Norma Técnica pudiendo usar  $D'_M$  en lugar de  $D_M$ .

$$D'_M = \frac{D_M}{\sqrt{1 + \left(\frac{T_f}{T_M}\right)^2}} \dots\dots\dots (16)$$

Donde:

$D_M$  = Desplazamiento traslacional en el centro de rigidez del sistema de aislamiento sísmico, en la dirección de análisis, correspondiente al SMC, como se indica en la ecuación 6, expresado en mm.



$T_f$  = Período fundamental de la estructura considerada con base fija, en la dirección de análisis, evaluado con cualquiera de los procedimientos indicados en la Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente, expresado en segundos.

$T_M$  = Período efectivo de la estructura sísmicamente aislada, asociado al desplazamiento traslacional  $D_M$  en la dirección de análisis, tal como se indica en la ecuación 7, expresado en segundos.

26.2 Elementos estructurales sobre el sistema de aislamiento sísmico:

a) Los elementos estructurales sobre el sistema de aislamiento sísmico deben ser diseñados usando los requerimientos para una estructura no aislada y las fuerzas obtenidas de un análisis dinámico reducidas por  $R_a$ .

b) Para el procedimiento modal espectral, la fuerza cortante de diseño en cualquier piso no debe ser menor a la fuerza de corte que resulta de la aplicación de fuerzas según el cálculo en la ecuación 14 y un valor de  $V_b$  igual a la cortante basal obtenida por el procedimiento modal espectral en la dirección de interés.

c) Para el análisis tiempo-historia en estructuras regulares, el valor de  $V_b$  no debe considerarse por debajo del 80 % de lo especificado en el numeral 21.1 del artículo 21 de la presente Norma Técnica y el valor de  $V_s$  no debe considerarse por debajo del 100 % de lo especificado en el numeral 21.3 del artículo 21 de la Norma Técnica.

d) Para el análisis tiempo-historia en estructuras irregulares, el valor de  $V_b$  no debe considerarse por debajo del 100 % de lo especificado en el numeral 21.1 del artículo 21 de la presente Norma Técnica y el valor de  $V_s$  no debe considerarse por debajo del 100 % de lo especificado en el numeral 21.3 del artículo 21 de la presente Norma Técnica.

26.3 Escalamiento de resultados:

Cuando la fuerza cortante lateral de los elementos estructurales, determinada usando el procedimiento modal espectral o el procedimiento de tiempo-historia, es menor que el valor mínimo indicado en los numerales 26.1 y 26.2 del artículo 26 de la presente Norma Técnica, las fuerzas en los elementos de la estructura deben ser aumentadas proporcionalmente.

26.4 Límites de la deriva:

La deriva máxima de entrepiso correspondiente al SMC y un factor de reducción  $R_a=1$ , incluyendo el desplazamiento ocasionado por la deformación vertical del sistema de aislamiento sísmico, debe cumplir con alguno de los siguientes límites:

a) La máxima deriva de entrepiso de la superestructura calculado por el análisis modal espectral no debe exceder 0,0035.

b) La máxima deriva de entrepiso de la superestructura calculado por el análisis tiempo-historia, considerando las características de fuerza-deformación no lineales de la interfaz de aislamiento, no debe exceder 0,005.

## CAPÍTULO VII

### REVISIÓN DEL DISEÑO

#### Artículo 27.- Criterios para la revisión del diseño

27.1 Se debe efectuar una revisión del diseño del sistema de aislamiento sísmico y de los programas de ensayos requeridos.

27.2 La revisión debe ser realizada por ingeniero(s) civil(es) colegiado(s) y habilitado(s) independiente del proyectista y del fabricante o proveedor de dispositivos, con experiencia demostrada en proyectos que incluyan sistemas de aislamiento sísmico.

27.3 La revisión debe incluir, pero no limitarse, a los siguientes temas:

a) Criterios de diseño del proyecto, que deben incluir los espectros de respuesta y registros de aceleración del terreno usados.

b) Diseño preliminar, incluyendo la selección de los dispositivos, determinación del desplazamiento traslacional y total, y la fuerza cortante en el sistema de aislamiento sísmico.

c) Revisión de la información técnica de los aisladores y de los factores de modificación de sus propiedades correspondientes al fabricante y a los tipos de dispositivos previstos.

d) Programa de ensayos de los prototipos.

e) Diseño final del sistema estructural y los análisis que lo sustentan.

f) Compatibilidad del diseño final de las instalaciones correspondientes a las distintas especialidades con los desplazamientos previstos en la interfaz de aislamiento.

g) Programa de ensayos de los aisladores a instalarse en obra.

## CAPÍTULO VIII

### ENSAYOS

#### Artículo 28.- Validación de propiedades de los aisladores

28.1 Las relaciones constitutivas fuerza-deformación y los valores de amortiguamiento del sistema de aislamiento sísmico utilizados en el análisis y diseño de estructuras con aislamiento sísmico, deben ser verificadas con anterioridad a su uso en la construcción, de acuerdo a los ensayos indicados en este capítulo.

28.2 Todos los componentes del sistema de aislamiento sísmico deben ser ensayados, incluyendo el sistema de restricción contra viento si tal sistema se ha considerado en el diseño.

28.3 Los ensayos especificados en este capítulo deben emplearse para validar las propiedades de las unidades y del sistema de aislamiento sísmico consideradas en el diseño final, en concordancia con lo dispuesto en el artículo 13 de la presente Norma Técnica.

28.4 Estos ensayos podrán ser efectuados en los laboratorios del fabricante o en laboratorios independientes. En ambos casos, el laboratorio deberá contar con certificación de acuerdo a la norma ASTM E04 (Standard Practices for Force Verification of Testing Machines) o similar.

28.5 El proveedor o fabricante, debe acreditar, mediante reportes o investigaciones, que ha efectuado ensayos de caracterización de propiedades y de alta performance de aisladores sísmicos en un laboratorio de cualquier universidad o, instituto de investigación reconocido a nivel mundial, estableciendo claramente la normativa utilizada.

28.6 El proveedor y fabricante de los dispositivos de aislamiento sísmico son responsables de la calidad y procesos de fabricación de todos los insumos.

28.7 Los ensayos de los aisladores serán divididos en dos tipos:

a) Ensayos de dos aisladores prototipo por tipo (aisladores adicionales a los necesarios en obra, del mismo tipo y características).

b) Ensayos de cada uno de los aisladores a instalarse en la obra.

28.8 En el Anexo III se muestra una tabla resumen de las secuencias y ciclos para ensayos de prototipos, según lo establecido en los numerales 31, 32, 33 y 34".

#### Artículo 29.- Ensayos de cualificación

El proveedor de los dispositivos de aislamiento sísmico debe proporcionar al proyectista, para su aprobación, los análisis y resultados de los ensayos de cualificación y los estudios científicos que pueden ser usados para cuantificar los efectos de calentamiento debido a cargas cíclicas, velocidad de carga, scragging, variabilidad e





incertidumbre en las propiedades de fabricación de los aisladores, exposición medioambiental y contaminación.

#### Artículo 30.- Ensayos de los aisladores prototipo

30.1 Se fabricarán dos aisladores prototipo a escala natural idénticos a los aisladores de obra, por cada tipo y tamaño diferente de aislador que exista dentro del sistema de aislamiento sísmico.

30.2 Las pruebas de los prototipos deben incluir el efecto de los sistemas de restricción para las cargas de viento contemplados en el diseño. La capacidad máxima de dichos sistemas debe ser establecida mediante ensayos.

30.3 Los ensayos de los aisladores prototipo, especificados en los artículos 30 al 36 de la presente Norma Técnica, no deben ser considerados como pruebas que puedan reemplazar a las estipuladas en los artículos 38 al 42 de la presente Norma Técnica, para los aisladores que serán instalados en obra.

30.4 Los ensayos de los aisladores prototipo serán hechos preferentemente antes de la fabricación de aisladores de obra; sin embargo, a riesgo del fabricante, será posible proceder a la fabricación de los dispositivos de obra antes de la fabricación y ensayo de los prototipos.

30.5 Los aisladores usados en el ensayo de prototipos no deben ser usados en la construcción.

#### Artículo 31.- Secuencia y ciclo de los ensayos de los aisladores prototipo

31.1 Cada una de las siguientes secuencias de ensayo deben realizarse para el número de ciclos prescritos, a una carga vertical igual al promedio del 100 % de la carga muerta más el 50 % de los efectos debidos a la carga viva en todas las unidades del aislamiento del mismo tipo y tamaño.

31.2 Las pruebas de los aisladores prototipo deben realizarse previamente a los ensayos de aisladores de obra especificados en los artículos 38 al 42 de la presente Norma Técnica.

31.3 Los ensayos de los prototipos deben incluir, como mínimo, lo siguiente:

a) Veinte ciclos completos con inversión de carga, para una fuerza correspondiente a la fuerza lateral de diseño para viento.

b) Cualquiera de las siguientes secuencias:

- Tres ciclos completos en cada uno de los siguientes incrementos de desplazamientos:  $0,25D_M$ ,  $0,5D_M$ ,  $0,67D_M$  y  $1,0D_M$ , donde  $D_M$  está determinado de acuerdo al numeral 20.1 del artículo 20 de la presente Norma Técnica.

- La secuencia subsiguiente realizada dinámicamente con un período efectivo  $T_M$  con un ciclo completo de carga y descarga para cada una de las siguientes amplitudes de desplazamiento:  $1,0D_M$ ,  $0,67D_M$ ,  $0,5D_M$  y  $0,25D_M$ ; aplicando luego una secuencia análoga y un ciclo completo para cada una de las amplitudes de desplazamiento:  $0,25D_M$ ,  $0,5D_M$ ,  $0,67D_M$  y  $1,0D_M$ . Se permite un intervalo de reposo entre estas dos secuencias.

c) Tres ciclos completos al desplazamiento traslacional,  $1,0D_M$

d) Cualquiera de las siguientes secuencias:

- Ciclos completos a 0,75 veces el desplazamiento traslacional,  $0,75D_M$ .

- La prueba del anterior ítem, llevada a cabo de forma dinámica con un período efectivo  $T_M$ . Esta prueba puede incluir conjuntos separados de varios ciclos de carga, donde cada conjunto consiste en no menos de cinco ciclos continuos.

31.4 Adicionalmente, el literal b) del numeral 31.3 de la presente Norma Técnica de la secuencia de ensayos cíclicos especificada anteriormente se debe realizar para las combinaciones de carga verticales 2 y 3 indicadas en el numeral 12.2 del artículo 12 de la presente Norma Técnica.

31.5 En estos ensayos las cargas verticales combinadas se deben considerar como la fuerza de compresión promedio en todos los aisladores del mismo tipo y tamaño.

31.6 Los valores de carga axial y desplazamiento para cada prueba serán los mayores valores de los determinados por análisis utilizando los límites superior e inferior de las propiedades del sistema de aislamiento sísmico determinados de acuerdo con el numeral 13.4 del artículo 13 de la presente Norma Técnica.

31.7 El período efectivo ( $T_M$ ) es el más bajo de los determinados por análisis utilizando los valores de límite superior y límite inferior, conforme a lo indicado en el Anexo I de la presente Norma Técnica.

#### Artículo 32.- Ensayos dinámicos de los aisladores prototipo

Si se opta por ensayos dinámicos establecidos en el segundo ítem del literal b) y en el segundo ítem del literal d) del numeral 31.3 del artículo 31 de la presente Norma Técnica, estos ensayos deben ser realizados con el menor de los periodos efectivos ( $T_M$ ) determinado usando los límites superior e inferior de las propiedades de los aisladores.

#### Artículo 33.- Aisladores prototipo cuyas propiedades dependen de cargas bidireccionales

33.1 Se considera que las propiedades de un aislador dependen de cargas bidireccionales, si la rigidez efectiva cuando se somete a cargas bidireccionales es diferente de la rigidez efectiva del dispositivo sometido a una carga unidireccional en más de un 15 %.

33.2 En tal caso, cada conjunto de pruebas especificadas en los artículos 31 y 32 de la presente Norma Técnica, deben ser ampliadas para incluir el efecto de la carga bidireccional en las siguientes combinaciones del desplazamiento traslacional  $D_M$ : 0,25 y 1,0; 0,5 y 1,0; 0,67 y 1,0; y 1,0 y 1,0.

#### Artículo 34.- Carga vertical máxima y mínima de los aisladores prototipo

34.1 Los prototipos deben ser sometidos a un ciclo adicional de carga para desplazamiento total  $D_{TM}$  tanto para una carga vertical máxima como para una carga vertical mínima estipulada en el numeral 12.2 del artículo 12 de la presente Norma Técnica.

34.2 Los valores de carga axial y desplazamiento para cada prueba debe ser el mayor de los determinados por el análisis utilizando los valores de límite superior e inferior de las propiedades del sistema de aislamiento sísmico determinados de acuerdo con el numeral 13.4 del artículo 13 de la presente Norma Técnica.

34.3 En lugar de usar valores de una envolvente para un único ensayo, es aceptable efectuar dos ensayos, cada uno para la combinación de carga vertical y el desplazamiento horizontal obtenidos del análisis utilizando los valores límite superior e inferior de las propiedades del sistema de aislamiento sísmico, respectivamente, determinadas de acuerdo con el numeral 13.4 del artículo 13 de la presente Norma Técnica.

#### Artículo 35.- Ensayos de prototipos de unidades similares

35.1 Los ensayos en los prototipos no son requeridos para una unidad exactamente igual a una que haya sido previamente ensayada por el mismo fabricante usando la secuencia especificada para los ensayos indicados en los artículos 30 al 35 de la presente Norma Técnica.

35.2 Además, el prototipo de unidades similares debe cumplir lo siguiente:

a) Haber sido elaborado por el mismo fabricante con iguales o más estrictos procedimientos de fabricación y control de calidad debidamente documentados.

b) Para los aisladores tipo elastoméricos, el diseño del aislador no debe tener un mayor desplazamiento lateral ni mayor esfuerzo vertical que el del prototipo previamente probado.



c) Para aisladores tipo deslizante, el diseño del aislador no debe tener un esfuerzo vertical o velocidad de deslizamiento mayor que el del prototipo probado anteriormente y usando el mismo material deslizante.

35.3 La anterior exención de pruebas de prototipo debe ser aprobada por el proyectista y el profesional revisor de acuerdo a lo indicado en el artículo 27 de la presente Norma Técnica.

#### Artículo 36.- Determinación de las características fuerzas - deformación

36.1 Las características fuerza - deformación del sistema de aislamiento sísmico deben estar basadas en las pruebas de carga cíclica del aislador, especificadas en los artículos del 30 al 35 de la presente Norma Técnica.

36.2 La rigidez efectiva de una unidad de aislador, debe ser calculada para cada ciclo de carga de acuerdo a:

$$k_{\text{eff}} = \frac{|F^+| + |F^-|}{|\Delta^+| + |\Delta^-|} \quad \dots\dots (17)$$

Donde  $F^+$  y  $F^-$  son las máximas fuerzas positivas y negativas, en  $\Delta^+$  y  $\Delta^-$  respectivamente.

36.3 El amortiguamiento efectivo,  $\beta_{\text{eff}}$ , de una unidad de aislador debe ser calculado para cada ciclo de carga por la ecuación:

$$\beta_{\text{eff}} = \frac{2}{\pi} \frac{E_{\text{ciclo}}}{k_{\text{eff}}(|\Delta^+| + |\Delta^-|)^2} \quad \dots\dots (18)$$

Nota: Donde la energía disipada por ciclo de carga  $E_{\text{ciclo}}$ , y la rigidez efectiva  $K_{\text{eff}}$ , debe estar basada en las pruebas de desplazamiento de  $\Delta^+$  y  $\Delta^-$ .

36.4 La rigidez post-fluencia,  $k_{\text{d}}$ , de cada unidad de aislamiento se calcula para cada ciclo de carga utilizando los siguientes supuestos:

a) Se asume un ciclo de prueba para tener unas características histeréticas bilineales con valores de  $k_e$ ,  $k_d$ ,  $Q$ ,  $F_y$ ,  $K_{\text{eff}}$ , y  $E_{\text{ciclo}}$  como se muestra en la Figura N° 2.

b) El ciclo calculado tiene los mismos valores de rigidez efectiva,  $K_{\text{eff}}$ , y la energía disipada por ciclo de carga,  $E_{\text{ciclo}}$ , que el ciclo de prueba.

c) El valor asumido de  $k_e$ , es mediante un ajuste visual a la rigidez elástica de la unidad de aislador durante la descarga inmediatamente después de  $D_M$ .

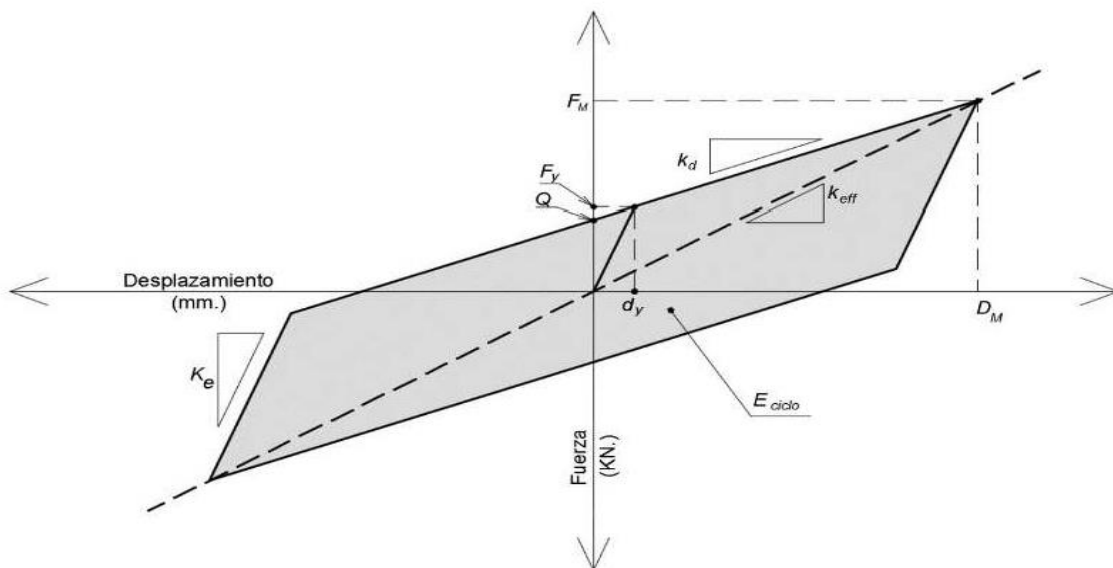


Figura N° 2: Propiedades nominales del modelo bilineal fuerza - deformación del aislador

36.5 Se permite utilizar diferentes métodos para ajustar los parámetros, tal como un ajuste de la recta de,  $k_d$ , directamente en la curva de histeresis y luego determinar  $k_e$  para que coincida con  $E_{\text{ciclo}}$ , o la definición de  $D_y$  y  $F_y$  por ajuste visual y luego determinar  $k_d$  para que coincida con  $E_{\text{ciclo}}$ .

#### Artículo 37.- Verificación de la calidad de los ensayos

Los ensayos de los prototipos se consideran adecuados si se cumplen las condiciones siguientes:

37.1 La curva fuerza-deformación para todos los ensayos especificados en los artículos 30 al 34 de la presente Norma Técnica, es ascendente.

37.2 La rigidez media post-fluencia,  $k_{\text{d}}$ , y la energía disipada por ciclo,  $E_{\text{ciclo}}$ , para los tres ciclos de prueba especificados en el literal c) del numeral 31.3 del artículo 31 de la presente Norma Técnica, para la carga vertical igual al promedio de la carga muerta más la mitad del promedio de la carga viva, incluyendo

los efectos de temperatura y velocidad de carga de conformidad con el numeral 13.2 (propiedades límite de los componentes del sistema de aislamiento sísmico), del artículo 13 de la presente Norma Técnica, debe estar dentro del rango de los valores de diseño nominales definidas por el rango aislador individual admisible que son típicamente +/- 5% mayor que el  $\lambda_{(f_{ab}, \text{mín})}$  y  $\lambda_{(f_{ab}, \text{máx})}$  rango para el promedio de todos los aisladores.

37.3 Para cada incremento de desplazamiento de los ensayos especificados en los literales a) y b) del numeral 31.3 del artículo 31 de la presente Norma Técnica y para cada caso de carga vertical especificado en el artículo 31 de la presente Norma Técnica, se debe cumplir lo siguiente:

a) Para cada muestra de ensayo el valor de la rigidez post-fluencia,  $k_{\text{d}}$ , en cada uno de los ciclos de prueba en un desplazamiento igual, cae dentro del intervalo definido por  $\lambda_{(r_{vs}, \text{mín})}$  y  $\lambda_{(r_{vs}, \text{máx})}$  multiplicado por el valor nominal de la rigidez post-fluencia.

b) Para cada ciclo de ensayo, la diferencia entre la rigidez efectiva de cada uno de los dos especímenes (del mismo tipo y tamaño de aislador) y la rigidez efectiva promedio de ambos no será mayor al 15 %.

37.4 Para los ensayos especificados en el literal d) del numeral 31.3 del artículo 31 de la presente Norma Técnica no hay un cambio mayor al 20 % de la rigidez efectiva en cada ciclo de ensayo sobre la rigidez efectiva inicial.

37.5 Para cada aislador ensayado, el valor de la rigidez post-fluencia,  $K_d$ , y la energía disipada por ciclo,  $E_{ciclo}$ , para cualquier ciclo de cada conjunto de cinco ciclos de prueba establecido en el literal d) del numeral 31.3 del artículo 31 de la presente Norma Técnica, debe estar dentro del rango de los valores nominales de diseño definido por  $\lambda_{(rvs,min)}$  y  $\lambda_{(rvs,max)}$ .

37.6 Para cada dispositivo no habrá una disminución mayor al 20 % del amortiguamiento efectivo inicial, durante los ciclos de prueba especificados en el literal d) del numeral 31.3 del artículo 31 de la presente Norma Técnica.

37.7 Todas las muestras de los aisladores deben mantenerse estables para carga vertical y ensayados según lo indicado en el artículo 34 de la presente Norma Técnica.

37.8 El proyectista puede ajustar los límites de los numerales 37.3, 37.4 y 37.6 del artículo 37 de la presente Norma Técnica para tener en cuenta los factores de variación de la propiedad del numeral 13.3 del artículo 13 de la presente Norma Técnica, utilizados para el diseño del sistema de aislamiento sísmico.

**Artículo 38.- Ensayos de aisladores de obra**

38.1 El programa de ensayos para las unidades de aislamiento a ser utilizadas en la construcción, debe ser establecido por el proyectista en base a los requisitos mínimos de este ítem.

38.2 El programa de ensayos debe evaluar la consistencia de los valores medidos para las propiedades ensayando el 100 % de los aisladores bajo la acción combinada de compresión y corte a  $0,67D_M$ , determinado utilizando el límite inferior de las propiedades del dispositivo de aislamiento.

38.3 La rigidez y los amortiguamientos obtenidos de los últimos tres ciclos del ensayo de un dispositivo deben estar entre el 0,85 y el 1,15 del valor nominal establecido para el dispositivo.

Orden de ensayo	Carga (tonf)	Tiempo / N° de ciclos	Desplazamiento (mm)
1°	Promedio $1,2D+L + E_{prom}$	5 minutos	0
2°	Promedio $D +0,5L$	4 ciclos	$0,67D_M$

**Artículo 39.- Criterios de aceptación para cada aislador de obra ensayado**

39.1 El dispositivo no debe presentar fallas como falta de adherencia entre el caucho y acero o grietas superficiales en el caucho que sean más anchas o más profundas que 2/3 del espesor de la cobertura de caucho, ni deformaciones permanentes.

39.2 Para el cálculo de la rigidez y amortiguamiento, se considera los valores de lecturas de los últimos 3 ciclos de las secuencias de deformación.

39.3 De estos 3 últimos ciclos se obtiene el promedio de las rigideces y amortiguamientos, los cuales deben estar dentro de un rango de variación de  $\pm 15\%$  respecto

a los valores nominales asociados a un desplazamiento a  $0,67D_M$ .

**Artículo 40.- Ensayo de deslizadores de obra**

40.1 Los deslizadores sísmicos de superficie plana (que trabajan en combinación con los aisladores elastoméricos) deben ser sometidos a ensayos según las siguientes consideraciones:

a) Cuando existan menos de 5 deslizadores del mismo tipo en el proyecto, estos deben ser ensayados en su totalidad. En caso de mayor cantidad de deslizadores debe ensayarse el 15% de cada tipo de deslizadores y como mínimo 4 de ellos.

b) Se debe aplicar una carga axial equivalente al promedio de carga sobre los deslizadores del mismo tipo para la combinación.

$$P = 1,2CM + 0,5CV + CS \quad \dots\dots (19)$$

Donde, **CS** representa la carga de compresión producto del sismo de diseño.

Después de haber cargado al valor requerido total, se debe mantener la carga por 5 minutos. Antes de descargar, el deslizador debe ser inspeccionado por fallas.

c) Después del ensayo de compresión pura, someter al deslizador a 4 ciclos completos al promedio de la combinación  $CM +0,5CV$ , a un desplazamiento de  $0,67D_M$ .

40.2 Los valores de rigidez y amortiguamiento deben ser obtenidos de los ensayos, según el siguiente cuadro:

Orden de ensayo	Carga	Duración	Desplazamiento horizontal
1°	$1,2CM+CV+CS$	5 minutos	0
2°	$CM +0,5 CV$	4 ciclos	$0,67D_M$

**Artículo 41.- Criterios de aceptación para cada deslizador de obra ensayado**

41.1 El dispositivo no debe presentar fallas como punzonamientos, desprendimiento de material, ni deformaciones permanentes.

41.2 Para el cálculo de la rigidez y amortiguamiento se considera únicamente los valores de lecturas de los últimos 3 ciclos de las secuencias de deformación.

41.3 De estos 3 últimos ciclos se obtiene el promedio de las rigideces y amortiguamientos, los cuales deben estar dentro de un rango de variación de  $\pm 15\%$  respecto a los valores nominales asociados a un desplazamiento a  $0,67D_M$ .

41.4 El proveedor debe entregar reportes de ensayos de caracterización del material de contacto usado en los deslizadores, donde se aprecie la variación del coeficiente de fricción en función de la velocidad y bajo distintas presiones de contacto.

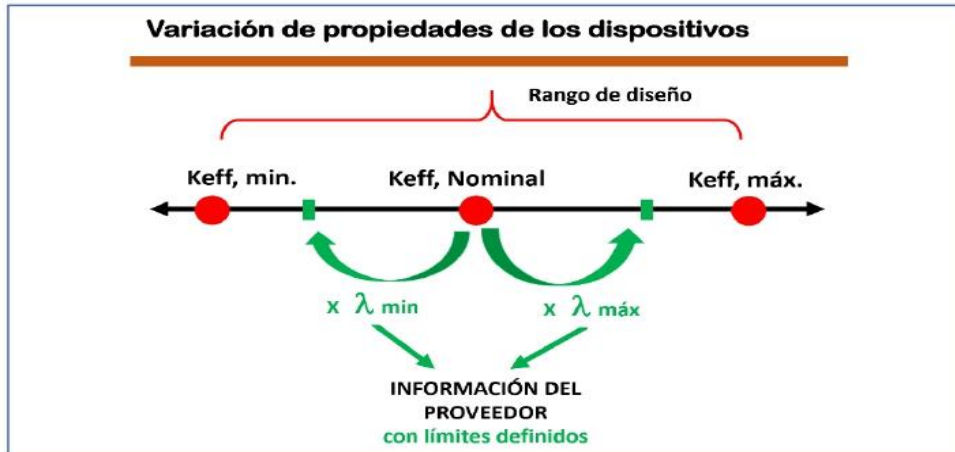
**Artículo 42.- Criterio de aceptación para el sistema de aislamiento sísmico**

42.1 La rigidez y amortiguamiento global del sistema de aislamiento sísmico son determinados en función al aporte de cada dispositivo ensayado. En el caso de deslizadores, el aporte de cada dispositivo es considerado como el promedio de valores de rigidez y amortiguamiento de los deslizadores ensayados.

42.2 Las propiedades globales en cuanto a la rigidez y al amortiguamiento debe presentar una variación de  $\pm 10\%$  respecto a los valores nominales asociados a un desplazamiento a  $0,67D_M$ .



## ANEXO I

FACTORES EXTREMOS MODIFICATORIOS  
DE LAS PROPIEDADES

VALORES MÍNIMOS DE LOS FACTORES DE MODIFICACIÓN MÁXIMO PARA LOS DISPOSITIVOS CLASE I							
VALOR MÍNIMO PARA:	Interfaz sin lubricación	Interfaz lubricada	Aislador de bajo amortiguamiento	Aislador de caucho con núcleo de plomo	Aislador de caucho con núcleo de Plomo	Aislador de Alto Amortiguamiento	Aislador de Alto Amortiguamiento
	$u$ o $Qd$	$u$ o $Qd$	$K$	$Kd$	$Qd$	$Kd$	$Qd$
Factor Máximo para Envejecimiento y Efectos Ambientales ( $\lambda_{ae,max}$ )	1.21	1.65	1	1	1	1.2	1.2
Factor Máximo para variaciones por temperatura, velocidad de carga, scragging ( $\lambda_{tvs,max}$ )	1.2	1.3	1.03	1.03	1.3	1.5	1.3
Factor Máximo para verificar los ensayos de aisladores de obra- variaciones de fabricación ( $\lambda_{fab,max}$ )	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15
<b>Factor de Modificación Máximo Límite Superior:</b> $\lambda_{max} = [1 + 0.75(\lambda_{ae,max} - 1)] * \lambda_{tvs,max} * \lambda_{fab,max}$	<b>1.6</b>	<b>2.25</b>	<b>1.3</b>	<b>1.3</b>	<b>1.5</b>	<b>2</b>	<b>1.7</b>

Fuente: Numeral C 17.2.8.4 de los comentarios al Capítulo 17 del ASCE 7-16.

VALORES MÁXIMOS DE LOS FACTORES DE MODIFICACIÓN MÍNIMO PARA PARA LOS DISPOSITIVOS CLASE I							
VALOR MÁXIMO PARA:	Interfaz sin lubricación	Interfaz lubricada	Aislador de bajo amortiguamiento	Aislador de caucho con núcleo de plomo	Aislador de caucho con núcleo de Plomo	Aislador de Alto Amortiguamiento	Aislador de Alto Amortiguamiento
	$u$ o $Qd$	$u$ o $Qd$	$K$	$Kd$	$Qd$	$Kd$	$Qd$
Factor Mínimo para Envejecimiento y Efectos Ambientales ( $\lambda_{ae,min}$ )	1	1	1	1	1	1	1
Factor Mínimo para variaciones por temperatura, velocidad de carga, scragging ( $\lambda_{tvs,min}$ )	0.95	0.95	0.98	0.98	0.95	0.95	0.95
Factor Mínimo para verificar los ensayos de aisladores de obra- variaciones de fabricación ( $\lambda_{fab,min}$ )	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
<b>Factor de Modificación Mínimo Límite Inferior:</b> $\lambda_{min} = [1 - 0.75(\lambda_{ae,min} - 1)] * \lambda_{tvs,min} * \lambda_{fab,min}$	<b>0.8</b>	<b>0.8</b>	<b>0.8</b>	<b>0.8</b>	<b>0.8</b>	<b>0.8</b>	<b>0.8</b>

Fuente: Numeral C 17.2.8.4 de los comentarios al Capítulo 17 del ASCE 7-16.

FACTORES DE MODIFICACION SUPERIOR PARA LOS DISPOSITIVOS CLASE II							
Variable	Interfaz sin lubricación	Interfaz lubricada	Aislador de bajo amortiguamiento	Aislador de caucho con núcleo de plomo	Aislador de caucho con núcleo de Plomo	Aislador de Alto Amortiguamiento	Aislador de Alto Amortiguamiento
	<i>u o Qd</i>	<i>u o Qd</i>	<i>K</i>	<i>Kd</i>	<i>Qd</i>	<i>Kd</i>	<i>Qd</i>
Factor Máximo para Envejecimiento y Efectos Ambientales ( <i>λ<sub>ae,max</sub></i> )	1.56	2.52	1.3	1.3	1	1.4	1.3
Factor Máximo para variaciones por temperatura, velocidad de carga, scragging ( <i>λ<sub>tvs,max</sub></i> )	1.3	1.3	1.3	1.3	1.6	1.95	1.59
Factor Máximo para verificar los ensayos de aisladores de obra- variaciones de fabricación ( <i>λ<sub>fab,max</sub></i> )	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15
<b>Factor de Modificación Máximo Límite Superior:</b> <b>λ<sub>max</sub> = [1+0.75(λ<sub>ae,max</sub> - 1)] * λ<sub>tvs,max</sub> * λ<sub>fab,max</sub></b>	<b>2.1</b>	<b>3.2</b>	<b>1.8</b>	<b>1.8</b>	<b>1.8</b>	<b>2.2</b>	<b>1.8</b>

Fuente: Numeral C 17.2.8.4 de los comentarios al Capítulo 17 del ASCE 7-16.

FACTORES DE MODIFICACION INFERIOR PARA LOS DISPOSITIVOS CLASE II							
Variable	Interfaz sin lubricación	Interfaz lubricada	Aislador de bajo amortiguamiento	Aislador de caucho con núcleo de plomo	Aislador de caucho con núcleo de Plomo	Aislador de Alto Amortiguamiento	Aislador de Alto Amortiguamiento
	<i>u o Qd</i>	<i>u o Qd</i>	<i>K</i>	<i>Kd</i>	<i>Qd</i>	<i>Kd</i>	<i>Qd</i>
Factor Mínimo para Envejecimiento y Efectos Ambientales ( <i>λ<sub>ae,min</sub></i> )	1	1	1	1	1	1	1
Factor Mínimo para variaciones por temperatura, velocidad de carga, scragging ( <i>λ<sub>tvs,min</sub></i> )	0.7	0.7	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
Factor Mínimo para verificar los ensayos de aisladores de obra- variaciones de fabricación ( <i>λ<sub>fab,min</sub></i> )	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
<b>Factor de Modificación Mínimo Límite Inferior:</b> <b>λ<sub>min</sub> = [1+0.75(λ<sub>ae,min</sub> - 1)] * λ<sub>tvs,min</sub> * λ<sub>fab,min</sub></b>	<b>0.6</b>	<b>0.6</b>	<b>0.8</b>	<b>0.8</b>	<b>0.8</b>	<b>0.8</b>	<b>0.8</b>

Fuente: Numeral C 17.2.8.4 de los comentarios al Capítulo 17 del ASCE 7-16.

**ANEXO II**

**VERIFICACIÓN DE LA ESTABILIDAD DE LOS AISLADORES ELASTOMÉRICOS**

1. Capacidad axial:

• Módulo Elástico:  $E_0 = f \cdot G$ ; el valor de f depende del proveedor.

Se recomienda utilizar el valor de f=4,0, salvo que el proveedor demuestre mediante el ensayo ASTM D945 u otro similar reconocido internacionalmente un valor diferente.

Donde:

G = Módulo de corte del caucho, en MPa.

• Factor de Forma (S): ratio entre el área efectiva de una capa de caucho dividida entre su área de la superficie de borde.

• Módulo de Compresión:  $E_c = E_0 (1 + 2 kS^2)$ , en MPa.

Donde:

k = constante empírica que está en función del módulo de corte.

• Área reducida (AR):

$$AR = A_A \cdot 2 \frac{D_e^2 \cdot \sin^{-1} \left( \frac{\sqrt{D_e^2 - D_{TM}^2}}{D_e} \right) - D_{TM} \cdot \sqrt{D_e^2 - D_{TM}^2}}{\pi \cdot D_e^2}$$

Donde:

$A_A$  = Área del aislador, en mm<sup>2</sup>.

$D_e$  = Diámetro del aislador sin contar la cobertura de caucho exterior, en mm.

$D_{TM}$  = Desplazamiento total de un elemento del sistema de aislamiento, en la dirección de análisis, que incluye la traslación en el centro de rigidez y la componente torsional, determinado con la ecuación 5.3, en mm.

• Capacidad de Pandeo:

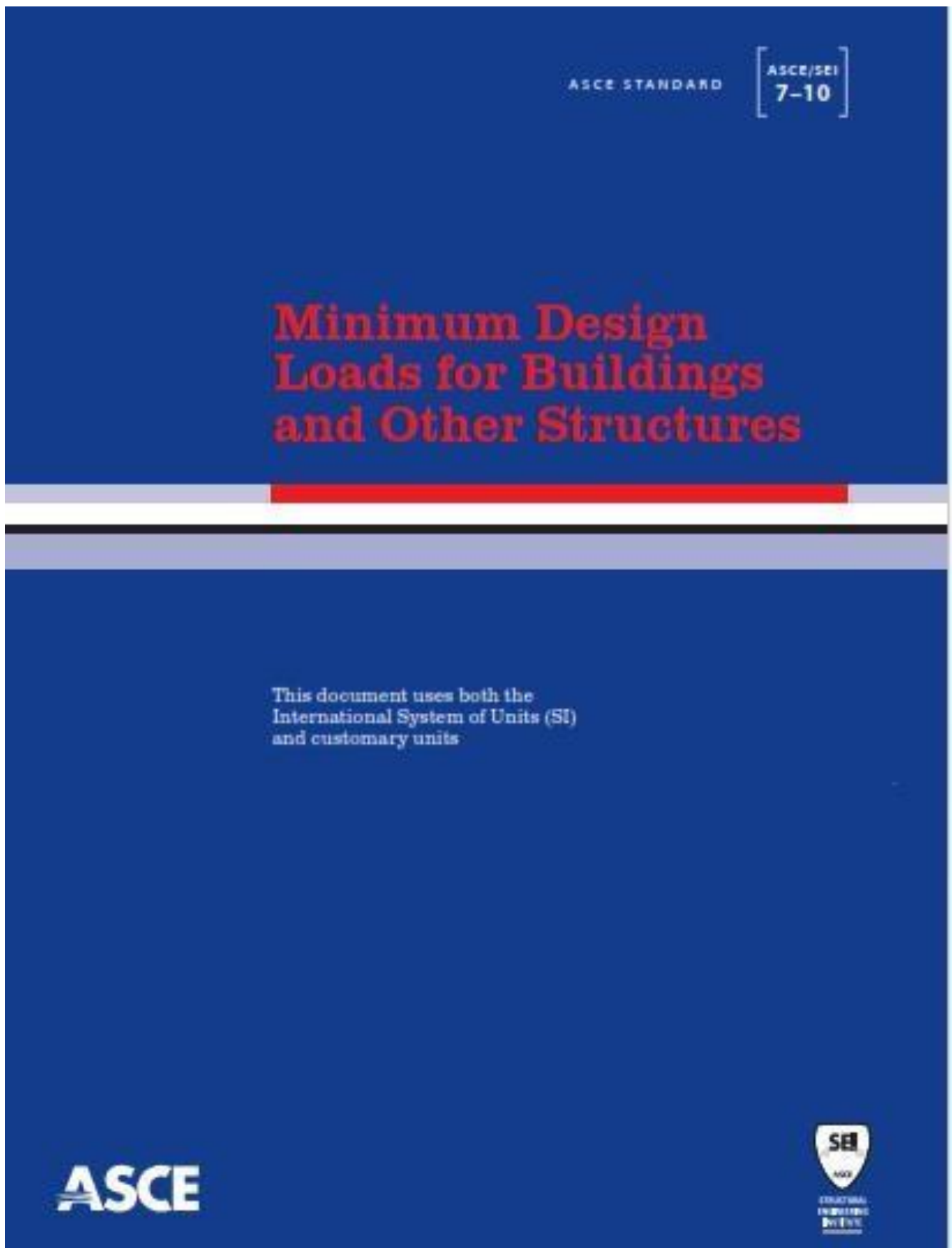
$$P_{crítico} = \frac{\pi}{\sqrt{8}} G \cdot S \frac{D_e}{N \cdot t_r} A_R$$

Donde:

N = número de capas de caucho

$t_r$  = espesor de cada capa de caucho, en mm.

Anexo 7.5. Norma Americana ASCE 7-10



## CAPITULO 17

### REQUERIMIENTOS DE DISEÑO SÍSMICO PARA ESTRUCTURAS AISLADAS

#### 17.1 GENERAL

Todas las estructuras aisladas sísmicamente y sus elementos serán diseñados y construidos de acuerdo con los requerimientos de esta sección y los requerimientos aplicables de la presente norma.

##### 17.1.1 Variaciones en las propiedades del material.

El análisis de las estructuras aisladas sísmicamente, incluyendo la subestructura, aisladores, y la superestructura, considerará variaciones en las propiedades de los materiales del aislador sísmico durante la vida útil proyectada de la estructura, incluyendo los cambios debido al envejecimiento, contaminación, exposición ambiental, velocidad de carga, scragging y temperatura.

##### 17.1.2 Definiciones

▪ **DESPLAZAMIENTO:**

**Desplazamiento de diseño:** Desplazamiento lateral para sismo de diseño, excluyendo desplazamiento adicional debido a torsión real y accidental, requerido para el diseño del sistema de aislamiento.

**Desplazamiento total de diseño:** Desplazamiento lateral para sismo de diseño, incluyendo el desplazamiento adicional por torsión real y accidental, requerido para el diseño del Sistema de aislamiento o un elemento del mismo.

**Desplazamiento total máximo:** Desplazamiento lateral para sismo máximo, incluyendo el desplazamiento adicional por torsión real y accidental, requerido para verificación de la estabilidad del Sistema de aislamiento o sus elementos, el diseño de la separación de la estructura y las pruebas por carga vertical de los tipos de aisladores.

▪ **SISTEMA DE RESTRICCIÓN DE LOS DESPLAZAMIENTOS:** Un conjunto de elementos estructurales que limitan el desplazamiento lateral de las estructuras sísmicamente aisladas debido al máximo sismo considerado.

▪ **AMORTIGUAMIENTO EFECTIVO:** El valor equivalente de amortiguamiento viscoso correspondiente a la energía disipada durante la respuesta cíclica del Sistema de aislamiento.

▪ **RIGIDEZ EFECTIVA:** El valor de la fuerza lateral en el sistema de aislamiento, o un elemento del mismo, dividido por el desplazamiento lateral correspondiente.



- **INTERFAZ DE AISLAMIENTO:** El límite entre la parte superior de la estructura, la cual es aislada, y la parte inferior de la estructura la cual se mueve rígidamente con el suelo.
- **SISTEMA DE AISLAMIENTO:** Conjunto de elementos estructurales que incluye todas las unidades de aislamiento, todos los elementos estructurales que transfieren la fuerza entre los elementos del sistema de aislamiento, y todas las conexiones a otros elementos estructurales. El sistema de aislamiento también incluye el sistema de control de viento, dispositivos de disipación de energía, y/o el sistema de control de desplazamiento si tales sistemas y dispositivos son usados para cumplir los requerimientos de diseño de este capítulo.
- **UNIDAD DE AISLADOR:** Elemento estructural horizontalmente flexible y verticalmente rígido del sistema de aislamiento que permite grandes deformaciones laterales bajo cargas de diseño sísmico. Es permitido usar a una unidad de aislador como parte, o una adición al sistema de soporte del peso de la estructura.
- **DESPLAZAMIENTO MÁXIMO:** Desplazamiento lateral considerando el sismo máximo, excluyendo el desplazamiento adicional debido a la torsión real y accidental.
- **SCRAGGING:** Proceso de carga cíclica en los productos de goma, incluyendo los aisladores elastoméricos para efectuar una reducción de las propiedades de rigidez, una parte de la cual será recuperada con el tiempo.
- **SISTEMA DE CONTROL POR VIENTO:** Conjunto de elementos estructurales que proporciona control de la estructura sísmica-aislada para cargas de viento. Al sistema de control de viento se permite ser parte integral de los aisladores o un dispositivo separado.

## 17.2 REQUERIMIENTOS GENERALES DE DISEÑO.

### 17.2.1 Factor de Importancia

Todas las partes de la estructura, incluyendo la estructura encima del sistema de aislamiento, serán asignadas a una categoría de riesgo conforme a la Tabla 1.5-1. El factor de importancia,  $I_e$ , para una estructura aislada sísmicamente será igual a 1, independientemente de su asignación de categoría de riesgo.

### 17.2.2 - Parámetros de aceleración de respuesta espectral ( $S_{MS}$ and $S_{MI}$ ) para el máximo sismo considerado ( $MCE_R$ ).

Los parámetros de aceleración de respuesta espectral para el máximo sismo considerado ( $S_{MS}$  and  $S_{MI}$ ) serán determinados conforme a la Sección 11.4.3.

### **17.2.3 Configuración.**

Cada estructura será designada teniendo una irregularidad estructural basada en la configuración estructural encima del sistema de aislamiento.

### **17.2.4 Sistema de Aislamiento.**

#### **17.2.4.1 Condiciones Ambientales.**

Además de los requerimientos para cargas verticales y cargas laterales inducidas por el viento y por sismo, el sistema de aislamiento añadirá otras condiciones ambientales incluyendo efectos por envejecimiento, creep (fluencia lenta), fatiga, temperatura de funcionamiento, y la exposición a la humedad o sustancias perjudiciales.

#### **17.2.4.2 Fuerzas de viento.**

Las estructuras aisladas resistirán cargas de diseño por viento en todos los niveles encima del interfaz de aislamiento. En el interfaz de aislamiento, se proporcionará un sistema de control de viento para limitar el desplazamiento lateral en el sistema de aislamiento a un valor igual al requerido entre los pisos de la estructura encima del interfaz de aislamiento conforme a la Sección 17.5.6.

#### **17.2.4.3 Resistencia al Fuego.**

La resistencia al fuego para el sistema de aislamiento se cumplirá con lo requerido para las columnas, muros, u otros elementos de gravedad en la misma región de la estructura.

#### **17.2.4.4 Fuerza de Restauración lateral.**

El sistema aislado será configurado para producir una fuerza de restauración tal que la fuerza lateral para el desplazamiento total de diseño sea al menos  $0.025W$  mayor que la fuerza lateral al 50% del desplazamiento total de diseño.

#### **17.2.4.5 Control de desplazamiento.**

El sistema de aislamiento no será configurado para incluir un control por desplazamiento que limite el desplazamiento lateral debido al máximo sismo considerado a menos que el desplazamiento total máximo, a no ser que la estructura aislada sísmicamente sea diseñado conforme a los siguientes criterios en donde sea más riguroso que los requerimientos de la sección 17.2:

- 1.-La máxima respuesta sísmica considerada es calculada conforme a los requerimientos del análisis dinámico de la Sección 17.6, explícitamente considerando las características no lineales del sistema de aislamiento y la estructura encima del sistema de aislamiento.
- 2.- La capacidad última del sistema de aislamiento y elementos estructurales debajo del sistema de aislamiento excederá la fuerza y las demandas de desplazamiento del máximo sismo considerado.
- 3.-La estructura encima del sistema de aislamiento será verificada por estabilidad y ductilidad por la demanda del máximo sismo considerado.
- 4.- El control de desplazamiento no se hace efectivo en un desplazamiento menos de 0.75 veces el desplazamiento total de diseño, a no ser que sea demostrado por el análisis que lo tomado inicialmente no causa un funcionamiento insatisfactorio.

#### **17.2.4.6 Estabilidad por Carga vertical.**

Cada elemento del sistema de aislamiento será diseñado para ser estable bajo cargas verticales de diseño donde sea sometido a un desplazamiento horizontal igual al desplazamiento total máximo. Las cargas verticales de diseño será calculada usando la combinación de carga 5 de la Sección 2.3.2 para la carga vertical máxima y la combinación de carga 7 de la Sección 12.4.2.3 para la carga vertical mínima donde  $S_{DS}$  en estas ecuaciones es substituida por  $S_{MS}$ . Las cargas verticales que son resultado del uso de fuerzas sísmicas horizontales,  $Q_E$ , estarán basadas en la respuesta máxima debido al máximo sismo considerado.

#### **17.2.4.7 Volcamiento.**

El factor de seguridad por volcamiento estructural en el interfaz de aislamiento no será menos de 1.0 para combinaciones de carga requeridas. Todas las condiciones de gravedad y carga sísmicas serán investigadas. Los cálculos de las fuerzas sísmicas por volcamiento estarán basadas en el máximo sismo considerado, y  $W$  será usado para la fuerza de restauración vertical.

No permitirá la elevación local de elementos individuales a no ser que el resultado de las deflexiones no cause sobrecarga o inestabilidad de los aisladores u otros elementos de la estructura.

#### **17.2.4.8 Inspección y Reemplazo**

- a. Se proporcionará el acceso para la inspección y el reemplazo de todos los componentes del sistema de aislamiento.



b. Un profesional de diseño certificado completará la serie final de inspecciones u observaciones de separación de las áreas y componentes de la estructura que cruzan el interfaz de aislamiento antes de la publicación de ocupación para la estructura aislada sísmicamente. Tales inspecciones y observaciones indicarán que las condiciones permiten libertad y sin obstáculos al desplazamiento de la estructura a niveles de diseño máximos y que todos los componentes que cruzan el interfaz de aislamiento son instalados si son capaces de cumplir los desplazamientos estipulados.

c. Las estructuras sísmicamente aisladas tendrán supervisión, inspección y un programa de mantenimiento para el sistema de aislamiento establecido por el profesional de diseño certificado responsable del diseño del sistema de aislamiento.

d. Remodelar, reparar, o actualizar el diseño del interfaz de sistema de aislamiento, incluyendo que los componentes que cruzan el interfaz de aislamiento serán optimizados bajo la dirección de un profesional de diseño certificado.

#### **17.2.4.9 Control de calidad**

Será establecido un programa de pruebas de control de calidad para las unidades de aisladores por el profesional de diseño certificado responsable del diseño estructural.

### **17.2.5 Sistema Estructural**

#### **17.2.5.1 Distribución Horizontal de la Fuerza.**

Un diagrama horizontal u otros elementos estructurales proporcionarán continuidad encima de la interfaz de aislamiento y tendrán la fuerza y ductilidad adecuada para transmitir fuerzas (debido al movimiento no uniforme del suelo) de una parte de la estructura a otra.

#### **17.2.5.2 Separación de edificios.**

La separación mínima entre la estructura aislada y los muros de contención perimetral u otras obstrucciones fijas no serán menos que el desplazamiento máximo total.

#### **17.2.5.3 Estructuras no fabricadas.**

Las estructuras no fabricadas serán diseñadas y construidas de acuerdo con los requerimientos del capítulo 15 usando las fuerzas y desplazamientos de diseño calculados de acuerdo con la sección 17.5 o 17.6.

**17.2.6 Elementos de la estructura y componentes no estructurales.**

Los elementos o partes de una estructura aislada, los componentes permanentes no estructurales y sus accesorios, y los accesorios para el equipo permanente soportado por una estructura, serán diseñadas para resistir fuerzas sísmicas y desplazamientos como lo establece esta sección y las requerimientos aplicables del Capítulo 13.

**17.2.6.1 Componentes en o encima del Interfaz de Aislamiento.**

Los elementos de estructuras aisladas sísmicamente y los componentes no estructurales, que están en o encima el interfaz de aislamiento serán diseñados para resistir el total de la fuerza sísmica lateral igual a la máxima respuesta dinámica del elemento o el componente bajo consideración.

**EXCEPCIÓN:** Los elementos de estructuras aisladas sísmicamente y componentes no estructurales o partes de ellos, serán diseñados para resistir fuerzas sísmicas y desplazamientos descritos en el Capítulo 12 o 13 según corresponda.

**17.2.6.2 Componentes que Cruzan la Interfaz de Aislamiento.**

Los elementos de las estructuras aisladas sísmicamente y los componentes no estructurales, o partes de ellos, que cruzan el interfaz de aislamiento serán diseñados para soportar el desplazamiento máximo total.

**17.2.6.3 Componentes debajo del Interfaz de Aislamiento.**

Los elementos de estructuras aisladas sísmicamente y los componentes no estructurales, o partes de ellos, que están debajo del interfaz de aislamiento serán diseñados y construidos conforme a los requerimientos de la Sección 12.1 y el Capítulo 13.

**17.3 MOVIMIENTO DEL SUELO PARA SISTEMAS AISLADOS.****17.3.1 Espectro de diseño.**

Los procedimientos del movimiento del suelo en sitios específicos establecidos en el capítulo 21 serán permitidos para determinar el movimiento del suelo para cualquier estructura.

Para estructuras sobre la Clase de Sitio F, el análisis de respuesta del sitio será realizado conforme a la Sección 21.1.



Para estructuras aisladas sísmicamente sobre sitios con  $S_1$  mayor o igual a 0.6, un análisis de riesgo del movimiento del suelo será realizado conforme a la Sección 21.2.

Las estructuras que no requieren o usen procedimientos del movimiento del suelo en sitios específicos serán analizados usando el espectro de diseño desarrollado para el sismo de diseño conforme con la sección 11.4.5.

Un espectro será construido para el máximo sismo considerado ( $MCE_R$ ) del movimiento del suelo. Este espectro no será tomado como menos de 1.5 veces el espectro para los movimientos de suelo del sismo de diseño.

#### **17.3.2 Registro de los Movimientos de suelo.**

Donde los procedimientos de respuesta en el tiempo son usados, los movimientos del suelo consistirán en los apropiados pares de componentes de la aceleración del movimiento de suelo horizontal desarrollados por Sección 16.1.3.2 excepto que  $0.2T$  y  $1.5T$  serán substituidos por  $0.5T_D$  y  $1.25T_M$  respectivamente, donde  $T_D$  y  $T_M$  son definidos en la Sección 17.5.3.

### **17.4 SELECCIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS DE ANÁLISIS.**

Las estructuras aisladas sísmicamente excepto aquellas definidas en la Sección 17.4.1 serán diseñadas usando los procedimientos dinámicos de la Sección 17.6.

#### **17.4.1 Procedimiento de la Fuerza Lateral Equivalente.**

Se permitirá el procedimiento de fuerza lateral equivalente de la Sección 17.5 para ser usado en el diseño de una estructura sísmicamente aislada siempre que:

- 1.-La estructura esté localizada en un sitio con  $S_1$  menos que 0.60g.
- 2.-La estructura esté localizada sobre la clase sitio A, B, C o D.
- 3.-La estructura encima del interfaz de aislamiento sea menor o igual a cuatro pisos o 65 pies (19.8 m) en la altura estructural,  $h_n$ , medida desde la base como se define en la Sección 11.2.
- 4.- El período efectivo de la estructura aislada en el desplazamiento máximo,  $T_M$ , es menor o igual a 3.0 s.
- 5.-El período efectivo de la estructura aislada en el desplazamiento de diseño,  $T_D$ , sea mayor que tres veces el período elástico, el período de la base fija de la estructura encima del sistema de aislamiento sea determinado por Eq. 12.8-7 o 12.8-8.

6.-La estructura encima del sistema de aislamiento tenga una configuración regular.

7.-El sistema de aislamiento cumpla con todos los siguientes criterios:

- a. La rigidez efectiva del sistema de aislamiento en el desplazamiento de diseño es mayor que un tercio de la rigidez efectiva al 20% del desplazamiento de diseño.
- b. El sistema de aislamiento es capaz de producir una fuerza restauradora especificada en la Sección 17.2.4.4.
- c. El sistema de aislamiento no limita el máximo desplazamiento a menos que el desplazamiento total máximo.

#### **17.4.2 Procedimientos dinámicos.**

Los procedimientos dinámicos de la Sección 17.6 son permitidos para ser usados como especifica esta sección.

##### **17.4.2.1 Procedimiento Espectro de Respuesta.**

El análisis del espectro de respuesta no será usado para el diseño de una estructura aislada sísmicamente a menos que:

- 1.-La estructura esté localizada sobre las clases de sitio A, B, C o D.
- 2.-El sistema de aislamiento cumpla los criterios del ítem 7 de la sección 17.4.1.

##### **17.4.2.2 Procedimiento Respuesta en el tiempo.**

El procedimiento de respuesta en el tiempo está permitido para el diseño de cualquier estructura aislada sísmicamente y serán usadas para el diseño de todas las estructuras aisladas sísmicamente que no cumplan los criterios de la sección 17.4.2.1.

### **17.5 PROCEDIMIENTO DE FUERZA LATERAL EQUIVALENTE.**

#### **17.5.1 General.**

Donde el procedimiento de fuerza lateral equivalente es usado para diseñar estructuras aisladas sísmicamente, se aplicarán los requerimientos de esta sección.

#### **17.5.2 Características de la Deformación del Sistema de Aislamiento.**

Las mínimas fuerzas desplazamientos y laterales por sismo de diseño sobre las estructuras aisladas sísmicamente estarán basados en las características de deformación del sistema

de aislamiento. Las características de deformación del sistema de aislamiento explícitamente incluirán los efectos del sistema de control de viento, si tal sistema es usado para cumplir con los requerimientos de diseño de esta norma. Las características de deformación del sistema de aislamiento estarán basadas en pruebas correctamente verificadas y realizadas conforme a la Sección 17.8.

### 17.5.3 Mínimos Desplazamientos Laterales.

#### 17.5.3.1 Desplazamiento de Diseño

El sistema de aislamiento será diseñado y construido para soportar los mínimos desplazamientos laterales por sismo,  $D_D$ , que actúan en la dirección de cada uno de los ejes horizontales principales de la estructura usando Eq.17.5-1:

$$D_D = \frac{g S_{D1} T_D}{4 \pi^2 B_D} \quad (17.5-1)$$

Donde:

$g$  = Aceleración de la gravedad. Las unidades para  $g$  son in./s<sup>2</sup> (mm/s<sup>2</sup>) si las unidades del desplazamiento de diseño  $D_D$  son in.(mm).

$S_{D1}$  = Parámetro de aceleración espectral de diseño con 5% de amortiguamiento para un periodo de 1-s en unidades g-s tal como se determinó en la sección 11.4.4.

Tabla 17.5-1 Coeficientes de Amortiguamiento, $B_D$ o $B_M$	
Amortiguamiento efectivo, $\beta_D$ o $\beta_M$ (porcentaje crítico) <sup>a,b</sup>	Factor $B_D$ o $B_M$
≤ 2	0.8
5	1.0
10	1.2
20	1.5
30	1.7
40	1.9
≥ 50	2.0

<sup>a</sup> El coeficiente de amortiguamiento será basado en el amortiguamiento efectivo del sistema de aislamiento determinado de acuerdo con los requerimientos de la sección 17.8.5.2.

<sup>b</sup> El coeficiente de amortiguamiento será basado en una interpolación lineal para otros valores de amortiguamiento efectivo que los dados en la tabla.



$T_D$ —Periodo efectivo en segundos de la estructura aislada sísmicamente, en el desplazamiento de diseño en la dirección bajo consideración, según lo dispuesto por la Eq. 17.5-2.

$B_D$ — Coeficiente numérico relacionado con el amortiguamiento efectivo del sistema de aislamiento en el desplazamiento de diseño,  $\beta_D$ , como puede verse en la tabla 17.5-1.

### 17.5.3.2 Periodo Efectivo en el Desplazamiento de Diseño.

El periodo efectivo de la estructura aislada en el desplazamiento de diseño,  $T_D$ , será determinado usando las características de deformación del sistema de aislamiento y la Eq. 17.5-2:

$$T_D = 2\pi \sqrt{\frac{W}{K_{Dmin}g}} \quad (17.5-2)$$

Donde:

$W$  — Peso sísmico efectivo de la estructura encima de la interfaz de aislamiento definido en la sección 12.7.2

$K_{Dmin}$  — Mínima Rigidez efectiva en kip/in.(KN/mm) del sistema de aislamiento en el desplazamiento de diseño en la dirección horizontal bajo consideración, descrito por la Eq.17.8-4

$g$  — Aceleración de la gravedad.

### 17.5.3.3 Desplazamiento Máximo.

El desplazamiento máximo del sistema de aislamiento,  $D_M$ , en la dirección más crítica de respuesta horizontal será calculado usando la Eq. 17.5-3:

$$D_M = \frac{g S_{M1} T_M}{4 \pi^2 B_M} \quad (17.5-3)$$

Donde:

$g$  — aceleración de la gravedad.

$S_{M1}$  — Parámetro de aceleración espectral para el máximo sismo considerado con 5% de amortiguamiento en un periodo de 1-s en unidades g-s tal como se determinó en la sección 11.4.3.

$T_M$  = Período efectivo en segundos de la estructura aislada sísmicamente, en el desplazamiento máximo en la dirección bajo consideración, descrito por Eq. 17.5-4.

$B_M$  = Coeficiente numérico relacionado con el amortiguamiento efectivo del sistema de aislamiento en el desplazamiento máximo ( $\beta_M$ ), como se muestra en la tabla 17.5-1.

#### 17.5.3.4 Período Efectivo en el Desplazamiento Máximo.

El período efectivo de la estructura aislada en el desplazamiento máximo,  $T_M$ , será determinado usando las características de deformación del sistema de aislamiento y la Eq. 17.5-4:

$$T_M = 2\pi \sqrt{\frac{W}{K_{Mmin}g}} \quad (17.5-4)$$

Donde:

$W$  = Peso sísmico efectivo de la estructura encima de la interfaz de aislamiento definido en la sección 12.7.2 (kip o KN)

$K_{Mmin}$  = Mínima Rigidez efectiva en kips/in.(KN/mm) del sistema de aislamiento para el desplazamiento máximo en la dirección horizontal bajo consideración, descrito por la Eq.17.8-6

$g$  = Aceleración de la gravedad.

#### 17.5.3.5 Desplazamiento Total.

El desplazamiento total de diseño,  $D_{TD}$ , y el desplazamiento total máximo,  $D_{TM}$ , de los elementos del sistema de aislamiento incluirán el desplazamiento adicional debido a la torsión real y accidental calculada de la distribución espacial de la rigidez lateral del sistema de aislamiento y la posición más desventajosa de masa excéntrica.

El desplazamiento total de diseño,  $D_{TD}$ , y el desplazamiento total máximo,  $D_{TM}$ , de los elementos de un sistema de aislamiento con una distribución espacial uniforme de rigidez lateral no serán tomados como menos de lo especificado por las Eqs. 17.5-5 y 17.5-6:

$$D_{TD} = D_D \left[ 1 + y \frac{12e}{b^2 + d^2} \right] \quad (17.5-5)$$



$$D_{TM} = D_M \left[ 1 + y \frac{12e}{b^2 + d^2} \right] \quad (17.5-6)$$

Donde:

$D_D$  = Desplazamiento de diseño en el centro de rigidez del sistema de aislamiento en la dirección bajo consideración definido por la Eq. 17.5-1.

$D_M$  = Desplazamiento máximo en el centro de rigidez del sistema de aislamiento en la dirección bajo consideración definido por la Eq. 17.5-3.

$y$  = la distancia entre los centros de rigidez del sistema de aislamiento y el elemento de interés medido perpendicularmente a la dirección de carga sísmica bajo consideración.

$e$  = la excentricidad real medida en planta entre el centro de masa de la estructura encima del interfaz de aislamiento y el centro de rigidez del sistema de aislamiento, más la excentricidad accidental, en pies (mm), tomado como el 5 por ciento de la mayor dimensión en planta de la estructura perpendicular a la dirección de la fuerza bajo consideración.

$b$  = la dimensión en planta más corta de la estructura medida perpendicularmente a  $d$ .

$d$  = La dimensión más larga en planta de la estructura.

**EXCEPCIÓN:** Se permitirá considerar el desplazamiento total de diseño,  $D_{TD}$ , y el desplazamiento total máximo,  $D_{TM}$ , con un valor menor a lo definido por las Eqs. 17.5-5 y 17.5-6, respectivamente, pero no menos de 1.1 veces  $D_D$  y  $D_M$ , respectivamente, a condición de que el sistema de aislamiento demuestre por cálculo ser configurado para resistir por lo tanto la torsión.

#### 17.5.4 Mínimas Fuerzas Laterales.

##### 17.5.4.1 Sistema de Aislamiento y Elementos Estructurales debajo del Sistema de Aislamiento.

El sistema de aislamiento, la cimentación, y todos los elementos estructurales debajo del sistema de aislamiento serán diseñados y construidos para soportar una mínima

fuerza lateral sísmica,  $V_b$ , usando todos los requerimientos adecuados para una estructura no aislada y según lo dispuesto por la Eq. 17.5-7:

$$V_b = k_{Dmax} D_D \quad (17.5-7)$$

Donde:

$k_{Dmax}$  = Máxima rigidez efectiva, en kips/in.(kN/mm), del sistema de aislamiento en el desplazamiento de diseño en la dirección horizontal bajo consideración según lo dispuesto por la Eq. 17.8-3.

$D_D$  = Desplazamiento de diseño, en in.(mm), en el centro de rigidez del sistema de aislamiento en la dirección bajo consideración, según lo dispuesto por la 17.5-1

$V_b$  = No se tomará menos que la fuerza máxima en el sistema de aislamiento en ningún desplazamiento incluyendo el desplazamiento de diseño.

#### 17.5.4.2 Elementos Estructurales encima del Sistema de Aislamiento.

La estructura encima del sistema de aislamiento será diseñada y construida para soportar una mínima fuerza cortante,  $V_s$ , usando todos los requerimientos apropiados para una estructura no aislada y según lo dispuesto por la Eq. 17.5-8:

$$V_s = \frac{k_{Dmax} D_D}{R_1} \quad (17.5-8)$$

Donde:

$k_{Dmax}$  = Rigidez efectiva máxima, en kips/in.(kN/mm), del sistema de aislamiento en el desplazamiento de diseño en la dirección horizontal bajo consideración.

$D_D$  = Desplazamiento de diseño, en in.(mm), en el centro de rigidez del sistema de aislamiento en la dirección bajo consideración, según lo dispuesto por la Eq.17.5-1

$R_1$  = Coeficiente numérico relacionado al tipo de sistema fuerza-resistencia sísmica encima del sistema de aislamiento.

El factor  $R_1$  estará basado en el tipo de sistema fuerza-resistencia sísmica usado por la estructura encima del sistema de aislamiento y será  $3/8$  del valor de  $R$  dado en la tabla 12.2-1, con un valor máximo de 2.0 y un valor mínimo de 1.0.

#### 17.5.4.3 Límites de $V_s$

El valor de  $V_s$  no será tomado menor que lo siguiente:

1. La fuerza lateral sísmica requerida por la Sección 12.8 para una estructura fija del mismo peso sísmico efectivo,  $W$ , y un periodo igual al periodo aislado,  $T_D$ .
2. La cortante en la base correspondiente a las cargas factoradas de diseño por viento.
3. La fuerza lateral sísmica requerida para activar totalmente el sistema de aislamiento (e.g., el nivel de rendimiento de un sistema de ablandamiento, la capacidad última de un sistema de control de viento, o el nivel de fricción de ruptura de un sistema de deslizamiento) multiplicado por 1.5.

#### 17.5.5 Distribución Vertical de la Fuerza.

La fuerza cortante  $V_s$  será distribuida en la altura de la estructura encima del interfaz de aislamiento usando la Eq. 17.5-9:

$$F_x = \frac{V_s w_x h_x}{\sum_{i=1}^n w_i h_i} \quad (17.5-9)$$

Donde:

$F_x$  – Parte de la cortante ( $V_s$ ) que es asignada al nivel  $x$ .

$V_s$  – Fuerza lateral total de diseño sísmico o cortante de los elementos encima del sistema de aislamiento según lo dispuesto por la Eq. 17.5-8.

$W_x$  – Parte del peso sísmico efectivo ( $W$ ) que está localizado o asignado en el nivel  $x$ .

$h_x$  – Altura encima de la base al nivel  $x$ .

En cada nivel designado como  $x$ , la fuerza  $F_x$ , será aplicada sobre el área de la estructura conforme a la distribución de la masa en el nivel.

#### 17.5.6 Límites de la deriva.

La deriva máxima de la estructura encima del sistema de aislamiento no excederá  $0.015 h_{sx}$ . La deriva será calculada por la Eq. 12.8-15 con  $C_d$  para la estructura aislada igual a  $R_i$  según lo dispuesto en la sección 17.5.4.2.

Anexo 7.6. Catalogo del aislador.



## Aislamiento Sísmico

Para edificaciones y Puentes

La mejor tecnología de protección  
antisísmica en el mundo



**DYNAMIC ISOLATION SYSTEMS**



## Sección 1: Aislamiento Sísmico

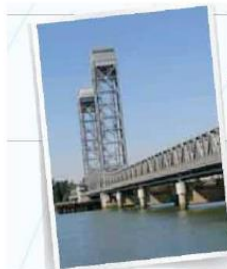
El aislamiento sísmico es una tecnología que protege la estructura contra los efectos destructivos de un terremoto, desacoplando la estructura del suelo y proporcionando una amortiguación.

Este desacoplamiento permite que el edificio se comporte con mayor flexibilidad, lo cual mejora su respuesta ante terremoto. La amortiguación añadida permite que la energía del terremoto sea absorbida por el sistema de aislamiento, reduciendo la energía transferida a la estructura.



Izquierda: Edificio del Capitolio del Estado de Utah, Salt Lake City. Arriba: Puente Golden Gate, San Francisco, California.

El aislamiento sísmico se consigue físicamente mediante la colocación de la estructura sobre los aislantes. Los aisladores son elementos lateralmente flexibles, sin embargo, son capaces de soportar las cargas verticales de la estructura. Dado que los aisladores son más flexibles que la estructura, la mayor parte de los movimientos laterales se producen en los aisladores. Como resultado, la estructura aislada experimenta menos movimiento y una reducción de esfuerzos.



**DEBIDO A LOS MENORES MOVIMIENTOS Y BAJOS ESFUERZOS EN LA SUPERESTRUCTURA, LAS VIDAS ESTÁN PROTEGIDAS, LOS CONTENIDOS SON PRESERVADOS Y LAS EDIFICACIONES PERMANECEN OPERATIVAS.**

El **Diseño contra terremoto** tiene un 10% de probabilidad de ocurrencia durante el tiempo de vida útil de la estructura. Medirá de 6.0 a 8.0 de la escala Richter.

### ¿Qué tipos de estructuras son factibles de aislar?

- ◆ Los hospitales, puentes y centros de emergencia que requieren su funcionamiento durante e inmediatamente después de un terremoto.
- ◆ Estructuras con contenidos valiosos o funcionales, tales como centros de datos, instalaciones de comunicaciones, locales de fabricación de alta tecnología y museos.
- ◆ Los edificios con alta ocupancia, tales como las residencias de baja y mediana altura, y edificios de oficinas.
- ◆ Estructuras declaradas como históricas.



# Dynamic Isolation Systems

Dynamic Isolation Systems desempeñó un papel importante en el desarrollo de la tecnología de aislamiento sísmico, incluida su comercialización en la década de 1980.

DIS ha ayudado a desarrollar la normativa y apoyó en el diseño y análisis a los ingenieros y organismos gubernamentales. Durante los últimos 20 años, los diseños contra terremotos se han incrementado considerablemente. DIS ha seguido desarrollando sus aisladores para un buen desempeño ante grandes desplazamientos laterales acompañados de elevadas cargas axiales.



## Proyectos de aislamiento

Dynamic Isolation Systems ha proporcionado más de 12.000 aisladores para más de 250 puentes y edificaciones en todo el mundo. Algunos proyectos destacados de aislamiento a cargo de DIS incluyen el emblemático puente Golden Gate, el City Hall de San Francisco (izquierda) el cual fue dañado en el terremoto de Loma Prieta en 1989 y Tan Tzu Medical Center en Taiwán. Con 1.7 millones de pies cuadrados, es la mayor estructura aislada del mundo.

## Soporte a los proyectos

Dynamic Isolation Systems puede ayudarle con su estudio de viabilidad, la elaboración del presupuesto y la ingeniería de valor. Hemos sido capaces de reducir los costos del sistema de aislamiento en un 30% en proyectos en los que podemos prestar nuestra experiencia para el diseño del aislador y la combinación de productos. Nuestros ingenieros pueden proporcionar apoyo técnico y los parámetros para el modelado estructural.

## Capacidades de fabricación

### ◆ Instalaciones

La planta de fabricación de 60,000 pies cuadrados de Dynamic Isolation Systems está ubicada en Sparks, Nevada, EE.UU. Ubicada cerca de la Interestatal 80, le permite la facilidad del transporte de mercancías en todos los Estados Unidos y en todo el mundo vía el puerto de Oakland en California.



Más de 12,000 aisladores han sido fabricados por DIS.

### ◆ Capacidades de prensado

Dynamic Isolation Systems moldea en prensas diseñadas y fabricadas a medida, las cuales van desde 200 hasta 4,400 toneladas. En respuesta a la creciente demanda de aisladores de mayor tamaño, DIS ahora cuenta con cuatro prensas de más de 2,000 toneladas de capacidad. Los más grandes aisladores que hemos fabricado son de 60 pulgadas de diámetro y pesan 10 toneladas cada uno.

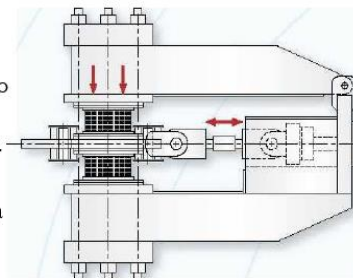
### ◆ Mecanizado

El procesamiento del acero es una parte importante en la fabricación de nuestros aisladores. Dos grandes centros de procesamiento mecanizado Computer Numeric Controlled (CNC) procesan la mayor parte de nuestras placas de acero, con una capacidad de placas de 80 pulgadas de ancho.

### ◆ Pruebas

Nuestra plataforma principal prueba tiene un desplazamiento de rotura de  $\pm 31$  pulgadas, una capacidad de corte de 700 toneladas y una capacidad de fuerza axial de 2.000 toneladas.

Las pruebas también se efectúan en una máquina más pequeña que tiene una capacidad de desplazamiento de rotura de  $\pm 12$  pulgadas, una capacidad de fuerza de corte de 100 toneladas y una capacidad de fuerza axial de 600 toneladas.



Más de 20,000 pruebas realizadas con el equipo de prueba de 2000 toneladas.



# Ingeniería

## Propiedades técnicas del Aislador

### Propiedades del aislador: Unidades métricas

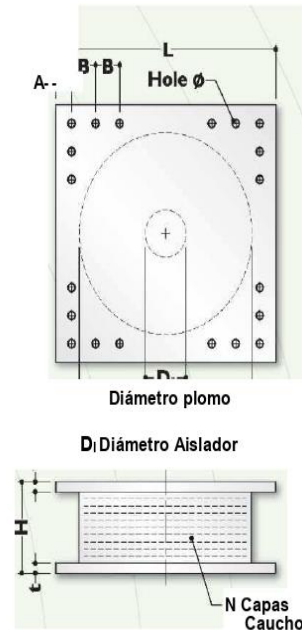
TAMAÑO DEL DISPOSITIVO			DIMENSIONES DE LA PLACA DE SOPORTE						
Diámetro Aislador, D <sub>i</sub> (mm)	Altura Aislador, H (mm)	Número de capas de caucho, N	Diámetro del plomo, D <sub>p</sub> (mm)	L (mm)	t (mm)	Cantidad Orificios	Orificio Ø (mm)	A (mm)	B (mm)
305	125-280	4-14	0-100	355	25	4	27	50	-
355	150-305	5-16	0-100	405	25	4	27	50	-
405	175-330	6-20	0-125	455	25	4	27	50	-
455	175-355	6-20	0-125	510	25	4	27	50	-
520	205-380	8-24	0-180	570	25	8	27	50	50
570	205-380	8-24	0-180	620	25	8	27	50	50
650	205-380	8-24	0-205	700	32	8	27	50	50
700	205-430	8-30	0-205	750	32	8	33	65	75
750	230-455	8-30	0-230	800	32	8	33	65	75
800	230-510	8-33	0-230	850	32	8	33	65	75
850	230-535	8-35	0-255	900	38	12	33	65	95
900	255-560	9-37	0-255	955	38	12	33	65	95
950	255-585	10-40	0-280	1005	38	12	33	65	95
1000	280-635	11-40	0-280	1055	38	12	40	75	115
1050	305-660	12-45	0-305	1105	44	12	40	75	115
1160	330-760	14-45	0-330	1205	44	12	40	75	115
1260	355-760	16-45	0-355	1335	44	16	40	75	115
1360	405-760	18-45	0-380	1435	51	16	40	75	115
1450	430-760	20-45	0-405	1525	51	20	40	75	115
1550	455-760	22-45	0-405	1625	51	20	40	75	115

(1) Las capacidades de carga axial corresponden a los máximos desplazamientos basados en los límites de diseño del 250% de tensión de corte del caucho o 2/3 del diámetro del aislador. El desplazamiento real de un aislador y la capacidad de carga dependen del módulo y número de capas de caucho.

(2) Los Rubber Shear Moduli (G) están disponibles desde 0.38 N/mm<sup>2</sup> hasta 0.70 N/mm<sup>2</sup>.

(3) Para el modelado analítico bilineal de la rigidez elástica, utilice  $K_e=10 \cdot K_d$ .

Diámetro Aislador, D <sub>i</sub> (mm)	PROPIEDADES DE DISEÑO			Desplazamiento Máximo, D <sub>max</sub> (mm)	Capacidad Carga Axial P <sub>max</sub> (kN)
	Rigidez Producida, K <sub>d</sub> (kN/mm)	Resistencia Características Q <sub>d</sub> (kN)	Rigidez a la compresión, K <sub>v</sub> (kN/mm)		
305	0.2-0.9	0-65	>50	150	450
355	0.2-1.2	0-65	>100	150	700
405	0.3-1.6	0-110	>100	200	900
455	0.3-2.0	0-110	>100	250	1,150
520	0.4-2.3	0-180	>200	300	1,350
570	0.5-2.8	0-180	>500	360	1,800
650	0.5-3.5	0-220	>700	410	2,700
700	0.5-4.2	0-220	>800	460	3,100
750	0.7-4.7	0-265	>900	460	3,600
800	0.7-5.3	0-265	>1,000	510	4,000
850	0.7-6.1	0-355	>1,200	560	4,900
900	0.7-6.1	0-355	>1,400	560	5,800
950	0.7-6.1	0-490	>1,800	610	6,700
1000	0.8-6.3	0-490	>1,900	660	7,600
1050	0.9-6.3	0-580	>2,100	710	8,500
1160	1.1-6.5	0-665	>2,800	760	13,800
1260	1.2-6.7	0-755	>3,700	810	20,500
1360	1.4-7.0	0-890	>5,100	860	27,600
1450	1.6-7.2	0-1,025	>5,300	910	33,400
1550	1.8-7.4	0-1,025	>6,500	910	40,000





**¿Se puede utilizar más de un soporte bajo una columna?**

Se han utilizado varios aisladores en el City Hall en San Francisco y en el Tan Tzu Medical Center en Taiwán. Se utilizan varios aisladores cuando son más económicos que uno solo más grande.



Grupo de cuatro aisladores están ubicados debajo las columnas con mucha carga en el Centro Medico Tan Tzu.

**¿Un aislador puede resistir fuerzas de tensión?**

Se puede aplicar una tensión de tracción permisible de hasta 50 psi a un aislador. El esfuerzo real admisible depende del desplazamiento del aislador y al módulo de caucho. En general se evita la tensión en el diseño.

**¿Fatiga en el núcleo de plomo?**

El plomo se encuentra en su fase elastoplástica a temperatura ambiente. Como con otros metales en esta fase, el plomo de re-cristaliza rápidamente después de haber sido deformado sin fatiga.



**¿De qué manera los servicios tienen capacidad de movimiento a través del plano de aislamiento en los edificios?**

Los servicios que cruzan el plano sísmico deben estar acondicionados para moverse horizontalmente. A menudo son fabricados para sean flexibles o están equipados con juntas universales.

**¿Cómo se acondicionan las escaleras?**

Las escaleras y los puntos de acceso son acondicionadas para ser fijadas a la superestructura y están "simplemente apoyadas" en la estructura por debajo de los aisladores; a veces se utilizan deslizadores pequeños para apoyar las escaleras y dar cabida a los movimientos laterales.

**¿Cómo se acondicionan los ascensores?**

La sección inferior del ascensor está suspendida de la superestructura del edificio. El encuadre voladizo inferior no está soportado por la subestructura. Alternativamente, el plano de aislamiento puede descenderse varios pies por la zona para permitir que el pozo del ascensor sea aislado como parte de la superestructura.

**¿Qué tipo de protección contra incendios se necesita para los aisladores sísmicos?**

La protección contra incendios está normada por los requerimientos para la zona de fuego, no por los materiales del que está fabricado el aislador. Cuando los aisladores se encuentran en áreas de la estructura sin carga de fuego, a menudo no se requiere protección contra incendios. Cuando se ha requerido de protección contra incendios, entonces se han utilizado rociadores, pulverizadores de fibra mineral, mantas ignífugas y cajas de fuego a bordo.



Aisladores en el Long Beach 911 Center no requiere protección contra el fuego.



Se utilizaron mantas ignífugas en el Channing House



Caja de fuego a bordo protegé el aislador en Condominio Kamikuzawa.

## Anexo 7.7. Hojas de calculo



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**TÍTULO:**

Análisis sísmico, con el uso de disipadores y aisladores en el edificio Sky Up, Trujillo – La Libertad

**AUTORES:**

ANGULO AGUILAR DENISS ROLANDO (ORCID:0000-0003-2140-3884)  
ESCOBEDO DIOS MUSKA ZULLANA (ORCID: 0000-0002-4709-0598)



### PARÁMETROS SÍSMICOS

Z= 0.45      ZONA 4  
U= 1.00      COMÚN  
C= 2.50      T < TP  
S= 1.10      S3  
R= 6.30      COEFICIENTE "R"

Tabla N° 1  
FACTORES DE ZONA "Z"

ZONA	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.10

### PARA CALCULO DE "C"

h<sub>e</sub>= 35.46      Altura Total de Edificio

N° Pisos
13

C<sub>f</sub>= 60.00      Para edificios de albañilería y para todos los edificios de concreto armado duales, de muros estructurales, y muros de ductilidad limitada.

T= 0.59

T<sub>p</sub>= 1.00      PERFIL SUELO S3  
T<sub>L</sub>= 1.60      PERFIL SUELO S3

Tabla N° 3  
FACTOR DE SUELO "S"

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

Tabla N° 4  
PERÍODOS "T<sub>p</sub>" Y "T<sub>L</sub>"

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

### PARA CALCULO DE "R"

R<sub>0</sub>= 7.00      DUAL  
I<sub>s</sub>= 1.00      SIN IRREGULARIDAD      No se permiten irregularidades  
I<sub>p</sub>= 0.90      Esquinas Entrantes      No se permiten irregularidades

### FACTOR DE FUERZAS SÍSMICAS ("C" EN ETABS)

Z\*U\*C\*S/R= 0.20

V= 937.58      CORTANTE BASAL

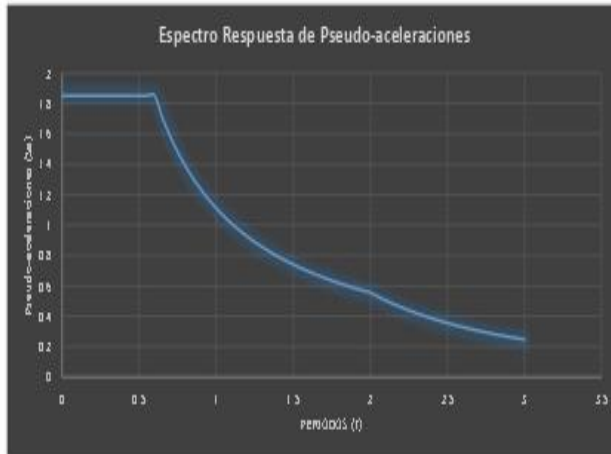
K= 1.05      0.5 < T <= 2.0

Tabla N° 7  
SISTEMAS ESTRUCTURALES

Sistema Estructural	Coefficiente Básico de Reducción R <sub>0</sub> (*)
<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>Concreto Armado:</b>	
Pórticos	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

MASA ETABS	N° PISO	$m_i$	$p_i$	$h_i$	$\frac{p_i h_i^3}{6}$	$\omega_i$	$F_i$	$V_i$
12.84027	PISO 13	12.84027	125.963049	35.46	5254.05974	0.0536	50.2691	50.2691
31.80474	PISO 12	31.80474	312.004499	32.74	11972.2454	0.1222	114.5465	164.8156
38.89965	PISO 11	38.89965	381.605567	30.02	13373.5768	0.1365	127.9540	292.7696
39.98586	PISO 10	39.98586	392.261287	27.30	12447.539	0.1270	119.0939	411.8635
39.98586	PISO 9	39.98586	392.261287	24.58	11153.9528	0.1138	106.7173	518.5809
39.98586	PISO 8	39.98586	392.261287	21.86	9866.87641	0.1007	94.4030	612.9839
39.98586	PISO 7	39.98586	392.261287	19.14	8587.08457	0.0876	82.1584	695.1423
39.98586	PISO 6	39.98586	392.261287	16.42	7315.56847	0.0747	69.9929	765.1352
39.98586	PISO 5	39.98586	392.261287	13.70	6053.64294	0.0618	57.9193	823.0545
39.98586	PISO 4	39.98586	392.261287	10.98	4803.13944	0.0490	45.9548	869.0093
39.98586	PISO 3	39.98586	392.261287	8.26	3566.7945	0.0364	34.1259	903.1352
39.98586	PISO 2	39.98586	392.261287	5.54	2349.1725	0.0240	22.4761	925.6113
43.14152	PISO 1	43.14152	423.218311	2.82	1251.12267	0.0128	11.9703	937.5817
0	TOTAL		4773.14301		97994.7753		937.5817	

T	C	$S_a$	MCE
0.0000	2.5000	1.9262	2.88926786
0.0500	2.5000	1.9262	2.88926786
0.1000	2.5000	1.9262	2.88926786
0.1500	2.5000	1.9262	2.88926786
0.2000	2.5000	1.9262	2.88926786
0.2500	2.5000	1.9262	2.88926786
0.3000	2.5000	1.9262	2.88926786
0.3500	2.5000	1.9262	2.88926786
0.4000	2.5000	1.9262	2.88926786
0.4500	2.5000	1.9262	2.88926786
0.5000	2.5000	1.9262	2.88926786
0.5500	2.5000	1.9262	2.88926786
0.6000	2.5000	1.9262	2.88926786
0.6500	2.5000	1.9262	2.88926786
0.7000	2.5000	1.9262	2.88926786
0.7500	2.5000	1.9262	2.88926786
0.8000	2.5000	1.9262	2.88926786
0.8500	2.5000	1.9262	2.88926786
0.9000	2.5000	1.9262	2.88926786
0.9500	2.5000	1.9262	2.88926786
1.0000	2.5000	1.9262	2.88926786
1.0500	2.3810	1.8345	2.75168367
1.1000	2.2727	1.7511	2.62660714
1.1500	2.1739	1.6749	2.51240683
1.2000	2.0833	1.6051	2.40772321
1.2500	2.0000	1.5409	2.31141429
1.3000	1.9231	1.4817	2.22251374
1.3500	1.8519	1.4268	2.14019841
1.4000	1.7857	1.3758	2.06376276
1.4500	1.7241	1.3284	1.99259852
1.5000	1.6667	1.2841	1.92617857
1.5500	1.6129	1.2427	1.86404378
1.6000	1.5625	1.2039	1.80579241
1.6500	1.4692	1.1320	1.69800866
1.7000	1.3841	1.0664	1.59959466
1.7500	1.3061	1.0063	1.50949504
1.8000	1.2346	0.9512	1.42679894
1.8500	1.1687	0.9005	1.35071689
1.9000	1.1080	0.8537	1.28056193
1.9500	1.0519	0.8105	1.21573401
2.0000	1.0000	0.7705	1.15570714
2.0500	0.9518	0.7333	1.1000187
2.1000	0.9070	0.6988	1.04826045
2.1500	0.8653	0.6667	1.00007108
2.2000	0.8264	0.6368	0.95512987
2.2500	0.7901	0.6088	0.91315132
2.3000	0.7561	0.5826	0.87388064
2.3500	0.7243	0.5581	0.83708983
2.4000	0.6944	0.5350	0.8025744
2.4500	0.6664	0.5134	0.77015053
2.5000	0.6400	0.4931	0.73965257
2.5500	0.6151	0.4740	0.71083096
2.6000	0.5917	0.4559	0.68385038
2.6500	0.5696	0.4389	0.65828816
2.7000	0.5487	0.4228	0.63413286
2.7500	0.5289	0.4075	0.61128312
2.8000	0.5102	0.3931	0.5896465
2.8500	0.4925	0.3794	0.56913864
2.9000	0.4756	0.3665	0.54968235
2.9500	0.4596	0.3541	0.53120696
3.0000	0.4444	0.3424	0.51364762



0.29452272



**ANÁLISIS Y DISEÑO CON INCLUSIÓN DE DISIPADORES**

Deriva Objetivo	0.002
Deriva Máxima X-X	0.004209
Deriva Máxima Y-Y	0.005797

	EJE XX	EJE YY
Δmáx (m)	0.004209	0.005797
Δobj (m)	0.002	0.002
B (Δmáx/Δobj)	2.1045	2.8985
β inherente (%)	5.00	5.00
β efectivo (%)	41.34	69.81
β añadido (%)	36.34	64.81

amortiguamiento de la estructura inherente 5%  
βinh= 5 %

requerimientos de 20 al 40 % de de amortiguamiento viscosos añadido por lo sustituimos al 40 %

βañadido (%)	40	40
--------------	----	----

**1. calculo de brazo riguido de sistema de disipacion de energia en el eje x**

Longitud del disipador= 0.79 m → la longitud mínima del disipador es 31in  
 vano en el eje x= 3.25 m → vano en el eje x 13°= 3.1 m  
 altura en piso = 2.72  
 altura en el 1 piso = 2.82  
 E= 20400000 T/m<sup>2</sup> modulo de elasticidad del acero  
 A= 0.01838706 m<sup>2</sup> utilizamos un diametro de HSS 20.00 x 0.5  
 L= 3.448030203 m longitud del brazo metalico  
 K=EA/L= 108785.597 T/m RIGIDEZ DEL BRAZO METALICO  
 1° K=EA/L= 106776.915 T/m  
 1° L= 3.51289437 m  
 13° L= 3.33412415 m → 13° K=EA/L= 112502.1167 T/m

**COEFICIENTE DE AMORTIGUAMIENTO PARA EL EJE X**

$$\sum C_j = \frac{\beta_H \cdot 2\pi A^{1+\alpha} \cos^{2+\alpha} \left( \sum m_j \phi_j^2 \right)}{\lambda \left( \sum \phi_j^{1+\alpha} \cos^{1+\alpha} \theta_j \right)}$$

- C<sub>j</sub>: este es el coeficiente de amortiguamiento del sistema de disipación de energía j.
- φ<sub>j</sub>: Este es el coeficiente de desplazamiento modal en el modo "j".
- φ<sub>vj</sub>: Este es el coeficiente de desplazamiento modal que es concerniente a ambos extremos del sistema de disipación de energía j en la dirección horizontal.
- θ<sub>j</sub>: Este representa al ángulo de inclinación del sistema de disipación de energía j.
- m<sub>j</sub>: Este es masa de cada modo "j".
- A: Este es el coeficiente de amplitud del modo fundamental lo que quiere decir es la traslación o desplazamiento de la edificación relativamente desde la azotea hasta la base de la estructura.
- ω: este coeficiente es la medida de velocidad de rotación (frecuencia angular).
- λ: El coeficiente lambda cual es el modo de vibración.

λ= 3.5 → Parametro lambda  
 α= 0.5 → exponente alfa

**PERIODO FUNDAMENTAL DE LA EDIFICACION**

T= 1.138 s → ETABS

**CALCULO DE LA FRECUENCIA ANGULAR**

ω= 2π/T = 5.521252 RAD/S

Masa ETABS	Nivel
12.84027	13
31.80474	12
38.89965	11
39.98586	10
39.98586	9
39.98586	8
39.98586	7
39.98586	6
39.98586	5
39.98586	4
39.98586	3
39.98586	2
43.14152	1

**2. calculo de brazo riguido de sistema de disipacion de energia en el eje y**

Longitud del disipador= 0.79 m → la longitud mínima del disipador es 31in  
 vano en el eje Y= 3.15 m → vano en el eje Y 13° = 5.55 m  
 altura en piso = 2.72  
 altura en el 1 piso = 2.82  
 E= 20400000 T/m<sup>2</sup> modulo de elasticidad del acero  
 A= 0.01838706 m<sup>2</sup> utilizamos un diametro de HSS 20.00 x 0.5  
 L= 3.37183854 m longitud del brazo metalico  
 K=EA/L= 111243.768 T/m RIGIDEZ DEL BRAZO METALICO  
 1° K=EA/L= 109107.04 T/m  
 1° L= 3.437871805  
 13° L= 5.390687664 m → 13° K=EA/L= 69582.2217 T/m

**COEFICIENTE DE AMORTIGUAMIENTO PARA EL EJE Y**

$$\sum C_j = \frac{\beta_H \cdot 2\pi A^{1+\alpha} \cos^{2+\alpha} \left( \sum m_j \phi_j^2 \right)}{\lambda \left( \sum \phi_j^{1+\alpha} \cos^{1+\alpha} \theta_j \right)}$$

- C<sub>j</sub>: este es el coeficiente de amortiguamiento del sistema de disipación de energía j.
- φ<sub>j</sub>: Este es el coeficiente de desplazamiento modal en el modo "j".
- φ<sub>vj</sub>: Este es el coeficiente de desplazamiento modal que es concerniente a ambos extremos del sistema de disipación de energía j en la dirección horizontal.
- θ<sub>j</sub>: Este representa al ángulo de inclinación del sistema de disipación de energía j.
- m<sub>j</sub>: Este es masa de cada modo "j".
- A: Este es el coeficiente de amplitud del modo fundamental lo que quiere decir es la traslación o desplazamiento de la edificación relativamente desde la azotea hasta la base de la estructura.
- ω: este coeficiente es la medida de velocidad de rotación (frecuencia angular).
- λ: El coeficiente lambda cual es el modo de vibración.

λ= 3.5 → Parametro lambda  
 α= 0.5 → exponente alfa

**PERIODO FUNDAMENTAL DE LA EDIFICACION**

T= 1.465 s → ETABS

**CALCULO DE LA FRECUENCIA ANGULAR**

ω= 2π/T = 4.288864 RAD/S

Masa ETABS	Nivel
12.84027	13
31.80474	12
38.89965	11
39.98586	10
39.98586	9
39.98586	8
39.98586	7
39.98586	6
39.98586	5
39.98586	4
39.98586	3
39.98586	2
43.14152	1

DESPLAZAMIENTO DEL PRIMER MODO DE /NIVELES X

NIVELES	MOD0 (m)
1	2.3459E-05
2	2.5977E-05
3	2.9741E-05
4	2.8014E-05
5	2.5931E-05
6	2.3461E-05
7	2.0616E-05
8	1.7446E-05
9	1.4033E-05
10	1.0496E-05
11	7.0021E-06
12	3.7957E-06
13	1.2495E-06

AMPLITUD EN EJE X



A= 0.027325

DESPLAZAMIENTO DEL PRIMER MODO DE /NIVELES Y

NIVELES	MOD0 (m)
1	1.4315E-05
2	1.4093E-05
3	1.357E-05
4	1.294E-05
5	1.2119E-05
6	1.1084E-05
7	9.8364E-06
8	8.3973E-06
9	6.8063E-06
10	5.1216E-06
11	3.4286E-06
12	1.8555E-06
13	6.0453E-07

AMPLITUD EN EJE Y



A= 0.029741

EJE X

NIVELES	$\phi_i$	$\phi_{i+1}$	$\phi_{ij}$ DIFERENCIA
13	0.1376114		
12	0.130634584	0.1376114	0.006976816
11	0.121516731	0.13063458	0.009117852
10	0.111471131	0.12151673	0.0100456
9	0.100247323	0.11147113	0.011223808
8	0.087940874	0.10024732	0.01230645
7	0.074810619	0.08794087	0.013130255
6	0.061212889	0.07481062	0.01359773
5	0.047560152	0.06121289	0.013652737
4	0.034319252	0.04756015	0.0132409
3	0.022354586	0.03431925	0.011964666
2	0.011875641	0.02235459	0.010478945
1	0.003816945	0.01187564	0.008058696
BASE	0	0.00381694	0.003816945

EJE Y

NIVELES	$\phi_i$	$\phi_{i+1}$	$\phi_{ij}$ DIFERENCIA
13	0.10824041		
12	0.11951678	0.10824041	0.01127638
11	0.1366177	0.11951678	0.01710091
10	0.12935312	0.1366177	0.00726457
9	0.12050298	0.12935312	0.00885015
8	0.10985247	0.12050298	0.0106505
7	0.09737332	0.10985247	0.01247915
6	0.08319698	0.09737332	0.01417634
5	0.06768456	0.08319698	0.01551242
4	0.05116542	0.06768456	0.01651914
3	0.03450915	0.05116542	0.01665627
2	0.01894108	0.03450915	0.01556807
1	0.00632342	0.01894108	0.01261766
BASE	0	0.00632342	0.00632342

0.01127638  
0.017100913

NIVELES	Masa ETABS	$\theta_{disp} (^{\circ})$	$\cos \theta$	$\frac{1-\cos \theta}{\phi_{ij}^2}$	$\frac{1-\cos \theta}{\cos \theta}$	m. $\phi_i$
13	12.84027	41.26	0.75167475	0.000379779	0.24315487	
12	31.80474	39.93	0.7668657	0.000584679	0.54276043	
11	38.89965	39.93	0.7668657	0.00067615	0.57440452	
10	39.98586	39.93	0.7668657	0.000798526	0.49685682	
9	39.98586	39.93	0.7668657	0.000916807	0.40183893	
8	39.98586	39.93	0.7668657	0.001010389	0.30923454	
7	39.98586	39.93	0.7668657	0.001064826	0.22378601	
6	39.98586	39.93	0.7668657	0.001071294	0.14982773	
5	39.98586	39.93	0.7668657	0.001023187	0.09044674	
4	39.98586	39.93	0.7668657	0.00087888	0.04709579	
3	39.98586	39.93	0.7668657	0.00072037	0.01998203	
2	39.98586	39.93	0.7668657	0.000485821	0.00563924	
1	43.14152	40.95	0.75530555	0.000154795	0.00062853	
		$\Sigma$		0.009765504	3.10565619	

NIVELES	Masa ETABS	$\theta_{disp} (^{\circ})$	$\cos \theta$	$\frac{1-\cos \theta}{\phi_{ij}^2}$	$\frac{1-\cos \theta}{\cos \theta}$	m. $\phi_i$
13	12.84027	26.11	0.89795833	0.001018917	0.15043642	
12	31.80474	40.81	0.75687703	0.001472539	0.45430722	
11	38.89965	40.81	0.75687703	0.000407712	0.72603843	
10	39.98586	40.81	0.75687703	0.000548231	0.6690526	
9	39.98586	40.81	0.75687703	0.000723758	0.58063336	
8	39.98586	40.81	0.75687703	0.000917943	0.482532	
7	39.98586	40.81	0.75687703	0.001111435	0.37912847	
6	39.98586	40.81	0.75687703	0.001272206	0.27677161	
5	39.98586	40.81	0.75687703	0.001398038	0.18318321	
4	39.98586	40.81	0.75687703	0.001415483	0.104679	
3	39.98586	40.81	0.75687703	0.001279058	0.04761842	
2	39.98586	40.81	0.75687703	0.000933268	0.01434551	
1	43.14152	41.84	0.7450557	0.000323378	0.00172504	
		$\Sigma$		0.012821966	4.07045128	

$$\sum C_j = \frac{\beta_H \cdot 2\pi A^{1-\alpha} \omega^{2+\alpha} (\sum m_i \phi_i^2)}{\lambda (\sum \phi_i^{1+\alpha} \cos^{1+\alpha} \theta_i)} \rightarrow 489.74 \text{ T.s/m}$$

NUMERO DE NIVEL POR DISIPADOR EN EL EJE X=

$$C_j = \frac{\sum C_j}{N_{\text{disipadores}}} = 244.87 \text{ T.s/m}$$

Datos para la elaboracion etabs X

K= 108785.597 T/m Cj= 244.87 T.s/m α= 0.5
<b>DISIPADORES DEL PRIMER PISO DATOS X</b>
K= 106776.91 T/m Cj= 244.87 T.s/m α= 0.5
<b>DISIPADORES EN EL ULTIMO PISO X</b> → 1 disipador
K= 112502.12 T/m Cj= 244.87 T.s/m α= 0.5

$$\sum C_j = \frac{\beta_H \cdot 2\pi A^{1-\alpha} \omega^{2+\alpha} (\sum m_i \phi_i^2)}{\lambda (\sum \phi_i^{1+\alpha} \cos^{1+\alpha} \theta_i)} \rightarrow 349.181 \text{ T.s/m}$$

NUMERO DE NIVEL POR DISIPADOR EN EL EJE Y=

$$C_j = \frac{\sum C_j}{N_{\text{disipadores}}} = 174.591 \text{ T.s/m}$$

Datos para la elaboracion etabs Y

K= 111243.768 T/m Cj= 174.591 T.s/m α= 0.5	0.000
<b>DISIPADORES DEL PRIMER PISO DATOS Y</b>	
K= 109107.04 T/m Cj= 174.59 T.s/m α= 0.5	
<b>DISIPADORES EN EL ULTIMO PISO Y</b>	
K= 69582.22 T/m Cj= 174.59 T.s/m α= 0.5	

Ángulo de colocacion de los disipadores inferiores de la edificacion

θdisp (°)
41.26
39.93
39.93
39.93
39.93
39.93
39.93
39.93
39.93
39.93
39.93
39.93
39.93
40.95

θdisp (°)
26.11
40.81
40.81
40.81
40.81
40.81
40.81
40.81
40.81
40.81
40.81
40.81
40.81
40.81
41.84

Datos para la elaboracion etabs  
igual en ambas partes

K= 95592.54 T/m Cj= 244.87 T.s/m α= 0.5
---

Datos para la elaboracion etabs

K= 72591.5388 T/m Cj= 174.590623 T.s/m α= 0.5
---

vano en el eje x  
13°= 3.1 m

L= 3.92390496
1°L= 3.98230552 m
13°L= 3.33412415 m
E= 20400000 T/m2

vano en el eje Y 13° = 5.55 m

L= 5.16721411 m
1°L= 5.21353229 m
13°L= 5.39068766 m
E= 20400000 T/m2

Longitud del disipador= 0.79 m  
vano en el eje x = 3.85 m  
altura en piso = 2.72  
altura en el 1 piso = 2.82

Longitud del disipador= 0.79 m  
vano en el eje x = 5.3 m  
altura en piso = 2.72  
altura en el 1 piso = 2.82

<b>DISIPADORES DEL PRIMER PISO DATOS X</b>
K= 94190.67 T/m Cj= 244.87 T.s/m α= 0.5
<b>DISIPADORES EN EL ULTIMO PISO X</b> 1 disipador
K= 112502.12 T/m Cj= 244.87 T.s/m α= 0.5

<b>DISIPADORES DEL PRIMER PISO DATOS Y</b>
K= 71946.62 T/m Cj= 174.59 T.s/m α= 0.5
<b>DISIPADORES EN EL ULTIMO PISO Y</b> 1 disipador
K= 69582.22 T/m Cj= 174.59 T.s/m α= 0.5



**DATOS INICIALES**

TENIENDO EN CUENTA EL PERIODO FUNDAMENTAL SE ASUME EL PERIODO EFECTIVO DE LA SUPER ESTRUCTURA EN EL DESPLAZAMIENTO MÁXIMO ES IGUAL A:

$$T_M = 2.5 \text{ SEG.}$$

así mismo el amortiguamiento efectivo de la superestructura para desplazamientos máximos, teniendo en cuenta la norma E.0.21, por lo cual se se considera un 2%.

$$\delta_{w1} = 2\%$$

$$\delta_{w2} = 1$$

Tabla N° 1 Factor de amortiguamiento $\delta_w$	
Amortiguamiento (Ciclos, $\beta_1$ ) (En porcentaje del amortiguamiento crítico o $\beta_2$ )	Factor $\delta_w$
2	0.8
5	1.0
10	1.2
20	1.5
30	1.7
40	1.9

**PROCEDIMIENTO DE DISEÑO Y CALCULO**

**1. CALCULO PARA EL DESPLAZAMIENTO MÁXIMO LATERAL**

$$D_{w1} = \frac{S_{w1} T_M^2}{4\pi^2 B_{w1}} \quad \text{SABIENDO QUE } S_{w1} \quad \text{SABIENDO QUE LA MÁXIMA ESPECTRAL PARA } T=1.5\text{SEG. Y UN } 2\% \text{ DEL AMORTIGUAMIENTO}$$

$$S_{w1} = 0.2940$$

$$D_{w1} = 0.45741236 \text{ m}$$

$$D_{w1} = 457.413 \text{ mm}$$

**2. CALCULO PARA EL DESPLAZAMIENTO TOTAL**

$$D_{w2} = D_{w1} \left[ 1 + y \frac{12 + e}{b^2 + d^2} \right]$$

**PARA EL EJE X**

$$D_{w2} = 0.457 \text{ m}$$

$$y = 12.32 \text{ m}$$

$$e = 1.087 \text{ m}$$

$$b = 14.17 \text{ m}$$

$$d = 21.74 \text{ m}$$

$$D_{w2} = 0.0229 \left( 1 + 10.87 \left( 12 + 1.087 \right) \left( 100.7889 + 472.6276 \right) \right)$$

$$D_{w2} = 0.3666 \text{ m}$$

$$D_{w2} = 366.366 \text{ mm}$$

**PARA EL EJE Y**

$$D_{w2} = 0.457 \text{ m}$$

$$y = 5.81 \text{ m}$$

$$e = 0.7083 \text{ m}$$

$$b = 14.17 \text{ m}$$

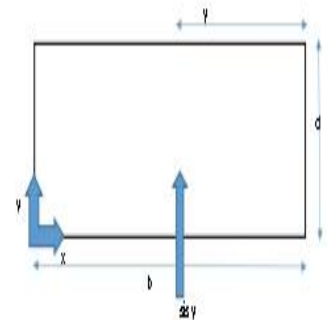
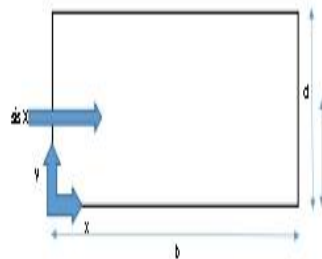
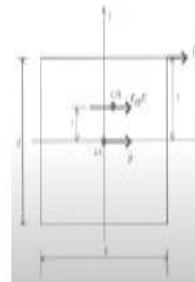
$$d = 21.74 \text{ m}$$

$$D_{w2} = 0.4810 \text{ m}$$

$$D_{w2} = 480.965 \text{ mm}$$

teniendo en cuenta

- 1) Desplazamiento lateral en el centro de masa del sistema de elementos rígidos en la dirección de análisis, como se indica en la sección 5.6, expresado en mm.
- 2) Distancia entre el centro de masa del sistema de elementos rígidos y el eje de rotación, expresado en mm.
- 3) Momento de inercia rotacional en el eje de rotación en planta en el centro de masa de la estructura sobre la línea de rotación y el centro de masa del sistema de elementos rígidos, más la contribución rotacional, como se indica en la sección 5.6, expresado en mm.
- 4) Dirección menor de la proyección en planta de la estructura, expresado en mm.
- 5) Dirección mayor de la proyección en planta de la estructura, expresado en mm.



Nota: El desplazamiento total (DTM) no será menor que 1.15 DM

POR LO CUAL EL RESULTADO OBTENIDO ES  $D_{w2} = 0.3666 \text{ m}$   
 $D_{w2} = 366.6 \text{ mm}$

3. CALCULO PARA LA CARGA AXIAL ULTIMA

$$P_{ult} = 1.25 (CM + CV) \pm CS$$

SE CONSIDERA QUE A LA CARGA DEL SISMO ES DE 0.30 DE LA CARGA MUERTA O

$$P_{ult} = 1.30 (CM + 1.25 CV)$$

$$P_{ult} = 379.00 T$$

4. CALCULO PARA EL DIAMETRO DEL SISTEMA DE AISLACION

EL CALCULO PARA EL DIAMETRO DEL SISTEMA SE DEBE TENER EN CUENTA EL DESPLAZAMIENTO MAXIMO LATERAL Y LA CARGA AXIAL ULTIMA.

$$D_1 = 1.5 D_{1M}$$

$$D_1 = 0.84860217 \text{ m}$$

$$D_1 = 849.60217 \text{ mm}$$

sema referencia la guía técnica del aislador

EN EL CUAL TAMBIEN SE PUEDE CALCULAR CON LA SIGUIENTE FORMULA:

$$D_1 = \sqrt{\frac{4 P_{max}}{3.0 \sigma_{y, adm}}}$$

SABIENDO QUE LA FUERZA AXIAL MAXIMA PERMISIBLE ESTA DADA A 8 MPA LA CUAL CONVERTIDA A T/m<sup>2</sup> es:

$$815.77 \text{ T/m}^2$$

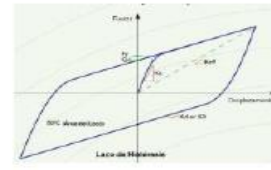
$$D_1 = 0.8506 \text{ m}$$

$$D_1 = 850.62725 \text{ mm}$$

catálogo del aislador

Propiedades técnicas del Aislador

Propiedades técnicas del Aislador: Unidades métricas			
TAMPO DEL DESPLAZAMIENTO		DIMENSIONES DE LA PLACA DE SOPORTE	
Modelo	Capacidad de carga (T)	Longitud (mm)	Anchura (mm)
100	100	100	100
150	150	150	150
200	200	200	200
250	250	250	250
300	300	300	300
350	350	350	350
400	400	400	400
450	450	450	450
500	500	500	500
550	550	550	550
600	600	600	600
650	650	650	650
700	700	700	700
750	750	750	750
800	800	800	800
850	850	850	850
900	900	900	900
950	950	950	950
1000	1000	1000	1000



5. CALCULAMOS EL Q<sub>v</sub>

$$\frac{Q_v}{W} = (3\% \text{ @ } 10\%)$$

$$Q_v = 350$$

$$W = 35.4$$

PARA DETERMINAR EL PISO (M) QUE RECIDE EN CADA ABLA DOR SE UTILIZA LA CARGAS DE SERVICIO CM + 0.5 CV LO CUAL SE PUEDE DISTRIBUIR EN UN PROMEDIO PARA CADA ABLA DOR, TENIENDO EN CUENTA LA RELACION SE DETERMINA EL Q<sub>v</sub> PARA TODO TIPO DE AISLADORES

$$Q_v / W$$

6. CALCULO DEL DIAMETRO DEL NUCLEO DE PLOMO

$$A_{plomo} = F_y / \sigma_y$$

10 MPA O 1500 kgf/cm<sup>2</sup> 10 MPA CONVERTIDO A TONELADAS A METROS CUA BRADOS 1089.71 T/m<sup>2</sup>

$$F_y = 1.20 Q_v$$

$$35.4$$

$$D_n = \sqrt{\frac{4}{\pi} \frac{1.20 Q_v}{\sigma_y}}$$

$$0.2300031 \text{ m}$$

$$230.30309 \text{ mm}$$

7. CALCULO DE LA ALTURA DEL AISLADOR EN PLANCHA

(1) En condiciones de carga axial correspondiente a los máximos desplazamientos basados en los límites de elasticidad del caucho o 70% del límite elástico del caucho (7) desplazamiento real de un aislador y la capacidad de carga dependiente del material y número de capas de caucho.

$$H_1 = D_{1M} / 2.50$$

$$H_1 = 0.2266 \text{ m}$$

$$H_1 = 226.68 \text{ mm}$$

8. CALCULO DE K<sub>d</sub>

ESTA VA A DEPENDER BASICAMENTE DEL TIPO DE GOMA UTILIZADO Y SE CALCULA CON EL MODULO DE CORTE, G, AREA Y ALTURA DE GOMA

$$K_d = \frac{G (D_1^2 - D_n^2) \pi}{4 H_1}$$

EL VALOR DE G ESTA DADO DE 55 A 100 PSI LO CUAL TOMAMOS 60 PSI 80 PSI = 36.25 T/m<sup>2</sup>

$$K_d = 366.67 \text{ T/m}$$

9. CALCULO DE LA RIGIDEZ EFECTIVA (K<sub>eff</sub>)

$$K_{eff} = \frac{Q_v}{D_{1M}} + K_d$$

$$K_{eff} = 238.7754823 \text{ T/m}$$

10. CALCULO DEL AMORTIGUAMIENTO EFECTIVO B<sub>eff</sub>

$$B_{eff} = \frac{4 Q_v (D_{1M} - F_y / (10 K_d))}{2 \pi^2 K_{eff} D_{1M}^2}$$

$$B_{eff} = 0.100$$

$$B_{eff} = 10.00 \%$$

11. Calculo de rigidez vertical K<sub>v</sub>

$$K_v = \frac{E_c A}{H_1}$$

siendo que: E<sub>c</sub> = MODULO DE ELASTICIDAD DEL CONJUNTO DE LAMINAS DE CAUCHO Y ACERO  
A = AREA TRANSVERSAL DEL AISLADOR

EL MODULO DE ELASTICIDAD ES SE CALCULA CON LA SIGUIENTE ECUACION

$$E_c = \frac{6GS^2K}{6GS^2 + K}$$

siendo que: C = MODULO DE CORTE DEL CAUCHO  
S = FACTOR DE FORMA, LUGAL SI CALCULO EN UN PISO EL DIAMETRO D DEL AISLADOR EN EL CASO DE UN PISO EN LA LAMINA DE CAUCHO Y K = ES EL MODULO DE COM PRESION DE CAUCHO LA CUAL ESTA COMO DADA 2000 MPa

$$C = 5 \text{ mm}$$

$$C = 56.25 \text{ T/m}^2$$

$$S = 47.53$$

$$E_c = 160802.80 \text{ T/m}^2$$

$$K = 203983.24$$

$$A = 0.65 \text{ m}$$

$$K_v = 461430.689 \text{ T/m}$$

$$65 \text{ mm}$$

12. HALLAMOS LA RIGIDEZ ELASTICA K<sub>e</sub>

(3) Para el modelado analítico bilineal de la rigidez estática, utilice K<sub>e</sub> = 10 \* K<sub>d</sub>

$$K_e = 3666.73 \text{ T/m}$$

RESUMEN DE LOS FISICA Y MECANICA DE LOS AISLADORES

D <sub>1</sub>	300.62725	mm
H <sub>1</sub>	226.68	mm
K <sub>eff</sub>	238.7754823	T/m
B <sub>eff</sub>	0.10043602	
K <sub>v</sub>	461430.689	T/m
Q <sub>v</sub>	35.4	T
K <sub>d</sub>	366.67	T/m
K <sub>e</sub>	3666.73	T/m
K <sub>v</sub>	461430.689	T/m

3%

## Anexo 7.8. Estudio de mecánica de suelos

### INFORME TÉCNICO

#### ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACIÓN

**PROYECTO:**

*“COMERCIO - HOSTAL”*

**SOLICITANTE:**

OTILIA NEYRA FLORES

**UBICACIÓN:**

CALLE DUNKER LAVALLE N° 143 - URB. SAN FERNANDO

DISTRITO : TRUJILLO

PROVINCIA : TRUJILLO

DEPARTAMENTO : LA LIBERTAD

MARZO DEL 2018

**INGEOMA**

*Ing. Roberto Carlos Salazar Alcalde*  
JEFE DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES  
R. C. I. P. 101231

DIRECCIÓN: Mz. I Bloque "D" DPTO 101 Urb. Vista Hermosa - Trujillo  
Av. Prolong. Juan Pablo II

CEL: 948461203 TEL.: 044 601374

email: ingeoma\_sac@outlook.es

 ingeoma\_sac

SAC®

## INDICE

### **I. GENERALIDADES**

1. INTRODUCCIÓN
2. PROBLEMAS
3. OBJETIVOS
4. FUNDAMENTOS DEL DESARROLLO

### **II. INGENIERÍA DEL PROYECTO**

1. GENERALIDADES
2. ÁREA DE ESTUDIO
  - 2.1. UBICACIÓN
  - 2.2. CONDICIONES CLIMÁTICAS
  - 2.3. CARACTERÍSTICAS FISIGRÁFICAS
  - 2.4. NIVEL FREÁTICO DE LA ZONA EN ESTUDIO
3. SISMICIDAD
4. CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO
5. ACTIVIDADES REALIZADAS
  - 5.1. INVESTIGACIONES DE CAMPO
  - 5.2. INVESTIGACIONES DE LABORATORIO
    - A. IDENTIFICACIÓN Y CLASIFICACIÓN
    - B. PERFIL ESTRATIGRÁFICO
    - C. AGRESIÓN AL SUELO DE CIMENTACIÓN
  - 5.3. ANÁLISIS DE CIMENTACIÓN
    - 5.3.1- CAPACIDAD PORTANTE
      - A. ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS
      - B. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y DE RESISTENCIA
      - C. CAPACIDAD PORTANTE
      - D. ASENTAMIENTOS

### **III. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **IV. BIBLIOGRAFÍA**

### **V. ANEXOS**

**INGEOMA**

*Ing. Roberto Carlos Salazar Alcalde*  
JEFE DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES  
R. O.P. 101231

DIRECCIÓN: Mz. I Bloque "D" DPTO 101 Urb. Vista Hermosa - Trujillo  
Av. Prolong. Juan Pablo II

CEL: 948461203 TEL.: 044 601374

email: ingeoma\_sac@outlook.es

 ingeoma\_sac





## ANALISIS DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES

"COMERCIO - HOSTAL"

CALICATA N° 1 - ESTRATO 2 / PROFUND. 1.40

FECHA : Mar-18

**CAPACIDAD DE CARGA**  
(Terzaghi 1943 y modificado por Vesic 1975)  
 $q_u = c N_c S_c + q N_q S_q + \frac{\gamma B}{2} N_\gamma S_\gamma$

**ASENTAMIENTO INICIAL**  
Teoría Elástica  
 $S = C_s q B \left( \frac{1-\nu^2}{E_s} \right)$

**FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA**  
 $N_c = \cot \phi (N_q - 1)$   
 $N_q = e^{\pi \tan \phi} \tan^2 \left( \frac{1}{4} \pi + \frac{1}{2} \phi \right)$   
 $N_\gamma = 2 (N_q + 1) \tan \phi$

**FACTORES DE FORMA (Vesic)**  
 $S_c = 1 + \frac{B N_q}{L N_c}$   
 $S_q = 1 + \frac{B}{L} \tan \phi$   
 $S_\gamma = 1 - 0.4 \frac{B}{L} \quad >= 0.6$

Peso unitario suelo encima NNF  $\gamma = 1.376$  ton/m3  
Peso unitario suelo debajo NNF  $\gamma' = 1.383$  ton/m3  
Profundidad de cimentación (ZAPATA)  $L = 1.40$  m  
Factor de seguridad  $3.00$   
Prof. cimentación corrido (ingresar dato, si hay)  $0.90$

Relación de Poisson  $\nu = 0.25$   
Módulo de elasticidad del suelo  $E_s = 250.00$  kg/cm2  
Factor de forma y rigidez cimentación corrida  $C_s = 254.00$  cm/m  
Factor de forma y rigidez cimentación cuadrada  $C_s = 112.00$  cm/m  
Factor de forma y rigidez cimentación rectangular  $C_s = 153.00$  cm/m

Sobrecarga en la base de la cimentación  $q = \gamma D = 1.93$  ton/m2  
Sobrecarga en la base del cimiento corrido  $q = \gamma D = 1.24$  ton/m2

Considerando Falla Local por Corte  
Angulo de cohesión  $\phi = 26.00$   
fricción  $c$  (kg/cm2)  $0.017$   
Nc 22.254  
Nq 11.854  
Ny (Vesic) 12.539  
Nq/Nc 0.533  
Tan  $\phi$  0.488

B = Ancho de la cimentación  
L = Longitud de cimentación

CIMENTACION CORRIDA							
B (m)	L (m)	Sc	Sq	Sy	qu (kg/cm2)	qad (kg/cm2)	S (cm)
0.40		1.00	1.00	1.00	2.19	0.73	0.28
0.50		1.00	1.00	1.00	2.28	0.76	0.30
0.80		1.00	1.00	1.00	2.37	0.79	0.45
0.80		1.00	1.00	1.00	2.54	0.85	0.65
1.00		1.00	1.00	1.00	2.71	0.90	0.86

CIMENTACION CUADRADA							
B (m)	L (m)	Sc	Sq	Sy	qu (kg/cm2)	qad (kg/cm2)	S (cm)
1.20	1.20	1.53	1.49	0.60	4.60	1.53	0.77
1.30	1.30	1.53	1.49	0.60	4.65	1.55	0.85
1.50	1.50	1.53	1.49	0.60	4.76	1.59	1.00
2.00	2.00	1.53	1.49	0.60	5.02	1.67	1.40
3.00	3.00	1.53	1.49	0.60	5.54	1.85	2.33

CIMENTACION RECTANGULAR							
B (m)	L (m)	Sc	Sq	Sy	qu (kg/cm2)	qad (kg/cm2)	S (cm)
1.00	1.50	1.36	1.33	0.73	4.17	1.39	0.80
1.50	1.80	1.44	1.41	0.67	4.63	1.54	1.33
3.00	3.50	1.46	1.42	0.66	5.50	1.83	3.15
4.00	6.00	1.36	1.33	0.73	6.08	2.03	4.65

Se puede considerar como valor único de diseño:

**CARGA ADMISIBLE BRUTA**  
 $Q_{admisible} = 1.53$  kg/cm<sup>2</sup>  
 $Q_{admisible} = 15.34$  tn/m<sup>2</sup>  
 $Q = 23.01$  tn/m  
 $S = 1.00$  cm

CARACTERISTICAS FISICAS DEL SUELO			
SUCS	SP (ARENA MAL GRADUADA)		
AASHTO	A-3 (0)		
COLOR	$\theta^\circ$	c (Kg/cm <sup>2</sup> )	P. u. (Tn/m <sup>2</sup> )
Gris	26	0.017	1.383

**INGEOMA**  
*Ing. Roberto Carlos Salazar Alcalde*  
JEFE DE LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES  
R. C. I. P. 101231

DIRECCIÓN: Mz. I Bloque "D" DPTO 101 Urb. Vista Hermosa - Trujillo  
Av. Prolong. Juan Pablo II

CEL: 948461203 TEL.: 044 601374

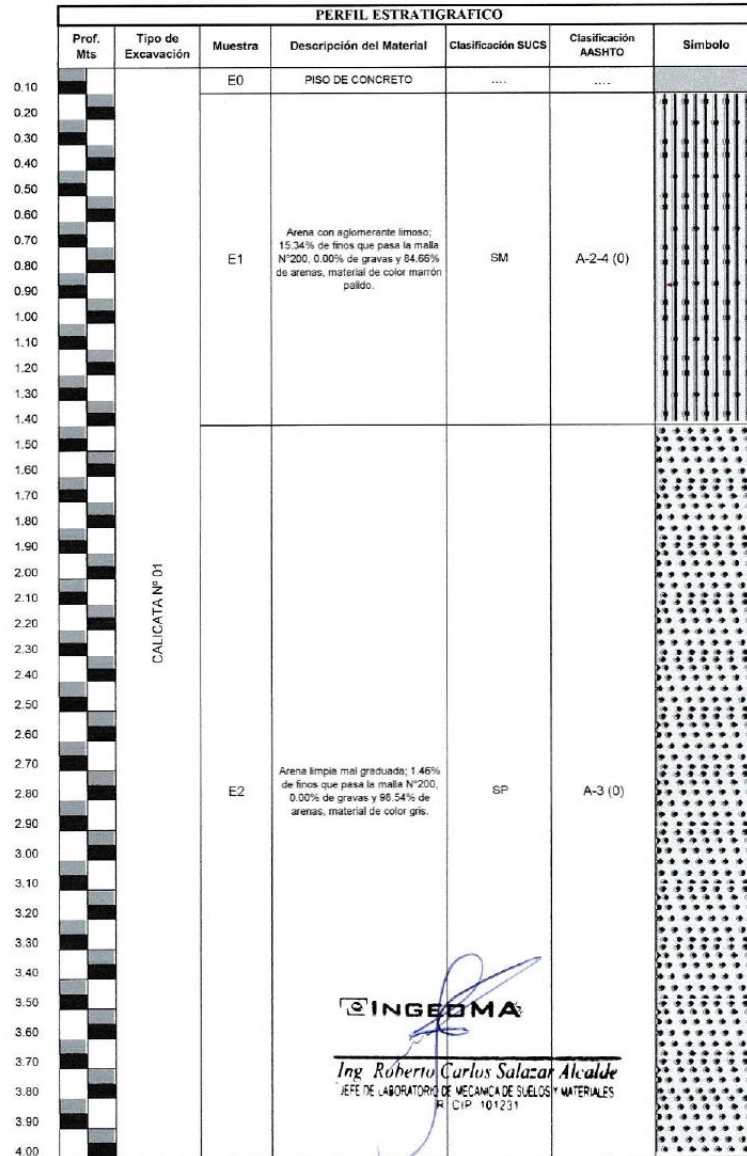
email: ingeoma\_sac@outlook.es

ingeoma\_sac



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO:	"COMERCIO - HOSTAL"				
SOLICITANTE:	OTILIA NEYRA FLORES				
RESPONSABLE:	ING. ROBERTO C. SALAZAR ALCALDE (REG. CIP N° 101231)				
CALICATA:	N° 01	MUESTRA:			E1, E2
UBICACIÓN:	DEP. LA LIBERTAD	PROV. TRUJILLO			
FECHA:	MARZO 2018	DIST. TRUJILLO - SAN FERNANDO			



DIRECCIÓN: Mz. I Bloque "D" DPTO 101 Urb. Vista Hermosa - Trujillo  
Av. Prolong. Juan Pablo II

CEL: 948461203 TEL.: 044 601374

email: ingeoma\_sac@outlook.es

ingeoma\_sac



Anexo 7.9 Dimensiones HSS

<b>ASTM A1085 Round HSS</b>											
Dimensions and Properties											
Shape	Design Wall Thickness, <i>t</i>	Nominal Wt.	Area, <i>A</i>	<i>D/t</i>	<i>I</i>	<i>S</i>	<i>r</i>	<i>Z</i>	Torsion		
	in.	lb/ft	in. <sup>2</sup>		in. <sup>4</sup>	in. <sup>3</sup>	in.	in. <sup>3</sup>	<i>J</i>	<i>C</i>	
										in. <sup>4</sup>	in. <sup>3</sup>
HSS20.000×0.500	0.500	104.23	30.6	40.0	1460	146	6.90	190	2910	291	
	×0.375	0.375	78.67	23.1	53.3	1110	111	6.94	144	2230	223
HSS18.000×0.500	0.500	93.54	27.5	36.0	1050	117	6.19	153	2110	234	
	×0.375	0.375	70.66	20.8	48.0	807	89.6	6.23	117	1610	179
HSS16.000×0.625	0.625	102.73	30.2	25.6	894	112	5.44	148	1790	223	
	×0.500	0.500	82.85	24.3	32.0	732	91.5	5.48	120	1460	183
	×0.438	0.438	72.87	21.4	36.5	649	81.1	5.50	106	1300	162
	×0.375	0.375	62.64	18.4	42.7	562	70.3	5.53	91.6	1120	140
	×0.312	0.312	52.32	15.4	51.3	473	59.2	5.55	76.8	946	118
	×0.250	0.250	42.09	12.4	64.0	384	48.0	5.57	62.0	767	95.9
HSS14.000X×0.625	0.625	89.36	26.3	22.4	589	84.1	4.73	112	1180	168	
	×0.500	0.500	72.16	21.2	28.0	484	69.1	4.78	91.2	968	138
	×0.375	0.375	54.62	16.1	37.3	373	53.3	4.82	69.6	746	106
	×0.312	0.312	45.65	13.4	44.9	314	44.9	4.84	58.5	629	89.7
	×0.250	0.250	36.75	10.8	56.0	255	36.5	4.86	47.3	511	72.9
HSS12.750×0.500	0.500	65.48	19.2	25.5	362	56.7	4.33	75.1	723	113	
	×0.375	0.375	49.61	14.6	34.0	279	43.8	4.38	57.4	559	87.5
	×0.250	0.250	33.41	9.82	51.0	192	30.1	4.42	39.1	384	60.1
HSS10.750×0.500	0.500	54.79	16.1	21.5	212	39.4	3.63	52.6	424	78.5	
	×0.375	0.375	41.59	12.2	28.7	165	30.6	3.67	40.4	329	61.1
	×0.250	0.250	28.06	8.25	43.0	114	21.2	3.71	27.6	227	42.3
HSS10.000×0.625	0.625	62.64	18.4	16.0	203	40.6	3.32	55.0	406	80.6	
	×0.500	0.500	50.78	14.9	20.0	169	33.8	3.36	45.2	338	67.2
	×0.375	0.375	38.58	11.3	26.7	132	26.3	3.41	34.8	263	52.5
	×0.312	0.312	32.31	9.50	32.1	112	22.3	3.43	29.3	223	44.5
	×0.250	0.250	26.06	7.66	40.0	91.1	18.2	3.45	23.8	182	36.4
	×0.188	0.188	19.72	5.80	53.2	69.8	14.0	3.47	18.1	140	27.9
HSS9.625×0.500	0.500	48.77	14.3	19.3	150	31.1	3.23	41.7	299	61.9	
	×0.375	0.375	37.08	10.9	25.7	117	24.3	3.27	32.1	233	48.4
	×0.312	0.312	31.06	9.13	30.8	99.1	20.6	3.29	27.1	198	41.1
	×0.250	0.250	25.06	7.36	38.5	81.0	16.8	3.32	22.0	162	33.6
	×0.188	0.188	18.97	5.57	51.2	62.1	12.9	3.34	16.7	124	25.8
HSS8.625×0.625	0.625	53.45	15.7	13.8	126	29.3	2.84	40.1	253	58.0	
	×0.500	0.500	43.43	12.8	17.3	106	24.5	2.88	33.0	211	48.7
	×0.375	0.375	33.07	9.72	23.0	82.9	19.2	2.92	25.5	166	38.3
	×0.322	0.322	28.58	8.40	26.8	72.5	16.8	2.94	22.2	145	33.5
	×0.250	0.250	22.38	6.58	34.5	57.7	13.4	2.96	17.5	115	26.7
	×0.188	0.188	16.96	4.98	45.9	44.4	10.3	2.98	13.4	88.7	20.6
HSS7.625×0.375	0.375	29.06	8.54	20.3	56.3	14.8	2.57	19.7	113	29.4	
	×0.328	0.328	25.59	7.52	23.2	50.1	13.2	2.58	100	26.2	

**ASTM A1085 Round HSS**  
Dimensions and Properties



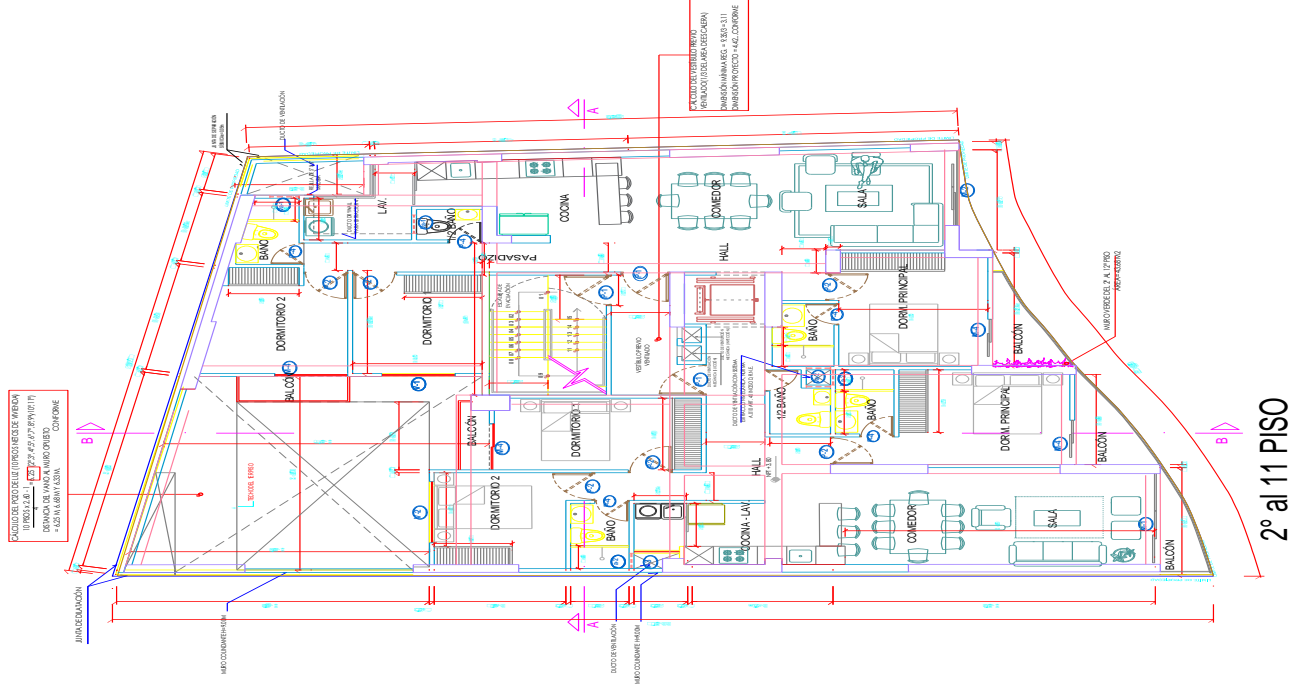
Shape	Design Wall Thickness, <i>t</i>	Nominal Wt.	Area, <i>A</i>	<i>D/t</i>	<i>I</i>	<i>S</i>	<i>r</i>	<i>Z</i>	Torsion	
									<i>J</i>	<i>C</i>
	in.	lb/ft	in. <sup>2</sup>	in. <sup>4</sup>	in. <sup>3</sup>	in.	in. <sup>3</sup>	in. <sup>4</sup>	in. <sup>3</sup>	
HSS7.500×0.500	0.500	37.42	11.0	15.0	67.7	18.1	2.48	24.5	135	35.8
×0.375	0.375	28.56	8.39	20.0	53.4	14.2	2.52	19.1	107	28.4
×0.312	0.312	23.97	7.05	24.0	45.6	12.2	2.54	16.1	91.2	24.2
×0.250	0.250	19.38	5.69	30.0	37.5	9.99	2.56	13.1	74.9	19.9
×0.188	0.188	14.70	4.32	39.9	28.9	7.70	2.59	10.1	57.8	15.4
HSS7.000×0.500	0.500	34.74	10.2	14.0	54.2	15.5	2.30	21.2	108	30.7
×0.375	0.375	26.56	7.80	18.7	43.0	12.3	2.35	16.5	85.9	24.4
×0.312	0.312	22.31	6.56	22.4	36.7	10.5	2.37	14.0	73.5	20.9
×0.250	0.250	18.04	5.30	28.0	30.2	8.64	2.39	11.4	60.5	17.2
×0.188	0.188	13.69	4.02	37.2	23.4	6.67	2.41	8.73	46.7	13.3
HSS6.875×0.500	0.500	34.07	10.0	13.8	51.2	14.9	2.26	20.4	102	29.5
×0.375	0.375	26.06	7.66	18.3	40.6	11.8	2.30	15.9	81.2	23.5
×0.312	0.312	21.89	6.43	22.0	34.7	10.1	2.32	13.4	69.4	20.1
×0.250	0.250	17.71	5.20	27.5	28.6	8.32	2.34	11.0	57.2	16.6
×0.188	0.188	13.44	3.95	36.6	22.1	6.43	2.37	8.41	44.2	12.8
HSS6.625×0.500	0.500	32.74	9.62	13.3	45.4	13.7	2.17	18.8	90.8	27.1
×0.432	0.432	28.60	8.40	15.3	40.5	12.2	2.19	16.6	81.0	24.2
×0.375	0.375	25.06	7.36	17.7	36.1	10.9	2.21	14.7	72.2	21.6
×0.312	0.312	21.06	6.19	21.2	30.9	9.33	2.23	12.4	61.8	18.6
×0.280	0.280	18.99	5.58	23.7	28.1	8.50	2.25	11.3	56.3	16.9
×0.250	0.250	17.04	5.01	26.5	25.5	7.69	2.26	10.2	50.9	15.3
×0.188	0.188	12.94	3.80	35.2	19.7	5.95	2.28	7.79	39.4	11.9
HSS6.000×0.500	0.500	29.40	8.64	12.0	32.9	11.0	1.95	15.2	65.9	21.6
×0.375	0.375	22.55	6.63	16.0	26.3	8.78	1.99	11.9	52.7	17.4
×0.312	0.312	18.97	5.58	19.2	22.6	7.54	2.01	10.1	45.2	15.0
×0.280	0.280	17.12	5.03	21.4	20.6	6.88	2.02	9.17	41.3	13.7
×0.250	0.250	15.37	4.52	24.0	18.7	6.23	2.03	8.27	37.4	12.4
×0.188	0.188	11.68	3.43	31.9	14.5	4.84	2.06	6.35	29.0	9.66
HSS5.563×0.500	0.500	27.06	7.95	11.1	25.7	9.25	1.80	12.9	51.5	18.2
×0.375	0.375	20.80	6.11	14.8	20.7	7.43	1.84	10.1	41.3	14.7
×0.258	0.258	14.63	4.30	21.6	15.2	5.45	1.88	7.27	30.3	10.9
×0.188	0.188	10.80	3.17	29.6	11.5	4.13	1.90	5.43	23.0	8.24
HSS5.500×0.500	0.500	26.73	7.85	11.0	24.8	9.01	1.78	12.5	49.6	17.7
×0.375	0.375	20.55	6.04	14.7	19.9	7.25	1.82	9.87	39.9	14.4
×0.258	0.258	14.46	4.25	21.3	14.6	5.32	1.86	7.10	29.3	10.6
HSS5.000×0.500	0.500	24.05	7.07	10.0	18.1	7.25	1.60	10.2	36.2	14.2
×0.375	0.375	18.54	5.45	13.3	14.7	5.87	1.64	8.04	29.3	11.6
×0.312	0.312	15.64	4.60	16.0	12.7	5.07	1.66	6.87	25.4	10.1
×0.258	0.258	13.08	3.84	19.4	10.8	4.33	1.68	5.81	21.7	8.62
×0.250	0.250	12.69	3.73	20.0	10.6	4.22	1.68	5.65	21.1	8.40
×0.188	0.188	9.67	2.84	26.6	8.24	3.30	1.70	4.36	16.5	6.57


**ASTM A1085 Round HSS**  
Dimensions and Properties

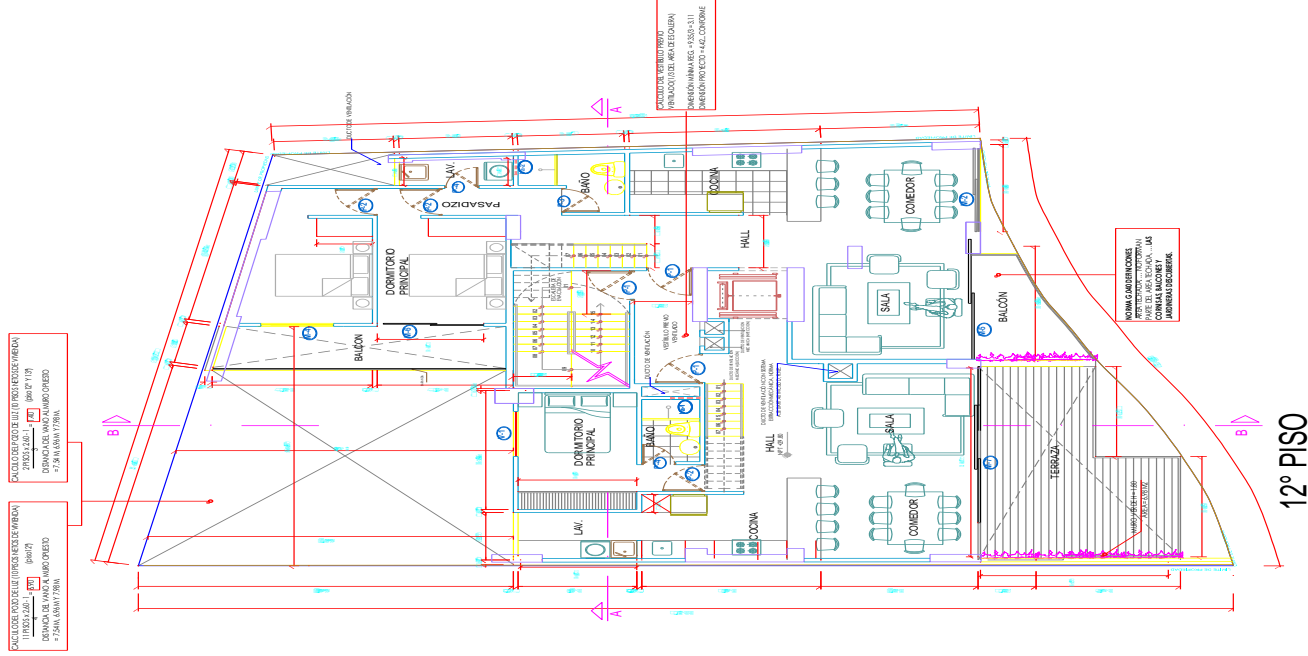


Shape	Design Wall Thickness, $t$	Nominal Wt.	Area, $A$	$D/t$	$I$	$S$	$r$	$Z$	Torsion	
									$J$	$C$
									in.	lb/ft
HSS4.500×0.375	0.375	16.54	4.86	12.0	10.4	4.63	1.46	6.40	20.8	9.13
	×0.337	0.337	15.00	4.41	13.4	9.61	4.27	5.85	19.2	8.45
	×0.237	0.237	10.80	3.17	19.0	7.23	3.21	4.31	14.5	6.39
	×0.188	0.188	8.67	2.55	23.9	5.93	2.64	3.50	11.9	5.25
HSS4.000×0.313	0.313	12.34	3.63	12.8	6.21	3.10	1.31	4.27	12.4	6.13
	×0.250	0.250	10.02	2.95	16.0	5.20	2.60	3.52	10.4	5.16
	×0.237	0.237	9.53	2.80	16.9	4.98	2.49	3.36	9.96	4.94
	×0.226	0.226	9.12	2.68	17.7	4.79	2.39	3.22	9.58	4.76
	×0.220	0.220	8.89	2.61	18.2	4.68	2.34	3.15	9.36	4.65
	×0.188	0.188	7.66	2.25	21.3	4.10	2.05	2.73	8.20	4.08
HSS3.500×0.313	0.313	10.66	3.13	11.2	4.02	2.30	1.13	3.19	8.03	4.52
	×0.300	0.300	10.26	3.02	11.7	3.89	2.23	3.08	7.79	4.38
	×0.250	0.250	8.69	2.55	14.0	3.39	1.94	2.65	6.78	3.83
	×0.216	0.216	7.58	2.23	16.2	3.02	1.72	2.33	6.03	3.42
	×0.203	0.203	7.15	2.10	17.2	2.87	1.64	2.21	5.74	3.26
	×0.188	0.188	6.66	1.96	18.6	2.69	1.54	2.06	5.38	3.06
HSS3.000×0.250	0.250	7.35	2.16	12.0	2.06	1.37	0.976	1.90	4.12	2.71
	×0.216	0.216	6.43	1.89	13.9	1.84	1.23	1.68	3.68	2.43
	×0.203	0.203	6.07	1.78	14.8	1.75	1.17	1.59	3.51	2.32
	×0.188	0.188	5.65	1.66	16.0	1.65	1.10	1.49	3.30	2.18
	×0.152	0.152	4.63	1.36	19.7	1.38	0.922	1.01	2.77	1.83
HSS2.875×0.250	0.250	7.02	2.06	11.5	1.79	1.25	0.932	1.73	3.58	2.45
	×0.203	0.203	5.80	1.70	14.2	1.53	1.06	1.45	3.06	2.11
	×0.188	0.188	5.40	1.59	15.3	1.44	1.00	1.36	2.88	1.99
HSS2.500×0.250	0.250	6.01	1.77	10.0	1.13	0.906	0.800	1.27	2.26	1.77
	×0.188	0.188	4.65	1.37	13.3	0.918	0.735	1.01	1.84	1.45
HSS2.375×0.250	0.250	5.68	1.67	9.50	0.955	0.804	0.756	1.13	1.91	1.57
	×0.218	0.218	5.03	1.48	10.9	0.868	0.731	1.02	1.74	1.44
	×0.188	0.188	4.40	1.29	12.6	0.778	0.655	0.776	1.56	1.29
	×0.154	0.154	3.66	1.07	15.4	0.666	0.561	0.787	1.33	1.11
HSS1.900×0.188	0.188	3.44	1.01	10.1	0.375	0.395	0.609	0.553	0.750	0.773






 <b>UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO</b> FACULTA DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE ING. CIVIL	
TÍTULO DE LA TESIS: ANÁLISIS ESTRUCTURAL SISMO, con el uso de disipadores y aisladores sísmicos en P.D. LA LIBERTAD # edificio SKY UP. San Fernando II etapa Mz B lote 18, distrito de TRUJILLO - La Libertad.	INSTITUCIÓN: ASESOR: PROPIETARIO DE PROYECTO: CLIENTES: ESCALA:
NOMBRE DEL PROYECTO: EDIFICIO SKY UP.	INSTITUCIÓN: ASESOR: PROPIETARIO DE PROYECTO: CLIENTES: ESCALA:
ASESOR: ING. JORGE LUIS REYES RIVAS	INSTITUCIÓN: ASESOR: PROPIETARIO DE PROYECTO: CLIENTES: ESCALA:
PROYECTO: ARA. ANEJACIÓN	INSTITUCIÓN: ASESOR: PROPIETARIO DE PROYECTO: CLIENTES: ESCALA:
FECHA: OCTUBRE 2020	INSTITUCIÓN: ASESOR: PROPIETARIO DE PROYECTO: CLIENTES: ESCALA:



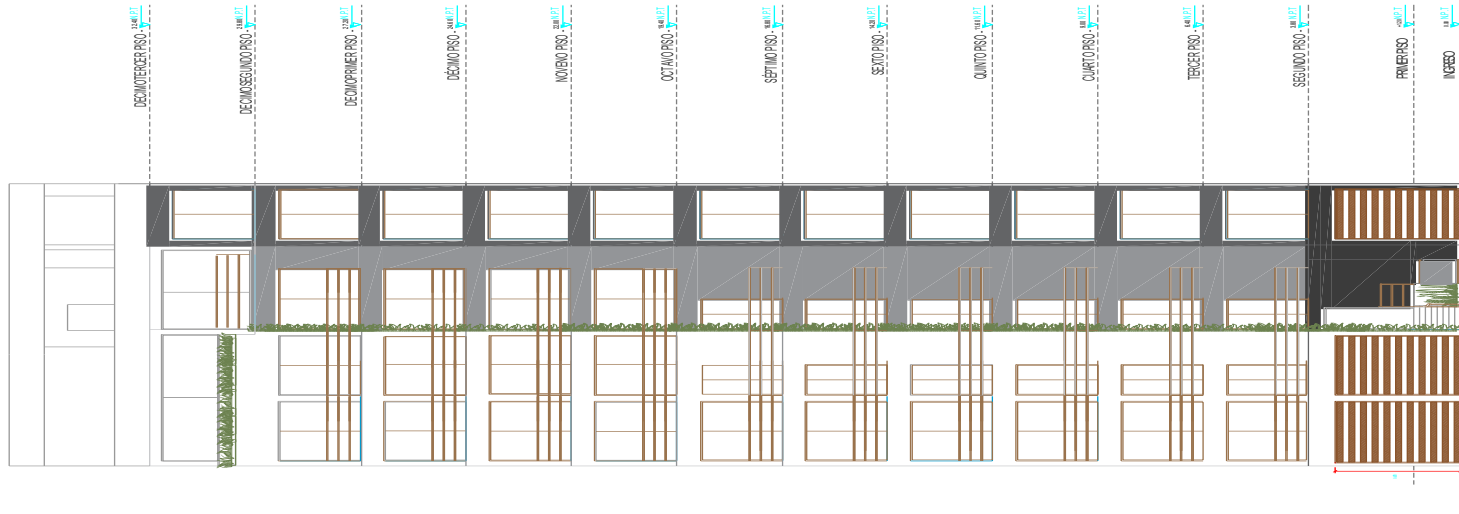
12° PISO

 <b>UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO</b> FACULTA DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE ING. CIVIL		TÍTULO DE LA TESIS: Análisis sísmico con el uso de disipadores y aisladores sísmicos en el 12° y 13° piso del edificio SKY UP, San Fernando II etapa, Me E de B 18, distrito de PROYOKA, TRUJILLO
AUTOR: ING. JOSE LUIS REZARVÁN	ASesor: ING. JOSE LUIS REZARVÁN	UBICACIÓN: DISTRITO TRUJILLO URBANIZACIÓN SAN FERNANDO II
FECHA: OCTUBRE 2020	ESCALA: INDICADA	PLAN N°: <b>3</b>






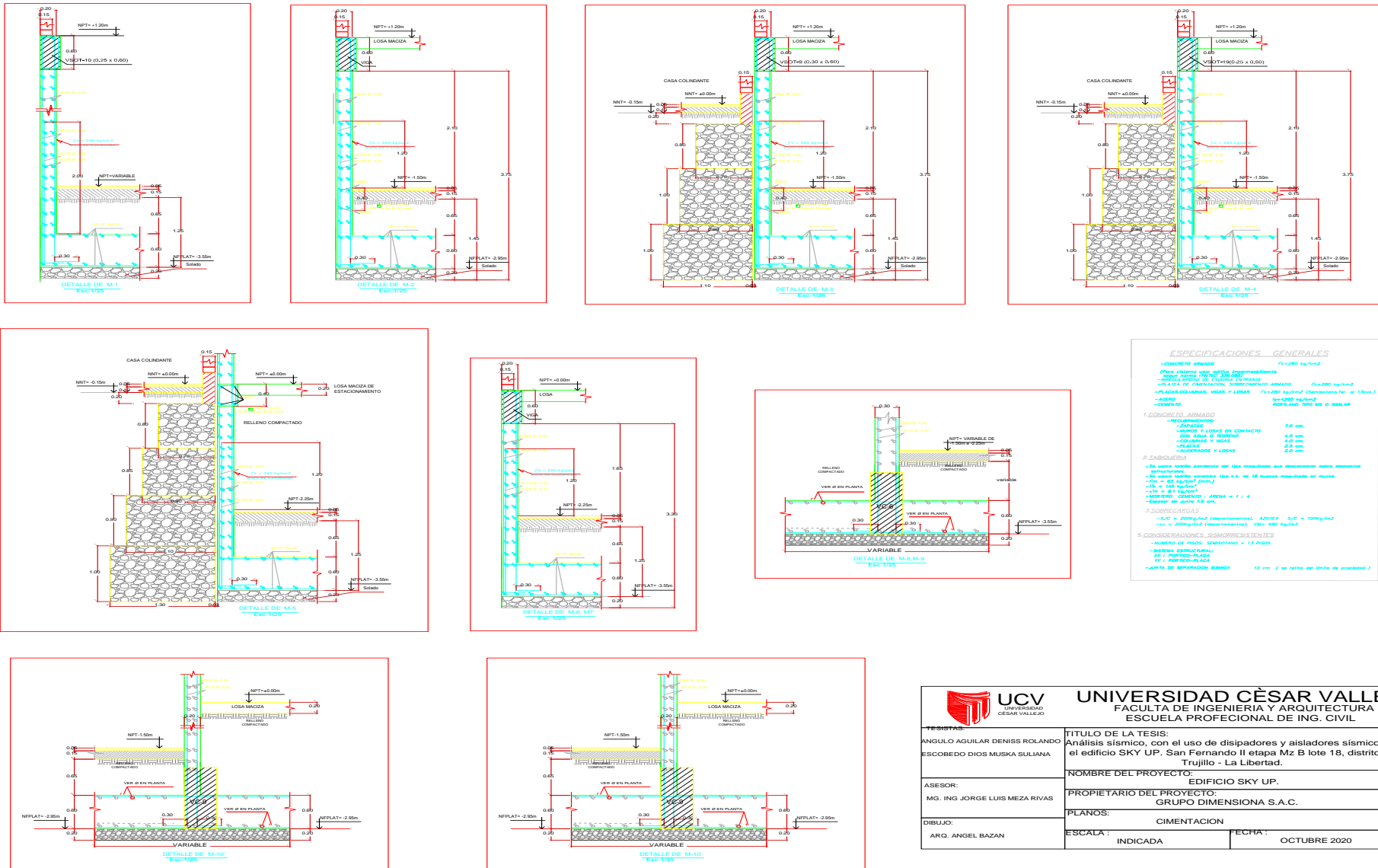
# Anexo 7.10.2. Plano de elevación




ELEVACIÓN PRINCIPAL

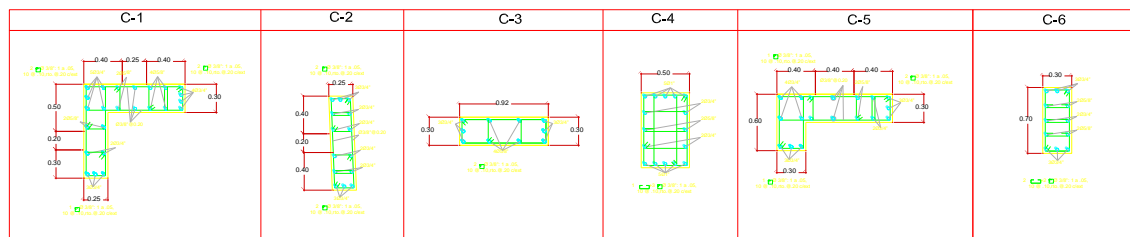
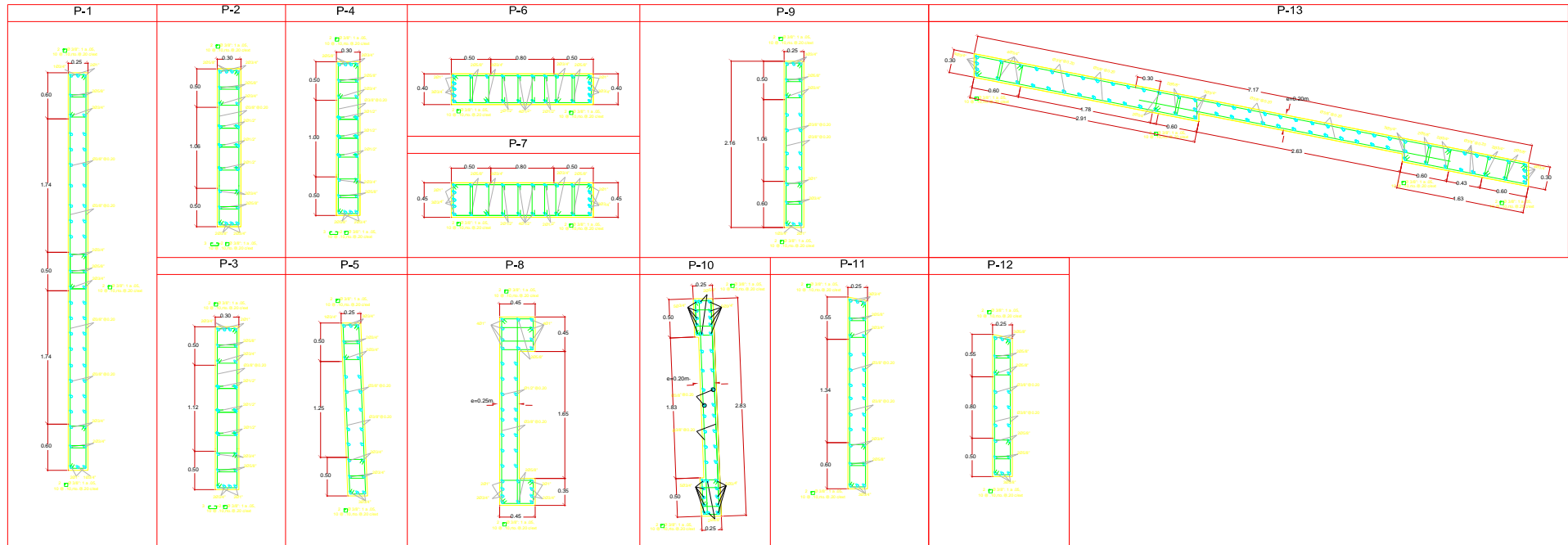
 <b>UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA	TÍTULO DE LA TESIS DISEÑO DE UN EDIFICIO DE OFICINAS Y LABORATORIOS PARA LA FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA DE LA UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO, EN EL DISTRITO DE SAN FERNANDO, PROVINCIA DE TULLO, TUMBES - LA LAMBA.
	NOMBRE DEL PROYECTO EDIFICIO SVLP
AUTOR ING. ANDRÉS CÉSAR VÁSQUEZ	FECHA ASESORADO DETALLES DE TGA
INSTITUCIÓN INDOCA	FECHA OCTUBRE 2020
<b>5</b>	

# Anexo 7.10.3. Planos de cimentación



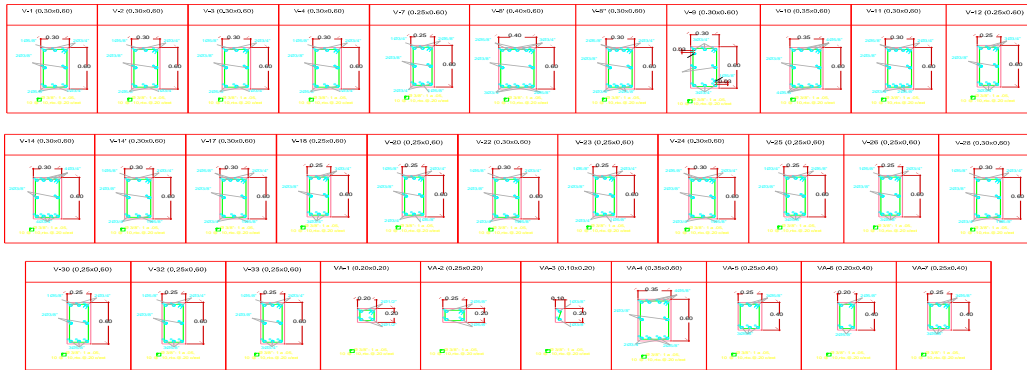
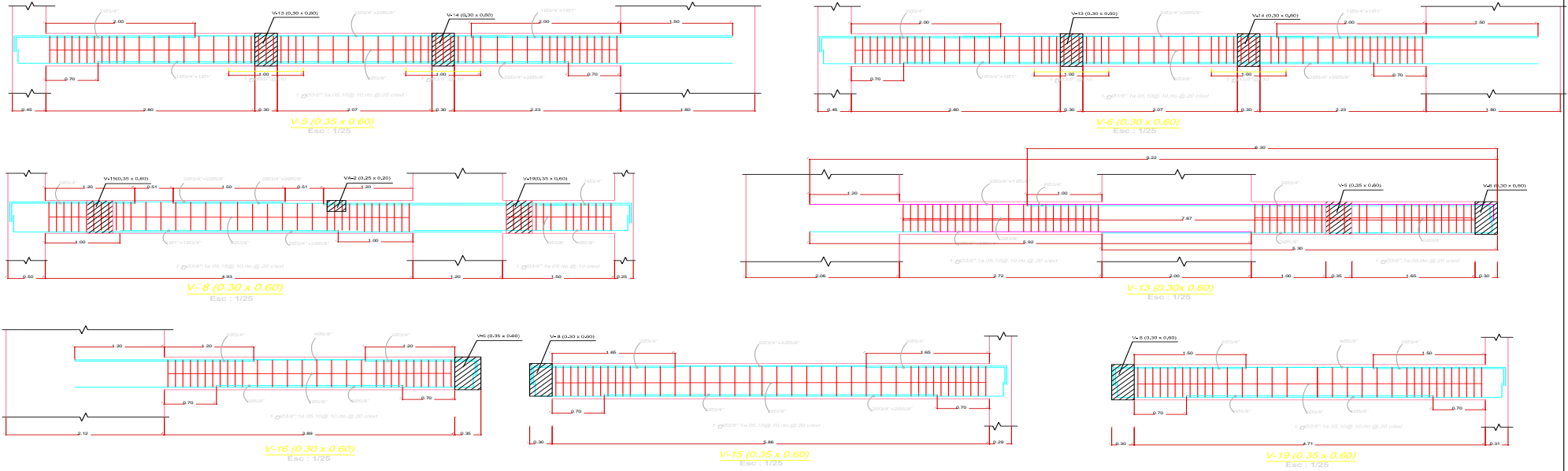
 <b>UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE ING. CIVIL		UBICACIÓN:	
		DPTO: LA LIBERTAD PROVINCIA: TRUJILLO DISTRITO: TRUJILLO URBANIZACIÓN: SAN FERNANDO	
TITULO DE LA TESIS: ANÁLISIS SÍSMICO, CON EL USO DE DISIPADORES Y AISLADORES SÍSMICOS DE EL EDIFICIO SKY UP, SAN FERNANDO II ETAPA Mz B lote 18, distrito de Trujillo - La Libertad.		NOMBRE DEL PROYECTO: EDIFICIO SKY UP.	
ASESOR: MG. ING JORGE LUIS MEZA RIVAS		PROPIETARIO DEL PROYECTO: GRUPO DIMENSIONA S.A.C.	
DIBUJO: ARQ. ANGEL BAZAN		PLANOS: CIMENTACION	
ESCALA: INDICADA		FECHA: OCTUBRE 2020	


## Anexo 7.10.4. Planos de Columnas y Placas.

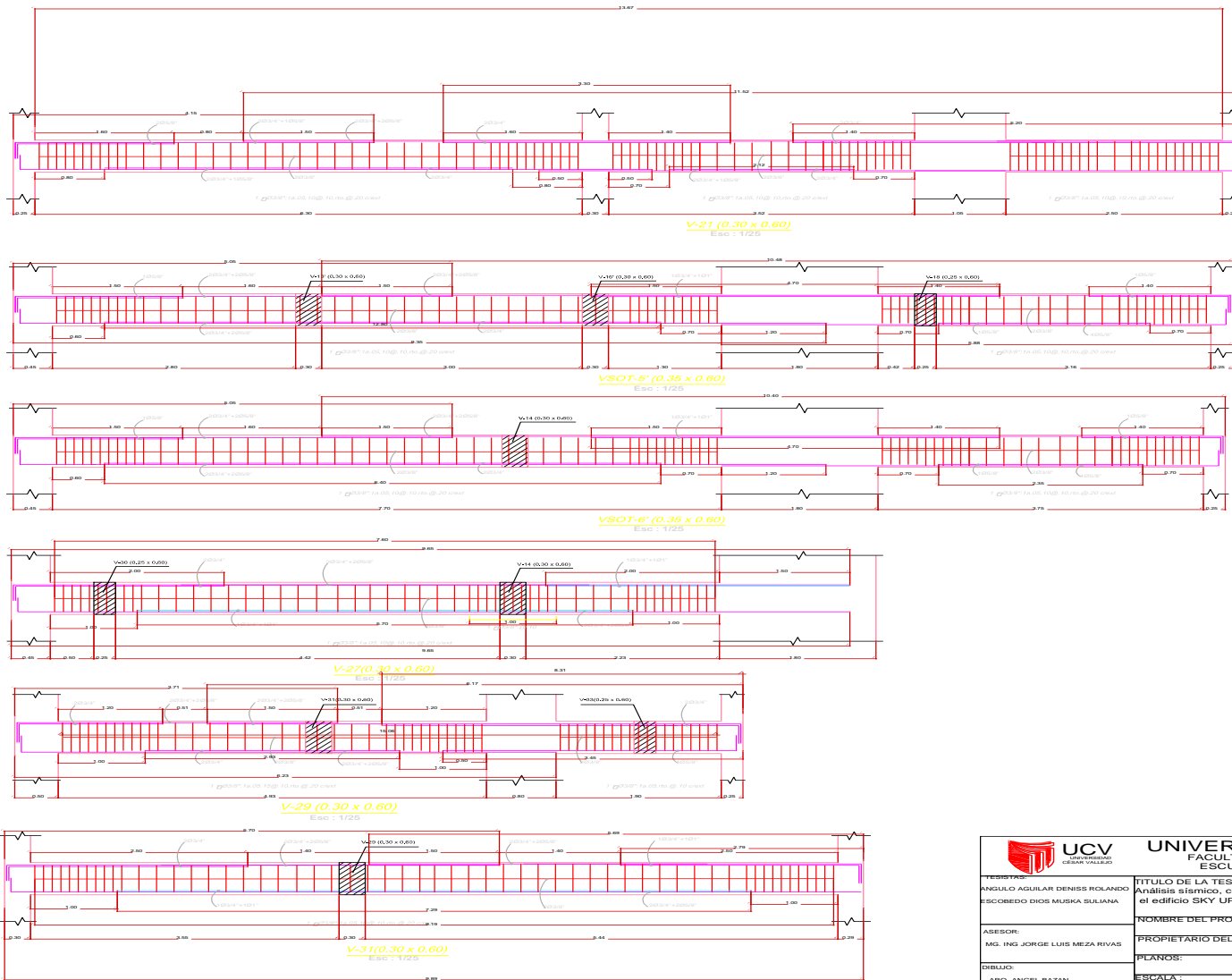



 <b>UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO</b> FACULTA DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFECIONAL DE ING. CIVIL		
TESISISTAS: ANGLU AGUILAR DENISS ROLANDO ESCOBEDO DIOS MUSKA SULIANA	<b>TITULO DE LA TESIS:</b> Análisis sísmico, con el uso de disipadores y aisladores sísmicos en el edificio SKY UP. San Fernando II etapa Mz B lote 18, distrito de Trujillo - La Libertad.	<b>UBICACION:</b> DPTO: LA LIBERTAD PROVINCIA: TRUJILLO DISTRITO: TRUJILLO
ASESOR: MG. ING JORGE LUIS MEZA RIVAS	<b>NOMBRE DEL PROYECTO:</b> EDIFICIO SKY UP.	URBANIZACIÓN: SAN FERNANDO
DIBUJO: ARQ. ANGEL BAZAN	<b>PROPIETARIO DEL PROYECTO:</b> GRUPO DIMENSIONA S.A.C.	<b>PLANO N°:</b> <div style="font-size: 2em; font-weight: bold; text-align: center;">7</div>
	<b>PLANOS:</b> DETALLE DE PLACAS	
	<b>ESCALA :</b> 1/50	<b>FECHA :</b> OCTUBRE 2020

# Anexo 7.10.5. Detalle de vigas



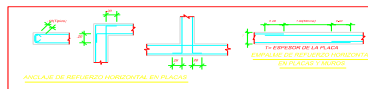
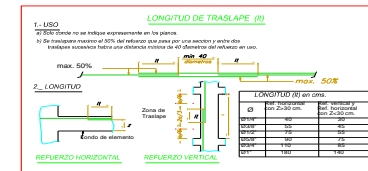
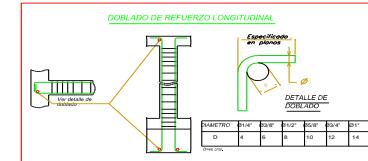
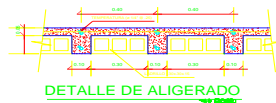
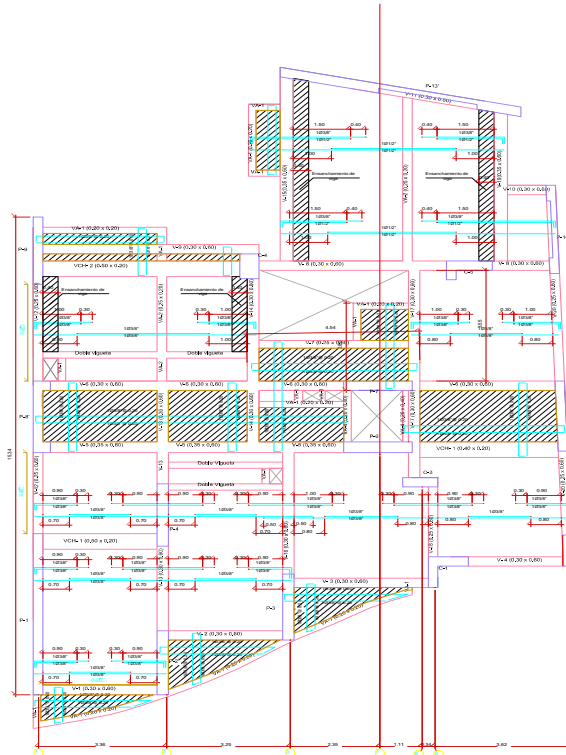
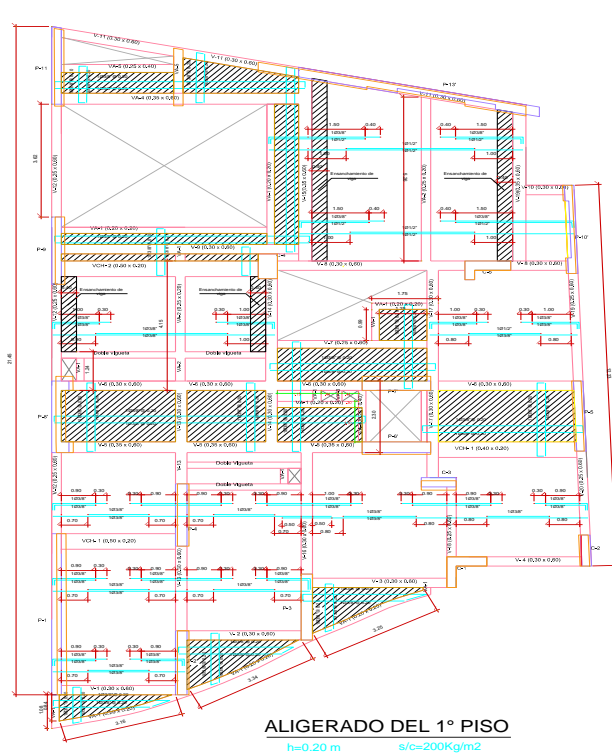
 <b>UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO</b> FACULTA DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE ING. CIVIL		TITULO DE LA TESIS: Análisis sísmico, con el uso de disipadores y aisladores sísmicos en el edificio SKY UP. San Fernando II etapa Mz B lote 18, distrito de Trujillo - La Libertad.	UBICACION: DPTO: LA LIBERTAD PROVINCIA: TRUJILLO DISTRITO: TRUJILLO
		NOMBRE DEL PROYECTO: EDIFICIO SKY UP.	URBANIZACIÓN: SAN FERNANDO
ASesor: MG. ING. JORGE LUIS MEZA RIVAS	PROPIETARIO DEL PROYECTO: GRUPO DIMENSIONA S.A.C.	PLANO Nº: <b>8</b>	
DIBUJO: ARQ. ANGEL BAZAN	PLANOS: DETALLE DE VIGAS	ESCALA: INDICADA	FECHA: OCTUBRE 2020



 <b>UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO</b> FACULTA DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE ING. CIVIL		DPTO.: LA LIBERTAD PROVINCIA: TRUJILLO DISTRITO: TRUJILLO URBANIZACIÓN: SAN FERNANDO	
TESIS PROF.: ANGULO AGUILAR DENISS ROLANDO ESCOBEDO DIOS MUSKA SULIANA		NOMBRE DEL PROYECTO: EDIFICIO SKY UP.	
ASESOR: ING. JORGE LUIS MEZA RIVAS		PROPIETARIO DEL PROYECTO: GRUPO DIMENSIONA S.A.C.	
DIBUJÓ: ARG. ANGEL BAZAN		PLANOS: DETALLE DE VIGAS	
ESCALA: INDICADA		FECHA: OCTUBRE 2020	
			9

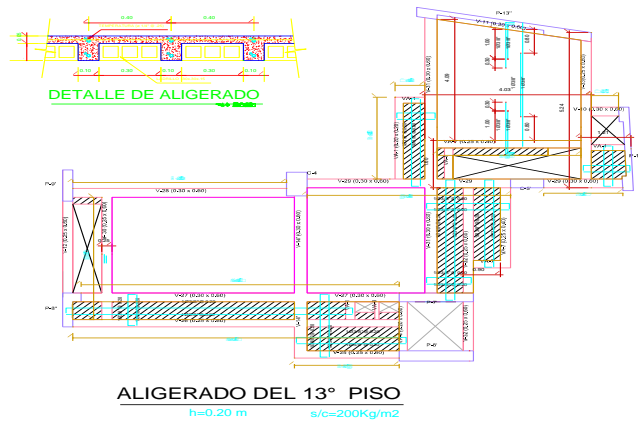
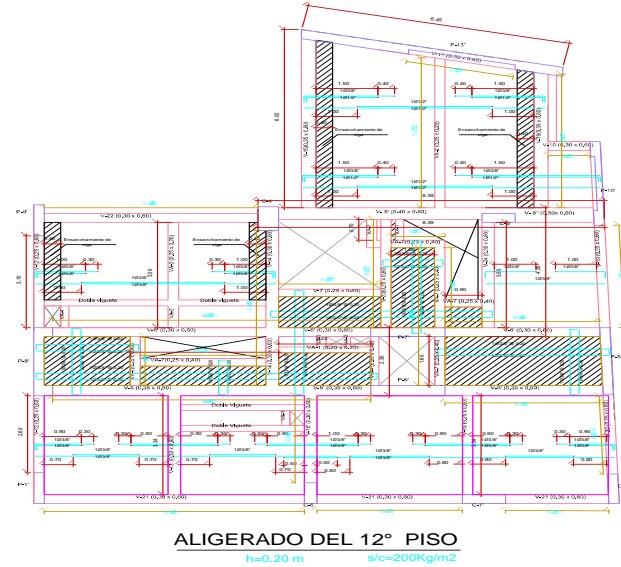
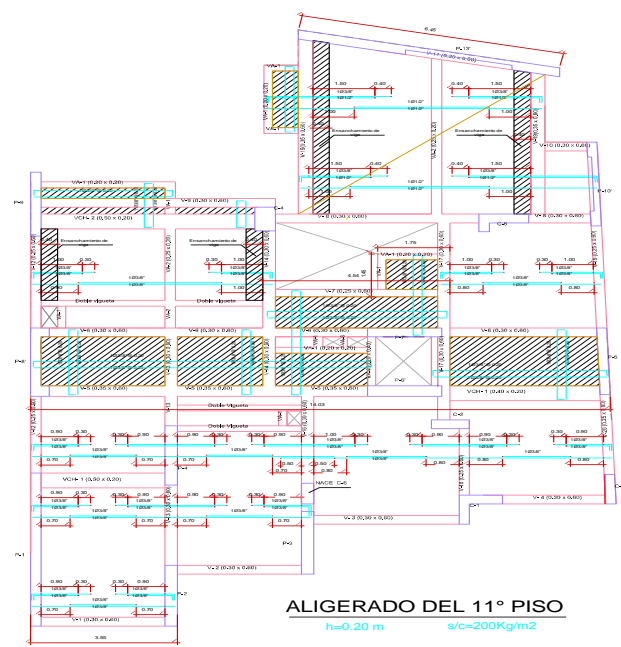


# Anexo 7.10.6. Losa aligerada del 1º - 10º

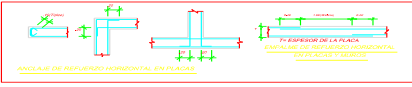
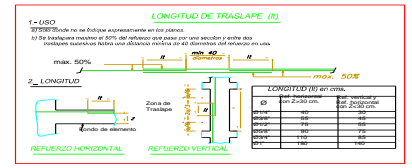
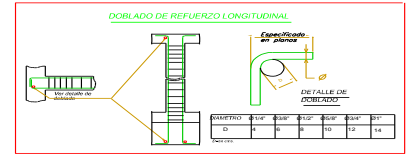


UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO		UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO FACULTA DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE ING. CIVIL	
TESTISTAS: INGULO AGUILAR DENNIS ROLANDO ESCOBEDO DIOS MUSKA SULLANA	TÍTULO DE LA TESIS: Análisis sísmico, con el uso de disipadores y aisladores sísmicos en el edificio SKY UP, San Fernando II etapa Mz B lote 18, distrito de Trujillo - La Libertad.	UBICACIÓN: DPTO. LA LIBERTAD PROVINCIA TRUJILLO DISTRITO: TRUJILLO URBANIZACIÓN: SAN FERNANDO	<b>10</b>
ASESOR: MG. ING JORGE LUIS MEZA RIVAS	NOMBRE DEL PROYECTO: EDIFICIO SKY UP. PROPIETARIO DEL PROYECTO: GRUPO DIMENSIONA S.A.C.	PLANO Nº:	
DIBUJÓ: ARG. ANGEL BAZAN	PLANOS: LOSA ALIGERADA	FECHA: OCTUBRE 2020	
ESCALA: INDICADA	INDICADA	INDICADA	

# Anexo 7.10.7. Losa aligerada del 11° - 13°



**DETALLE DE ALIGERADO**



<b>UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO</b> FACULTA DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE ING. CIVIL		UBICACIÓN: DPTO.: LA LIBERTAD PROVINCIA: TRUJILLO DISTRITO: TRUJILLO
TESIS: INGENIERO AGUILAR DENISS ROLANDO ESCOBEDO DOS MURGA SILVANA	TÍTULO DE LA TESIS: Análisis sísmico, con el uso de disipadores y aisladores sísmicos en el edificio SKY UP, San Fernando II etapa Mz B lote 16, distrito de Trujillo - La Libertad.	NOMBRE DEL PROYECTO: EDIFICIO SKY UP.
ASESOR: ING. ING. JORGE LUIS MEZA RIVAS	PROPIETARIO DEL PROYECTO: GRUPO DIMENSIONA S.A.C.	URBANIZACIÓN: SAN FERNANDO
DIBUJO: ARG. ANGEL BAZAN	PLANO: LOSA ALIGERADA	PLANO Nº: <b>11</b>
ESCALA: INDICADA	FECHA: OCTUBRE 2020	