



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA  
CONSTRUCCIÓN**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO  
DE INGENIERO CIVIL**

**TEMA**

**PROPUESTA DE DISEÑO DE JUNTAS SÍSMICAS DE PISO PARA EL  
NUEVO CENTRO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y DE POST  
GRADO DE LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE**

**AUTOR**

**TNTE. DE E. CALDERÓN ARREGUI, DAVID ALEXANDER**

**DIRECTOR**

**TCRN. ICIV. MORALES MONCAYO, ENRIQUE ABEL Ph.D**

**SANGOLQUÍ**

**2018**



**ESPE**  
**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS**  
**INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA**

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA  
Y LA CONSTRUCCIÓN**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**CERTIFICACIÓN**

Certifico que el trabajo de titulación: **“PROPUESTA DE DISEÑO DE JUNTAS SÍSMICAS DE PISO PARA EL NUEVO CENTRO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y DE POST GRADO DE LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE”** realizado por el señor **CALDERÓN ARREGUI DAVID ALEXANDER**, ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto me permito acreditarlo y autorizar al señor para que lo sustenten públicamente.

**Sangolquí, 09 de marzo del 2018**

  
**TCRN. ICIV. ENRIQUE MORALES MONCAYO PhD.**

**DIRECTOR**



**ESPE**  
**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS**  
**INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA**

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA**  
**Y LA CONSTRUCCIÓN**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD**

Yo, **TNTE. DE E. CALDERÓN ARREGUI DAVID ALEXANDER**, con cédula de identidad No. 171707701-8, declaro que este trabajo de titulación **“PROPUESTA DE DISEÑO DE JUNTAS SÍSMICAS DE PISO PARA EL NUEVO CENTRO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y DE POST GRADO DE LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE”** ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros, considerándose en las citas bibliográficas.

Consecuentemente declaro que este trabajo es de mi autoría, en virtud de ello me declaro responsable del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

**Sangolquí, 09 de marzo del 2018**

**TNTE. DE E. CALDERÓN ARREGUI DAVID ALEXANDER**

**CC. 171707701-8**



**ESPE**  
**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS**  
**INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA**

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA  
Y LA CONSTRUCCIÓN**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN**

Yo, **TNTE. DE E. CALDERÓN ARREGUI DAVID ALEXANDER**, con cédula de identidad No. 171707701-8, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas "ESPE" publicar en la biblioteca virtual de la institución el presente trabajo de titulación "**PROPUESTA DE DISEÑO DE JUNTAS SÍSMICAS DE PISO PARA EL NUEVO CENTRO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y DE POST GRADO DE LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE**" cuyo contenido, ideas y criterios son de mi autoría y responsabilidad

**Sangolquí, 09 de marzo del 2018**

Una firma manuscrita en tinta azul que parece decir 'David Alexander Calderón Arregui'.

**TNTE. DE E. CALDERÓN ARREGUI DAVID ALEXANDER**

**CC. 171707701-8**

## DEDICATORIA

A Dios, por darme su bendición e iluminar mi camino por el sendero del éxito.

A mis amados padres, Jorge y Laurita, quienes me han inculcado buenos valores, me han enseñado el valor del esfuerzo y dedicación, guiándome siempre por el camino correcto. Dándome siempre ejemplo de amor y perseverancia. Por ser mi apoyo incondicional en todo momento.

A mi amada esposa quien es mi compañera de vida y apoyo incondicional en todo momento. Quien me acompaña en este arduo camino, dándome aliento, amor y comprensión.

A mi amada hija quien es mi fuente de motivación para alcanzar mis metas.

A mis queridos hermanos y familia que de una u otra manera estuvieron siempre pendientes de mí, brindándome su apoyo.

A mis queridos abuelitos que son la luz en los momentos más difíciles, mis ángeles guardianes en todo momento.

*David Alexander Calderón Arregui*

## AGRADECIMIENTO

Al Ejército Ecuatoriano por darme la oportunidad de perfeccionarme en el campo técnico de la Ingeniería.

A mí querida Universidad de las Fuerzas Armadas por abrirme las puertas para incurrir en el amplio campo de la Ingeniería Civil.

A mi Tcn. Enrique Morales Moncayo (PhD), tutor, por la confianza depositada en mí, al ser parte activa de la dirección de este trabajo.

Al Ing. Pablo Caiza (PhD), docente colaborador, por su catedra impartida durante mi carrera de estudiante y por su vital ayuda en la ejecución de este trabajo.

Al Ing. Michael Rodríguez, miembro de la Fiscalización del Centro de Investigaciones, por la apertura al proyecto y la información facilitada, que fue de suma importancia para este trabajo

A la Empresa Grupo Cauchos Vikingo, por la información proporcionada para el desarrollo de este trabajo de investigación.

A todas las personas que contribuyeron para la realización de este trabajo.

*David Alexander Calderón Arregui*

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN .....	i
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD.....	ii
AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN .....	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	vi
ÍNDICE DE TABLAS .....	xii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xv
RESUMEN.....	xx
ABSTRACT .....	xxi
CAPÍTULO I.....	1
I. GENERALIDADES .....	1
1.1. Introducción .....	1
1.2. Antecedentes .....	1
1.3. Planteamiento del Problema de Investigación .....	5
1.4. Justificación e Importancia.....	6
1.5. Objetivos .....	6

1.5.1.	Objetivo General .....	6
1.5.2.	Objetivos Específicos .....	6
CAPÍTULO II .....		7
II.	SISTEMAS DE PROTECCIÓN SÍSMICA.....	7
2.1.	Introducción .....	7
2.2.	Sistemas de Protección Sísmica .....	7
2.2.1.	Sistemas Convencionales .....	8
2.2.2.	Sistemas de Amortiguamiento Suplementario .....	9
2.2.3.	Sistemas de Aislamiento Sísmico .....	9
2.2.3.1	Sistema de Aislamiento Elastoméricos .....	11
2.2.3.1.1	Apoyo Elastomérico de Bajo Amortiguamiento (LDR).....	12
2.2.3.1.2	Apoyo Elastomérico de Alto Amortiguamiento (HDR).....	13
2.2.3.2	Aislador Elastomérico con Núcleo de Plomo (LRB).....	14
2.2.3.3	Sistema de Aislamiento Péndulo Friccional .....	15
2.2.3.3.1	Aislador de Péndulo de Fricción con Simple Curvatura .....	16
2.2.3.3.2	Aislador de Péndulo de Fricción de Doble Curvatura.....	18
2.2.3.3.3	Aislador de Péndulo de Fricción con Triple Curvatura FPT .....	22
2.3.	Resumen del Capítulo .....	27
CAPÍTULO III .....		29



III.	SISTEMA DE AISLAMIENTO SÍSMICO DE BASE EN EL CICUFA .....	29
3.1.	Introducción .....	29
3.2.	Descripción General del Proyecto.....	30
3.3.	Sistema de Aislamiento de Base FPT .....	33
3.3.1.	Distribución del Sistema de Aislamiento Sísmico .....	35
3.4.	Juntas existentes en el CICUFA.....	39
3.4.1.	Juntas en Gradas de Emergencia.....	40
3.4.2.	Juntas en Instalaciones Hidrosanitarias.....	41
3.4.3.	Juntas en Instalaciones Eléctricas .....	42
3.4.1.	Juntas en Paredes y Cubierta.....	42
3.5.	Resumen del Capítulo .....	43
	CAPÍTULO IV .....	44
IV.	DESCRIPCIÓN DE JUNTAS DE PISO EXISTENTES EN EL CICUFA .....	44
4.1.	Introducción .....	44
4.2.	Juntas de piso entre los bloques que conforman el edificio .....	44
4.2.1.	Juntas de piso en el nivel +0.00.....	44
4.2.2.	Juntas de piso en el nivel +4.94.....	48
4.2.3.	Juntas de piso en el nivel +9.88.....	52
4.2.4.	Juntas de piso en el nivel +14.82.....	55

4.3.	Resumen del Capítulo .....	59
CAPÍTULO V .....		60
V.	JUNTAS SÍSMICAS EN EDIFICIOS.....	60
5.1.	Introducción .....	60
5.2.	Juntas Sísmicas.....	60
5.3.	Aspectos Funcionales y de Seguridad.....	62
5.4.	Grados de Libertad de una Junta Sísmica .....	63
5.5.	Ancho de las Juntas Sísmicas.....	63
5.6.	Ejemplos de Sistemas de Juntas Sísmicas de Piso .....	63
5.6.1.	Sistema Novojunta Pro® Sismo SU.....	63
5.6.2.	Sistema SJS .....	65
5.6.3.	Sistema SJS-FP .....	70
5.6.4.	Sistema SJS – FP – FR2.....	74
5.6.5.	Sistema Piso Sísmico Wabo.....	76
5.6.5.1	Modelo “FXB” .....	77
5.6.5.2	Modelo “FJX” .....	78
5.6.5.3	Modelo “FJG” .....	79
5.6.5.4	Modelo “FNB” .....	80
5.6.5.5	Modelo “FXE” .....	80

5.6.5.6	Modelo “FJC” .....	81
5.7.	Resumen del Capítulo .....	83
CAPÍTULO VI.....		84
VI.	JUNTAS DE GRAN DESPLAZAMIENTO EN EL PUENTE LOS CARAS.....	84
6.1.	Introducción .....	84
6.2.	Descripción General del Puente Los Caras .....	84
6.3.	Juntas Sísmicas de Gran Desplazamiento (JSGD).....	86
6.4.	Resumen del Capítulo .....	94
CAPÍTULO VII.....		96
VII.	DISEÑO DE JUNTAS SÍSMICAS DE PISO PARA EL CICUFA.....	96
7.1.	Introducción .....	96
7.2.	Capacidad de Desplazamiento de la JSP.....	96
7.3.	Condiciones de Juntas en el CICUFA.....	103
7.4.	Junta Sísmica de Piso .....	104
7.4.1.	Placa de Cubierta de Aluminio.....	105
7.4.2.	Barra de Centrado Sísmico.....	107
7.4.3.	Miembro Base de Aluminio .....	108
7.4.4.	Montaje de los Componentes de la JSP .....	109
7.4.5.	Geometría de la JSP .....	110

7.4.6.	Validación de la JSP ante el Sismo de Diseño .....	111
7.4.7.	Validación de la JSP ante el Sismo Máximo Considerado .....	114
7.5.	Junta Sísmica de Piso-Pared.....	116
7.5.1.	Validación de la JSP ante el Sismo de Diseño .....	117
7.5.2.	Validación de la JSPP ante el Sismo Máximo Considerado .....	119
7.6.	Cantidades .....	120
7.7.	Presupuesto de las Juntas Sísmicas de Piso Propuesta.....	122
CAPÍTULO VIII .....		123
VIII. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES, TRABAJO FUTURO Y		
BIBLIOGRAFÍA.....		123
8.1.	Conclusiones y Recomendaciones .....	123
8.2.	Trabajo Futuro.....	124
8.3.	Bibliografía.....	125

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> <i>Fases del Aislador de Acuerdo al Modelo de Fenz y Constantinou</i> .....	26
<b>Tabla 2</b> <i>Coordenadas de Ubicación del Proyecto</i> .....	31
<b>Tabla 3</b> <i>Distribución de los Bloques Estructurales</i> .....	32
<b>Tabla 4</b> <i>Geometría del aislador FPT8833/12-12/8-6</i> .....	34
<b>Tabla 5</b> <i>Coeficientes de fricción aislador FPT8833/12-12/8-6</i> .....	35
<b>Tabla 6</b> <i>Juntas de piso A en el nivel +0.00</i> .....	45
<b>Tabla 7</b> <i>Juntas de piso B en el nivel +0.00</i> .....	46
<b>Tabla 8</b> <i>Juntas de piso C en el nivel +0.00</i> .....	46
<b>Tabla 9</b> <i>Juntas de piso D en el nivel +0.00</i> .....	47
<b>Tabla 10</b> <i>Juntas de piso E en el nivel +0.00</i> .....	47
<b>Tabla 11</b> <i>Juntas de piso F en el nivel +0.00</i> .....	48
<b>Tabla 12</b> <i>Juntas de piso A en el nivel +4.94</i> .....	49
<b>Tabla 13</b> <i>Juntas de piso B en el nivel +4.94</i> .....	49
<b>Tabla 14</b> <i>Juntas de piso C en el nivel +4.94</i> .....	50
<b>Tabla 15</b> <i>Juntas de piso D en el nivel +4.94</i> .....	50
<b>Tabla 16</b> <i>Juntas de piso E en el nivel +4.94</i> .....	51
<b>Tabla 17</b> <i>Juntas de piso F en el nivel +4.94</i> .....	51
<b>Tabla 18</b> <i>Juntas de piso A en el nivel +9.88</i> .....	52
<b>Tabla 19</b> <i>Juntas de piso B en el nivel +9.88</i> .....	53
<b>Tabla 20</b> <i>Juntas de piso C en el nivel +9.88</i> .....	53

<b>Tabla 21</b> <i>Juntas de piso D en el nivel +9.88</i> .....	54
<b>Tabla 22</b> <i>Juntas de piso E en el nivel +9.88</i> .....	54
<b>Tabla 23</b> <i>Juntas de piso F en el nivel +9.88</i> .....	55
<b>Tabla 24</b> <i>Juntas de piso A en el nivel +14.82</i> .....	56
<b>Tabla 25</b> <i>Juntas de piso B en el nivel +14.82</i> .....	56
<b>Tabla 26</b> <i>Juntas de piso C en el nivel +14.82</i> .....	57
<b>Tabla 27</b> <i>Juntas de piso D en el nivel +14.82</i> .....	57
<b>Tabla 28</b> <i>Juntas de piso E en el nivel +14.82</i> .....	58
<b>Tabla 29</b> <i>Juntas de piso F en el nivel +14.82</i> .....	58
<b>Tabla 30</b> <i>Juntas de piso G en el nivel +14.82</i> .....	59
<b>Tabla 31</b> <i>Dimensiones de "NOVOJUNTA"</i> .....	64
<b>Tabla 32</b> <i>Tabla de movimientos del modelo "FXB"</i> .....	78
<b>Tabla 33</b> <i>Tabla de movimientos del modelo "FJX"</i> .....	79
<b>Tabla 34</b> <i>Tabla de movimientos del modelo "FJG"</i> .....	79
<b>Tabla 35</b> <i>Tabla de movimientos del modelo "FNB"</i> .....	80
<b>Tabla 36</b> <i>Tabla de movimientos del modelo "FXE"</i> .....	81
<b>Tabla 37</b> <i>Tabla de movimientos del modelo "FJC"</i> .....	82
<b>Tabla 38</b> <i>Juntas de piso en el nivel +0.00</i> .....	101
<b>Tabla 39</b> <i>Juntas de piso en el nivel +4.94</i> .....	101
<b>Tabla 40</b> <i>Juntas de piso en el nivel +9.88</i> .....	101
<b>Tabla 41</b> <i>Juntas de piso en el nivel +14,82</i> .....	102
<b>Tabla 42</b> <i>Condiciones de las Juntas en el Nivel +0.00</i> .....	103
<b>Tabla 43</b> <i>Condiciones de las Juntas en el Nivel +4.94</i> .....	103

<b>Tabla 44</b> <i>Condiciones de las Juntas en el Nivel +9.88</i> .....	104
<b>Tabla 45</b> <i>Condiciones de las Juntas en el Nivel +14.82</i> .....	104
<b>Tabla 46</b> <i>Componentes Estándar</i> .....	109
<b>Tabla 47</b> <i>Lista de Piezas de la JSP</i> .....	110
<b>Tabla 48</b> <i>Cantidades de las Juntas de Piso en el CICUFA</i> .....	121

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Entorno Geodinámica del Ecuador .....	2
<b>Figura 2</b> Ecuador, Zonas Sísmicas y Valor del Factor de Zona z .....	3
<b>Figura 3</b> Sistemas de Protección Sísmica.....	8
<b>Figura 4</b> Esquema de Aislación en Edificios .....	10
<b>Figura 5</b> Aislador de Bajo Amortiguamiento (LRD) .....	13
<b>Figura 6</b> Aislador de Alto Amortiguamiento (HDR) .....	14
<b>Figura 7</b> Aislador Elastomérico con Núcleo de Plomo (LRB) .....	15
<b>Figura 8</b> Aislador de Péndulo de Fricción con Simple Curvatura .....	16
<b>Figura 9</b> Esquema de Péndulo de Fricción con Simple Curvatura.....	17
<b>Figura 10</b> Aislador de Péndulo de Fricción de Doble Curvatura .....	19
<b>Figura 11</b> Esquema de un Aislador de Péndulo de Fricción de Doble Curvatura.....	19
<b>Figura 12</b> La Fuerza Lateral es Mayor que la Fuerza de Fricción del Aislador,.....	20
<b>Figura 13</b> Desplazamiento Máximo del Aislador de Fricción con Doble Curvatura.....	20
<b>Figura 14</b> Aislador de Péndulo de Fricción con Triple Curvatura .....	22
<b>Figura 15</b> Esquema de un Aislador de Triple Péndulo de Fricción .....	22
<b>Figura 16</b> Péndulo Interior en Movimiento Debido al Sismo de Servicio .....	23
<b>Figura 17</b> Péndulo Inferior en Movimiento Debido al Sismo de Diseño.....	23
<b>Figura 18</b> Péndulo Interior en Movimiento Debido al Sismo Máximo Considerado .....	24
<b>Figura 19</b> Sección típica del Aislador “Triple Péndulo de Fricción (FPT)” .....	25
<b>Figura 20</b> Diagrama de Histéresis Hallado en Laboratorio para un.....	27
<b>Figura 21</b> Vista panorámica del CICUFA.....	30



<b>Figura 22</b> Ubicación Geográfica del CICUFA.....	31
<b>Figura 23</b> Bloques estructurales del CICUFA .....	32
<b>Figura 24</b> Vista en Planta de los Bloques Estructurales.....	33
<b>Figura 25</b> Aislador FPT Implementado en el CICUFA .....	33
<b>Figura 26</b> Geometría del Aislador FPT8833/12-12/8-6.....	34
<b>Figura 27</b> Vista en Corte y Elevación de los Bloques Estructurales 1,2 y 3.....	35
<b>Figura 28</b> Vista en Corte y Perfil de los Bloques Estructurales 6,7 y 8.....	36
<b>Figura 29</b> Colocación de Aisladores en el Bloque 1 y 2.....	36
<b>Figura 30</b> Vista en Planta de los Bloques Arquitectónicos .....	37
<b>Figura 31</b> Unión entre el Bloque 2 y 3.....	37
<b>Figura 32</b> Vista de los aisladores en el bloque 7.....	38
<b>Figura 33</b> Vista de un Aislador con su Zanja de Acceso .....	39
<b>Figura 34</b> Juntas en Gradadas de Emergencia .....	40
<b>Figura 35</b> Detalle Completo de Unión de Voladizo con Gradadas.....	40
<b>Figura 36</b> Juntas en Instalaciones Hidrosanitarias .....	41
<b>Figura 37</b> Juntas en Instalaciones Eléctricas .....	42
<b>Figura 38</b> Juntas en Paredes .....	43
<b>Figura 39</b> Juntas de Piso Nivel +0.00 .....	45
<b>Figura 40</b> Juntas de Piso Nivel +4.94 .....	48
<b>Figura 41</b> Juntas de Piso Nivel +9.88 .....	52
<b>Figura 42</b> Juntas de Piso Nivel +9.88 .....	55
<b>Figura 43</b> Juntas Sísmicas en Componentes Arquitectónicos en Estructuras con .....	62
<b>Figura 44</b> Esquema del Mecanismo de "NOVOJUNTA" .....	64

<b>Figura 45</b> Prototipo de un Sistema de Juntas SJS .....	65
<b>Figura 46</b> Junta SMS en Proceso de Instalación .....	67
<b>Figura 47</b> Sellamiento de Vacíos en la Junta por Medio de la Inyección de Silicona .....	68
<b>Figura 48</b> Verificación de que los Sustratos queden Planos .....	69
<b>Figura 49</b> Tramos Auxiliares Encargados de Nivelar la Junta.....	69
<b>Figura 50</b> Prototipo de Sistema SJS-FP .....	71
<b>Figura 51</b> Configuración del Sistema SJS FP Piso-Piso .....	72
<b>Figura 52</b> Configuración del Sistema SJS Piso-Pared .....	72
<b>Figura 53</b> Continuidad de Sello en Transiciones de Diversos Tipos .....	73
<b>Figura 54</b> Transición entre el Plano Vertical con el Horizontal.....	73
<b>Figura 55</b> Prototipo de sistema SJS-FP-FR2.....	74
<b>Figura 56</b> Detalle Constructivo de una Junta SJS-FP-FR2 .....	76
<b>Figura 57</b> Piso Sísmico Wabo .....	76
<b>Figura 58</b> Esquema del Modelo "FXB" .....	77
<b>Figura 59</b> Esquema de Modelo "FJX" .....	78
<b>Figura 60</b> Esquema de Modelo "FJG" .....	79
<b>Figura 61</b> Esquema del Modelo "FNB" .....	80
<b>Figura 62</b> Esquema del Modelo "FXE" .....	81
<b>Figura 63</b> Esquema del Modelo "FJC" .....	82
<b>Figura 64</b> El Puente Los Caras.....	85
<b>Figura 65</b> Aisladores Sísmicos de Base Triple Péndulo de Fricción .....	85
<b>Figura 66</b> Segmento Central Aislado y Segmento no Aislado.....	86
<b>Figura 67</b> Segmentos Sísmicamente Aislados y no Aislados. ....	87

<b>Figura 68</b> Curva de Histéresis Corte Desplazamiento del Aislador.....	88
<b>Figura 69</b> Desplazamientos Esperados en Todas las Direcciones Durante un Sismo.....	88
<b>Figura 70</b> Abertura Estructural Libre del Sello JSGD (50 cm para la Intensidad MC).....	89
<b>Figura 71</b> Junta Sísmica de Gran Desplazamiento Colocado en el Puente Los Caras.....	89
<b>Figura 72</b> Detalle del Sello JSGD (año 2010).....	90
<b>Figura 73</b> Desplazamiento Requerido y Probado de la JSGD .....	91
<b>Figura 74</b> Prueba de Desplazamiento de JSGD .....	92
<b>Figura 75</b> Detalle del sello JSGD después del Terremoto del 16 de abril del 2016 .....	92
<b>Figura 76</b> Segunda Versión de la JSGD.....	93
<b>Figura 77</b> Nueva Versión de la JSGD colocado en el Puente Los Caras.....	93
<b>Figura 78 a)</b> <i>Desplazamiento Longitudinal, Vertical en la Nueva Versión del Sello JSGD, b)</i> <i>Desplazamiento Transversal en la Nueva Versión del Sello JSGD</i> .....	94
<b>Figura 79</b> Curva de Histéresis Corte Desplazamiento de Aislador FPT8833/12-12/8-6.....	99
<b>Figura 80</b> Desplazamientos Esperados en Todas las Direcciones Durante un Sismo.....	100
<b>Figura 81</b> Esquema de la JSP .....	105
<b>Figura 82</b> Esquema de la Placa de Cubierta de Aluminio.....	106
<b>Figura 83</b> Tornillo de Cabeza Plana CSK 1/4" x1 1/4" .....	107
<b>Figura 84</b> Esquema de la Barra de Centrado Sísmico.....	108
<b>Figura 85</b> Miembro Base de Aluminio.....	108
<b>Figura 86</b> Montaje de la JSP .....	110
<b>Figura 87</b> Vista Frontal de la JSP para el CICUFA .....	111
<b>Figura 88</b> Isometría de la JSP Propuesta para el CICUFA .....	111
<b>Figura 89</b> Desplazamiento Requerido y Probado de la JSP.....	112

<b>Figura 90</b> Prueba de Desplazamiento de JSP .....	113
<b>Figura 91</b> Desplazamiento Vertical de la Juntas Sísmica de Piso.....	113
<b>Figura 92</b> Desplazamiento Requerido y Probado de la JSP .....	114
<b>Figura 93</b> Prueba de Desplazamiento de JSP .....	115
<b>Figura 94</b> Desplazamiento Vertical de la JSP .....	115
<b>Figura 95</b> Vista Frontal de la JSPP Propuesta para el CICUFA .....	116
<b>Figura 96</b> Isometría de la JSPP Propuesta para el CICUFA .....	116
<b>Figura 97</b> Desplazamiento Requerido y Probado de la JSPP.....	117
<b>Figura 98</b> Prueba de Desplazamiento de JSPP.....	118
<b>Figura 99</b> Desplazamiento Vertical de la JSPP .....	118
<b>Figura 100</b> Desplazamiento Requerido y Probado de la JSP.....	119
<b>Figura 101</b> Prueba de Desplazamiento de JSPP.....	120
<b>Figura 102</b> Desplazamiento Vertical de la JSPP .....	120
<b>Figura 103</b> Proforma .....	122

## **RESUMEN**

La propuesta planteada en esta investigación consiste en el diseño de juntas sísmicas de piso para el Centro de Investigaciones Científicas y de Postgrados de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE (CICUFA) con el objetivo de satisfacer las necesidades existentes. El CICUFA es una edificación compuesta por bloques estructurales con sistema de aislamiento de base y otros con disipadores de energía que no están aislados. Para evitar que los bloques estructurales choquen por acciones de un sismo, se los ha separado, requiriendo juntas en diferentes componentes de la estructura como: pisos, paredes, cubiertas, instalaciones eléctricas y sanitarias. Esta investigación está orientada a dar una alternativa de solución para pisos, que permitan conectar los diferentes bloques, manteniendo la continuidad de la superficie y garantizando la funcionalidad continua de la edificación. Para cumplir este propósito se identificó el estado actual de las juntas, determinando que cada junta tiene diferente geometría y condición. La propuesta de diseño de una junta sísmica de piso contempla una capacidad de desplazamiento máxima similar a la de los aisladores, permite asumir movimientos en sentido: longitudinal, transversal y vertical. El diseño de una junta sísmica de piso se lo realiza considerando los dos requerimientos que son: piso-piso y piso pared, mediante un modelamiento mecánico que permitió identificar la funcionalidad y capacidad de las mismas. Teniendo como resultado de este trabajo de investigación una propuesta de diseño de juntas sísmicas de piso para satisfacer las necesidades existentes en el CICUFA.

### **PALABRAS CLAVES**

- **AISLAMIENTO SÍSMICO**
- **JUNTAS SÍSMICAS**
- **MODELO NUMÉRICO**

## **ABSTRACT**

The proposal proposed (recommended) in the research consists of the design of seismic floor joints for the Center for Scientific and Postgraduate Research of the University of the Armed Forces - ESPE (CICUFA) with the objective of satisfying the existing needs. The CICUFA is a building composed of structural blocks with a base isolation system and others with energy dissipaters that are not isolated. To avoid that the structural blocks collide due to actions of an earthquake, they have been separated, causing joints in different components of the structure such as floors, walls, roofs, electrical and sanitary installations. This research is aimed at providing an alternative solution for floors, which allow the different blocks to be connected, maintaining the continuity of the surface and guaranteeing the continuous functionality of the building. To fulfill this purpose, the current state of the boards was identified, determining that each board has a different geometry and condition. The design proposal for a seismic floor joint contemplates a maximum related displacement capacity similar to that of the bearings, allowing movements in the direction: longitudinal, transverse and vertical. The design of a seismic floor joint is carried out considering the two determined conditions that are: floor-floor and floor wall, through a mechanical modeling that allowed identifying the functionality and capacity of the same. Having as a result of this research work, a proposal for the design of seismic floor joints to satisfy the existing needs in the CICUFA.

## **KEYWORDS**

- **ISOLATOR**
- **SEISMIC JOINTS**
- **NUMERICAL MODEL**

## **CAPÍTULO I**

### **I. GENERALIDADES**

#### **1.1. Introducción**

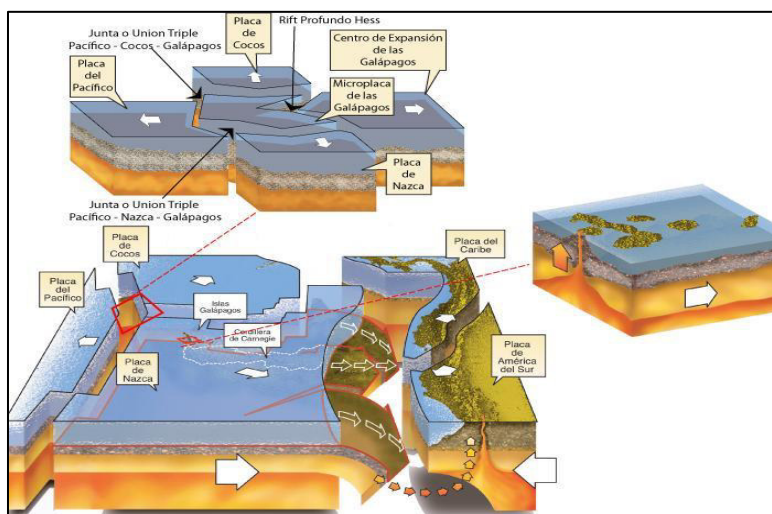
En este capítulo se darán a conocer los motivos que han impulsado a escoger este tema como trabajo de investigación. Se presentarán los principales antecedentes de sistemas de protección sísmica en estructuras. En nuestro país la demanda de sistemas de protección sísmica en la construcción de edificaciones tuvo un incremento después del terremoto del 2016, con la finalidad de reducir el daño que producen los sismos. Se planteará formalmente el problema de acuerdo con las directrices presentadas anteriormente, luego se expondrá la justificación e importancia que tiene la investigación. Una vez cumplido este paso se plantearán los objetivos de la investigación, tanto general como los específicos.

#### **1.2. Antecedentes**

Los sismos de mayor trascendencia son originados especialmente por el desplazamiento relativo y repentino entre dos zonas de la corteza terrestre y en aquellos sitios donde se encuentran fallas de importancia o bien desplazamientos entre placas tectónicas.

Nuestro país se localiza al noroccidente de Sudamérica, dentro de un sistema activo de la tierra, denominado El Cinturón o Anillo de Fuego del Océano Pacífico. La actividad sísmica del país se

caracteriza por centralizar una de las zonas de subducción más importantes del mundo (Placa Oceánica de Nazca), y un complejo sistema de fallas activas locales (Figura 1), lo que causa una frecuente actividad sísmica y volcánica.



**Figura 1** Entorno Geodinámico del Ecuador

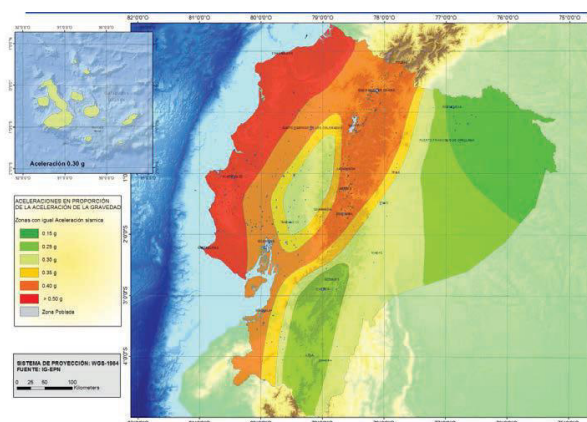
Fuente: (Toulkeridis, 2013)

Es evidente que el Ecuador está ubicado en una zona de alto riesgo. Esto ha influenciado en el aumento de estudios de peligrosidad sísmica para el diseño de estructuras. (Parra, 2016)

*“En la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-11, 2011) se publica el mapa de zonas sísmicas (Figura 2), que es el resultado del estudio más reciente de peligrosidad sísmica realizado en el país. Realizado con un enfoque probabilista para un 10% de probabilidad de excedencia en 50 años o período de retorno de 475 años. Este mapa presenta valores esperados de aceleración pico (PGA) en roca y distingue, en base a esos valores, 6 zonas sísmicas en las que la PGA abarca*



un rango desde 0.15 g (en el nor-oriente del país), hasta valores superiores a 0.50 g (en el litoral ecuatoriano), siendo éste su valor de saturación”. (Beauval C, et al., 2014)



**Figura 2** Ecuador, Zonas Sísmicas y Valor del Factor de Zona z

Fuente: (NEC-SE-DS, 2015)

El Riesgo Sísmico es la probabilidad de que las consecuencias sociales o económicas causadas por un terremoto igualen o superen los límites considerados para una localización dada, depende de tres factores importantes que son: Peligrosidad, Vulnerabilidad, y Pérdidas Sísmicas.

La peligrosidad sísmica proviene de la localización geográfica, mientras que la vulnerabilidad sísmica y las pérdidas son el resultado de la sociedad, la economía, y las patologías constructivas.

Por este motivo el objetivo principal es realizar un eficiente estudio del riesgo sísmico, para reducir los efectos que causan los sismos.

En los últimos años se ha investigado y desarrollado nuevos sistemas de protección sísmica. Los sistemas denominados de aislamiento de base constituyen una técnica aceptada a escala mundial gracias a su ingeniosa eficacia.

En nuestro país se han utilizado sistemas de aislamiento de base en la construcción de algunas estructuras, se puede citar: el Puente Bahía - San Vicente, los puentes sobre el estuario del río Esmeraldas, el puente sobre el río Chiche y San Pedro.

En el puente Bahía - San Vicente la superestructura se apoya en un sistema de aislamiento sísmico, constituido por 152 aisladores friccionales de triple péndulo fabricado por la empresa Earthquake Protection Systems EPS. Este sistema permitió que el puente tenga un desempeño satisfactorio ante el sismo de magnitud 7.8 ocurrido el 16 de abril del 2016, garantizando la funcionalidad continua de esta vital obra. Cumpliendo el objetivo de mantener comunicadas las dos poblaciones para trasladar la ayuda tanto local como provincial de manera inmediata.

En la actualidad la Universidad de las Fuerzas Armadas (ESPE) está construyendo el nuevo Centro de Investigaciones Científicas y de Posgrados, el mismo que en su configuración estructural cuenta con sistemas de protección sísmica, denominados como aislamiento de base Friccional Pendulum System (FPS).

### **1.3. Planteamiento del Problema de Investigación**

El CICUFA es una estructura que tiene sistemas de protección sísmica conformada por aislamiento sísmico de base FPS y sistemas de disipación de energía. La implementación de estos sistemas tiene como finalidad mejorar el desempeño sísmico de la estructura, para reducir los daños que se puedan producir en sus componentes y elementos no estructurales. Sin embargo la utilización de estos sistemas en una misma estructura ocasiona que existan bloques aislados y no aislados, lo que implica considerar juntas especiales en componentes arquitectónicos, eléctricos, hidrosanitarios y mecánicos. Ya que estos componentes atraviesan de manera vertical y horizontal los diferentes bloques. Las gradas y ascensores, de igual manera, deben ser diseñados, atendiendo esta particularidad.

La estructura aislada se separó de la no aislada para permitir el libre desplazamiento de la misma, generando juntas o aberturas en el piso, las mismas que tienen características diferentes a las tradicionales de dilatación, y que deben ser diseñadas para asumir los movimientos producidos por un sismo, dando continuidad de la superficie.

## **1.4. Justificación e Importancia**

Las juntas de piso que se tienen que diseñar para el CICUFA deben tener una abertura que este en función del desplazamiento que va a tener los bloques aislados, y el desplazamiento de estos están en función del desplazamiento máximo permitido por los aisladores de base FPS ante una máxima intensidad de diseño.

Las juntas sísmicas de piso que se requieren deben estar en la capacidad de asumir los desplazamientos producidos por un sismo en sentido longitudinal, transversal y vertical, diferentes a las juntas de dilatación convencionales, ya que estas solo permiten asumir desplazamientos en una dirección. Esto es importante para garantizar la funcionalidad continua del edificio y dar continuidad a la superficie, con la finalidad de precautelar la seguridad de los ocupantes del CICUFA.

## **1.5. Objetivos**

### **1.5.1. Objetivo General**

Proponer una alternativa de diseño de juntas sísmicas de piso para satisfacer las necesidades existentes en el CICUFA.

### **1.5.2. Objetivos Específicos**

- Identificar los requisitos para el diseño de juntas sísmicas de piso.
- Realizar el diseño de juntas sísmicas de piso.
- Presentar la propuesta de diseño de juntas sísmicas de piso.

## **CAPÍTULO II**

### **II. SISTEMAS DE PROTECCIÓN SÍSMICA**

#### **2.1. Introducción**

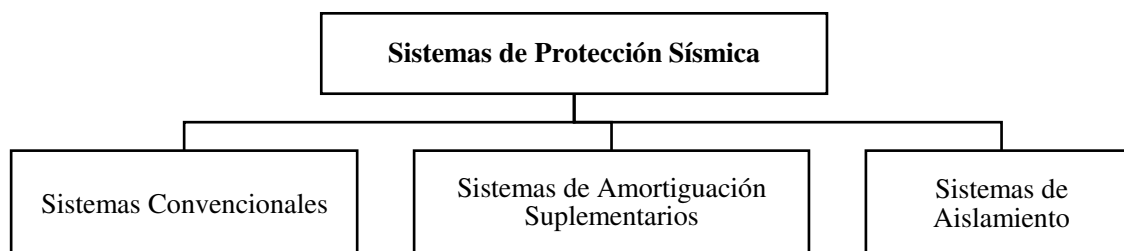
La implementación de sistemas de protección sísmica, es de mucha importancia en el mundo, y es muy común en países de alto peligro sísmico para infraestructuras importantes como hospitales, edificios históricos y puentes. La efectividad de estos sistemas se ha demostrado en eventos sísmicos que han ocurrido en Nueva Zelanda, Estados Unidos, Japón, Italia, Chile y Ecuador.

En este capítulo se presentará una visión general de los sistemas de protección sísmica que se vienen utilizando en los últimos años para mitigar los daños producidos por acciones sísmicas, en mayor detalle el sistema de aislamiento sísmico de base FPS, relacionada con la presente investigación.

#### **2.2. Sistemas de Protección Sísmica**

El objetivo fundamental que tienen los sistemas de protección sísmica es asegurar la funcionalidad continua de la estructura, con el propósito de velar por la seguridad y bienestar de los ocupantes de la misma. Estos sistemas permiten un comportamiento óptimo de la estructura durante un sismo. (Mendez, 2012).

Los sistemas de protección se pueden clasificar en diferentes categorías como se muestra en la figura 3.



**Figura 3** Sistemas de Protección Sísmica

Fuente: (Chistoupulos & Filiatrault, 2006)

Cada grupo de esta clasificación incorpora enfoques diferentes para atenuar los efectos de los sismos en las estructuras.

### **2.2.1. Sistemas Convencionales**

Los sistemas convencionales se basan en la filosofía de disipación de energía, empleando mecanismos de disipación de energía inelástico. Estos mecanismos se pueden lograr a través de la articulación a flexión de vigas, columnas y paredes, a través de pandeo por compresión, deformación axial de los elementos de la armadura y corte transversal de los elementos de acero. Si se aplican los principios de diseño de capacidad adecuados, estos mecanismos pueden conducir a un buen rendimiento sísmico.

### **2.2.2. Sistemas de Amortiguamiento Suplementario**

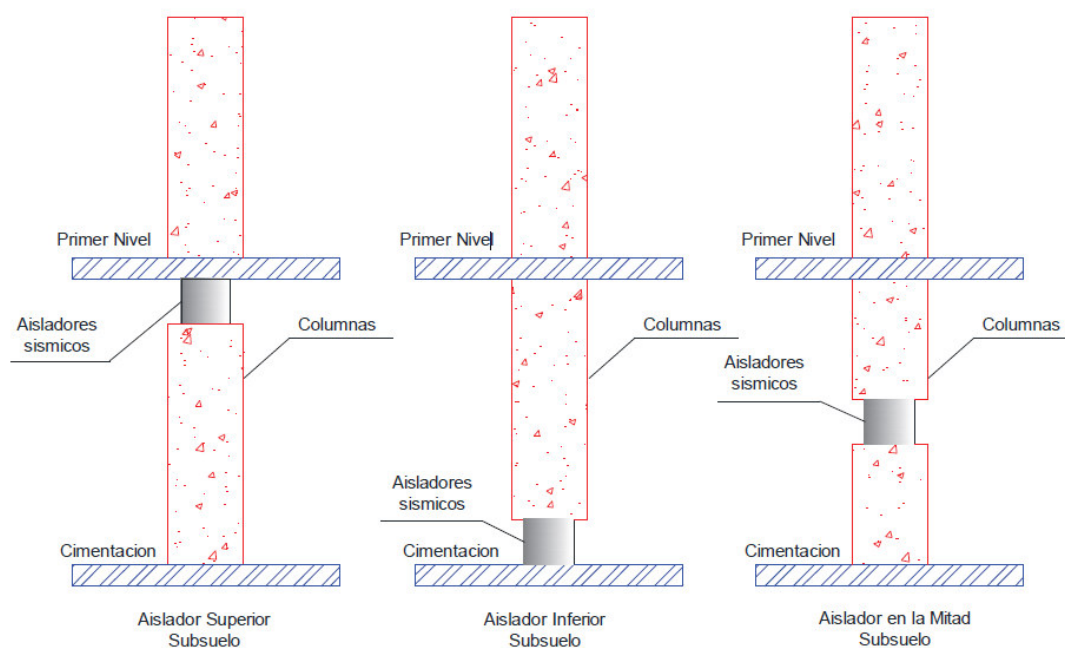
Los sistemas de amortiguamiento suplementario son medidas de control que agregan amortiguamiento suplementario al sistema. Existen tres tipos de dispositivos que son pasivos, activos y semiactivos. Los dispositivos pasivos no necesitan ningún tipo de energía externa, y su particularidad es que no es controlable. Los dispositivos activos necesitan grandes cantidades de energía externa para operar, y su particularidad es que puede ser controlado. Los dispositivos semiactivos necesitan pocas cantidades de energía externa, combinan los aspectos positivos de los sistemas pasivos y activos, pudiendo ser controlados dentro de ciertos límites.

### **2.2.3. Sistemas de Aislamiento Sísmico**

De acuerdo a (FEMA-450, 2003), el objetivo de construir estructuras con aisladores sísmicos es mejorar su desempeño para resistir sismos pequeños y moderados sin daño en elementos estructurales, componentes no estructurales, y contenidos del edificio. En el caso de sismos severos resistir sin que exista falla o colapso en el sistema de aislación, que no se produzcan daños significativos en los elementos estructurales, ni daños masivos a elementos no estructurales.

Un sistema de aislamiento sísmico se coloca típicamente entre la base y los puntos de apoyo de los edificios, denominado aislamiento de base, y entre la subestructura y la superestructura para puentes, y está diseñado, con la finalidad de crear una interface de una rigidez lateral mucho más baja que la rigidez lateral de la superestructura, de modo que el período fundamental de la estructura aislada se alarga sustancialmente. En la actualidad los sistemas más empleados para reducir los

efectos de un sismo es el aislamiento de base y aislamiento sísmico. El aislamiento sísmico se denomina a la utilización de un aislador en cualquier posición de la edificación (Figura 4).



**Figura 4** Esquema de Aislación en Edificios

Fuente: (Trevor, 2001)

En la actualidad se han desarrollado muchos tipos de aisladores sísmicos, unos han quedado solo en conceptos, otros en una infinidad de proyectos donde han sido utilizados y puestos a pruebas ante eventos sísmicos de considerable magnitud presentando un buen desempeño sísmico.

Varias edificaciones han sido diseñadas y modernizadas empleando una técnica adecuada para la protección sísmica. Los dispositivos de aislamiento sísmico más común, son los sistemas elastómeros y los sistemas friccionales, los mismos que se detallan a continuación:



1. Aislador Elastomérico.
  - a. Aislador Elastomérico de Bajo Amortiguamiento (LDR).
  - b. Aislador Elastomérico de Alto Amortiguamiento (HDR).
2. Aislador Elastomérico con Núcleo de Plomo (LRB).
3. Péndulo Friccional.
  - a. Aislador de Péndulo de Fricción con Simple Curvatura (FPS)
  - b. Aislador de Péndulo de Fricción con Doble Curvatura (FP-DC)
  - c. Aislador de Péndulo de Fricción con Triple Curvatura (FP-TC)

#### **2.2.3.1 Sistema de Aislamiento Elastoméricos**

Un aislador elastomérico es un sistema compuesto de capas alternadas de goma y de acero unidas entre sí, mediante un proceso de vulcanizado a temperaturas alrededor de 140 °C por un lapso de tiempo entre 4 y 8 horas y así formar un solo elemento, flexible en la dirección horizontal, y muy rígido en la dirección vertical

Las láminas de goma que van alternadas tienen una gran flexibilidad y tienen la capacidad de deformarse en el plano horizontal que permite a la estructura desplazarse lateralmente bajo el movimiento producido por algún evento sísmico, mientras que las láminas de acero evitan el abultamiento del elastómero y le proporcionan una gran rigidez vertical ante cargas de servicio. También se colocan en la parte superior e inferior dos placas de acero con sus respectivos pernos de anclaje los mismos que conectan la subestructura con la superestructura.

La mayoría de los aisladores elastoméricos se diseñan de geometría cilíndrica ya que con esto las propiedades del aislador no se ven afectadas por la dirección de la carga horizontal aplicada, repartiéndose los esfuerzos uniformemente. Los aisladores tienen una vida útil mínimo de 50 años.

Características generales de los aisladores elastoméricos:

- Capacidad de carga y tamaño de los aisladores: En la mayoría de aisladores a medida que aumenta la carga vertical requiere aumento de sección horizontal. O lo que se denomina factor de forma(S) que debe tener un valor mayor a 10.
- Absorción: Los desplazamientos originados por los sismos pueden ser controlado primordialmente aumentando amortiguación a la goma de los aisladores.
- Durabilidad bajo cargas cíclicas: Los aisladores de goma se mantiene más o menos estables durante los ciclos de carga, en ensayos que se aplican desplazamientos cíclicos, la goma del aislador muestra que el factor de fricción se mantiene estable.

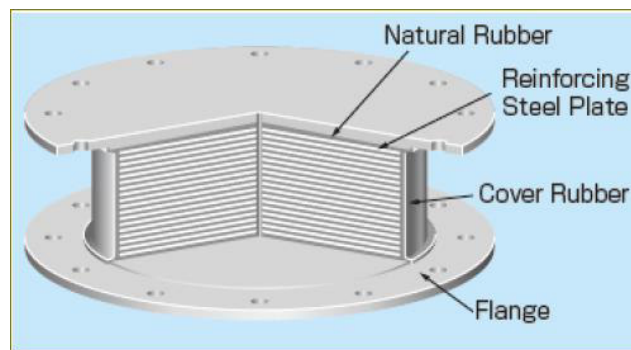
Dentro de la familia de los aisladores elastoméricos existen dos tipos que son los más usados en el mercado internacional:

- Aisladores elastoméricos de bajo amortiguamiento (LDR Low Damping Rubber)
- Aisladores elastoméricos de alto amortiguamiento (HDR High Damping Rubber).

#### **2.2.3.1.1 Apoyo Elastomérico de Bajo Amortiguamiento (LDR)**

Estos aisladores utilizan un elastómero natural de bajo amortiguamiento, su elasticidad horizontal le permite volver a las estructuras a su posición original, su rigidez lateral es controlada por el bajo módulo de corte del caucho.

Estos aisladores tienen una rigidez horizontal muy baja, y al presentarse una fuerte vibración del sismo los dispositivos comienzan a funcionar y se crea un tipo de filtro donde las vibraciones se reducen y se convierten en un movimiento de baja velocidad incrementando el periodo de la estructura, en la figura 5, se observa la geometría y sección de un aislador LDR.



**Figura 5** Aislador de Bajo Amortiguamiento (LRD)

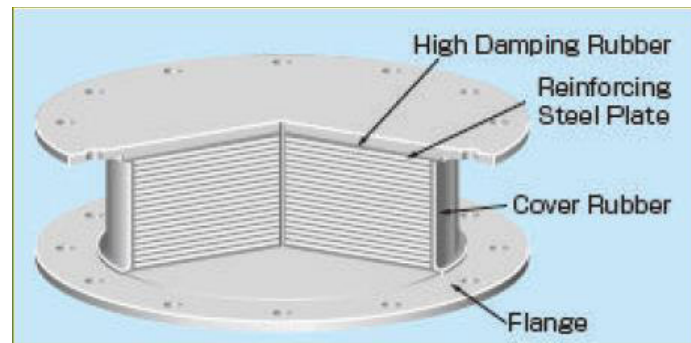
Fuente: Catalogo Bridgestone Producto de Aislamiento Sísmico

### **2.2.3.1.2 Apoyo Elastomérico de Alto Amortiguamiento (HDR)**

Estos aisladores utilizan un elastómero de alto amortiguamiento, que está compuesto por aditivos como el carbón, resinas, polímeros y otros químicos que le dan a la goma mejores propiedades ante altas deformaciones laterales.

Aunque la mayoría de la amortiguación proporcionada por los aisladores de HDR es de naturaleza histerética hay un componente viscoso que es dependiente de la frecuencia. Este amortiguamiento viscoso es difícil de cuantificar por eso solo se cuantifica niveles de desplazamiento moderados y cuando se superan estos valores se extrapola para los desplazamientos superiores. Por esta razón la amortiguación proporcionada por la histéresis de la goma se puede utilizar en el diseño adoptando

el concepto de amortiguamiento viscoso equivalente igual que el LDR. En la figura 6, se puede observar el modelo de un aislador HRD.



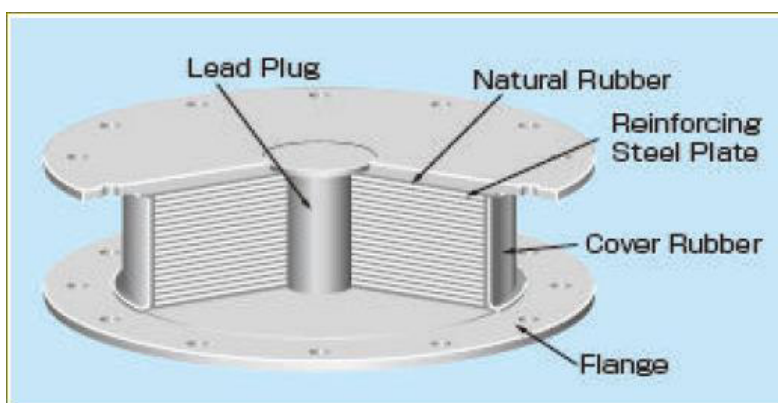
**Figura 6** Aislador de Alto Amortiguamiento (HDR)

Fuente: Catalogo Bridgestone Producto de Aislamiento Sísmico

### 2.2.3.2 Aislador Elastomérico con Núcleo de Plomo (LRB)

Es un tipo de aislador elastomérico que contienen capas delgadas de caucho natural de baja amortiguación intercaladas con placas de acero que tienen un orificio en el centro que es rellenado con un núcleo de plomo como se observa en la figura 7.

Esta unión entre las placas de acero, la goma elastomérica y el núcleo de plomo se la realiza mediante un proceso de alta presión llamado vulcanización. El núcleo de plomo ayuda a incrementar la disipación de energía, y al estar sometido a algún evento sísmico el aislador se deforma lateralmente y el núcleo de plomo fluye incurriendo en deformaciones plásticas y disipando la energía en forma de calor, también el núcleo de plomo proporciona rigidez ante cargas verticales. (Auqui, 2010)



**Figura 7** Aislador Elastomérico con Núcleo de Plomo (LRB)

Fuente: Catalogo Bridgestone Producto de Aislamiento Sísmico

### 2.2.3.3 Sistema de Aislamiento Péndulo Friccional

Este es otro tipo de dispositivo contrario a los elastoméricos, y se basan principalmente en la acción de deslizamiento que es la base para lograr una buena disipación de energía. El deslizamiento es controlado por medio de la fricción y se logra amortiguar la energía horizontal provocada por algún evento sísmico.

Estos tipos de dispositivos tienen una articulación que se desliza y se apoya en una superficie esférica y cóncava de acero inoxidable, revestida de Politetra Fluoro Etileno sobre la que se soporta la estructura.

Este aislador es un dispositivo de tipo deslizante y trabaja de acuerdo al principio del péndulo permitiendo de esta forma los desplazamientos del conjunto estructural en sentido horizontal en donde sus fuerzas se reducen en un alto porcentaje consiguiendo así el aumento en su período natural de oscilación desvinculándose totalmente del movimiento de la tierra durante un sismo. Una vez que haya cesado el movimiento sísmico, el aislador retorna a su estado inicial por acciones

gravitacionales en base a su geometría. El comportamiento mecánico de estos aisladores está ligado a dos parámetros fundamentales: su radio de curvatura y su coeficiente de fricción.

Entre los sistemas de péndulo de fricción tenemos:

- Aislador de Péndulo de Fricción con Simple Curvatura
- Aislador de Péndulo de Fricción con Doble Curvatura
- Aislador de Péndulo de Fricción con Triple Curvatura

#### **2.2.3.3.1 Aislador de Péndulo de Fricción con Simple Curvatura**

El aislador de péndulo de fricción de simple curvatura consta de un control deslizante articulado que descansa sobre una superficie esférica cóncava. El deslizador está recubierto con un tejido de teflón revestido por un material compuesto que tiene un coeficiente de fricción aproximadamente entre el 5% al 10%, y la superficie esférica está cubierta por acero inoxidable pulido, como se puede observar en la figura 8, fabricado y patentado por EPS.



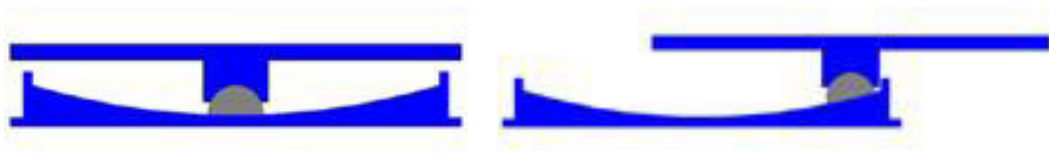
**Figura 8** Aislador de Péndulo de Fricción con Simple Curvatura

Fuente: (Earthquake Protección Systems, 2017)

Este tipo de aislador toma su nombre de péndulo de fricción por que trabaja como un péndulo simple, su funcionamiento es muy sencillo, cuando ocurre un sismo el deslizador articulado se mueve a lo largo de la superficie cóncava causando que la estructura se mueva con un movimiento armónico simple, lo importante de este dispositivo es que al tener una forma cóncava tiende a volver a su origen debido a la fuerza de gravedad que es la fuerza restauradora del sistema.

Las cargas laterales como el viento y sismos pequeños deben ser menor a las fuerzas de fricción del dispositivo, para que la estructura no tenga desplazamientos innecesarios. Para que el sistema de péndulo de fricción sea activado es necesario que las fuerzas externas sobrepasen las fuerzas de fricción estática.

En la figura 9 se muestra el esquema de un aislador de péndulo de fricción con simple curvatura, conformado por un único péndulo.



**Figura 9** Esquema de Péndulo de Fricción con Simple Curvatura

Fuente: (Earthquake Protección Systems, 2017)

Las características generales del aislador de péndulo de fricción con simple curvatura son las siguientes:

- Los rangos de amortiguamiento se encuentran entre 10% hasta 40% dependiendo del coeficiente de fricción.

- En los aisladores de péndulo de fricción con simple curvatura el período de la estructura es independiente de la masa de la estructura soportada, lo cual es una gran ventaja sobre los aisladores de tipo elastomérico, ya que menos factores son involucrados en la selección del aislador.
- Se puede variar el periodo de asilamiento simplemente cambiando el radio de la superficie cóncava.
- Proporciona desplazamientos y periodos largos ante la presencia de sismos de pulsos largos.
- Sus propiedades mecánicas no son afectadas por el envejecimiento o la temperatura.
- Tiene gran capacidad de carga axial, gran capacidad de desplazamiento y no tienen problemas de estabilidad.

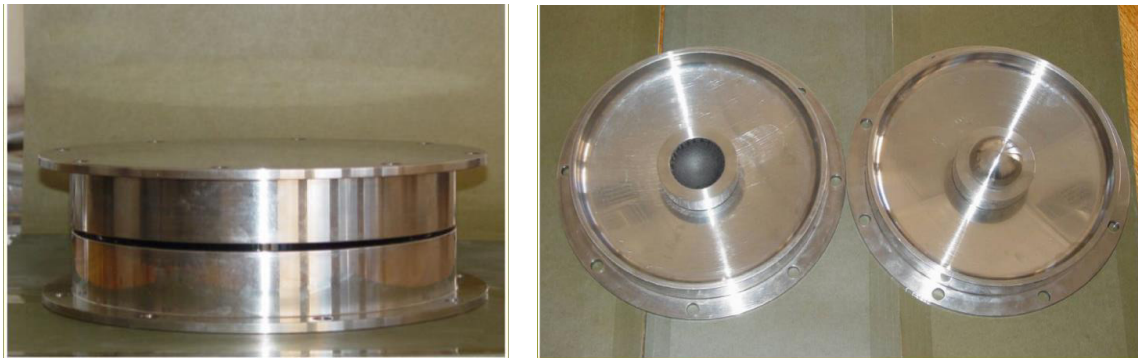
Las ventajas del aislador de péndulo de fricción de simple curvatura son las siguientes:

- Muy fácil de instalar, se reducen costos de instalación, mantenimiento muy fácil con una simple visualización se detecta cualquier anomalía.
- Utilizados y probados en una gran gama de edificios, puentes torres, silos, etc.
- Altura mucho más baja que otros dispositivos de aislación.

#### **2.2.3.3.2 Aislador de Péndulo de Fricción de Doble Curvatura**

Este tipo de aislador es un avance tecnológico de los sistemas de péndulo de fricción, también llamados de segunda generación; consiste en dos superficies paralelas cóncavas de radio superior  $R_1$  y radio inferior  $R_2$ , estos radios no necesariamente deben ser iguales, de igual manera sucede con los coeficientes de fricción de cada superficie (Figura 10) (Constantinou M. , 2004).



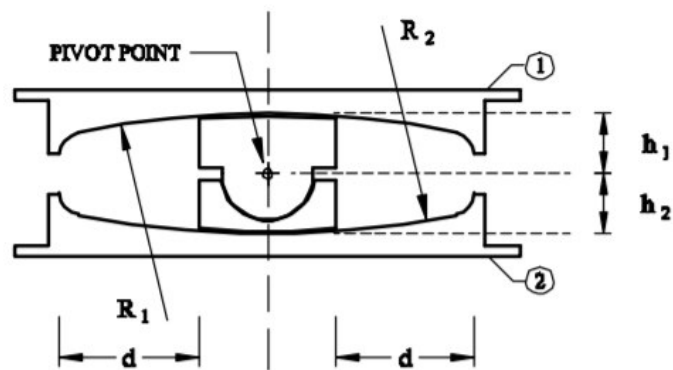


**Figura 10** Aislador de Péndulo de Fricción de Doble Curvatura

Fuente: (Constantinou M. , 2004)

Este tipo de aisladores poseen un dispositivo deslizante articulado que separa las dos superficies antes mencionadas ayudando a la distribución de presión, acoplado mejor los movimientos diferenciales de las superficies de deslizamiento, como se muestra en la figura 11.

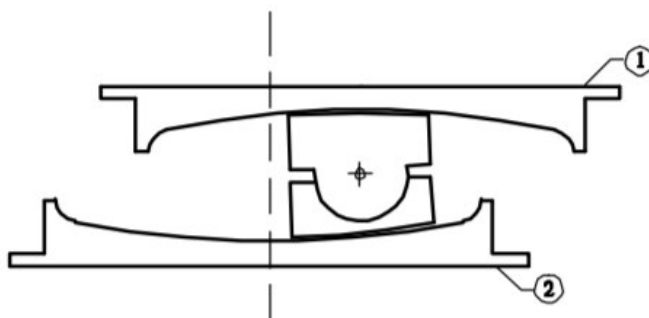
El sistema de péndulo de fricción de doble curvatura para ser activado y obtener su máximo desplazamiento, pasa por diferentes etapas, la primera etapa sería que al estar sometido a una fuerza lateral mucho menor a la fuerza de fricción de las dos superficies cóncavas la edificación se comportaría como un edificio convencional. (Constantinou M. , 2004),



**Figura 11** Esquema de un Aislador de Péndulo de Fricción de Doble Curvatura

Fuente: (Constantinou M. , 2004)

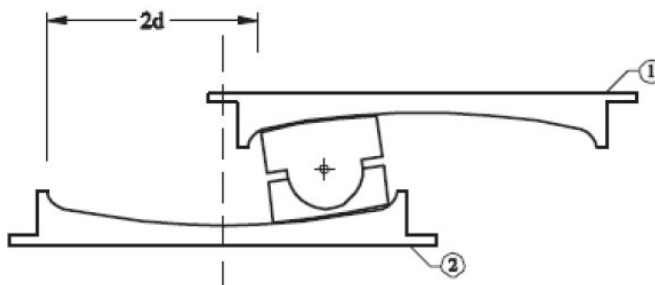
Si aumenta la fuerza lateral y ésta supera la fuerza de fricción del dispositivo; es decir que el coeficiente de fricción de la superficie inferior  $S_2$  es menor al coeficiente de fricción de la superficie superior  $S_1$  o viceversa se producirá un movimiento inicial y generará pequeños desplazamientos horizontales como se observa en la figura 12.



**Figura 12** La Fuerza Lateral es Mayor que la Fuerza de Fricción del Aislador, Produciéndose un Leve Desplazamiento

Fuente: (Constantinou M. , 2004)

Al seguir incrementando las fuerzas laterales puede llegar a tener un desplazamiento máximo, este desplazamiento puede llegar a dos veces el diámetro de la superficie  $S_1$ , como se muestra en la figura 13, como todo sistema de péndulo de fricción la gravedad es la fuerza restauradora del sistema.



**Figura 13** Desplazamiento Máximo del Aislador de Fricción con Doble Curvatura

Fuente: (Constantinou M. , 2004)

Las características generales del aislador de péndulo de fricción con doble curvatura son las siguientes:

- Tiene la capacidad de suspender progresivamente diferentes propiedades histerética en distintas etapas de la respuesta del desplazamiento.
- Las características dinámicas se deben a la acción de los dos péndulos de fricción que son mecanismos independientes de la función de entrada sísmica.
- Su rigidez y amortiguación varían en proporción a las amplitudes del desplazamiento y esto le permite optimizar el rendimiento para los diferentes niveles de entrada de la fuerza sísmica.
- El momento  $P-\Delta$  en un aislador de simple curvatura se transfiere directamente a su única superficie cóncava, mientras que en los aisladores de doble curvatura el momento  $P-\Delta$  se divide entre las dos superficies cóncavas.

Las ventajas del aislador de péndulo de fricción con doble curvatura son las siguientes:

- La deformación lateral se divide entre la superficie superior y la superficie inferior cóncava y por lo tanto el diámetro requerido para los platos es mucho menor que para el sistema de péndulo de fricción con simple curvatura.
- Los momentos internos producidos por los desplazamientos laterales son distribuidos equitativamente en las superficies superior e inferior y por lo tanto las placas están menos esforzadas que el sistema de péndulo de fricción de simple curvatura.
- Los radios y los coeficientes de fricción del péndulo no necesariamente deben ser iguales para obtener el periodo deseado y un buen desempeño sísmico.

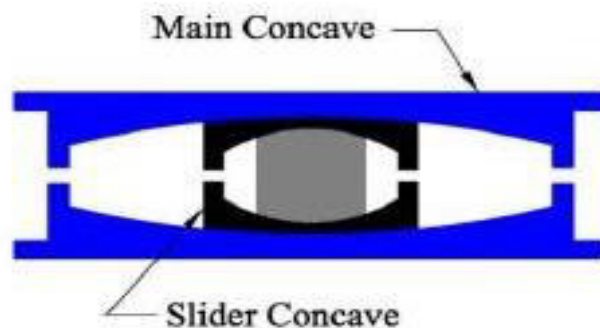
### 2.2.3.3 Aislador de Péndulo de Fricción con Triple Curvatura FPT

El aislador de péndulo de fricción de tripe curvatura o también llamado de tercera generación (Figura 14) es un avance tecnológico de sus sucesores antes mencionados. Este tipo de dispositivo está compuesto de cuatro superficies cóncavas y tres mecanismos pendulares independientes.



**Figura 14** Aislador de Péndulo de Fricción con Triple Curvatura

Fuente: (Earthquake Protección Systems, 2017)

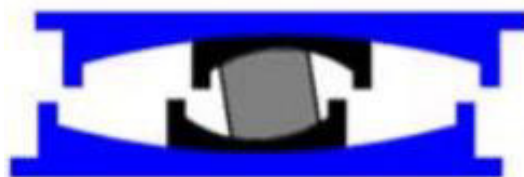


**Figura 15** Esquema de un Aislador de Triple Péndulo de Fricción

Fuente: (Earthquake Protección Systems, 2017)

De acuerdo a (Mahin, 2011) estos mecanismos se componen de un deslizador exterior que tiene las superficies cóncavas superior e inferior y está a la vez llevan otro deslizador interior e incluye un cilindro con un bajo coeficiente de fricción en ambos lados formando un primer mecanismo de péndulo, este mecanismo sirve típicamente para reducir las aceleraciones máximas que actúan

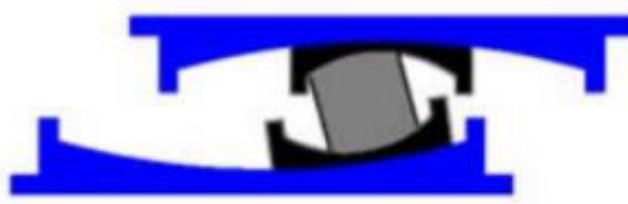
sobre la estructura aislada y sus elementos, ayudando a minimizar la participación de los modos superiores de la estructura, y reduciendo la fuerza de corte que se producen durante los sismos leves, como se muestra en la figura 16.



**Figura 16** Péndulo Interior en Movimiento Debido al Sismo de Servicio

Fuente: (Earthquake Protección Systems, 2017)

El segundo péndulo se forma con el deslizamiento exterior de la parte superior e inferior de los platos y a la vez la superficie interna que es la parte esférica del cilindro se está desplazando con respecto a la placa inferior exterior, este mecanismo de péndulo sirve para minimizar las fuerzas de corte que se producen en la estructura durante el sismo de diseño, como se muestra en la figura 17.



**Figura 17** Péndulo Inferior en Movimiento Debido al Sismo de Diseño

Fuente: (Earthquake Protección Systems, 2017)

Por otra parte la superficie de deslizamiento superior está en contacto con la superficie esférica de un radio particular de curvatura, formando el tercer mecanismo de péndulo, y ayuda especialmente

para reducir los desplazamientos de los rodamientos que se puedan producir durante el sismo máximo considerado en la figura 18, observamos un esquema de un triple péndulo de fricción.



**Figura 18** Péndulo Interior en Movimiento Debido al Sismo Máximo Considerado

Fuente: (Earthquake Protection Systems, 2017)

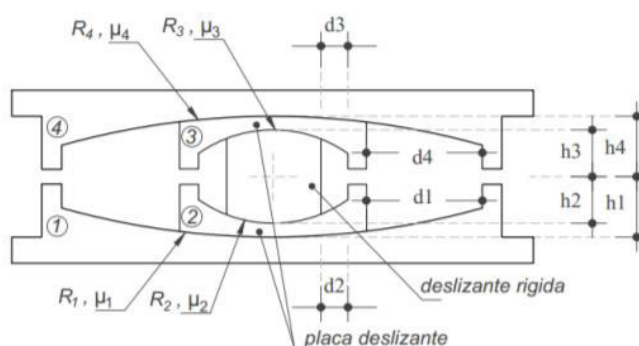
Las características generales del aislador de péndulo de fricción con tripe curvatura son las siguientes:

- A mayores desplazamientos se incrementa la longitud del péndulo aumentando el amortiguamiento lo que disminuye las fuerzas sísmicas.
- Las propiedades de cada uno de los tres péndulos son elegidas para activarse sucesivamente para diferentes esfuerzos sísmicos.

Las ventajas del aislador de péndulo de fricción con tripe curvatura son las siguientes:

- Mejora el rendimiento estructural a un costo menor.
- Tres aisladores sísmicos incorporados en un tripe péndulo.
- El triple péndulo trabaja a diferentes sollicitaciones sísmicas.

Básicamente el aislador está compuesto por 4 placas de radios  $R_i$  y coeficientes de roce  $\mu_i$ ; con alturas  $h_i$ , las mismas que están indicadas en la figura 19.



**Figura 19** Sección típica del Aislador “Triple Péndulo de Fricción (FPT)”

Fuente: (Fenz & Constantinou, 2007)

El aislador FPT tiene 12 propiedades geométricas a saber: 4 de los radios de curvatura; 4 de las alturas y 4 de los desplazamientos. Por otra parte tiene 4 propiedades mecánicas que son los coeficientes de fricción. En su configuración se presentan algunas igualdades como:  $R_1=R_4$  y  $R_2=R_3$ ,  $h_1 = h_4$ ,  $h_2 = h_3$ ; y los desplazamientos  $d_1=d_4$  y  $d_2=d_3$ . En las placas exteriores, el coeficiente de fricción es el mismo, no así el de las placas interiores.

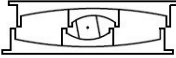
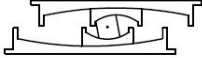

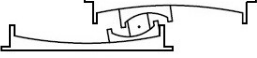

La nomenclatura utilizada por EPS para identificar los aisladores es la siguiente: **FPT** $R_1\emptyset 1/b_4 - R_2/b_2 - H$ . Donde  $R_1$ ,  $R_2$  son los radios de las placas 1 y 2;  $\emptyset 1$ , es el diámetro de las superficies cóncavas 1 y 4;  $b_4$  es el diámetro del aislador interior;  $b_2$  es el diámetro del deslizador rígido;  $H$  es la altura interior del deslizador rígido.

La caracterización de un aislador triple péndulo es función de la fuerza y desplazamiento, existiendo modelos que representan la histéresis o el comportamiento no lineal del aislador, como la denominada de cinco fases (Figura 19), en el cual se observa el desempeño de un aislador triple péndulo ante un sismo de intensidad máxima considerada.

En este método se supondrá que el sistema de aislamiento se lo puede modelar como un sistema de un grado de libertad, siendo ésta una aproximación que por lo general arroja buenos resultados.

**Tabla 1**

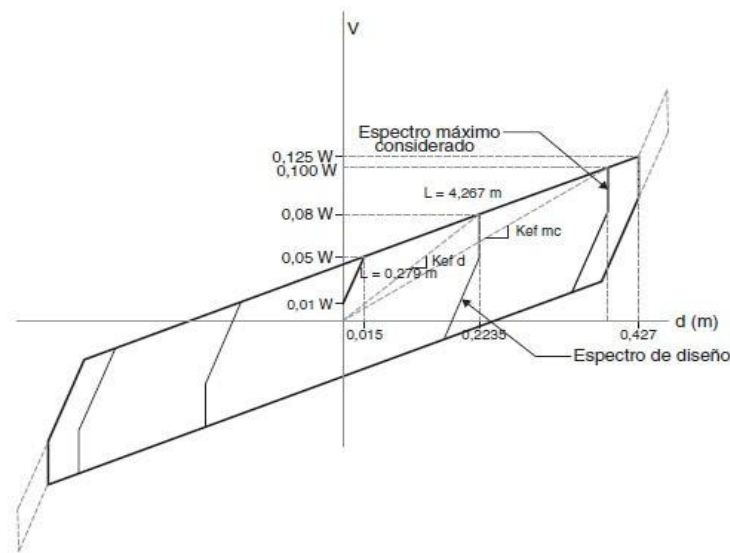
*Fases del Aislador de Acuerdo al Modelo de Fenz y Constantinou*

Fase	Descripción
 <p data-bbox="363 674 397 688">FASE I</p>	El deslizamiento se da en el aislador interior del FPS
 <p data-bbox="350 785 404 800">FASE II</p>	El aislador interior empieza a desplazarse en una de las placas exteriores del aislador FPS
 <p data-bbox="334 884 391 898">FASE III</p>	El aislador interior se desliza en las dos placas cóncavas exteriores del aislador FPS
 <p data-bbox="331 989 391 1003">FASE IV</p>	El movimiento es tan extenso que el aislador interior choca con uno de los toques (inferior) del aislador FPS
 <p data-bbox="358 1100 404 1115">FASE V</p>	El aislador interior choca con los toques inferior y superior del aislador FPS.

Fuente: (Fenz & Constantinou, 2007)

En la figura 20 se presenta el diagrama de histéresis de un aislador FPT de 75 por 75 cm., de 30 cm, de alto, que tiene una capacidad de desplazamiento de 43 cm., y para una carga vertical de 270 T.





**Figura 20** Diagrama de Histéresis Hallado en Laboratorio para un Disipador de Triple Péndulo de Fricción  
Fuente: (Aguiar R. , 2017)

### 2.3. Resumen del Capítulo

En los últimos años ha aumentado la implementación de sistemas de protección sísmica en estructuras de todo tipo, entre estas, edificaciones que no pueden parar sus actividades luego de un sismo.

A los sistemas de protección sísmica se los puede clasificar de la siguiente manera: Sistemas Convencionales, Sistemas de Amortiguamiento Suplementario y Sistema de Aislamiento Sísmico

Los sistemas convencionales se basan en la filosofía de disipación de energía, los sistemas de amortiguamiento suplementario son estrategias de control que agregan amortiguamiento adicional a la estructura, y los sistemas de aislamiento sísmico está diseñado con la finalidad de crear una

interface entre la cimentación y la superestructura mediante la introducción de elementos flexibles para reducir la rigidez del sistema, de modo que el período fundamental de la estructura aislada se alarga sustancialmente.

En la actualidad los sistemas más utilizados para reducir los efectos de un sismo es el aislamiento sísmico. Entre estos los más importantes son los aisladores elastoméricos, elastoméricos con núcleo de plomo y péndulo friccional.

Un claro ejemplo en nuestro país es la implementación de aisladores de péndulo de fricción de triple curvatura en el Puente de Bahía, que tuvo un adecuado desempeño ante el terremoto del 16 de abril del 2016.

En la construcción del CICUFA se implementaron sistemas de aislamiento de base similares a los del Puente de Bahía. En el siguiente capítulo se indica en detalle el aislamiento sísmico de base, colocado en el CICUFA.

## CAPÍTULO III

### III. SISTEMA DE AISLAMIENTO SÍSMICO DE BASE EN EL CICUFA

#### 3.1. Introducción

De acuerdo a (Miranda & Taghavi, 2003) en edificaciones como: oficinas, hoteles y hospitales, las pérdidas producidas en un sismo, corresponden en mayor porcentaje a los componentes y elementos no estructurales (Figura 22).

El CICUFA es una obra que contempla un significativo costo en elementos y componentes no estructurales como laboratorios y equipos informáticos, que constituyen el principal elemento integrante de su infraestructura (Figura 21).

Tomando esta consideración se implementó en ciertos bloques estructurales aisladores sísmicos FPT para resguardar los elementos y componentes no estructurales, garantizando la funcionalidad continua de la estructura.

En este capítulo se explicara el sistemas de aislamiento de base incorporado en el CICUFA, la geometría del conjunto de bloques que conforman el edificio y las consecuencias constructivas que han ocasionado la implementación de sistemas de aislamiento de base, como son: juntas arquitectónicas, juntas en instalaciones eléctricas, juntas en instalaciones sanitarias y lo principal para este proyecto, las juntas de piso.

### 3.2. Descripción General del Proyecto

La gran importancia que tiene la investigación científica y los estudios de post grado en la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, motivaron a las autoridades de la institución, a planificar la construcción de un complejo de edificios de 23338 metros cuadrados.



***Figura 21*** Vista panorámica del CICUFA

Fuente: (Aguiar R. , 2017)

El proyecto está ubicado en la Av. General Rumiñahui S/N, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Valle de los Chillos, parroquia de Sangolquí, cantón Rumiñahui, provincia Pichincha (figura 22).



**Figura 22** Ubicación Geográfica del CICUFA

Fuente: Google Earth, 2017

Las coordenadas geográficas en las cuales se encuentra el proyecto se indican en la Tabla 2.

**Tabla 2**

*Coordenadas de Ubicación del Proyecto*

<b>Punto</b>	<b>Longitud</b>	<b>Latitud</b>	<b>Altitud</b>
1	0°19'6.01"S	78°26'50.58"O	2493 msnm
2	0°19'6.09"S	78°26'48.52"O	2492 msnm
3	0°19'8.49"S	78°26'50.83"O	2492 msnm
4	0°19'8.56"S	78°26'48.73"O	2492 msnm

En la figura 23 se muestra los 8 diferentes estructurales que conforman este proyecto y en la tabla 3 se indica la funcionalidad de cada uno.



**Figura 23** Bloques estructurales del CICUFA

Fuente: (Aguiar R. , 2017)

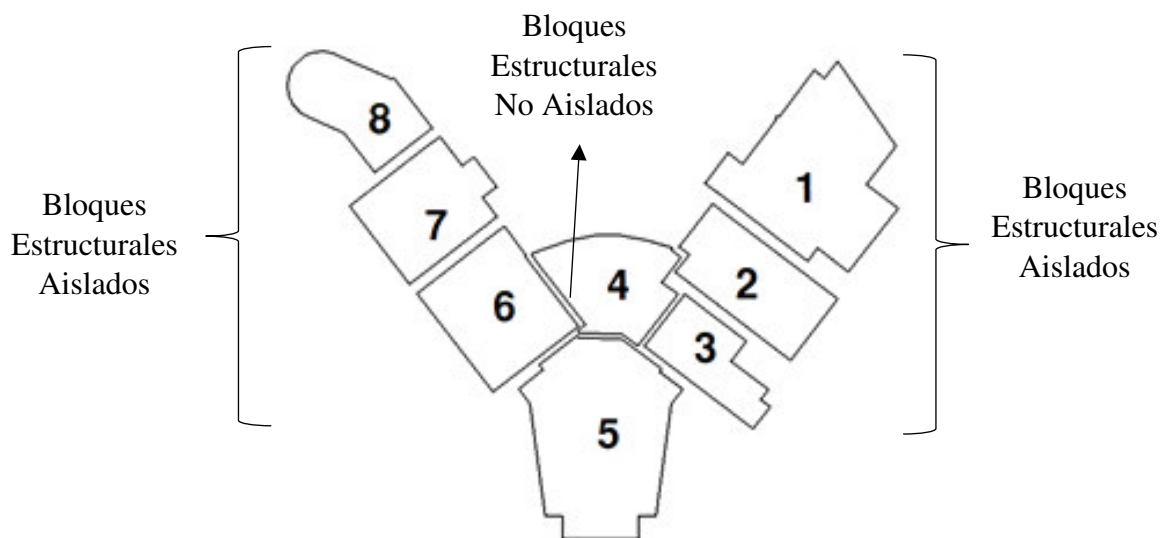
**Tabla 3**

*Distribución de los Bloques Estructurales*

<b>Bloque Estructural</b>	<b>Función</b>
1	Laboratorios y centros de investigación de los Departamentos de Ciencia de la Tierra y la Construcción, y de Mecánica
2	Ciencias de la Vida
3	Nanotecnología
4	Edificio central de circulación
5	Auditorio
6	Investigaciones de Electrónica
7	Post grados
8	Bloque administrativo

La obra se complementa con el área destinada a parqueaderos, obras exteriores e infraestructura general.

En la construcción de CICUFA se tiene ocho Bloques Estructurales (Figura 24). Los bloques estructurales (1, 2, 3, 6, 7, 8) tienen aisladores sísmicos de triple péndulo de fricción, mientras que el bloque estructural 4 y 5 tienen disipadores de energía Shear Link Bozzo.



**Figura 24** Vista en Planta de los Bloques Estructurales

Fuente: (Aguiar R. , 2017)

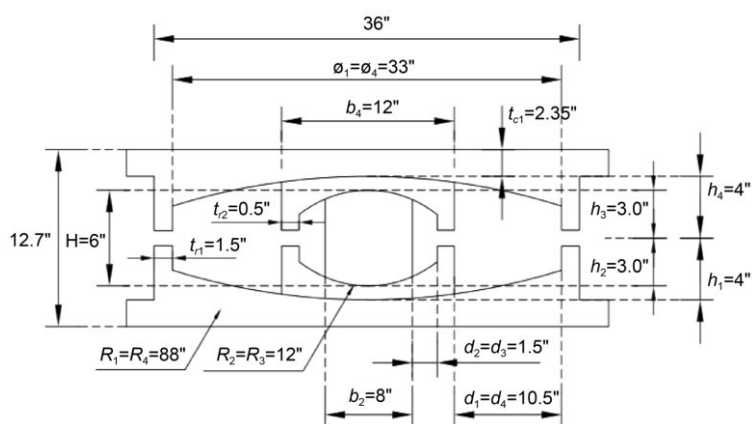
### 3.3. Sistema de Aislamiento de Base FPT

Los aisladores se colocaron para controlar el daño no estructural y sus contenidos. El aislador sísmico de triple péndulo de fricción FPT incorporado corresponde al FPT8833/12-12/8-6, cuya geometría se muestra en las siguientes figuras y tablas.



**Figura 25** Aislador FPT Implementado en el CICUFA

Fuente: (Aguiar & Morales, 2016)



**Figura 26** Geometría del Aislador FPT8833/12-12/8-6

Fuente: (Aguiar & Morales, 2016)

**Tabla 4**

Geometría del aislador FPT8833/12-12/8-6

Descripción	Nomenclatura	Dimensiones	
		pulg	cm
Radio de curvatura placas 1 y 4	$R_1=R_4$	88	223.52
Diámetro placas 1 y 4	$\Phi_1=\Phi_4$	33	83.82
Diámetro aislador interior	$b_4$	12	30.48
Radio de aislador interior	$R_2=R_3$	12	30.48
Diámetro deslizador rígido	$b_2$	8	20.32
Altura de aislador interno	$H$	6	15.24
Espesor de placas exteriores	$t_{r1}$	1.5	3.81
Espesor de placas interiores	$t_{r2}$	0.5	1.27
Espesor de aislador interior en el centro	$t_{c2}$	1.5	3.81
Espesor del aislador exterior en el centro	$t_{c1}$	2.35	5.969
Capacidad de desplazamiento	$d_1=d_4$	10.5	26.67
Capacidad de desplazamiento	$d_2=d_3$	1.5	3.81
Altura de aislador interno	$h_2=h_3$	3	7.62
Altura del aislador		12.7	32.258
Alturas	$h_1=h_4$	4	10.16

Fuente: (Aguiar & Morales, 2016)



En la Tabla 5 se indican los coeficientes de fricción del aislador FPT8833/1212/8-6.

**Tabla 5**

*Coefficientes de fricción aislador FPT8833/12-12/8-6*

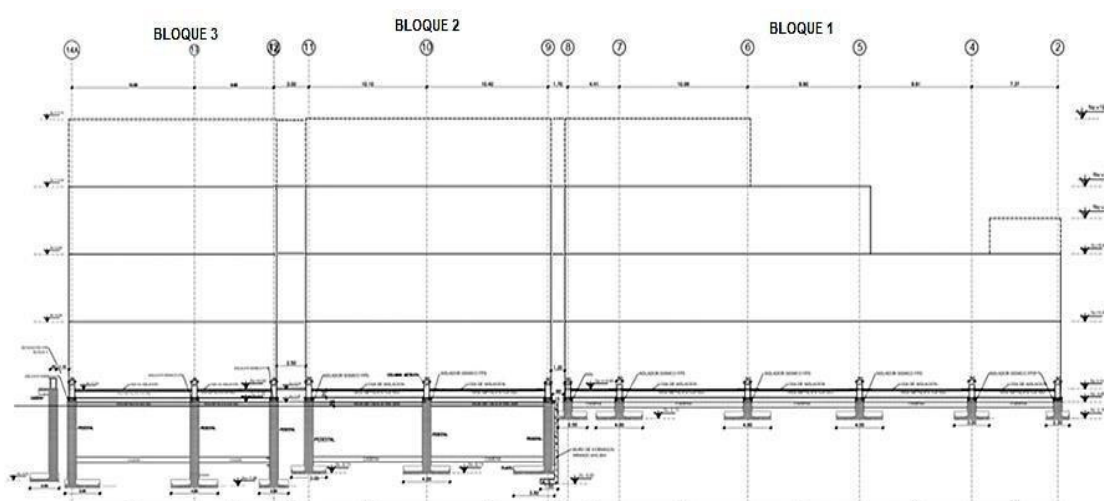
Propiedad	$\mu_2 = \mu_3$	$\mu_1$	$\mu_4$
Valor Superior UB	0.015	0.07	0.08
Valor Inferior LB	0.008	0.05	0.06
Valor Nominal	0.01	0.06	0.07

Fuente: (Aguiar & Morales, 2016)

Con los valores UB (Upper Bound) se determinan las fuerzas que actúan en el aislador, mientras que con los valores LB (Lower Bound) se determinan los desplazamientos.

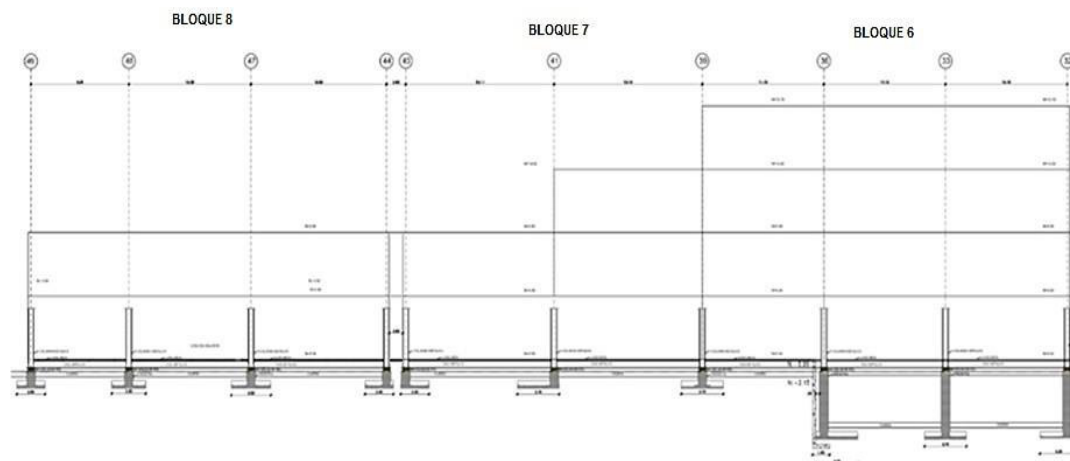
### 3.3.1. Distribución del Sistema de Aislamiento Sísmico

En la figura 27 y 28 se muestra la vista en corte y elevación de los bloques estructurales que componen el CICUFA.



**Figura 27** Vista en Corte y Elevación de los Bloques Estructurales 1,2 y 3

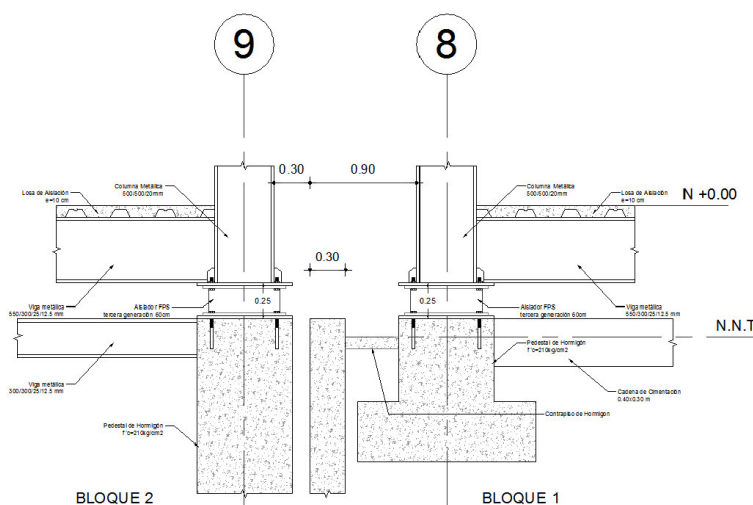
Fuente: (Aguiar R. , 2017)



**Figura 28** Vista en Corte y Perfil de los Bloques Estructurales 6,7 y 8

Fuente: (Aguiar R. , 2017)

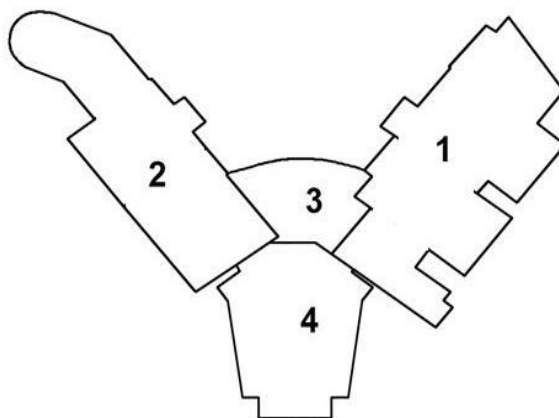
En el bloque estructural 1 y 6 los aisladores están colocados sobre un pedestal que sale del plinto de cimentación, mientras que en los bloques estructurales 2, 3, 7, 8 están ubicados sobre las columnas de hormigón del primer piso. (Figura 29)



**Figura 29** Colocación de Aisladores en el Bloque 1 y 2

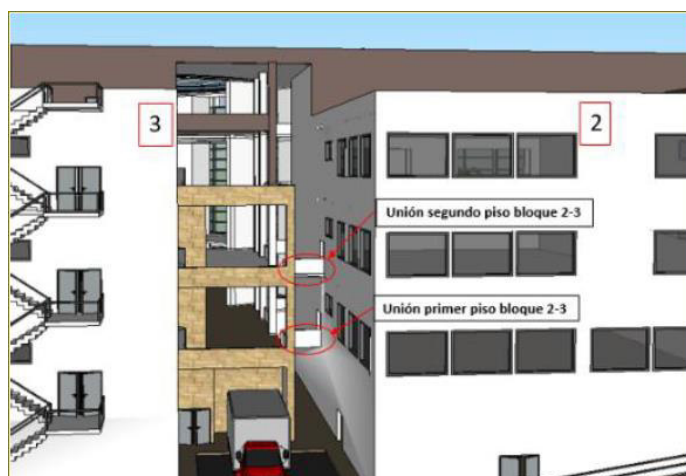
Fuente: (Aguiar & Guaygua, 2015)

Los bloques estructurales 1,2, 3 y 6,7, 8 se unieron en bloques arquitectónicos 1, 2 para que trabajen en forma monolítica como se indica en la figura 30, 31. Es importante anotar que el acoplamiento se lleva a cabo en todos los pisos, para lograr un adecuado desempeño estructural ante acciones sísmicas.



**Figura 30** Vista en Planta de los Bloques Arquitectónicos

Fuente: (Aguiar R. , 2017)



**Figura 31** Unión entre el Bloque 2 y 3

Fuente: (Aguiar & Pazmiño, 2016)

En la figura 32, a la izquierda se pueden apreciar los aisladores correspondientes al bloque estructural 7, y a la derecha, los aisladores correspondientes al bloque estructural 8. El aislador ubicado en la parte extrema de la figura es el primero que fue construido. Se puede observar que se han construido una zanja exterior para facilitar el acceso a los aisladores y las zanjas interiores para darles mantenimiento y reemplazarlos cuando sea necesario.



**Figura 32** Vista de los aisladores en el bloque 7

Fuente: (Aguilar R. , 2017)

En la figura 33 se aprecia un aislador y su correspondiente zanja perimetral, y las vigas de refuerzo transversal de la vereda.



**Figura 33** Vista de un Aislador con su Zanja de Acceso

Fuente: (Aguiar R. , 2017)

La implementación de aisladores sísmicos conlleva a separar más las juntas para que los aisladores tengan libertad de movimiento, este incremento de las juntas conlleva a un rediseño arquitectónico y de instalaciones. Además implica tomar varias consideraciones constructivas para precautelar el óptimo desempeño de la estructura ante solicitaciones sísmicas.

#### **3.4. Juntas existentes en el CICUFA**

Existen diferentes componentes arquitectónicos que atraviesan estructuras aisladas a no aisladas, como es el caso de: gradas, pisos, paredes, cubiertas, instalaciones eléctricas, instalaciones hidrosanitarias, etc. Estos componentes deben ser diseñados y construidos tomando en consideración los desplazamientos y solicitaciones a las que va ser sometido debido al sistema de aislamiento.

A continuación se presentan los diferentes tipos de juntas existentes en el CICUFA:

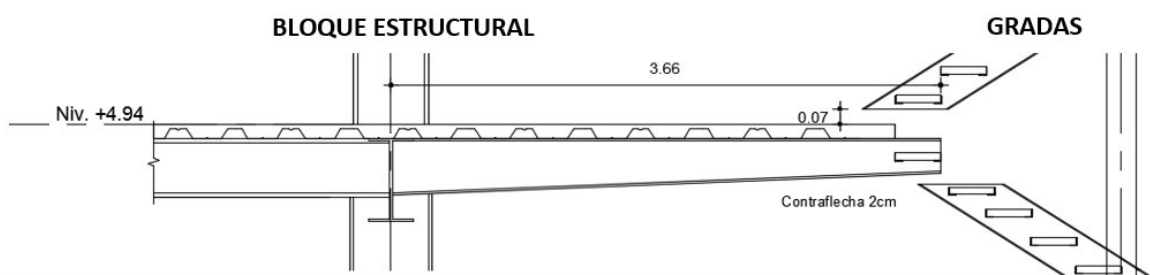
### 3.4.1. Juntas en Gradadas de Emergencia

En la figura 34 se observa la separación entre el bloque de gradadas de emergencia y el bloque aislado, para permitir su libre desplazamiento ante acciones sísmicas.



**Figura 34** Juntas en Gradadas de Emergencia

Se dejó una separación de 7cm en sentido vertical con el primer peldaño para evitar que se tope el voladizo con los tramos de gradas (Figura 35).



**Figura 35** Detalle Completo de Unión de Voladizo con Gradadas

Fuente: (Caiza & Michael, 2015)

Sin embargo, es necesario considerar que se debería implementar una junta que permita dar continuidad a la superficie del último escalón cuando se produzca un sismo y el bloque estructural se separe de las gradas.

### 3.4.2. Juntas en Instalaciones Hidrosanitarias

En la figura 36 se observa una tubería que pasa por los diferentes niveles de la estructura. La tubería se encuentra en uno de los bloques aislados.



**Figura 36** Juntas en Instalaciones Hidrosanitarias

El diseño de esta tubería debe considerar que la estructura se va desplazar, por lo que se debería separar de cualquier parte rígida como losas, ya que ante acciones sísmicas la parte rígida golpearía y afectaría la tubería, pudiendo ocasionar un daño o colapso de la tubería, o realizar el diseño de juntas de expansión que permitan asumir estas solicitaciones.

### 3.4.3. Juntas en Instalaciones Eléctricas

En la figura 37 se observa el canal de conducción de instalaciones eléctricas, en el que se ha realizado un traslape entre el bloque aislado y no aislado, para permitir el desplazamiento libre de dichas instalaciones ante sollicitaciones sísmicas. Para evitar el balanceo lateral de las rejillas, en las instalaciones eléctricas se deben incluir soportes laterales en forma de diagonal.



*Figura 37* Juntas en Instalaciones Eléctricas

### 3.4.1. Juntas en Paredes y Cubierta

En la figura 38 se observa una junta dejada en la pared y la cubierta para permitir el libre desplazamiento de la estructura aislada. Esta abertura debe ser cubierta por una junta especial que permita asumir los desplazamientos sin que esta pueda fallar.





*Figura 38* Juntas en Paredes

### **3.5. Resumen del Capítulo**

En este capítulo se ha realizado una descripción del CICUFA, en el que se han implementado un sistema de aislamiento FPS de péndulo triple, para garantizar la funcionalidad continua de la estructura ante un evento sísmico. Seis de los ocho bloques estructurales cuentan con este sistema de aislamiento mientras que los dos restantes, tienen sistemas de disipación de energía.

Existen diferentes componentes arquitectónicos que atraviesan las dos tipos de estructuras y han sido diseñados con criterios constructivos para garantizar la óptima funcionalidad y desempeño del sistema de aislamiento, entre las que se puede destacar las zanjás perimetrales, detalle en gradas e instalaciones eléctricas. Adicional a estas, están las juntas de piso existentes en el CICUFA, las mismas que se indican en mayor detalle en el siguiente capítulo.

## **CAPÍTULO IV**

### **IV. DESCRIPCIÓN DE JUNTAS DE PISO EXISTENTES EN EL CICUFA**

#### **4.1. Introducción**

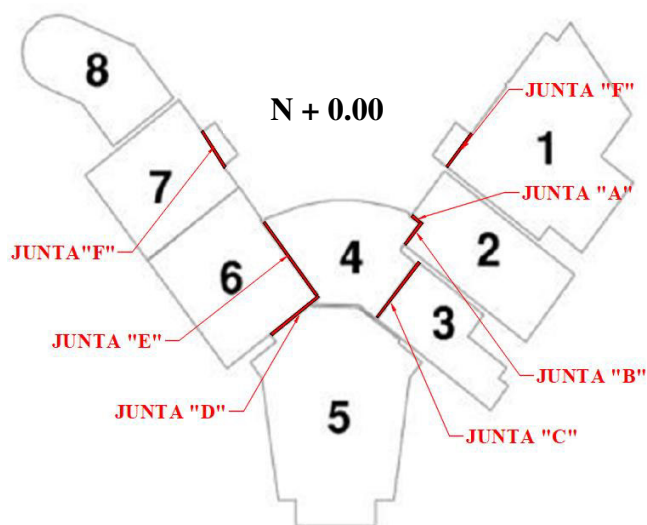
En el CICUFA existen varios tipos de juntas de piso ubicadas en los diferentes niveles de la estructura, debido al diseño del proyecto. A continuación, se realizará una breve descripción de cada una de las juntas existentes en los niveles indicados junto con su respectiva ubicación y dimensionamiento.

#### **4.2. Juntas de piso entre los bloques que conforman el edificio**

Se realizó una visita técnica al CICUFA con el objetivo de realizar un levantamiento de datos, que nos permita conocer el estado actual de las juntas. Las fotografías utilizadas en este capítulo se las obtuvo el 06 de octubre del 2017.

##### **4.2.1. Juntas de piso en el nivel +0.00**

En la figura 39 se indican las juntas de piso existentes en el nivel +0.00



**Figura 39** Juntas de Piso Nivel +0.00

A continuación se presenta en detalle cada una de las juntas:


**Tabla 6**

*Juntas de piso A en el nivel +0.00*


Nivel	Designación	Bloque	Abertura (cm)	Longitud (m)
+0.00	A	2;4	62	3.10





**Tabla 7**  
*Juntas de piso B en el nivel +0.00*

Nivel	Designación	Bloque	Abertura (cm)	Longitud (m)
+0.00	B	2;4	51	3.20
				


**Tabla 8**  
*Juntas de piso C en el nivel +0.00*

Nivel	Designación	Bloque	Abertura (cm)	Longitud (m)
+0.00	C	3;4	46	17.80
				

**Tabla 9***Juntas de piso D en el nivel +0.00*



Nivel	Designación	Bloque	Abertura (cm)	Longitud (m)
+0.00	D	5;6	40	12.35
				

**Tabla 10***Juntas de piso E en el nivel +0.00*

Nivel	Designación	Bloque	Abertura (cm)	Longitud (m)
+0.00	E	4;6	40	20.58
				

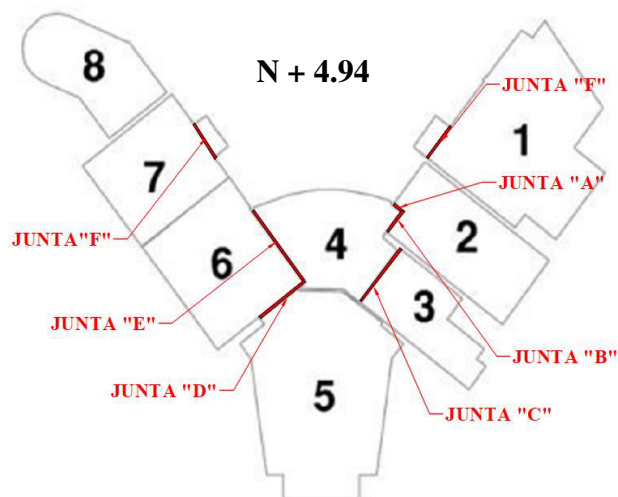
**Tabla 11***Juntas de piso F en el nivel +0.00*

Nivel	Designación	Bloque	Abertura (cm)	Longitud (m)
+0.00	F	7 Y 1	40	3.29

#### 4.2.2. Juntas de piso en el nivel +4.94

En la figura 40 se indican las juntas de piso existentes en el nivel +4.94




**Figura 40** Juntas de Piso Nivel +4.94

A continuación se presenta en detalle cada una de las juntas:

**Tabla 12**

*Juntas de piso A en el nivel +4.94*


Nivel	Designación	Bloque	Abertura (cm)	Longitud (m)
+4.94	A	2;4	62	3.10



**Tabla 13**

*Juntas de piso B en el nivel +4.94*

Nivel	Designación	Bloque	Abertura (cm)	Longitud (m)
+4.94	B	2;4	51	3.20



**Tabla 14***Juntas de piso C en el nivel +4.94*


Nivel	Designación	Bloque	Abertura (cm)	Longitud (m)
+4.94	C	3;4	46	17.80

**Tabla 15***Juntas de piso D en el nivel +4.94*


Nivel	Designación	Bloque	Abertura (cm)	Longitud (m)
+4.94	D	5;6	40	12.35



**Tabla 16***Juntas de piso E en el nivel +4.94*

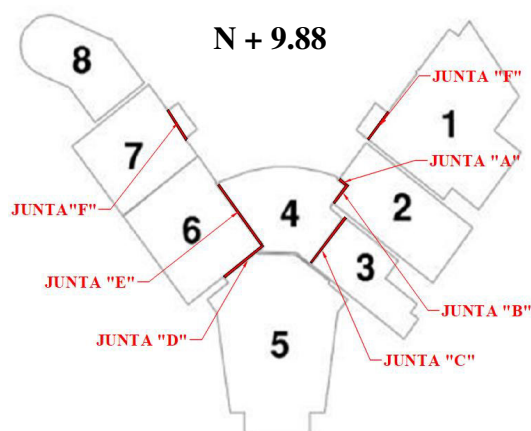
Nivel	Designación	Bloque	Abertura (cm)	Longitud (m)
+4.94	E	4;6	40	12.50
				

**Tabla 17***Juntas de piso F en el nivel +4.94*

Nivel	Designación	Bloque	Abertura (cm)	Longitud (m)
+4.94	F	7 Y 1	40	3.30
				

### 4.2.3. Juntas de piso en el nivel +9.88

En la figura 41 se indican las juntas de piso existentes en el nivel +9.88.





**Figura 41** Juntas de Piso Nivel +9.88

A continuación se presenta en detalle cada una de las juntas:

**Tabla 18**

*Juntas de piso A en el nivel +9.88*

Nivel	Designación	Bloque	Abertura (cm)	Longitud longitudinal (m)
+9.88	A	2;4	62	3.10





**Tabla 19***Juntas de piso B en el nivel +9.88*


Nivel	Designación	Bloque	Abertura (cm)	Longitud (m)
+9.88	B	2;4	51	3.20


**Tabla 20***Juntas de piso C en el nivel +9.88*


Nivel	Designación	Bloque	Abertura (cm)	Longitud (m)
+9.88	C	3;4	46	17.80



**Tabla 21***Juntas de piso D en el nivel +9.88*

Nivel	Designación	Bloque	Abertura (cm)	Longitud longitudinal (m)
+9.88	D	5;6	40	12.35
				

**Tabla 22***Juntas de piso E en el nivel +9.88*

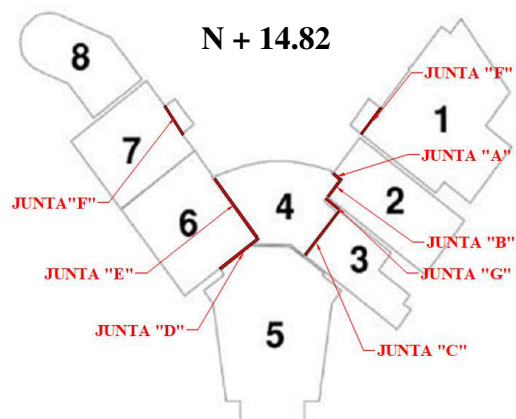
Nivel	Designación	Bloque	Abertura (cm)	Longitud (m)
+9.88	E	4;6	40	12.50
				

**Tabla 23***Juntas de piso F en el nivel +9.88*

Nivel	Designación	Bloque	Abertura (cm)	Longitud (m)
+9.88	F	7 Y 1	40	3.30

#### 4.2.4. Juntas de piso en el nivel +14.82

En la figura 42 se indican las juntas de piso existentes en el nivel +14.82




**Figura 42** Juntas de Piso Nivel +9.88

A continuación se presenta en detalle cada una de las juntas:

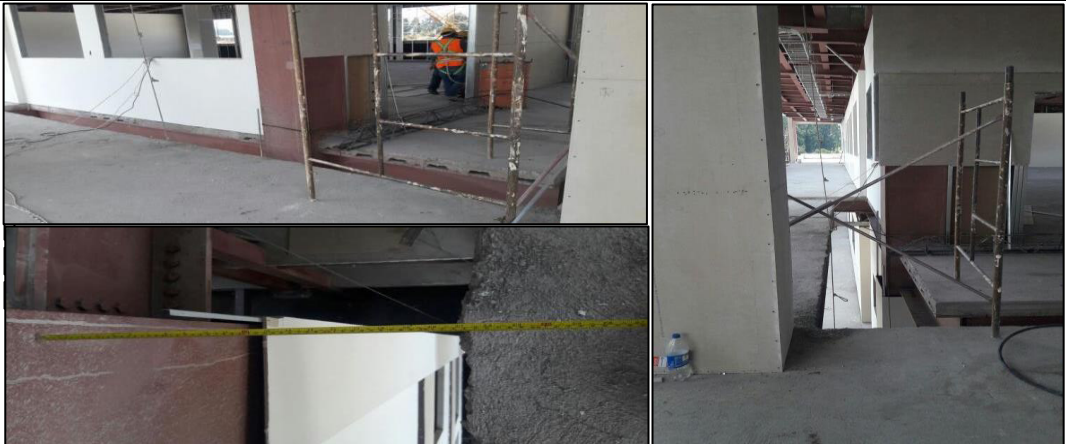
**Tabla 24**

*Juntas de piso A en el nivel +14.82*


Nivel	Designación	Bloque	Abertura (cm)	Longitud (m)
+14.82	A	2;4	62	3.10
				

**Tabla 25**


*Juntas de piso B en el nivel +14.82*

Nivel	Designación	Bloque	Abertura (cm)	Longitud (m)
+14.82	B	2;4	51	3.20
				


**Tabla 26**  
*Juntas de piso C en el nivel +14.82*

Nivel	Designación	Bloque	Abertura (cm)	Longitud (m)
+14.82	C	3;4	46	17.80
				


**Tabla 27**  
*Juntas de piso D en el nivel +14.82*

Nivel	Designación	Bloque	Abertura (cm)	Longitud (m)
+14.82	D	5;6	40	12.35
				

**Tabla 28***Juntas de piso E en el nivel +14.82*

Nivel	Designación	Bloque	Abertura (cm)	Longitud (m)
+14.82	E	4;6	40	12.50
				

**Tabla 29***Juntas de piso F en el nivel +14.82*

Nivel	Designación	Bloque	Abertura (cm)	Longitud (m)
+14.82	F	7 Y 1	40	3.30
				



**Tabla 30***Juntas de piso G en el nivel +14.82*

Nivel	Designación	Bloque	Abertura (cm)	Longitud (m)
+14.82	G	2;4	48	5.00

### 4.3. Resumen del Capítulo

En este capítulo se ha realizado una descripción de las juntas de piso existentes en el CICUFA, además, se ha detallado su geometría, ubicación y uso. Esto permite identificar el tránsito que circulará por este espacio y los servicios a los que estará destinado el piso, aspectos que permitirán determinar los parámetros de diseño para conseguir un mecanismo apropiado, acorde con el tránsito que circulará por el referido nivel y sus correspondientes servicios. Estas juntas en pisos deben ser diseñadas para garantizar la continuidad de la superficie antes, durante y después de un sismo. En el siguiente capítulo se realiza una descripción de las juntas de piso existentes en CICUFA.

En el siguiente capítulo se explicarán las juntas sísmicas en edificios, y alternativas de solución.

## **CAPÍTULO V**

### **V. JUNTAS SÍSMICAS EN EDIFICIOS**

#### **5.1. Introducción**

Las estructuras están sometidas a diferentes presiones causadas por variaciones de temperatura del entorno, dilataciones generales, asentamientos y movimientos del terreno, movimientos sísmicos, peso propio, viento, cargas y tráfico. (EMAC, 2017)

En este capítulo se explica con un alto grado de detalle todo lo referente a las juntas sísmicas en edificios. Se dará una información lo más amplia y precisa acerca de los mecanismos concernientes a las juntas sísmicas, los posibles grados de libertad en las que estas se desplazarán, así como la geometría más apropiada para que el mecanismo de la junta cumpla con su cometido de forma satisfactoria, garantizando de este modo la estabilidad de la edificación y la seguridad de los usuarios.

#### **5.2. Juntas Sísmicas**

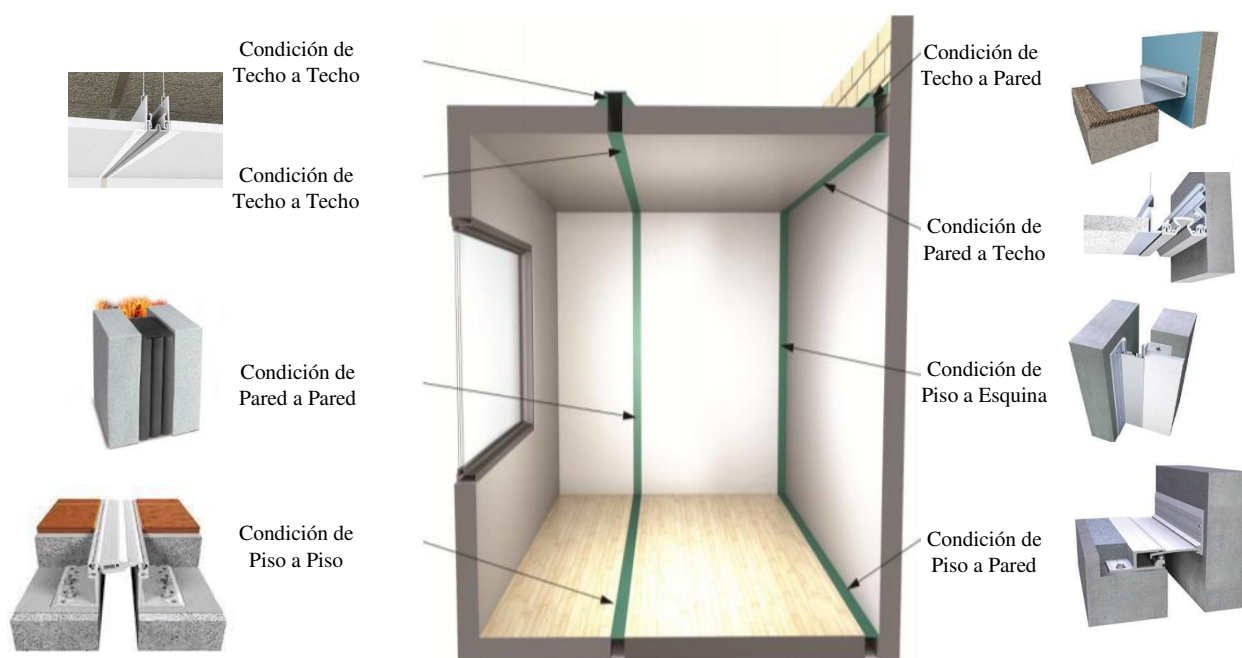
De acuerdo a (Saunders, 2003) las juntas sísmicas son similares a las juntas de dilatación, pero al mismo tiempo, diferentes. Las juntas de dilatación se introducen para acomodar movimientos causados por contracción, fluencia o cambios de temperatura. Están destinadas principalmente a acomodar movimientos en una sola dirección, perpendicular a la junta. Las juntas de dilatación

también se colocan comúnmente en un intervalo regular de longitud en función a lo que se espera que ocurra un movimiento de contracción o temperatura sobre la longitud del edificio. Las juntas sísmicas, por otro lado, debe acomodar el movimiento vertical y en ambas direcciones ortogonales simultáneamente.

Las juntas sísmicas son indispensable cuando se decide separar estructuras irregulares en bloques independientes para evitar los severos daños que se pueden presentar por la fuerza del impacto del choque y de la torsión. Las mismas que tienen como finalidad acomodar los movimientos en varios grados de libertad.

Las juntas sísmicas son indispensables en estructuras con aislamiento sísmico, debido que en muchos casos los componentes arquitectónicos, estructurales, eléctricos, sanitarios y de instalaciones especiales que son parte de la edificación, atraviesan áreas que no se encuentran con aislamiento sísmico. Estas juntas deben asumir los desplazamientos, ante una sollicitación sísmica. Debiendo ser diseñadas, técnicamente y detalladas en los planos y memorias de diseño.

Las juntas sísmicas en componentes arquitectónicos de estructuras con aislamiento sísmico se las pueden encontrar en diferentes condiciones como se indica en la figura 43.



**Figura 43** Juntas Sísmicas en Componentes Arquitectónicos en Estructuras con Sistemas de Aislamiento de Base

### 5.3. Aspectos Funcionales y de Seguridad

Las juntas sísmicas requieren un importante esfuerzo de diseño, su costo es relativamente alto y a menudo generan dificultades de tipo constructivo. En edificaciones de poca altura, las juntas son uniformes (en todos los niveles el tamaño es el mismo). Es de suma importancia el seleccionar los materiales y sistemas adecuados para cada tipo de junta, pues si esto no se toma en cuenta, se pone en peligro la vida de los ocupantes de la edificación en caso de suscitarse un evento sísmico. Las juntas sísmicas deben tener libertad de movimiento en ambas direcciones ortogonales de tal forma que su separación no se vea afectada por las dimensiones del edificio.

#### **5.4. Grados de Libertad de una Junta Sísmica**

El sismo puede producirse en múltiples direcciones, de ahí que el diseñador no puede remitirse a proyectar una junta que trabaje en una única dirección, porque, además de ser multidireccional, las direcciones del movimiento son aleatorias y debido a ello se debe diseñar en este caso para que tenga la capacidad de movimiento en múltiples direcciones de desplazamiento de la estructura en caso de suscitarse un evento sísmico.

#### **5.5. Ancho de las Juntas Sísmicas**

Las juntas son diseñadas considerando el máximo desplazamiento de la estructura. De acuerdo con (NRS-98) el tamaño mínimo de las juntas debe ser igual a la suma del valor absoluto de los desplazamientos horizontales de la edificación.

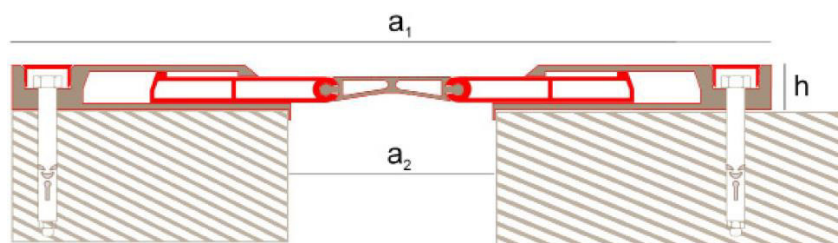
#### **5.6. Ejemplos de Sistemas de Juntas Sísmicas de Piso**

De acuerdo a las condiciones mencionadas anteriormente existen diferentes ejemplos de sistemas que se utilizan para satisfacer las necesidades en los edificios, los mismos que se presentan a continuación:

##### **5.6.1. Sistema Novojunta Pro® Sismo SU**

Entre los diversos mecanismos de juntas sísmicas, puede destacarse el “Novojunta Pro® Sismo SU. El referido mecanismo es un sistema de perfiles preformado. Este sistema está fabricado a base de aluminio anodizado placa mate. Diseñado de modo tal que esté en condiciones de adaptarse a

cualquier geometría, neutralizando de esta forma las deformaciones de los elementos aledaños y resistiendo los movimientos sísmicos de forma simultánea (Figura 44).



**Figura 44** Esquema del Mecanismo de "NOVOJUNTA"

Fuente: (EMAC, 2015)

**Tabla 31**

*Dimensiones de "NOVOJUNTA"*

a1 (cm.)	a2 (cm.)	h	M.A	M.T.A	D.V
367.70	100	21.60	+/- 65	65	12

Fuente: (EMAC, 2015)

Donde:

MA: Movimiento Admitido (mm);

M.T.A: Movimiento Total Admitido (mm)

D.V: Diferencia Vertical (mm).

Para su instalación deben seguirse los siguientes pasos:

- Limpiar bien las superficies donde la junta va a ser instalada.
- Colocar la junta sobre el espacio libre entre bloques, apoyando sobre la pared su pieza correspondiente. La junta ser colocada tal como se la ha recibido.

- Retirar la película protectora, posteriormente se mecanizarán los agujeros para los elementos de fijación de pared con el objeto de que estos coincidan con los del perfil. Una vez cumplido este paso, se instalarán los elementos de fijación por medio de tacos Fisher y tornillos DIN 7982 # 8.
- Una vez cumplidos los pasos del punto anterior, se deslizará la pieza lateral hasta que esta tope con el borde de la junta.
- Mecanizar los agujeros de la parte correspondiente a la pieza que se fijará al suelo con el objeto de que coincidan con el perfil. Introducir los elementos de fijación de acuerdo a las normativas dispuestas por el fabricante.

### 5.6.2. Sistema SJS

En la figura 45 se muestra el sistema SJS (Seismic Joint System), este está caracterizado por ser impermeable y ofrecer amortiguamiento ante la acción de las ondas sonoras. Estos sistemas son de gran utilidad en edificios de estacionamientos, estadios, terminales aéreas, terrestres y marítimas, entre los más importantes.



**Figura 45** Prototipo de un Sistema de Juntas SJS

Fuente: (EMSEAL, 2017)

Además de lo anterior, actúa como junta de dilatación incorporando al sistema una placa protectora que no tiene anclajes invasivos del tránsito, siendo resistente a las acciones del mismo. La junta SJS está compuesta de materiales de tipo híbrido: Espuma impregnada y silicona, estos componentes tienen propiedades físico químicas que permiten a la junta absorber las ondas acústicas, amortiguar los efectos vibratorios, proporcionar impermeabilidad y permitir que la instalación del sistema no sea compleja. El sistema SJS está constituido por dos juntas horizontales pre ensambladas en sentido paralelo, unidas a un separador de aluminio extruido de alta resistencia, el mismo que actúa en calidad de elemento receptor con el objeto de sujetar la placa de montaje superficial de tráfico (tránsito vehicular, carga en general). El resultado de aquel mecanismo se traduce en un sistema con características particulares de cualquier otro sistema de juntas horizontales de grandes dimensiones. Además de lo expuesto anteriormente, el sistema SJS se caracteriza por estar compuesto de placas libre de anclajes invasores de la zona de hormigón por las acciones de cargas o movimientos de desviación vertical. Gracias a su impermeabilidad, el sistema SJS no requiere la colocación de canaletas por debajo de la misma, de modo que el agua no se queda confinada en el sistema.

En lo que se refiere a la impermeabilidad de las juntas SJS, las juntas de silicona libres de tensión son instaladas al ras de la altura de montaje del sistema, justamente por debajo de la placa de cubierta, de este modo se garantiza la impermeabilidad de la superficie transitable, y se podrá prescindir de barreras anti-humedad y sistemas de drenaje secundarios.



En el aspecto referente a la amortiguación de las ondas acústicas, la hibridación de silicona y espuma impregnada, permite amortiguar eficazmente los efectos producidos por los sonidos y los impactos.

En lo referente a la instalación del sistema SJS, esta resulta más sencilla que otros sistemas, puesto a que como no tiene anclajes invasivos al espacio de hormigón, se puede prescindir de la aplicación de conexiones rígidas metal-concreto, incluyendo accesorios como tornillos, pasadores, anclajes, pernos, guías o rieles invasivos. De esta forma, el sistema quedará sujeto a las caras de la junta mediante la contrapresión de la espuma y el adhesivo epoxi, además del eso del montaje. El separador de aluminio central es un elemento receptor continuo para los tornillos auto roscantes de la cubierta protectora en el canal de anclaje, de esta forma se permite la reducción considerable de los problemas referentes a la ubicación de dispositivos de bolas deslizantes, eliminando de esta forma la probabilidad de que queden tornillos fuera (Figura 46).



**Figura 46** Junta SMS en Proceso de Instalación

Fuente: (EMSEAL, 2017)

En lo referente al aspecto de la vibración, esta constituye la causa principal de que los tornillos estén propensos a aflojarse, el sistema SJS tiene la facultad de minimizar drásticamente la vibración debido a que el mecanismo del sistema cuenta con fuelles continuos de espuma impregnada a lo largo de la longitud de la junta, estos fuelles ofrecen una importante acción amortiguadora (Figura 47): Pueden resistir más de 135 N, que es la fuerza necesaria para aflojar los tornillos.



**Figura 47** Sellamiento de Vacíos en la Junta por Medio de la Inyección de Silicona

Fuente: (EMSEAL, 2017)

El concreto casi siempre presenta desviaciones inevitables en lo largo y ancho de la junta. El sistema SJS tiene incorporado una capa de nivelación con material de saliente elastomérico. Esta capa facilita la posibilidad de obtener un ajuste correcto del soporte de sus secciones con el objeto de atenuar el ruido.

La estructura del sistema SJS está compuesta por dos juntas horizontales pre ensambladas y paralelas entre sí, unidas a un separador de aluminio de alta resistencia, el mismo que actúa como agente receptor con la finalidad de sujetar la placa de montaje superficial de tránsito.

Las juntas horizontales pre ensambladas junto con el separador de aluminio son comercializadas junto con barras colgantes, con el objeto de que su instalación sea lo más sencilla posible. En obra se aplicará un gel adhesivo de epoxi a las caras de la junta (Figura 48, 49). (EMSEAL, 2017).



**Figura 48** Verificación de que los Sustratos queden Planos



**Figura 49** Tramos Auxiliares Encargados de Nivelar la Junta

**Fuente:** (EMSEAL, 2017)

Entre las ventajas del sistema SJS se pueden enumerar las siguientes:

- Son resistentes al tráfico
- Son independientes de canaletas.
- Son impermeables.
- Son amortiguadores de sonido
- Llevan placas protectoras sin anclaje invasivo al concreto
- No tienen conexiones duras metal-concreto

- Instalación rápida
- Elimina los problemas de goteras en las juntas
- Los costos de mantenimiento son mínimos.

### **5.6.3. Sistema SJS-FP**

Es un sistema de juntas sísmicas, diseñado con el objetivo de ofrecer impermeabilidad y resistencia al tráfico en juntas anchas con elementos sólidos y de losa inferior por medio del uso de patas de soporte con bridas e impermeabilización que pueden incorporarse con la membrana impermeabilizante de la plataforma (Figura 50). (EMSEAL, 2017).

Las patas de soporte están disponibles en alturas que corresponden con el ancho de la losa superior o el ancho del espesor. Las bridas impermeabilizantes se fijan en la parte superior de las patas de soporte y se incorporan en la membrana impermeabilizante de la plataforma. La junta SJS, con espuma y separador de aluminio, se instala entre las caras de las patas de soporte. La junta se compone de dos sellantes de espuma que son pre comprimidos y pre ensamblados en paralelo al lado de un separador de aluminio extruido. El separador sirve como un receptor para sujetar las placas protectoras que son resistentes al tráfico vehicular y otras cargas.

El resultado es un sistema impermeable, con una placa protectora que está firmemente anclada al separador de aluminio. (EMSEAL, 2017)



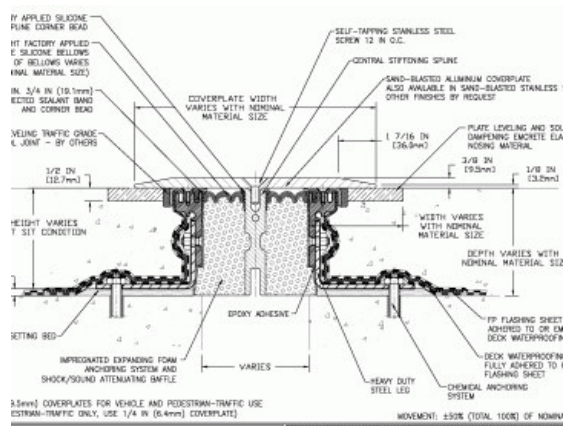
**Figura 50** Prototipo de Sistema SJS-FP

Fuente: (EMSEAL, 2017)

Entre las ventajas de este sistema están las siguientes:

- Ofrecen amortiguación a las ondas acústicas.
- Son impermeables.
- Son resistentes a las acciones abrasivas.
- No hay conexiones duras entre la placa protectora y el sustrato.
- Su instalación es sencilla.

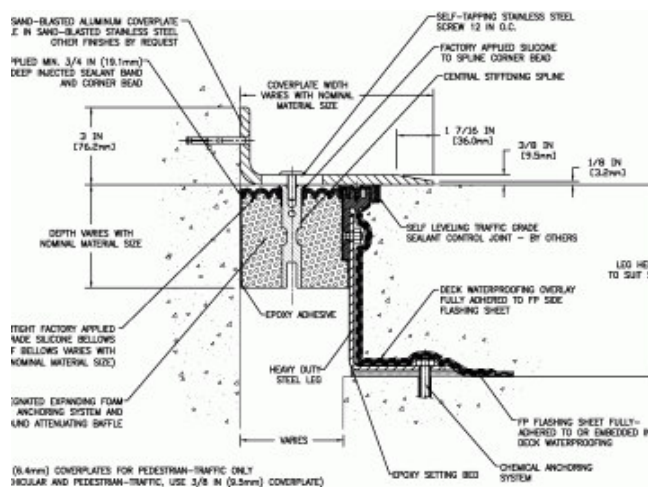
En la figura 51 se muestra la configuración del sistema SJS piso-piso en el que se demuestra la integración superficial de las bridas a la membrana impermeabilizante del piso.



**Figura 51** Configuración del Sistema SJS FP Piso-Piso

Fuente: (EMSEAL, 2017)

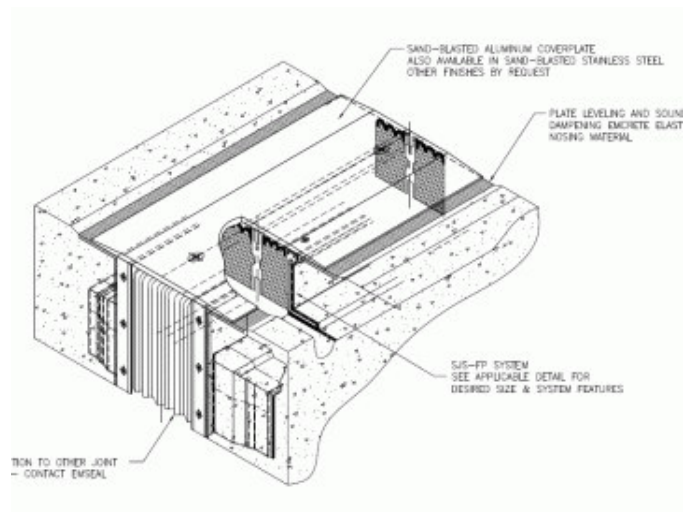
En la figura 52 se muestra la configuración del sistema SJS piso-pared en el que se demuestra la integración superficial de las bridas a la membrana impermeabilizante del piso.



**Figura 52** Configuración del Sistema SJS Piso-Pared

Fuente: (EMSEAL, 2017)

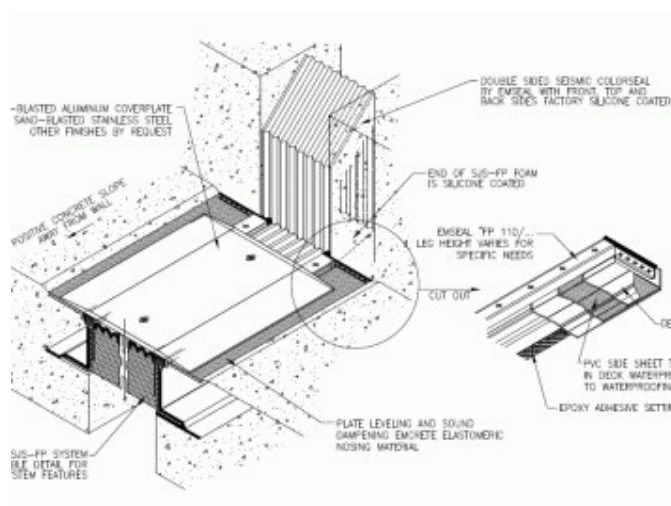
En la figura 53 se muestra como se asegura la continuidad del sello en transiciones de diversos tipos, usando piezas de fábrica de la junta SJS-FP.



**Figura 53** Continuidad de Sello en Transiciones de Diversos Tipos

Fuente: (EMSEAL, 2017)

En la figura 54 se muestra que la junta SJS-FP tiene una fácil transición entre el plano vertical con el horizontal, donde otros tipos de juntas suelen aislarse.



**Figura 54** Transición entre el Plano Vertical con el Horizontal

Fuente: (EMSEAL, 2017)

#### 5.6.4. Sistema SJS – FP – FR2

Este sistema está diseñado para sellar aberturas extensas ( $\geq 10$  cm) y de esta forma, ofrecer mayor impermeabilidad y resistencia al tráfico. Este sistema es un sellante que ofrece una buena resistencia ante las acciones del fuego en construcciones de doble losa. Está constituido por patas de soporte en bridas impermeables, las mismas que se incorporan a la membrana impermeabilizante de la plataforma (Figura 55).



**Figura 55** Prototipo de sistema SJS-FP-FR2

Fuente: (EMSEAL, 2017)

La placa protectora, que puede estar constituida por aluminio o acero inoxidable, trabaja como un elemento receptor de altas cargas. La junta está compuesta por dos sellantes de espuma, los mismos que son pre-comprimidos y pre-ensamblados en paralelo junto con un separador de aluminio extruido, el mismo que actúa como receptor de sujeción de las placas protectoras, las mismas que son resistentes a las acciones del tráfico vehicular y otras cargas de intensidad significativa, dando



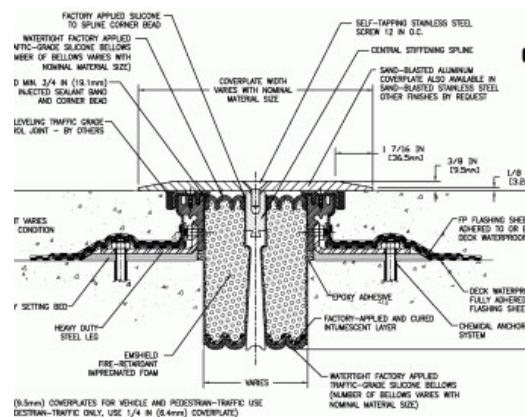
como resultado un sistema impermeable con una placa protectora, la misma que estará firmemente anclada al separador de aluminio. Entre sus ventajas se encuentran las siguientes:

- Pueden resistir a las acciones del fuego hasta por dos horas.
- Las bridas de cada lado de la junta vienen incorporadas a membranas impermeabilizantes.
- Son aislantes acústicos.
- Sus placas protectoras están libres de anclajes invasivos al hormigón.
- Llevan incorporados tornillos auto roscantes para la placa protectora.
- Su instalación es fácil y rápida.

Puede usarse en:

- Estadios de doble losa resistentes a las acciones del fuego.
- Cubiertas de doble losa resistentes al fuego.
- Puentes conectores en centros comerciales.
- Cubiertas de podio de doble losa resistentes al fuego.

En la figura 56 se presenta el plano de configuración de la junta.

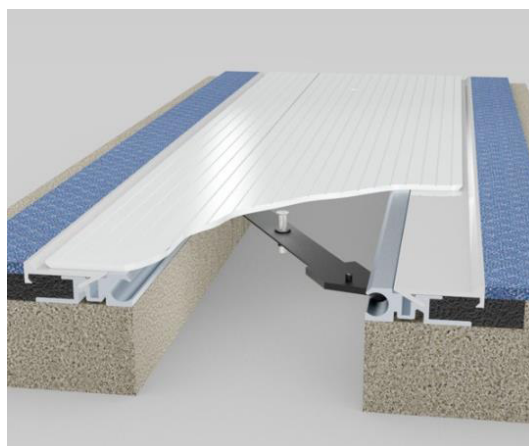


**Figura 56** Detalle Constructivo de una Junta SJS-FP-FR2

Fuente: (EMSEAL, 2017)

### 5.6.5. Sistema Piso Sísmico Wabo

Este sistema está compuesto de una placa de cubierta de aluminio, miembro base de aluminio y una barra de centrado sísmico que permite adaptarse fácilmente a cualquier grado de libertad (Figura 57).



**Figura 57** Piso Sísmico Wabo

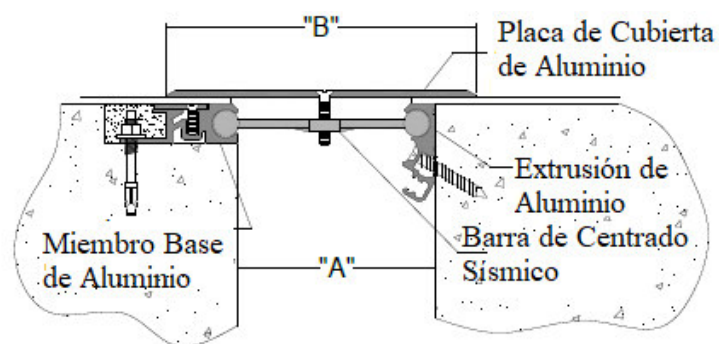
Fuente: (BASF, 2017)

A continuación se presentan los diferentes modelos diseñados de acuerdo a su capacidad de movimiento y condiciones de colocación:

- Modelo FXB
- Modelo FJX
- Modelo FJG
- Modelo FNB
- Modelo FXE
- Modelo FJC

#### 5.6.5.1 Modelo “FXB”

El modelo “FXB”, está diseñado en base a una placa de cubierta de aluminio, como se indica en la figura 58. En la tabla 32 se presenta las características geométricas de este tipo de juntas.



**Figura 58** Esquema del Modelo "FXB"

Fuente: (BASF, 2017)

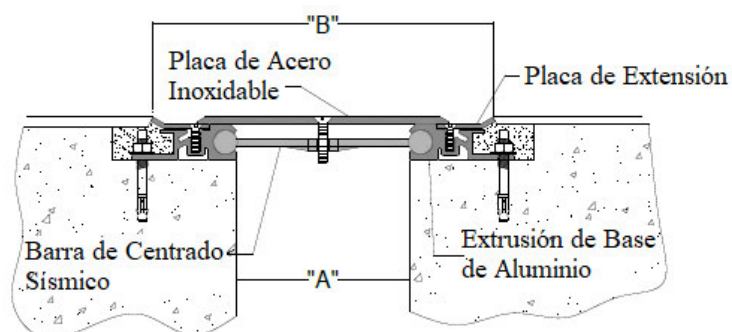
**Tabla 32***Tabla de movimientos del modelo "FXB"*

Número de Modelo	Abertura ("A")		Ancho del Sistema ("B")		Movimiento Total	
	pulgadas	mm	pulgadas	mm	pulgadas	mm
FXB-400	4.0	102	6.5	165	5.0	127
FXB-600	6.0	152	9.5	241	8.0	203
FXB-800	8.0	203	12.5	318	11.0	279
FXB-1000	10.0	254	15.5	394	14.0	356
FXB-1200	12.0	305	18.5	470	17.0	432
FXB-1800	18.0	457	27.5	699	26.0	660

Fuente: (BASF, 2017)

**5.6.5.2 Modelo "FJX"**

El modelo "FJX" ha sido diseñado para nuevas construcciones y utiliza una placa de cubierta de acero inoxidable, el latón también está disponible, como se indica en la figura 59. En la Tabla 33 se presenta las características geométricas de este tipo de juntas.

**Figura 59** Esquema de Modelo "FJX"

Fuente: (BASF, 2017)

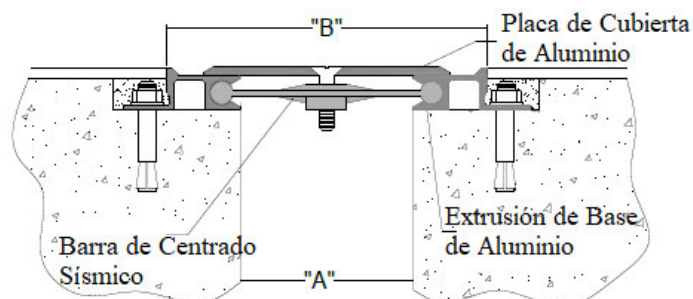
**Tabla 33***Tabla de movimientos del modelo "FJX"*

Número de Modelo	Abertura ("A")		Ancho del Sistema ("B")		Movimiento Total	
	pulgadas	mm	pulgadas	mm	pulgadas	mm
FJX-200	2.0	51	6.25	159	2.0	51
FJX-400	4.0	102	10.38	264	5.0	127
FJX -600	6.0	152	13.75	349	8.0	203
FJX -800	8.0	203	15.75	400	11.0	279
FJX -1000	10.0	254	18.75	476	14.0	356
FJX -1200	12.0	305	21.75	552	17.0	432

Fuente: (BASF, 2017)

**5.6.5.3 Modelo "FJG"**

El modelo "FJG" está diseñado en base de una cubierta empotrada de aluminio, como se indica en la figura 60. En la Tabla 34 se presenta las características geométricas de este tipo de juntas.

**Figura 60** Esquema de Modelo "FJG"

Fuente: (BASF, 2017)

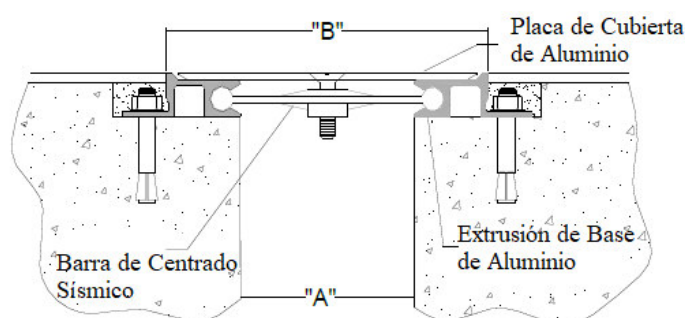
**Tabla 34***Tabla de movimientos del modelo "FJG"*

Número de Modelo	Abertura ("A")		Ancho del Sistema ("B")		Movimiento Total	
	pulgadas	mm	pulgadas	mm	pulgadas	mm
FJG-200	2.0	51	5.75	159	2.0	51
FJG-400	4.0	102	10.38	264	5.0	127
FJG-600	6.0	152	13.75	349	8.0	203
FJG-800	8.0	203	15.75	400	11.0	279
FJG-1000	10.0	254	18.75	476	14.0	356
FJG-1200	12.0	305	21.75	552	17.0	432

Fuente: (BASF, 2017)

#### 5.6.5.4 Modelo “FNB”

El modelo “FNB”, se caracteriza por llevar incorporada una placa empotrada de aluminio sin protuberancias, como se indica en la figura 61. En la Tabla 35 se presenta las características geométricas de este tipo de juntas.



**Figura 61** Esquema del Modelo "FNB"

Fuente: (BASF, 2017)

**Tabla 35**

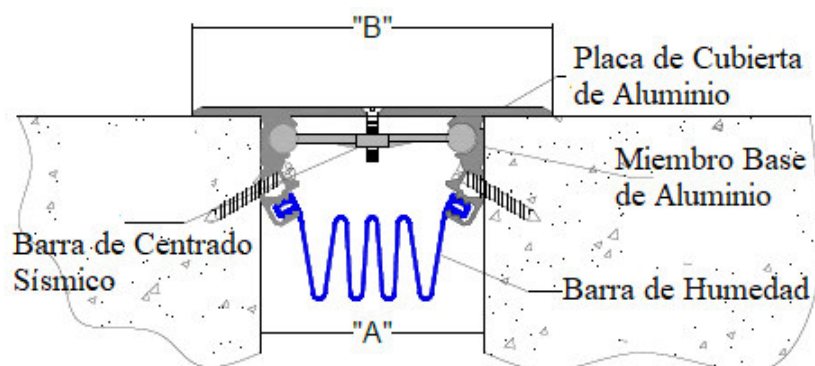
*Tabla de movimientos del modelo "FNB"*

Número de Modelo	Abertura (“A”)		Ancho del Sistema (“B”)		Movimiento Total	
	pulgadas	mm	pulgadas	mm	pulgadas	mm
FNB-200	2.0	51	5.75	146	2.0	51
FNB-400	4.0	102	7.75	197	5.0	127
FNB-600	6.0	152	11.75	299	8.0	203
FNB-800	8.0	203	15.19	386	11.0	279
FNB-1000	10.0	254	17.81	452	14.0	356
FNB-1200	12.0	305	20.81	529	17.0	432

Fuente: (BASF, 2017)

#### 5.6.5.5 Modelo “FXE”

El modelo “FXE”, está diseñado a base de una placa de aluminio, incluyendo una barrera para evitar la infiltración a niveles inferiores, como se indica en la figura 62. En la Tabla 36 se presenta las características geométricas de este tipo de juntas.



**Figura 62** Esquema del Modelo “FXE”

Fuente: (BASF, 2017)

**Tabla 36**

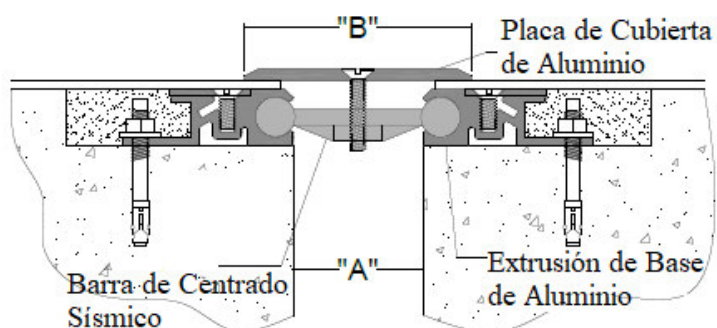
*Tabla de movimientos del modelo "FXE"*

Número de Modelo	Abertura("A")		Ancho del Sistema ("B")		Movimiento Total	
	pulgadas	mm	pulgadas	mm	pulgadas	mm
FXE-400	4.0	102	6.5	165	4.0	102
FXE-600	6.0	152	9.5	241	7.0	178
FXE-800	8.0	203	12.5	318	10.0	254
FXE-1000	10.0	254	15.5	394	13.0	330
FXE-1200	12.0	305	18.5	470	16.0	406
FXE-1800	18.0	457	27.5	699	25.0	635

Fuente: (BASF, 2017)

### 5.6.5.6 Modelo “FJC”

El modelo "FJC" ha sido diseñado para nueva construcción y utiliza una placa de cubierta de aluminio empotrada, como se indica en la figura 63. En la Tabla 37 se presenta las características geométricas de este tipo de juntas.



**Figura 63** Esquema del Modelo "FJC"

Fuente: (BASF, 2017)

**Tabla 37**

*Tabla de movimientos del modelo "FJC"*

Número de Modelo	Abertura ("A")		Ancho del Sistema ("B")		Movimiento Total	
	pulgadas	mm	pulgadas	mm	pulgadas	mm
FJC-200	2.0	51	3.50	89	2.0	51
FJC-400	4.0	102	6.50	165	5.0	127
FJC-600	6.0	152	9.50	241	8.0	203
FJC-800	8.0	203	12.50	318	11.0	279
FJC-1000	10.0	254	15.50	394	14.0	356
FJC-1200	12.0	305	18.50	470	17.0	436

Fuente: (BASF, 2017)

Entre sus propiedades físicas se pueden mencionar las siguientes:

- **Extrusiones y formas de aluminio:** Los materiales deben cumplir con las propiedades de ASTM B221, Aluminio aleación 6063-T6.
- **Acero inoxidable:** El material debe cumplir con las propiedades de ASTM 5A a 240 frente a ASTM A276 tipo 304.
- **Latón:** el material debe cumplir con las propiedades de CDA 260, 70% de cobre.
- **Barra de auto-entrada:** Fabricado con componentes de nylon resistentes a la corrosión con terminales esféricos.



- **Barrera de humedad:** Material de lámina de vinilo transparente resistente a rasgaduras reforzado con tela. El espesor mínimo será 0.026. (BASF, 2017)

Para su instalación se recomienda lo siguiente:

- Proteger todos los componentes de la junta de expansión durante la instalación.
- La configuración del piso deberá ser diseñada de tal forma que este pueda permitir la instalación adecuada de sistema y sus componentes.
- Construir aberturas conjuntas consistentes a lo largo y ancho de la articulación. Inspeccionar y verificar que todos los sustratos sean sólidos y sanos antes del trabajo. Retirar cualquier material suelto y reparar cualquier hueco, y / o abertura con material de reparación apropiado.

## **5.7. Resumen del Capítulo**

En este capítulo se ha explicado sobre las juntas utilizadas en edificios, diferenciando las juntas sísmicas de las juntas de dilatación. Para el diseño de las juntas sísmicas en edificios con aislamiento sísmico de base se deben considerar los aspectos funcionales, ancho de la abertura, grados de libertad, y las condiciones en las que se va colocar. Además, se ha presentado diferentes tipos de juntas sísmicas utilizadas en edificios. Esto ha permitido conocer las soluciones existentes de juntas sísmicas de piso para edificios.

En el siguiente capítulo se describirán las juntas sísmicas de gran desplazamiento implementadas en el puente Los Caras.

## CAPÍTULO VI

### VI. JUNTAS DE GRAN DESPLAZAMIENTO EN EL PUENTE LOS CARAS

#### 6.1. Introducción

El Puente Los Caras es una estructura con sistemas de aislamiento de base, que se encuentra en Bahía de Caráquez, provincia de Manabí, siendo el puente más largo de Ecuador. La estructura tuvo un adecuado desempeño sísmico durante el terremoto de 2016, posteriormente proporcionó un transporte vital, comercial y de defensa de enlace entre las localidades de San Vicente y Bahía de Caráquez.

Se describe en detalle la junta sísmica de gran desplazamiento colocada en el acceso de Bahía de Caráquez y San Vicente, la misma que fue diseñada analíticamente y validada experimentalmente.

#### 6.2. Descripción General del Puente Los Caras

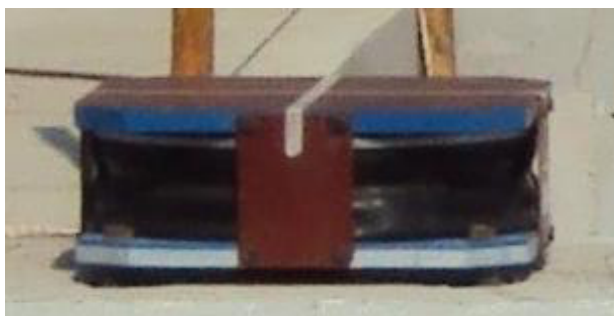
Este puente tiene una sección central de 1710 m con sistema de aislamiento sísmico conectada en sus extremos a dos accesos curvos no aislados, 120 m en Bahía de Caráquez y 150 m en el lado de San Vicente, por medio de juntas sísmicas de gran desplazamiento (Figura 64).



**Figura 64** El Puente Los Caras

Fuente: (Cuerpo de Ingenieros del Ejército, 2010)

El puente fue diseñado con sistema de aislamiento de base compuesto por 152 aisladores de péndulo de fricción de triple curvatura (figura 65).



**Figura 65** Aisladores Sísmicos de Base Triple Péndulo de Fricción

Fuente: (Cuerpo de Ingenieros del Ejército, 2010)

El aislador de triple péndulo es un dispositivo compacto y tiene la capacidad de adaptar su rendimiento en relación con la demanda, para aumentar la capacidad de desplazamiento y para reducir la velocidad en el movimiento, evitando así la variación en los coeficientes de fricción.

Las estructuras de aislamiento sísmico típicamente transforman grandes fuerzas de inercia en grandes desplazamientos y reducen las fuerzas estructurales. Las estructuras aisladas, y en particular los puentes aislados, requieren dispositivos especiales como sellos de Juntas Sísmicas de Gran Desplazamiento (JSGD) para conectar las partes no aisladas de la estructura, o en áreas no aisladas. Esos dispositivos especiales tienen que soportar grandes desplazamientos. Así como también Sincronizadores de movimiento sísmico (SMS) para permitir el desplazamiento libre de las estructuras, y garantizar su funcionalidad continua.

### 6.3. Juntas Sísmicas de Gran Desplazamiento (JSGD)

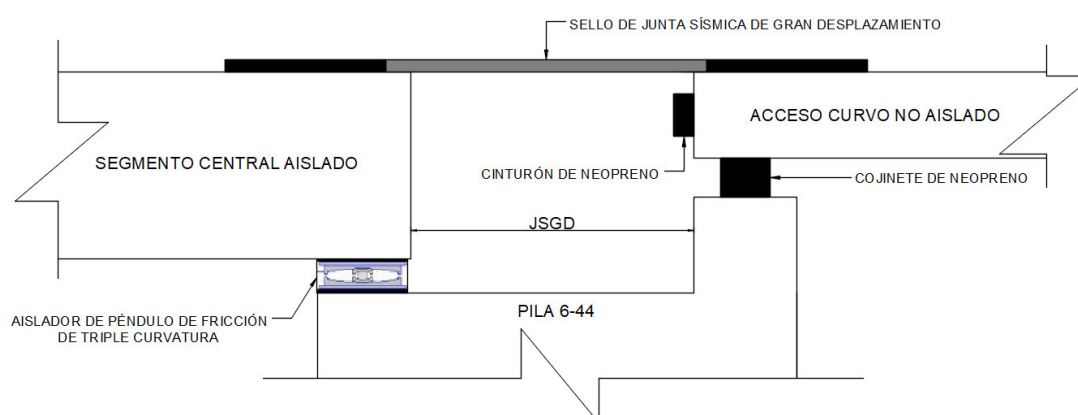
Los sellos JSGD se requieren en los extremos longitudinales de los puentes, diferentes de las juntas convencionales de expansión - contracción, debido que las acciones sísmicas pueden ocurrir en cualquier dirección. Las juntas sísmicas deben admitir grandes desplazamientos en todas las direcciones, lo cual es una de las diferencias fundamentales con respecto a las juntas estándares de dilatación-contracción, que sólo se pueden desplazar en una dirección.

En la figura 66 se indican las juntas estructurales existentes entre el segmento central aislado y el acceso curvo no aislado, localizadas en las pilas 6 y 44.



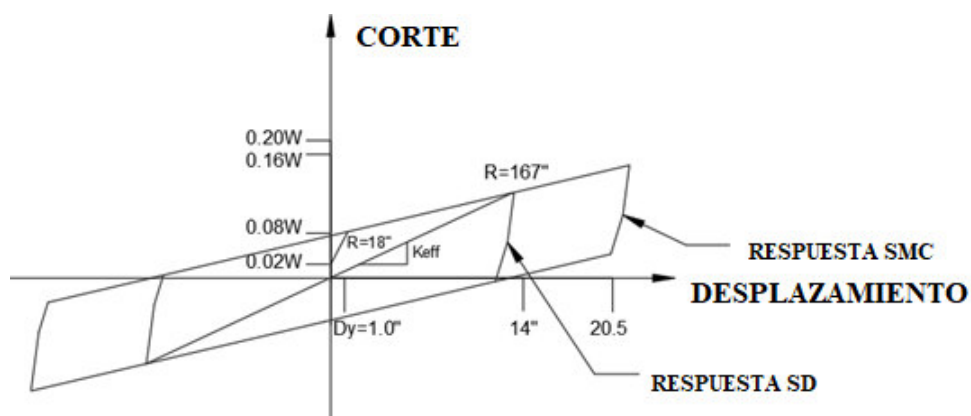
**Figura 66** Segmento Central Aislado y Segmento no Aislado

En las pilas 6 y 44 se localizan cojinetes aislantes y convencionales, debido a ello, los desplazamientos sísmicos máximos previstos en la Junta Sísmica de Gran Desplazamiento (JSGD) están dominados por el desplazamiento del aislador. En la figura 67 se describen los segmentos no aislados y aislados sísmicamente en las referidas pilas.



**Figura 67** Segmentos Sísmicamente Aislados y no Aislados.  
Detalles en las Pilas 6 y 44

En la figura 68 se muestra la curva de histéresis para el aislador sísmico triple péndulo de fricción usado en el puente Bahía – San Vicente, la misma que se obtuvo de la memoria estructural del proyecto. Se observa su desplazamiento en el sismo de diseño (SD) y en el sismo máximo considerado (SMC).



**Figura 68** Curva de Histéresis Corte Desplazamiento del Aislador Usado en el Punte Los Caras  
Fuente: (Romo, y otros, 2010)

De la curva de histéresis se obtiene que el desplazamiento en el SD es de 14" equivalente a 35 cm mientras que el desplazamiento para el SMC es de 20.5" equivalente a 52 cm.

Con esta demanda de desplazamiento, la exigencia de JSJD a la intensidad de SD es de 35 cm en cualquier dirección en la que se produzca el terremoto (longitudinal, transversal y combinado) como se muestra en la figura 69.



**Figura 69** Desplazamientos Esperados en Todas las Direcciones Durante un Sismo

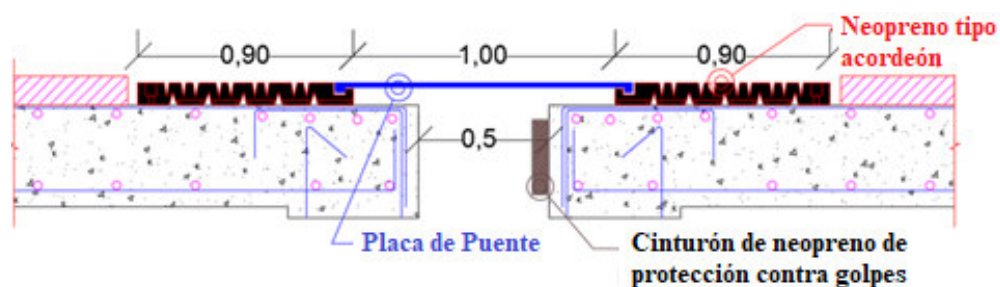
Tomando estas consideraciones se decidió dejar una abertura de 50 cm de junta para la libre circulación en todas las direcciones ante una intensidad SMC como se muestra en la figura 70.



**Figura 70** Abertura Estructural Libre del Sello JSGD (50 cm para la Intensidad MC)

Fuente: (Cuerpo de Ingenieros del Ejército, 2010)

Para asumir los desplazamientos y las solicitaciones actuantes se diseñó una junta (JSGD) compuesta de tres piezas: dos secciones laterales de neopreno anclados por sus extremos a la placa de hormigón armado, utilizando pernos de anclaje, y una sección central de neopreno reforzados con acero de refuerzo viguetas, para resistir el peso de las llantas de los camiones en circulación (Figura 71, 72).



**Figura 71** Junta Sísmica de Gran Desplazamiento Colocado en el Puente Los Caras

Fuente: (Cuerpo de Ingenieros del Ejército, 2010)

Las dos secciones flexibles laterales de la junta tienen una geometría de acordeón para permitir el desplazamiento longitudinal, mediante el alargamiento y acortamiento de capacidad de 35 cm cada uno, o una capacidad total mínimo de 70 cm para la intensidad DE.

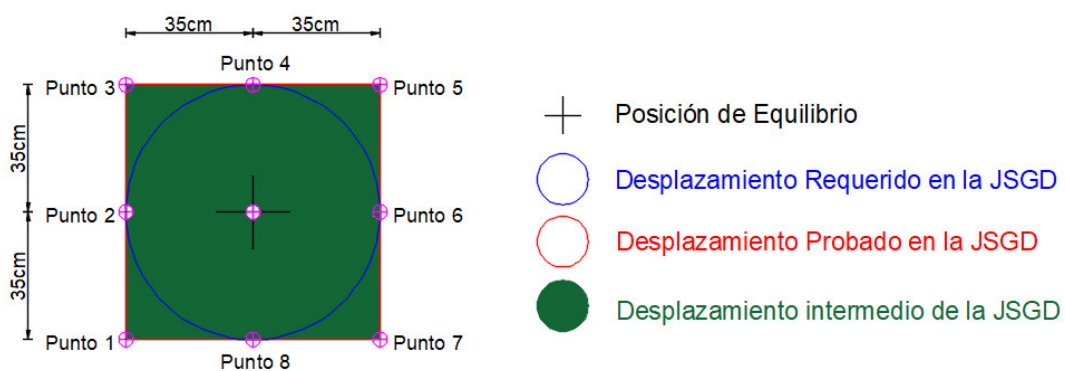


**Figura 72** Detalle del Sello JSGD (año 2010)

Fuente: (Cuerpo de Ingenieros del Ejército, 2010)

Además de las pruebas convencionales de dureza, elongación de neopreno y resistencia de cada componente de la junta, que se llevaron a cabo en laboratorios universitarios, se realizaron pruebas para asegurar el desplazamiento en todas las direcciones en la infraestructura diseñada por Amflex (diseñador y fabricante) especialmente para este fin, bajo la supervisión de los consultores del Cuerpo de Ingenieros del Ejército (Romo, y otros, 2010). La prueba de desplazamiento del JSGD se realizó en una mesa de desplazamiento especial, que fue diseñada para el Puente de Los Caras (Figura 73, 74), de acuerdo con la demanda de deformación durante el evento sísmico del 16 de abril. Existe una evidencia que muestra que el JSGD pudo moverse sin problemas más de 35 cm en cada dirección horizontal (Romo, y otros, 2010).





**Figura 73** Desplazamiento Requerido y Probado de la JSGD



Punto 1 coordenadas (-35, -35)



Punto 2 coordenadas (-35,0)



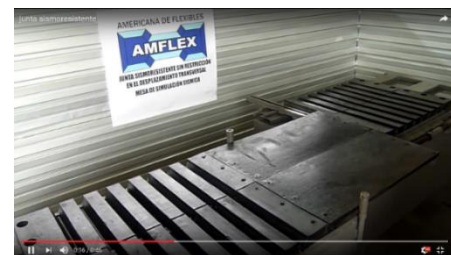
Punto 3 coordenadas (-35, 35)



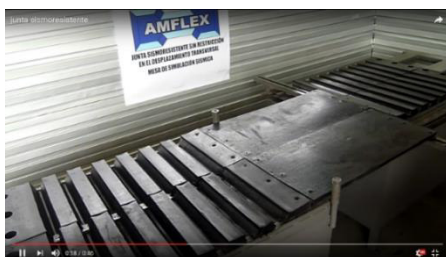
Punto 4 coordenadas (0, 35)



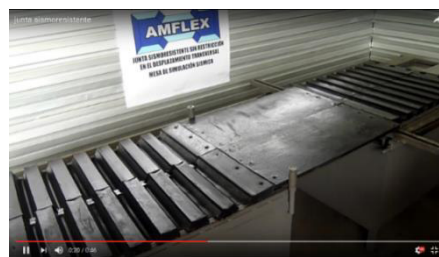
Punto 5 coordenadas (35,35)



Punto 6 coordenadas (35,0)



Punto 7 coordenadas (35,35)



Punto 8 coordenadas (0,35)

**Figura 74** Prueba de Desplazamiento de JSGD

Fuente: (Amflex, 2010)

El principal efecto del terremoto en las JSGD fue el progresivo deterioro del neopreno en las secciones con forma de acordeón como se observa en la figura 75.

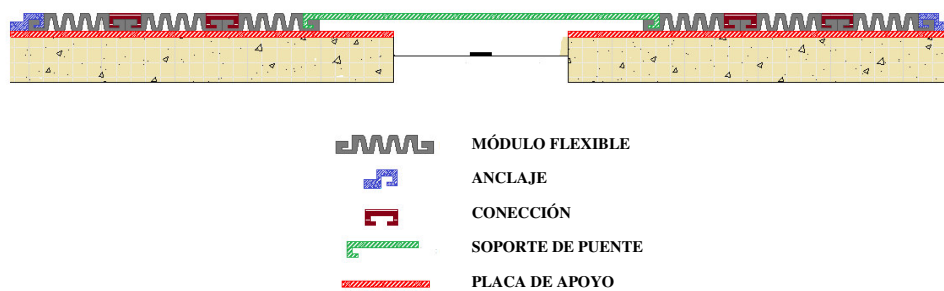
**Figura 75** Detalle del sello JSGD después del Terremoto del 16 de abril del 2016

Fuente: (Cuerpo de Ingenieros del Ejército, 2010)

Dentro de los 5 meses posteriores al terremoto de Muisne 2016, las JSGD de las pilas 44 y 6 fueron reemplazadas por una versión mejorada. En esta nueva versión se segmento con canales de acero invertido a las secciones de neopreno con geometría de acordeón, para evitar una longitud continua

extremadamente flexible, también se mejoró el sistema de sujeción entre la sección central con vigas y puentes de metal, y las secciones laterales de neopreno.

En la figura 76, 77 se muestra su composición, la misma que permite alcanzar grandes recorridos sin restricción en el desplazamiento longitudinal, transversal y vertical.



**Figura 76** Segunda Versión de la JSGD

Fuente: (DISTRITEC, 2017)

La placa de apoyo tiene la principal característica de dar continuidad a la superficie, cuyo ancho está en proporción directa a la abertura estructural. Mientras que los módulos flexibles necesarios se determina en proporción directa al recorrido (DISTRITEC, 2017)



**Figura 77** Nueva Versión de la JSGD colocado en el Puente Los Caras

Los movimientos verticales que asumen las juntas sísmicas son importante para grandes terremotos como el del 16 de abril. En la versión original estos movimientos verticales pudieron der resistidos por la flexibilidad del neopreno, pero con la segunda versión era manejado por la central de acero sección rígida, sin el estrés al neopreno.

En la figura 78 se aprecia la capacidad de desplazamiento longitudinal, transversal y vertical que tiene la nueva versión del sello JSGD.



**Figura 78** a) *Desplazamiento Longitudinal, Vertical en la Nueva Versión del Sello JSGD, b) Desplazamiento Transversal en la Nueva Versión del Sello JSGD*

Fuente: (DISTRITEC, 2017)

#### **6.4. Resumen del Capítulo**

En este capítulo se ha explicado en detalle sobre las juntas de gran desplazamiento diseñadas y colocadas en el Puente Los Caras. Este puente cuenta con sistemas de aislamiento de fase FPS de tercera generación para separar la superestructura de la subestructura para minimizar la fuerza del terremoto a ser transferida a la estructura. Sin embargo existe una estructura no aislada que se

encuentra en los dos extremos del puente. Por este motivo se diseñaron juntas de gran desplazamiento para permitir el libre desplazamiento del puente, garantizando la funcionalidad continua. Estas juntas se comportaron de manera satisfactoria ante el terremoto del 16 de abril del 2016, y fueron remplazadas en días posteriores por el progresivo deterioro del neopreno. En el siguiente capítulo se procederá con el diseño de las juntas sísmicas de piso para el CICUFA.

## **CAPÍTULO VII**

### **VII. DISEÑO DE JUNTAS SÍSMICAS DE PISO PARA EL CICUFA**

#### **7.1. Introducción**

En este capítulo se procederá con el diseño de las Juntas Sísmicas de Piso JSP, siguiendo una metodología que nos permita: comprender el sentido de movimiento de la estructura para determinar los grados de libertad de la JSP, dimensionar adecuadamente su geometría, tomando en cuenta su ubicación, tipo de tránsito e identificar los acabados de las superficies adyacentes. Este diseño se basa en el modelo propuesto por (BASF, 2017) para el diseño de las juntas sísmicas de piso para el CICUFA.

#### **7.2. Capacidad de Desplazamiento de la JSP**

Este es el paso más importante para escoger la disposición geométrica de las juntas sísmicas, puesto que las juntas trabajarán de acuerdo al sentido en que la estructura experimente el desplazamiento, por lo tanto, es necesario adaptar el mecanismo de las juntas al sentido de movimiento más apropiado y para que asuma los desplazamientos producidos.

La capacidad de desplazamiento de la junta está relacionada directamente con la capacidad de desplazamientos permitidos por los aisladores sísmicos de base, ya que de estos dependen los desplazamientos de la estructura.

En (Constantinou et al., 2016) se define el modelo de comportamiento del aislador FPT8833/12-12/8-6, y la capacidad de desplazamiento, tomando en cuenta que los aisladores se desplazan y rotan. La capacidad total de desplazamiento se determina mediante la siguiente expresión:

$$d_i = (d_2 + d_3) \frac{L_1}{L_{T1}} + (d_1 + d_4) \frac{L_2}{L_{T2}} \quad (1)$$

Donde

- $d_2, d_3, d_1, d_4$  es la capacidad de desplazamiento del aislador interno.
- $L_1, L_2$ , son las longitudes del primer y segundo péndulo.
- $L_{T1}$  es la suma de los radios  $R_2$  y  $R_3$ .
- $L_{T2}$  es la suma de los radios  $R_1$  y  $R_4$ .

- **Primer péndulo**

Al inicio del movimiento, se desliza la base rígida del aislador interior. Por lo tanto, el deslizamiento se produce en las superficies de radio  $R_2$  y  $R_3$ .

$$L_1 = R_2 + R_3 - (h_2 + h_3) \quad (2)$$

$$L_1 = 12 + 12 - 6$$

$$L_1 = 18" = 45.72cm$$

- **Segundo péndulo**

Corresponde al caso en que el aislador se desliza en las placas 1 y 3, cuyos radios son:  $R_1$ ,  $R_3$ .

$$L_2 = R_1 + R_3 - (h_1 + h_3) \quad (3)$$

$$L_2 = 88 + 12 - (4 + 3)$$

$$L_2 = 93" = 236.22cm$$

- **Tercer péndulo**

El movimiento se da en las placas cuyos radios son:  $R_1$ ,  $R_4$ . Aquí se tiene:

$$L_3 = R_1 + R_4 - (H + t + t) \quad (4)$$

$$L_3 = 88 + 88 - (4 + 4)$$

$$L_3 = 168" = 426.72cm$$

Donde  $L_3$ , es la longitud del tercer péndulo.

De la geometría del aislador indicada en la tabla 4 se obtiene el resto de variables de la ecuación.

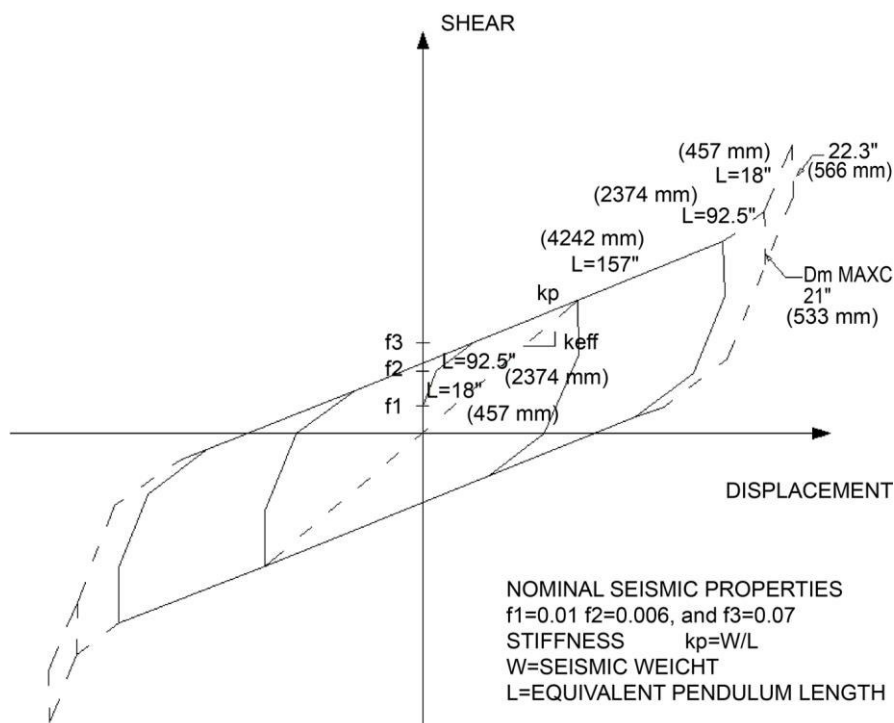
A continuación se determina la capacidad total de desplazamiento del aislador:

$$d_t = (1.5 + 1.5) \frac{18}{12 + 12} + (10.5 + 10.5) \frac{168}{88 + 88}$$

$$d_t = 22.3" = 56.6cm$$



El comportamiento del aislador FPT8833/12-12/8-6 se lo puede conocer mediante su curva de histéresis, en el que se verifica el desplazamiento calculado anteriormente y se lo muestra en la figura 79.

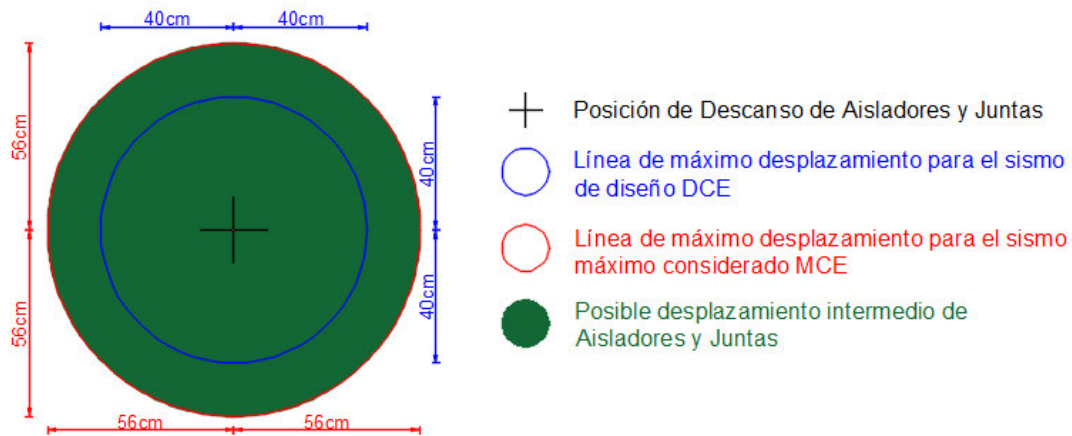


**Figura 79** Curva de Histéresis Corte Desplazamiento de Aislador FPT8833/12-12/8-6

Fuente: EPS (2015)

La capacidad de desplazamiento máxima del aislador es de 56 cm. Como una solución conservadora se iguala este desplazamiento con la demanda producida por un sismo de intensidad SMC, básicamente porque la estimación del sismo máximo es imprecisa.

Teniendo como resultado una capacidad de desplazamiento de 56 cm en cualquier dirección que se produzca el terremoto (longitudinal, transversal y combinado), como se indica en la figura 80.



**Figura 80** Desplazamientos Esperados en Todas las Direcciones Durante un Sismo

Tomando estas consideraciones se propone dejar una abertura de 56 cm de junta para la libre circulación en todas las direcciones ante una intensidad SMC.

$$A = \Delta_{SMC} \quad (5)$$

$$A = 56 \text{ cm}$$

Donde:

A: Abertura de la Junta

$\Delta_{SMC}$ : Desplazamiento máximo esperado ante sismo SMC

En base a este criterio se propone que las aberturas de las juntas se deben modificar para dejar un espacio libre de 56 cm, como se indica en las siguientes tablas.

**Tabla 38***Juntas de piso en el nivel +0.00*

Nivel	Designación	Media en campo (cm)	Medida Requerida (cm)	Aumento (cm)	Corte (cm)
+0.00	A	62	56	-	6
	B	51	56	4	-
	C	46	56	10	-
	D	40	56	16	-
	E	40	56	16	-
	F	40	56	16	-

**Tabla 39***Juntas de piso en el nivel +4.94*

Nivel	Designación	Media en campo (cm)	Medida Requerida (mm)	Aumento (mm)	Corte (mm)
+4.94	A	62	56	-	6
	B	51	56	4	-
	C	46	56	10	-
	D	40	56	16	-
	E	40	56	16	-
	F	40	56	16	-

**Tabla 40***Juntas de piso en el nivel +9.88*

Nivel	Designación	Media en campo (cm)	Medida Requerida (cm)	Aumento (cm)	Corte (cm)
+9.88	A	62	56	-	6
	B	51	56	4	-
	C	46	56	10	-
	D	40	56	16	-
	E	40	56	16	-
	F	40	56	16	-

**Tabla 41***Juntas de piso en el nivel +14,82*

Nivel	Designación	Media en campo (cm)	Medida Requerida (cm)	Aumento (mm)	Corte (cm)
+14.82	A	62	56	-	6
	B	51	56	4	-
	C	46	56	10	-
	D	40	56	16	-
	E	40	56	16	-
	F	40	56	16	-
	G	48	56	8	-

El nivel de intensidad SMC es un terremoto de seguridad, donde la estructura sobre el aislamiento sísmico el sistema se verifica para la demanda de estabilidad y ductilidad.

El sistema de aislamiento debe permitir 56 cm horizontalmente (longitudinal, transversal o diagonal); un dispositivo de aislamiento sísmico debe poder moverse libremente 40 cm en cualquier dirección horizontal a la intensidad del diseño. La junta sísmica debe moverse 40 cm sin ninguna restricción de dirección horizontal. Esta es una especificación técnica básica para el diseño de las juntas.

En resumen las juntas sísmicas de piso deben seguir las características técnicas de acoplamiento sísmico con el sistema de aislamiento, las mismas que se detallan a continuación:

- Capacidad mínima de desplazamiento longitudinal: 56 cm en acortamiento y 56 cm en alargamiento (carrera total de 112 cm);
- Capacidad mínima de desplazamiento transversal: 56 cm a la izquierda y 56 cm a la derecha (112 cm en total correr),

- Capacidad de desplazamiento diferencial vertical Mínimo: 2 cm hacia arriba y 2 cm hacia abajo (4 cm de recorrido total)

### 7.3. Condiciones de Juntas en el CICUFA

Las juntas existentes en el CICUFA tienen condiciones particulares de acuerdo a su ubicación en la estructura como se muestra en las siguientes tablas:

**Tabla 42**

*Condiciones de las Juntas en el Nivel +0.00*

Nivel	Designación	Condición
+0.00	A	Piso-Piso
	B	Piso-Pared
	C	Piso-Piso / Piso-Pared
	D	Piso-Piso
	E	Piso-Piso/Piso-Pared
	F	Piso-Piso

**Tabla 43**

*Condiciones de las Juntas en el Nivel +4.94*

Nivel	Designación	Condición
+4.94	A	Piso-Piso
	B	Piso-Pared
	C	Piso-Piso / Piso-Pared
	D	Piso-Piso
	E	Piso-Pared
	F	Piso-Piso

**Tabla 44***Condiciones de las Juntas en el Nivel +9.88*

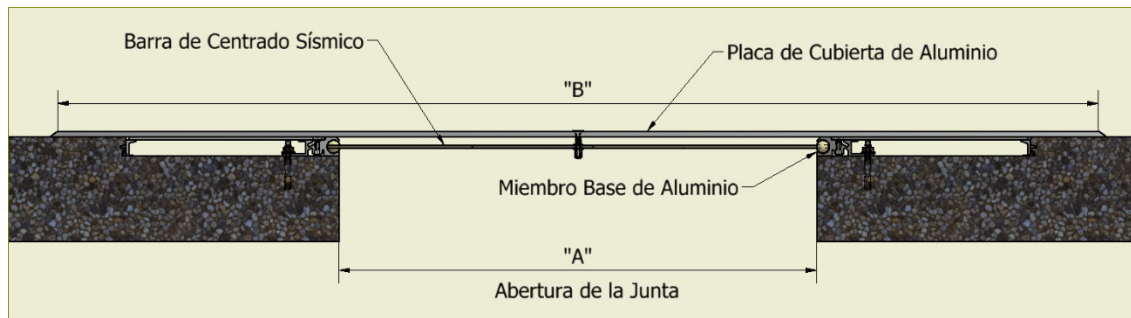
Nivel	Designación	Condición
+9.88	A	Piso-Piso
	B	Piso-Pared
	C	Piso-Piso / Piso-Pared
	D	Piso-Piso
	E	Piso-Pared
	F	Piso-Piso

**Tabla 45***Condiciones de las Juntas en el Nivel +14.82*

Nivel	Designación	Condición
+14.82	A	Piso-Piso
	B	Piso-Piso / Piso-Pared
	C	Piso-Piso / Piso-Pared
	D	Piso-Piso
	E	Piso-Pared
	F	Piso-Piso

#### 7.4. Junta Sísmica de Piso

Para determinar los componentes de la JSP se tomará como referencia la junta propuesta por (BASF, 2017) de Watson Bowman, modelo “FJC”. La misma que está diseñada a base de una placa de aluminio como se indica en la figura 81.



**Figura 81** Esquema de la JSP

#### 7.4.1. Placa de Cubierta de Aluminio

La placa de cubierta de aluminio (Figura 82) cumple la función de dar continuidad a la superficie en todo momento. El Ancho mínimo de la placa depende del tamaño de la abertura de la junta y el desplazamiento permitido ante un sismo DE.

$$B_{min} = A + \Delta_{SMC} \quad (6)$$

Donde:

B: Ancho de la Placa de Cubierta de Aluminio

A: Tamaño de abertura de la junta

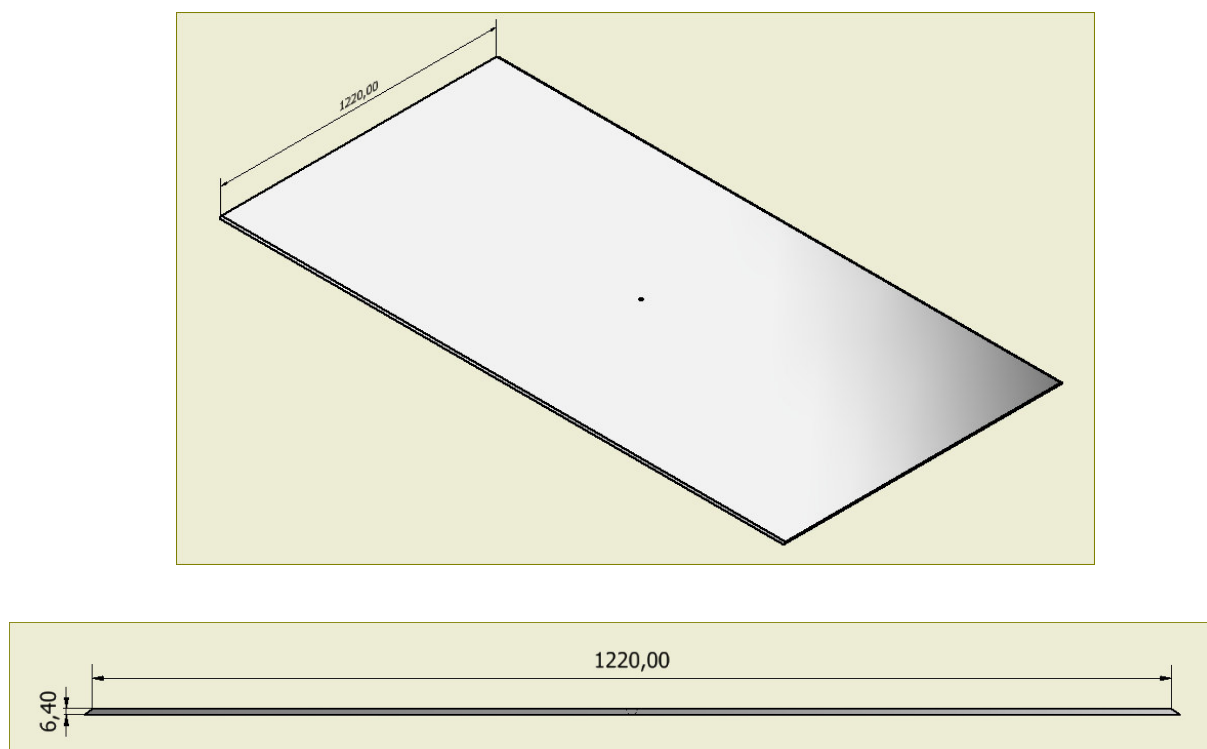
$\Delta_{SMC}$ : Desplazamiento esperado en todas las direcciones ante SMC

$$B_{min} = 56cm + 56cm = 112 cm$$

Para permitir que la Placa de Cubierta de Aluminio se mantenga apoyada en sus extremos durante el desplazamiento máximo para el SD, se decide incrementar en 10cm al ancho mínimo obtenido, como se indica a continuación:

$$B = B_{min} + 10cm = 112 cm + 10cm = 122 cm$$

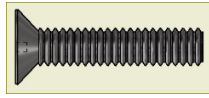
Se considera un espesor de placa de  $\frac{1}{4}$  pulgadas o 6.40 mm para soportar el tráfico peatonal, biselando los extremos de la placa para brindar comodidad a los peatones.



**Figura 82** Esquema de la Placa de Cubierta de Aluminio

Esta placa se conecta con la barra de centrado sísmico mediante un Tornillo de Cabeza Plana CSK  $\frac{1}{4}$ " x  $1 \frac{1}{4}$ " (Figura 83).





**Figura 83** Tornillo de Cabeza Plana CSK 1/4" x1 1/4"

#### 7.4.2. Barra de Centrado Sísmico

Esta barra de centrado sísmico (Figura 84) cumple la función de asumir los movimientos longitudinales, transversales y verticales producidos en la junta.

La longitud de la barra de centrado sísmico ( $Lbc$ ) depende del tamaño de la abertura y la capacidad de desplazamiento permitido.

$$Lbc = B + \Delta_{SMC} \quad (7)$$

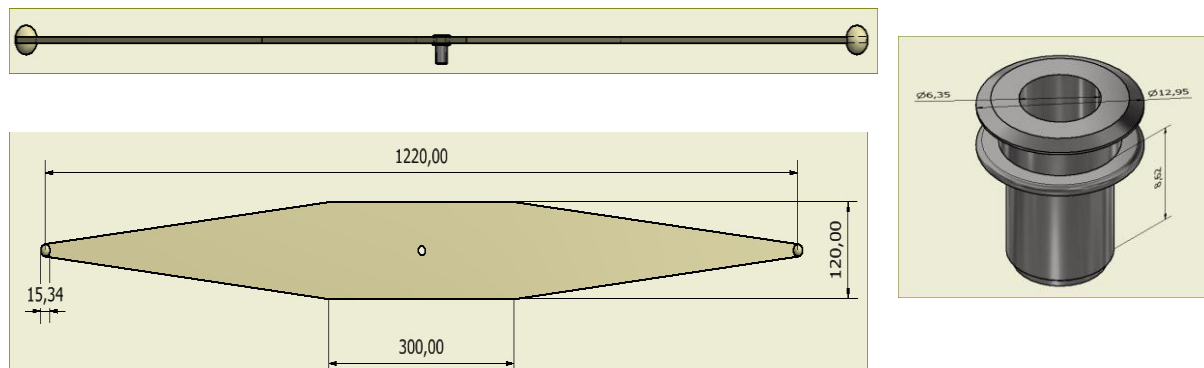
$$Lbc = 56cm + 56cm = 112 cm$$

Para permitir que la Placa de Cubierta de Aluminio se mantenga apoyada en sus extremos durante el desplazamiento máximo para el SD, se decide incrementar en 10cm al ancho mínimo obtenido, como se indica a continuación:

$$Lbc = 112cm + 10cm = 122 cm$$

Su geometría debe permitir el desplazamiento longitudinal, mediante el alargamiento con capacidad de 56 cm y acortamiento de capacidad de 40 cm, o una capacidad total mínimo de 96 cm.

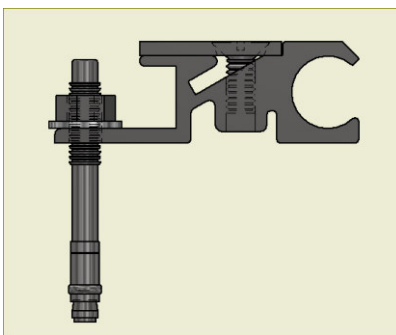
En su configuración está formada por unos terminales en forma de esfera que le permite conectarse con el miembro base de aluminio por medio de un canal de anclaje y deslizamiento que permite asumir los desplazamientos producidos en la junta.



**Figura 84** Esquema de la Barra de Centrado Sísmico

### 7.4.3. Miembro Base de Aluminio

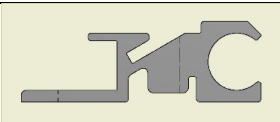
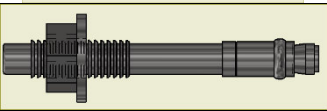



El miembro base de aluminio (Figura 85) cumple la función de soporte de la junta, el mismo que transmite las cargas producidas en la junta hacia sus apoyos en la estructura.



**Figura 85** Miembro Base de Aluminio

Este componente de la junta tiene algunos componentes estándares que permiten actuar como base guía de la barra de centrado sísmicos y apoyo para la placa cubierta de aluminio, los mismos que se indican en la tabla 46.

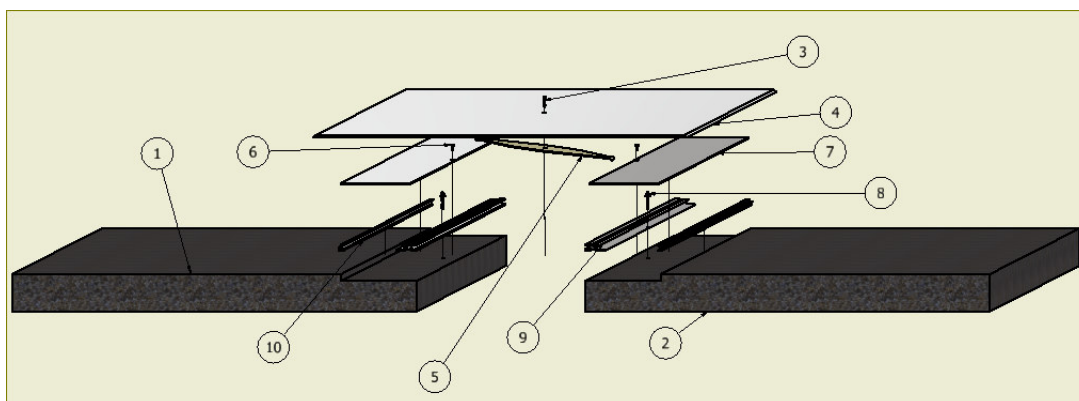
**Tabla 46**  
*Componentes Estándar*

	Conjunto de Base de Aluminio (P/N 15804)
	Perno Hilti Kwik 1/4" x 2 1/4" con Tuerca y Arandela (P/N 6581)
	Tornillo de Cabeza Plana CSK 1/4" x 5/8"
	Extensión de Aluminio (P/N 12039B)
	Apoyo Anclado

El Conjunto de Base de Aluminio es un canal que sirve de guía y desplazamiento de la Barra de Centralizado Sísmico, a la vez que sirve de anclaje del sistema a la superficie. Sobre este elemento se conecta la extensión de aluminio, que sirve de apoyo para la Placa de Cubierta de Aluminio, conectada por un perno.

#### **7.4.4. Montaje de los Componentes de la JSP**

En la figura 86 se indica cada una de las partes que conforman el sistema de JSP el mismo que está conformado por 15 piezas se detallan en la tabla 47.



**Figura 86** Montaje de la JSP

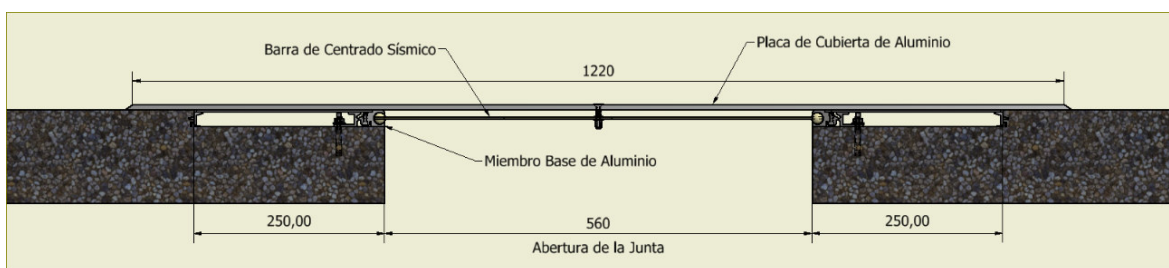
**Tabla 47**

*Lista de Piezas de la JSP*

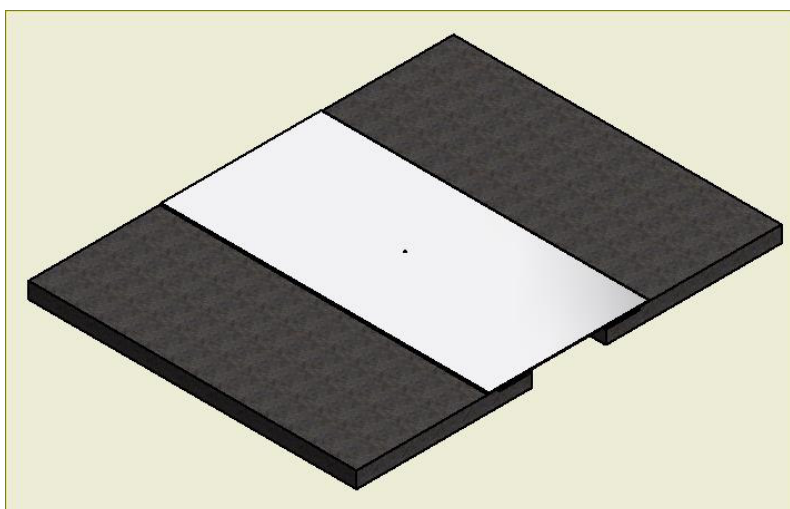
Elemento	Cantidad	Nombre de Pieza
1	1	Apoyo No Aislado
2	1	Apoyo Aislado
3	1	Tornillo de Cabeza Plana CSK 1/4" x 1 1/4"
4	1	Placa de Cubierta de Aluminio
5	1	Barra de Centrado Sísmico
6	2	Tornillo de Cabeza Plana CSK 1/4" x 5/8"
7	2	Extensión de Aluminio (P/N 12039B)
8	2	Perno Hilti Kwik 1/4" x 2 1/4" con Tuerca y Arandela (P/N 6581)
9	2	Conjunto de Base de Aluminio (P/N 15804)
10	2	Apoyo Anclado

#### 7.4.5. Geometría de la JSP

Para asumir los desplazamientos y las solicitaciones actuantes se propone la siguiente geometría de la JSP (Figura 87, 88).



**Figura 87** Vista Frontal de la JSP para el CICUFA

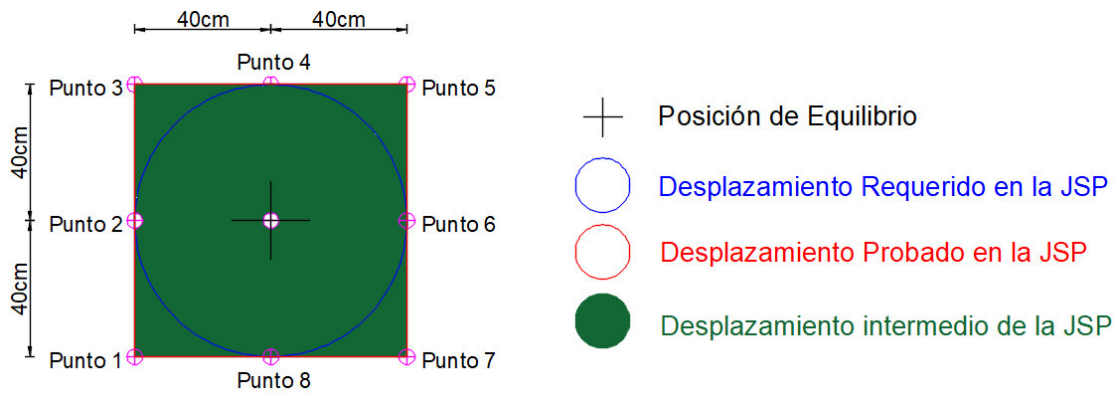


**Figura 88** Isometría de la JSP Propuesta para el CICUFA

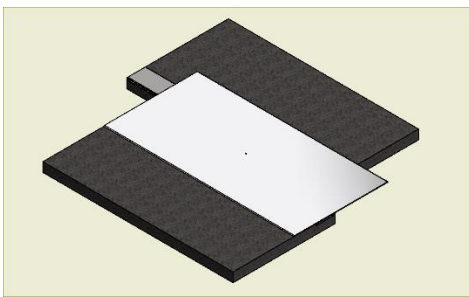
#### **7.4.6. Validación de la JSP ante el Sismo de Diseño**

Se realizó un modelamiento de la JSP utilizando Autodesk Inventor para probar que la junta asuma el desplazamiento requerido en todas las direcciones.

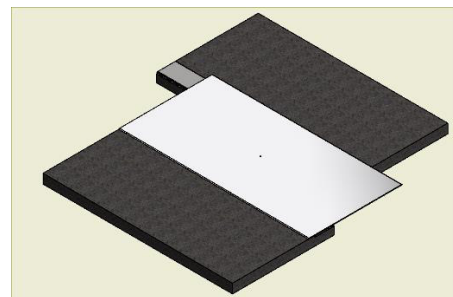
En la figura 89 se indican los desplazamientos producidos en la JSP ante el sismo de diseño:



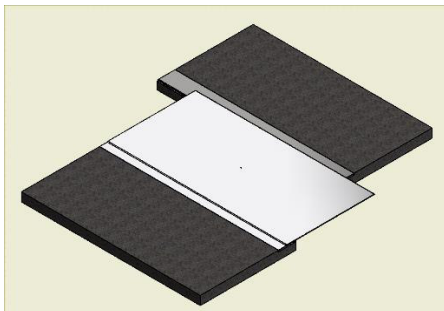
**Figura 89** Desplazamiento Requerido y Probado de la JSP



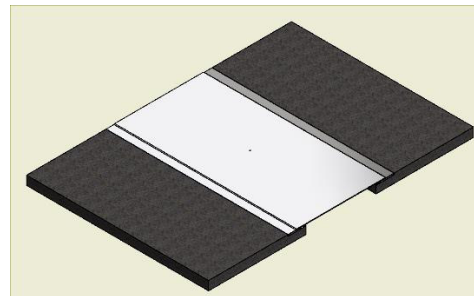
Punto 1 coordenadas (-40, -40)



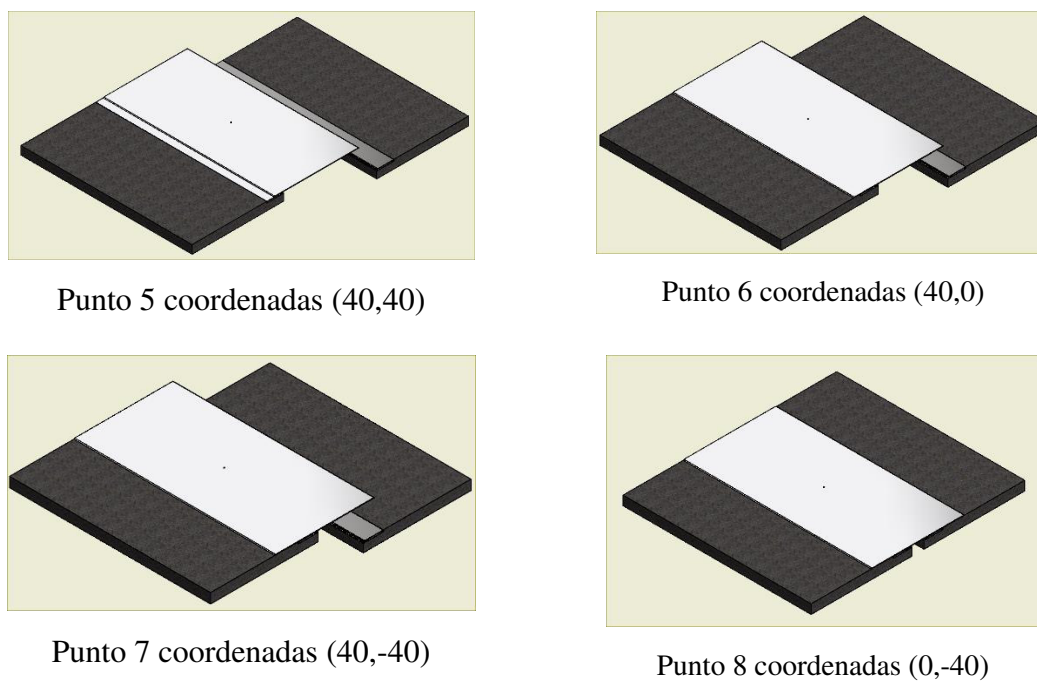
Punto 2 coordenadas (-40,0)



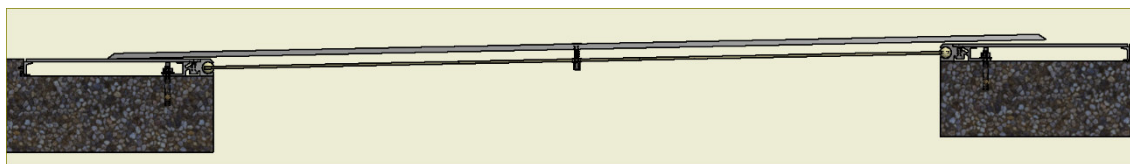
Punto 3 coordenadas (-40, 40)



Punto 4 coordenadas (0, 40)



**Figura 90** Prueba de Desplazamiento de JSP

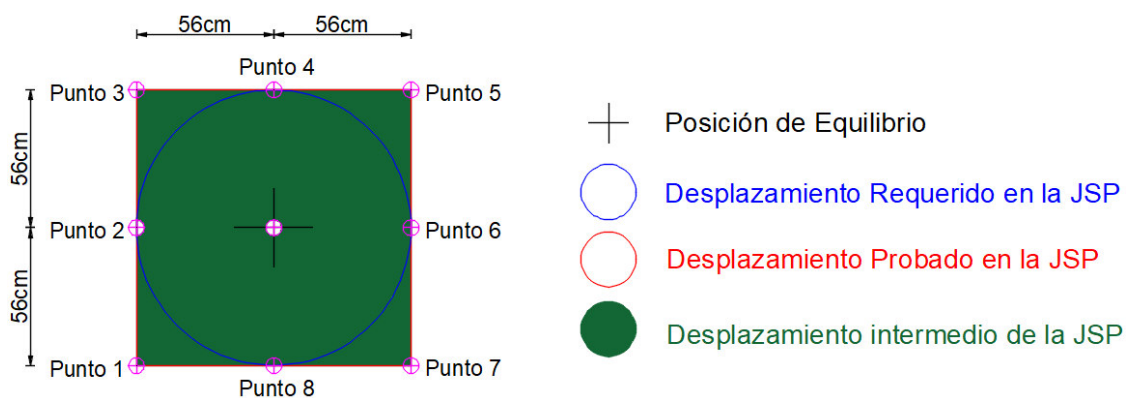


**Figura 91** Desplazamiento Vertical de la Juntas Sísmica de Piso

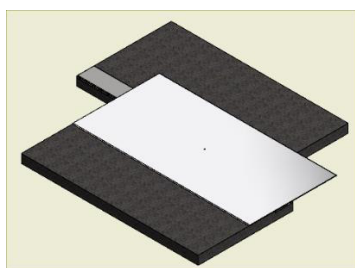
En la figura 90 y 91 se puede observar la capacidad de la JSP para asumir los movimientos y desplazamientos requeridos, cumpliendo su función de manera satisfactoria. Por lo que se comprueba que la JSP es capaz de soportar los desplazamientos en las tres direcciones: longitudinal, transversal, y vertical.

#### 7.4.7. Validación de la JSP ante el Sismo Máximo Considerado

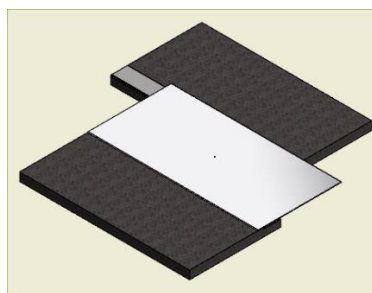
Se realizó un modelamiento de la JSP para probar que la junta asuma el desplazamiento requerido ante el sismo máximo considerado en todas las direcciones. En la figura 92 se indican los desplazamientos producidos en la JSP ante el sismo máximo considerado:



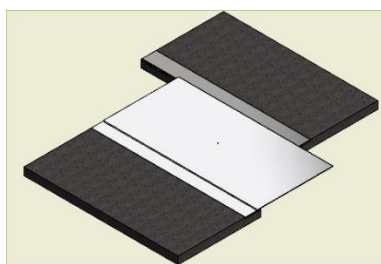
**Figura 92** Desplazamiento Requerido y Probado de la JSP



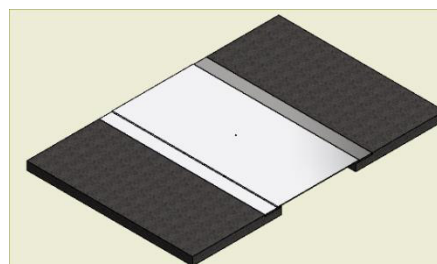
Punto 1 coordenadas (-56, -56)



Punto 2 coordenadas (-56,0)

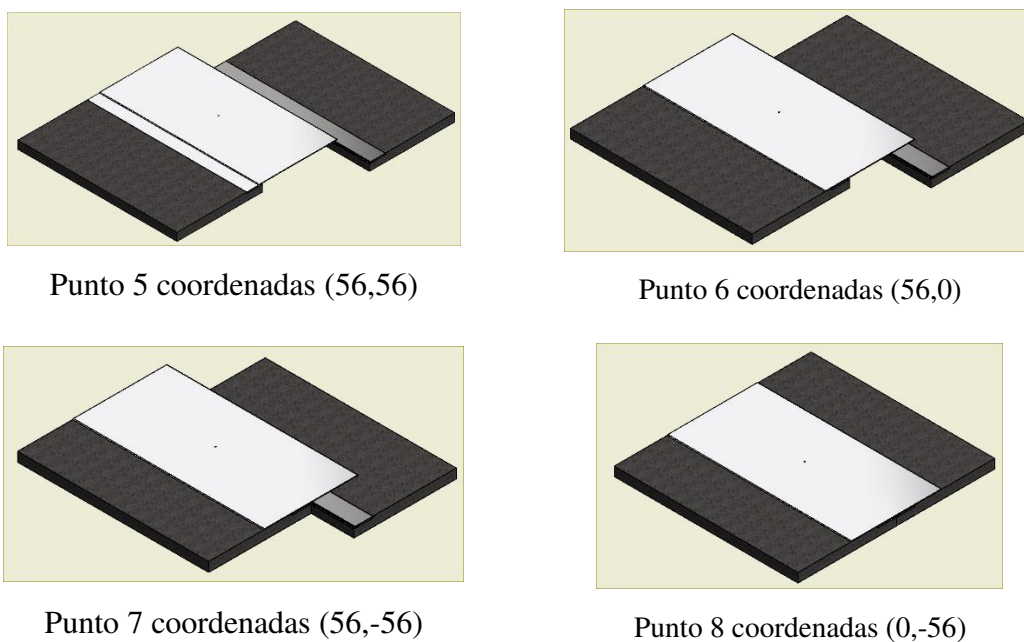


Punto 3 coordenadas (-56, 56)

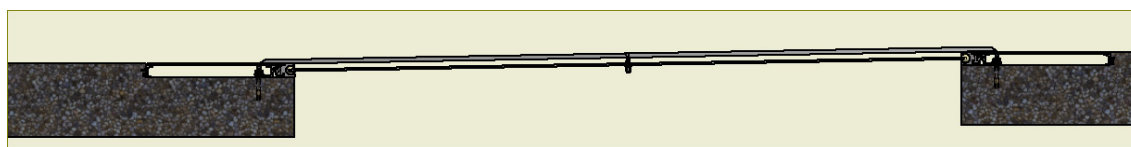


Punto 4 coordenadas (0, 56)





**Figura 93** Prueba de Desplazamiento de JSP

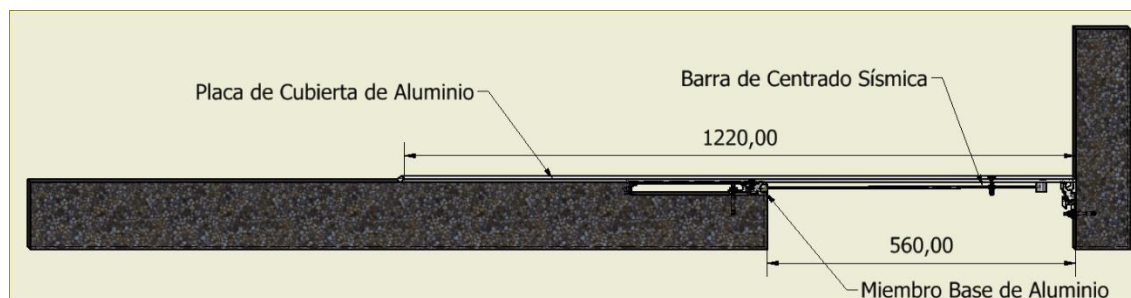


**Figura 94** Desplazamiento Vertical de la JSP

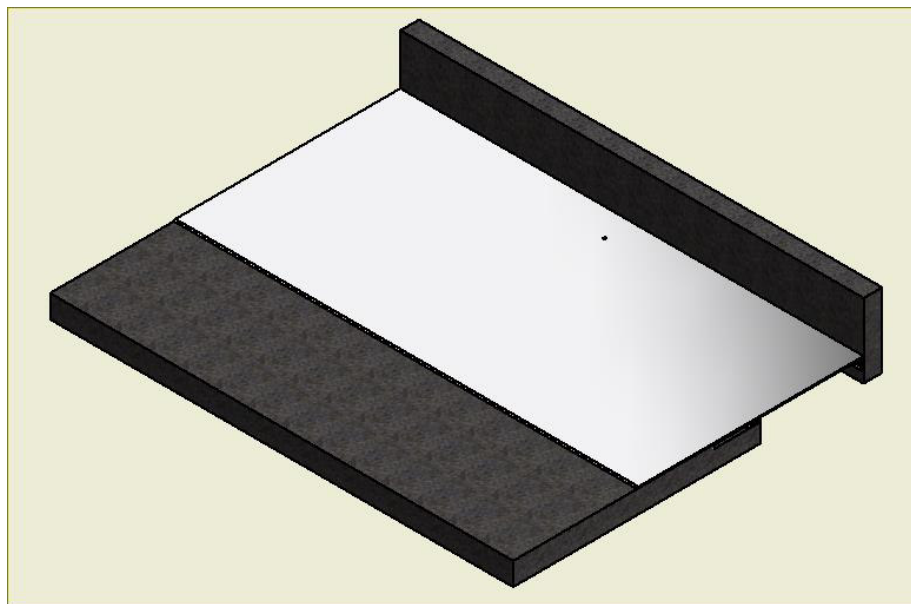
En la figura 93 se verifica que si ocurre un desplazamiento producido por un SMC la junta funcionaria en los puntos 2, 4, 5, 6, mientras que para los puntos 1, 8 y 7 es importante implementar un cinturón de neopreno para proteger del golpe a las estructuras. Mientras que en la figura 94 se aprecia la capacidad de desplazamiento vertical en alargamiento que tiene la JSP.

### 7.5. Junta Sísmica de Piso-Pared

Para asumir los desplazamientos y las solicitaciones actuantes en las juntas que existen entre el piso y la pared se propone la siguiente JSPP (Figura 95, 96):



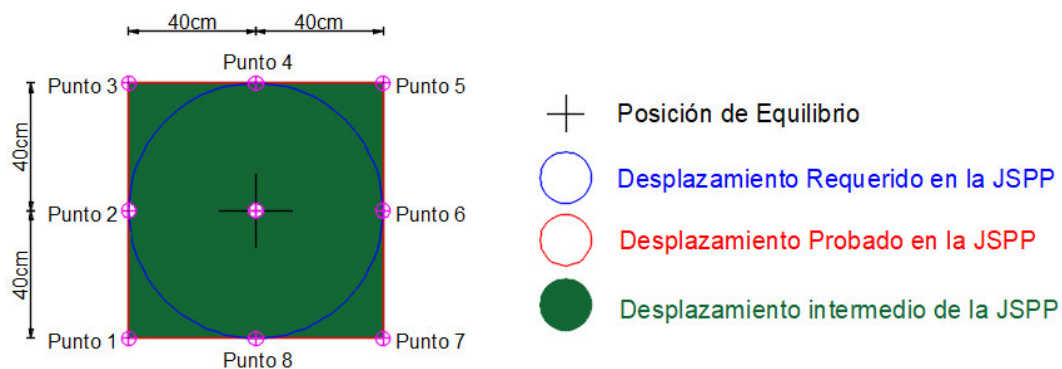
**Figura 95** Vista Frontal de la JSPP Propuesta para el CICUFA



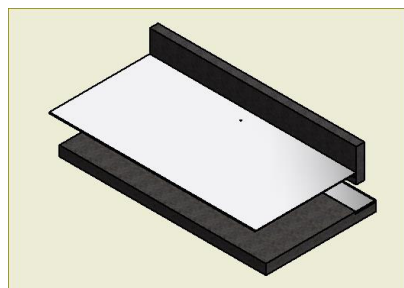
**Figura 96** Isometría de la JSPP Propuesta para el CICUFA

### 7.5.1. Validación de la JSP ante el Sismo de Diseño

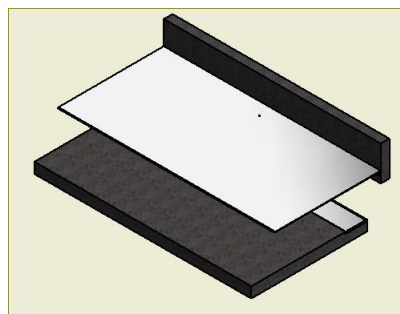
Se realizó un modelamiento de la JSPP utilizando Autodesk Inventor para probar que la junta asuma el desplazamiento requerido en todas las direcciones. En la figura 97 se indican los desplazamientos producidos en la JSP ante el sismo de diseño.



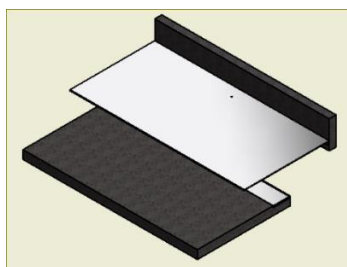
**Figura 97** Desplazamiento Requerido y Probado de la JSPP



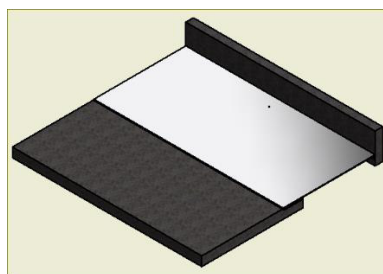
Punto 1 coordenadas (-40, -40)



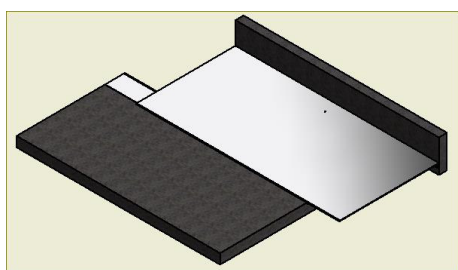
Punto 2 coordenadas (-40,0)



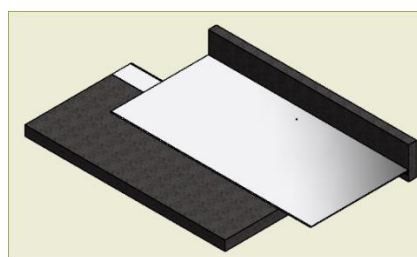
Punto 3 coordenadas (-40, 40)



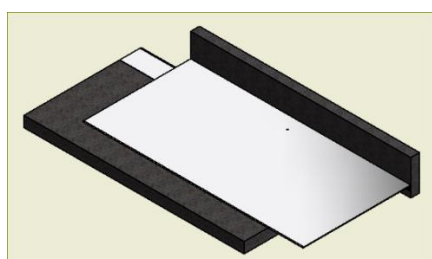
Punto 4 coordenadas (0, 40)



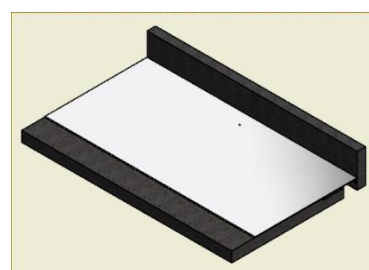
Punto 5 coordenadas (40,40)



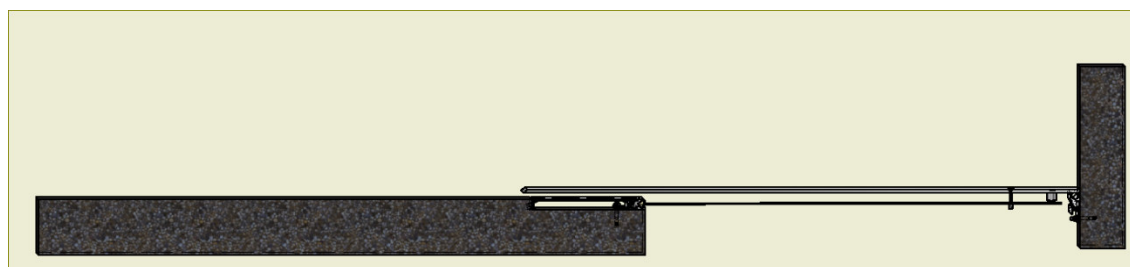
Punto 6 coordenadas (40,0)



Punto 7 coordenadas (40,-40)



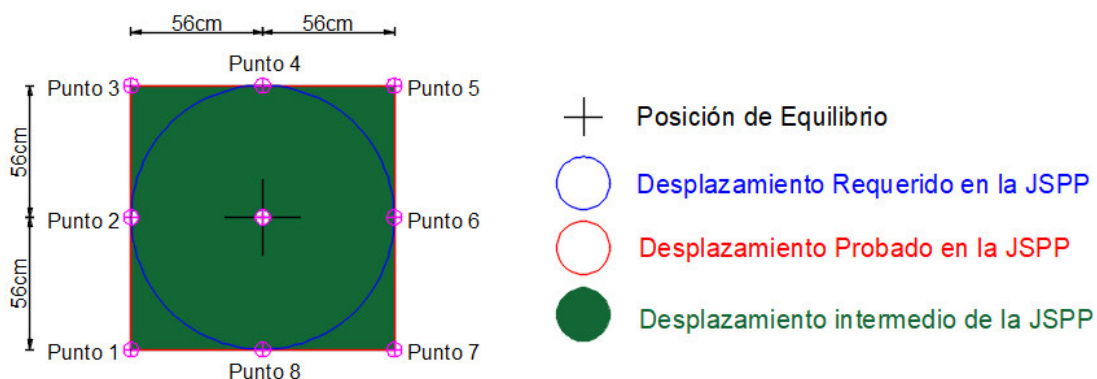
Punto 8 coordenadas (0,-40)

**Figura 98** Prueba de Desplazamiento de JSPP**Figura 99** Desplazamiento Vertical de la JSPP

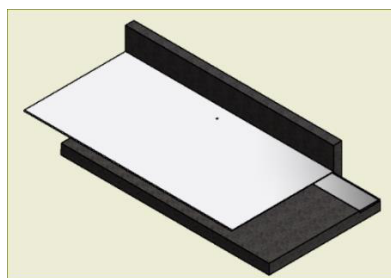
En la figura 98 y 99 se puede observar la capacidad de la JSPP para asumir los movimientos y desplazamientos requeridos, cumpliendo su función de manera satisfactoria. Por lo que se comprueba que la JSPP es capaz de soportar los desplazamientos en las tres direcciones: longitudinal, transversal, y vertical.

### 7.5.2. Validación de la JSPP ante el Sismo Máximo Considerado

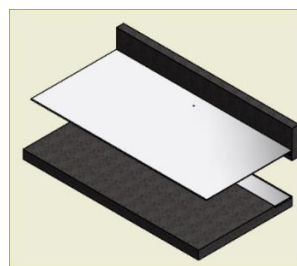
Se realizó un modelamiento de la JSP para probar que la junta asuma el desplazamiento requerido ante el sismo máximo considerado en todas las direcciones. En la figura 100 se indican los desplazamientos producidos en la JSP ante el sismo máximo considerado:



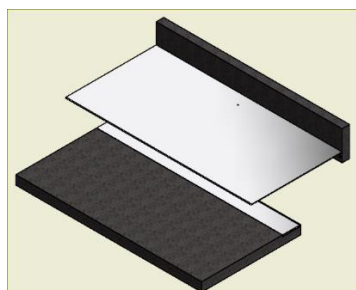
**Figura 100** Desplazamiento Requerido y Probado de la JSP



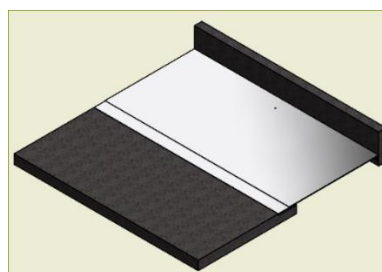
Punto 1 coordenadas (-56, -56)



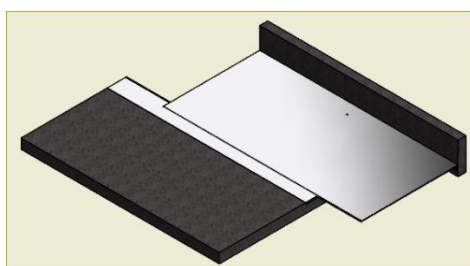
Punto 2 coordenadas (-56,0)



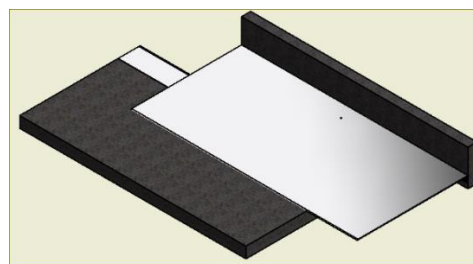
Punto 3 coordenadas (-56, 56)



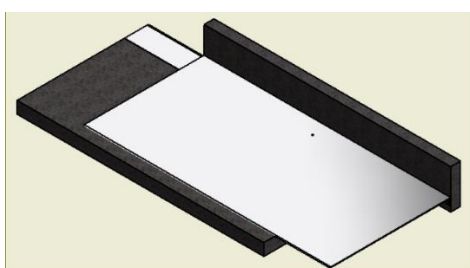
Punto 4 coordenadas (0, 56)



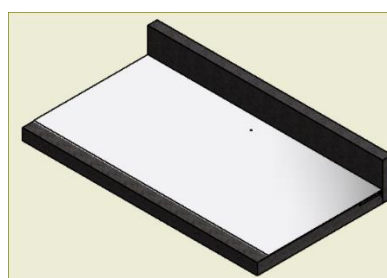
Punto 5 coordenadas (56,56)



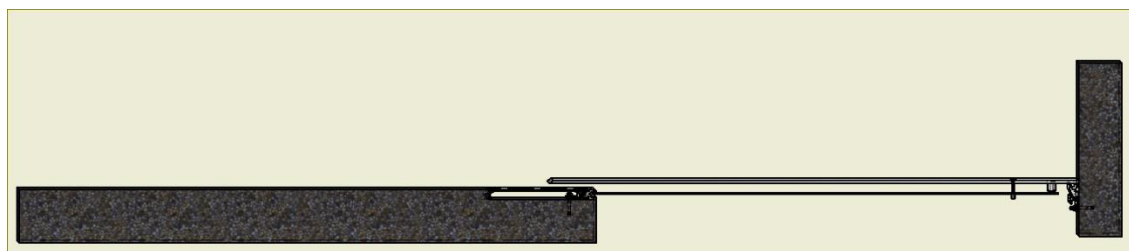
Punto 6 coordenadas (56,0)



Punto 7 coordenadas (56,-56)



Punto 8 coordenadas (0,-56)

**Figura 101** Prueba de Desplazamiento de JSPP**Figura 102** Desplazamiento Vertical de la JSPP

En la figura 101 se verifica que si ocurre un desplazamiento producido por un SMC la junta funcionaria en los puntos 2, 4, 5, 6, mientras que en los puntos 1, 8 y 7 es importante implementar un cinturón de neopreno para proteger del golpe a las estructuras. Mientras que en la figura 102 se aprecia la capacidad de desplazamiento vertical en alargamiento que tiene la JSPP.

## 7.6. Cantidades

En la tabla 48 se indica las cantidades de juntas de piso en el CICUFA.

**Tabla 48**  
*Cantidades de las Juntas de Piso en el CICUFA*

Nivel	Designación	Ancho (m)	Longitud (m)	Condición	
				Piso-Piso	Piso-Pared
+0.00	A	0.56	3.10	3.10	
	B	0.56	3.20		3.20
	C	0.56	17.80	3.4	14.40
	D	0.56	12.35	12.35	
	E	0.56	20.60	1.20	19.40
	F	0.56	3.30	3.30	
+4.94	A	0.56	3.10	3.10	
	B	0.56	3.20		3.20
	C	0.56	17.80	3.4	14.40
	D	0.56	12.35	12.35	
	E	0.56	12.50	12.50	
	F	0.56	3.30	3.30	
+9.88	A	0.56	3.10	3.10	
	B	0.56	3.20		3.20
	C	0.56	17.80	3.4	14.40
	D	0.56	12.35	12.35	
	E	0.56	12.50	12.50	
	F	0.56	3.30	3.30	
+14.82	A	0.56	3.10	3.10	
	B	0.56	6.20	3.00	3.20
	C	0.56	17.80	1.20	16.60
	D	0.56	12.35	12.35	
	E	0.56	12.50	12.50	
	G	0.56	5.00	5.00	
	F	0.56	3.30	3.30	
<b>TOTAL[m]</b>			<b>238.30</b>	<b>146.30</b>	<b>92</b>

## 7.7. Presupuesto de las Juntas Sísmicas de Piso Propuesta

En la figura 103 se presenta la proforma presentada por Cauchos Vikingo, para la implementación de las juntas sísmicas de piso para el CICUFA.

<b>Nombre del cliente</b>	<b>ESPE - INNOVATIVA</b>	<b>Fecha</b>	<b>20-02-2018</b>		
<b>Contacto</b>	David Calderon				

Item	Código	Descripción	Cantidad	Precio(USD)	Total (USD)
1	FJC-FI-FL-Cust	Sistema de junta de expansión <b>Watson Bowman Acme para Piso-</b> Piso Serie FJC Apertura: 560 mm Movimiento: +/-400 mm Peatonal Interior y Exterior Espesor de la tapa: 6,4 mm Material de la tapa: Aluminio Anodizado Material de los perfiles: Aluminio Anodizado Incluye: <ul style="list-style-type: none"> <li>● Barra central sísmica estabilizadora</li> <li>● Pernos para instalación</li> </ul>	Metro 147	863,08	126.872,76
2	I-JAV-FL	Instalación Junta Arquitectónica para pisos	Metro 147	105,00	15.435,00
3	FJC-FL-W-Cust	Sistema de junta de expansión <b>Watson Bowman Acme para Piso-</b> Pared Serie FJC Apertura: 560 mm Movimiento: +/-400 mm Peatonal Interior y Exterior Espesor de la tapa: 6,4 mm Material de la tapa: Aluminio Anodizado Material de los perfiles: Aluminio Anodizado Incluye: <ul style="list-style-type: none"> <li>● Barra central sísmica estabilizadora</li> <li>● Pernos para instalación</li> </ul>	Metro 93	783,51	72.866,43
4	I-JAV-FL	Instalación Junta Arquitectónica para pisos	Metro 93	105,00	9.765,00
<b>Total</b>					224.939,19
<b>IVA</b>					26.992,70
<b>Total</b>					251.931,89
<b>En palabras</b>					USD Doscientos Cincuenta Y Uno Mil Novecientos Treinta Y Uno y Ochenta Y Nueve Cent .

**Figura 103** Proforma

Fuente: (Cauchos Vikingo, 2017)



## **CAPÍTULO VIII**

### **VIII. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES, TRABAJO FUTURO Y BIBLIOGRAFÍA**

#### **8.1. Conclusiones y Recomendaciones**

La implementación de sistemas de aislamiento de base es una técnica eficaz que ha sido analíticamente analizada y validada con el desempeño del Puente de Bahía de Caráquez ante el sismo del 16 de abril de 2016.

Las juntas sísmicas de gran desplazamiento implementadas en el puente de Bahía cumplieron su función al asumir los movimientos producidos durante un sismo considerado de diseño; se cumplió con el objetivo de permitir la circulación vehicular.

La construcción de estructuras con aislamiento sísmico implica tomar consideraciones de diseño que exigen la participación de un equipo multidisciplinario. Uno de los aspectos importantes constituye el relacionado con las juntas especiales que permiten asumir los desplazamientos producidos por un sismo.

Las juntas sísmicas en estructuras con aislamiento sísmico deben diseñarse para múltiples grados de libertad, necesitando contar con una capacidad de desplazamiento igual al de los aisladores.

La abertura dejada en algunas de las juntas de piso en el CICUFA es inferior a la capacidad de desplazamiento del aislador instalado (56 cm), por lo que es necesario verificar la distancia requerida antes de la implementación de las juntas sísmicas de piso.

Este trabajo se centró en dos tipos de soluciones para las juntas de piso: juntas sísmicas de piso y juntas sísmicas de piso-pared.

## **8.2. Trabajo Futuro**

La validación experimental de la junta propuesta: Junta Sísmica de Piso y Junta Sísmica de Piso – Pared utilizando bancos de pruebas, en la cual se consideren todos los parámetros de diseño.

Las juntas sísmicas arquitectónicas en paredes, pasamanos, cielo raso, instalaciones eléctricas e hidrosanitarias deben ser diseñadas y validadas considerando la misma metodología propuesta en este trabajo de investigación.

### 8.3. Bibliografía

AASHTO. (2000). Guide specification for seismic isolation design. AASHTO.

Aguiar R, Almazán J, Dechent P, Suárez V. (2008). "Aisladores de Base elastoméricos y FPS".

Quito: Centro de Investigaciones Científicas. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

Aguiar, R. (2017). Descripción de los Bloques Estructurales con Aislamiento Sísmico de la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE. Quito: ESPE.

Aguiar, R., & Guaygua, B. (2015). Analisis de Dos Alternativas en el Bloque Estructural Dos con Aisladores FPS de la Tercera Generación del Nuevo Centro de Investigaciones de la UFA-ESPE. *Revista Ciencia*, 407-423.

Aguiar, R., & Morales, E. (2016). Desempeño del Aislador FPT8833/12-12/8-6 empleado en la construcción del Centro de Investigaciones de UFA-ESPE mediante analisis no lineal. *Revista Internacional de Ingeniería de Estructuras* , 79-104.

Aguiar, R., & Pazmiño, E. (2016). Detalles Constructivos debido a los Aisladores Sísmicos en las Construcciones de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, en Ecuador. *Revista Internacional de Ingeniería de Estructuras*, 217-256.

Aguiar, R., Andrade, V., Guaygua, B., & Piedra, P. (2016). Análisis del Método Espectral en los Bloques 6 y 7 con Aisladores Sísmicos de la UFA-ESPE en Ecuador. *Revista Ciencia*, 61-86.

Aguiar, R., Bozzo, L., Mora, D., Silva, H., Caiza, P., & Coyago, G. (2016). Protocolo de Instalación de Disipadores Shear Link Bozzo SLB40\_3 y Placas Gusset en Bloque Estructural 4 de la UFA-ESPE. *Revista Internacional de Ingeniería en Estructuras*, 127-150.

Aguiar, R., Morales, E., Guaygua, B., & Rodriguez, M. (2016). Método simplificado para el análisis sísmico de estructuras con aisladores FPS de tercera generación. *Revista Internacional de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería*.

Amflex. (2010). Design Notes – Seismic Design of Special Joints of the Los Caras Bahia Bridge.

Análisis Sísmico de Bloque Estructural 3 del Nuevo Centro de Investigaciones de la UFA ESPE, con Aisladores FPS de Tercera Generación. (2015). *Revista Ciencia*, 425-440.

Auqui, M. (2010). Análisis de Aisladores Elastoméricos Construidos en el Ecuador. *Tesis de Grado. Escuela Politécnica del Ejército*. Sangolquí.

BASF. (2017). Wabo, Seismic Floor. Obtenido de <https://wbacorp.com/>

Beauval C, Yopez H, Audin L, Alvarado A, Nocquet JM, Monelli D, Danciu L. (2014). "Probabilistic Seismic - Hazard Assessment in Quito, Estimates and Uncertainties *Seismological Research Letters* 85(6): 1316-1327.

Caiza, P., & Michael, R. (2015). Cálculo Estructural en Gradadas. *Memoria de Cálculo*. Sangoquí.

Cauchos Vikingo. (2017). Juntas Arquitectónicas. Quito. Obtenido de <https://cauchosvikingo.com/juntas-arquitectonicas/>

- Constantinou, M. (2004). Friction Pendulum Double Concave Bearing. New York: University at Buffalo.
- Constantinou, M., Aguiar, R., Morales, E., & Caiza, P. (2016). Desempeño del Aislador FPT8833/12-12/8-5 en el Análisis Sísmico Del Centro de Investigaciones Y de Post Grado de la UFA-ESPE. *Revista Internacional de Ingeniería de Estructuras*, 1-25.
- Corona, A. M. (2007). Sistemas de Aisladores Sísmicos de Base para Edificios. México D.F, México.
- Cuerpo de Ingenieros del Ejército. (2010). Información General del Proyecto Puente de Bahía de Caráquez.
- De la Cruz, C. (2005). Consideraciones Generales Sobre las Juntas de Expansión Usadas en Puentes, en la República de Guatemala.
- Delgado, I., Aguiar, R., & Caiza, P. (2017). Bilinear Model Proposal for Seismic Analysis Using Triple Friction Pendulum (TFP) Bearings. *Scientific Reserch Publishing*, 14-31.
- DISTRITEC. (2017). Distribuidor de Productos Técnicos. *Productos Elastoméricos para la Ingeniería*. Guayaquil, Ecuador.
- Earthquake Protección Systems. (2017). *Triple Pendulum TM Bearing*. Obtenido de [www.earthquakeprotection.com/index.html](http://www.earthquakeprotection.com/index.html)
- EMAC. (2015). Novojunta Pro Sismo SU. *Ficha Técnica*. España. Obtenido de <http://www.emac.es/>

EMAC. (2017). Juntas de Dilatación. España. Obtenido de <http://www.emac.es/>

EMSEAL. (2017). Juntas Sísmicas y Productos Selladores. Obtenido de <https://www.emseal.com/es/product/sjs-seismic-joint-system-seismic-expansion-joint/>

Fadi, F., & Constantinou, M. (2010). "Evaluation of simplified methods of analysis for structures with triple friction pendulum isolators". *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 39, 5-22.

Farzad, N., & James, M. K. (1999). Design of Seismic Isolated Structures. United State of América: John Wiley & Sons, Inc.

FEMA-450. (2003). NEHRP. *Recommended Provisions for Seismic Regulations for New Buildings and Other Structures*. . Washington, D.C.

FEMA-E74. (2011). Reducing the Risk of Nonstructural Earthquake Damage. *A Practical Guide*. (Cuarta Edición ed.). Washington: Federal Emergency Management Agency.

Fenz, D., & Constantinou, M. (2007). Mechanical behavior of multi-spherical sliding bearing. Multidisciplinary Center for Earthquake Engineering Research. Obtenido de <http://mceer.buffalo.edu/publications/catalog/reports/>

Implementación de Aisladores Sísmicos en Bloque Estructural 1 del Nuevo Centro de Investigaciones Científicas de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. (2015). *Revista Agora de Heterodoxias UCLA-Venezuela*.

- Mahin, T. (2011). The Use of Base Isolation Sýstes to Achieve Complex Seismic Performance Objectives. *California: Pacific Earthquake Engineering Research Center.*
- Mendez Galindo, C. (15 de agosto de 2013). *ResearchGate*. Obtenido de Beneficios y ventajas de los sistemas de protección sísmica: <https://www.researchgate.net/publication/282413508>
- Mendez, G. C. (2012). Design, full-scale testing and certification of anti-seismic devices according to the new European norm EN 15129. Lisboa.
- Miranda, E., & Taghavi, S. (2003). Response Assessment of Nonstructural Building Elements. *University of California Berkeley*. California: PEER Report 2003/05.
- Morales, E. (2017). Sistemas de Aislamiento de Base. *Analisis y Diseño de Estructuras con Enfoque Sismo Resistente.*
- Necesidad de Complementar el Análisis Espectral con Analisis no Lineal en Estructuras con Aisladores de Triple Péndulo de Fricción. (2016). *Revista de Ingeniería e Investigación.*
- NEC-SE-DS. (2015). Norma Ecuatoriana de la Construcción. *Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, MIDUVI.*
- Parra, H. (2016). “Desarrollos Metodológicos y Aplicaciones hacia el Cálculo de la Peligrosidad Sísmica en el Ecuador Continental y Estudio de Riesgo Sísmico en. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Ingenieros en Topografía, Geodesia y Cartografía,.

- Romo, M., Beltran, F., Landazuri, J., Hidalgo, G., Puebla, R., & Almeida, J. (2010). Memoria de Diseño Estructural del Puente de Bahía-San Vicente, Cuerpo de Ingenieros del Ejército Ecuatoriano - Documentos Técnicos del Puente Los Caras.
- Saunders, M. (2003). Seismic Joints in Steel Frame Building Construction. Washington DC: AISC.
- Toulkeridis, T. (2013). Volcanes Activos Ecuador, Santa Rita, Quito, Ecuador: 152 pp.
- Trevor, E. K. (2001). Base Isolation of Structures. *Wellington: Holmes Consulting Group Ltd.*
- Valencia, G. (2006). Juntas en Edificios de Acero. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Villavicencio, E. (2015). Analisis Sísmico Estructural Comparativo para Edificios con Ailadores de Base Tipo Elastoméricos y Friccionantes, para los Diferentes Tipos de Suelos en el Ecuador. *Tesis de Grado. Escuela Politecnica Nacional. Quito, Pichincha, Ecuador.*