



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO**

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**ESTUDIO COMPARATIVO DE LA INFLUENCIA ESTRUCTURAL DE DISIPADORES
SLB PARA MUROS DESACOPLADOS EN ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN
ARMADO Y ARRIOSTRAMIENTOS EN ESTRUCTURAS METÁLICAS**

Trabajo de titulación previo a la obtención de:
Título de Ingenieros Civiles

AUTORES: Ramiro Alejandro Terán Coloma
Jorge Alexander Brito Tapia

TUTOR: Guerrero Cuasapaz David Patricio

Quito - Ecuador
2022

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Jorge Alexander Brito Tapia con documento de identificación N° 1726850330 y Ramiro Alejandro Terán Coloma con documento de identificación N° 1725704256; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 15 de junio del 2022

Atentamente,



Ramiro Alejandro Terán Coloma
1725704256



Jorge Alexander Brito Tapia
1726850330

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN
A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, Jorge Alexander Brito Tapia con documento de identificación N° 1726850330 y Ramiro Alejandro Terán Coloma con documento de identificación N° 1725704256; expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Artículo Académico: “Estudio comparativo de la Influencia Estructural de Disipadores SLB para Muros desacoplados en Estructuras de Hormigón Armado y Arriostramientos en Estructuras Metálicas”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingenieros Civiles, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 15 de junio del 2022

Atentamente,



Ramiro Alejandro Terán Coloma
1725704256



Jorge Alexander Brito Tapia
1726850330

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, David Patricio Guerrero Cuasapaz con documento de identificación N° 1715215974, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: ESTUDIO COMPARATIVO DE LA INFLUENCIA ESTRUCTURAL DE DISIPADORES SLB PARA MUROS DESACOPLADOS EN ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO Y ARRIOSTRAMIENTOS EN ESTRUCTURAS METÁLICAS, realizado por Jorge Alexander Brito Tapia con documento de identificación N° 1726850330 y Ramiro Alejandro Terán Coloma con documento de identificación N° 1725704256, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción de Artículo Académico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 15 de junio del 2022

Atentamente,



Ing. David Patricio Guerrero Cuasapaz MSc.

1715215974

INDICE

Resumen.....	1
Abstract	1
1. Introducción	3
2. Materiales y Métodos	4
2.1. Modelos Estructurales Utilizando Concreto Armado	5
2.2. Muros desacoplados	6
2.2.1. Curva Histerética.....	9
2.3. Modelos Estructurales Utilizando Estructura Metálica.....	9
2.4. Análisis no lineal	10
2.4.1. Análisis no lineal Tiempo historia	10
3. Resultados y discusión.....	12
3.1. Periodos de Vibración	12
3.2. Derivas Inelásticas.....	13
3.3. Desplazamientos.....	14
3.4. Cortantes máximos	15
3.5. Balance de energía.....	17
4. Conclusiones.....	19
Referencias.....	19

ESTUDIO COMPARATIVO DE LA INFLUENCIA ESTRUCTURAL DE DISIPADORES SLB PARA MUROS DESACOPLADOS EN ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO Y ARRIOSTRAMIENTOS EN ESTRUCTURAS METÁLICAS

COMPARATIVE STUDY OF THE STRUCTURAL INFLUENCE OF SLB HEATSINKS FOR DECOUPLED WALLS IN REINFORCED CONCRETE STRUCTURES AND BRACING IN METAL STRUCTURES

Ramiro Terán-Coloma¹, Jorge Brito-Tapia², Patricio Guerrero-Cuasapaz³

Resumen

Los disipadores Shear Link Bozzo (SLB) actúan en el rango no lineal con el fin de generar una deformación en el dispositivo previniendo daños estructurales en las edificaciones, por tal motivo es importante realizar un análisis no lineal tiempo-historia a partir de tres eventos sísmicos representativos del Ecuador, y así obteniendo de dicho análisis las características fundamentales de cada estructura. En el presente estudio, se realizó un análisis comparativo no lineal tiempo-historia usando disipadores de energía SLB frente a métodos constructivos tradicionales, tanto en concreto armado como en estructura metálica, con el fin de determinar que sistema presenta un mejor comportamiento con dichos dispositivos. Para lo cual se modeló dos edificios con diferentes características arquitectónicas, que generó un total de ocho modelos, cuatro de ellos realizados en hormigón armado y cuatro en estructura metálica, de los cuales dos modelos corresponden a estructura con método tradicional y dos con la implementación de disipadores SLB, los mismos que fueron analizados en un paquete computacional estructural. Los resultados que se generaron en ambos sistemas constructivos nos demuestran que los disipadores de energía SLB reducen

Abstract

The Shear Link Bozzo heatsinks (SLB) act in the non-linear range in order to generate a deformation in the device preventing structural damage in the buildings, for this reason it is important to perform a non-linear time-history analysis from three representative seismic events of the Equator, and thus obtaining from this analysis the fundamental characteristics of each structure. In the present study, a non-linear time-history comparative analysis was carried out using SLB energy dissipators compared to traditional construction methods, both in reinforced concrete and in metal structure, in order to determine which system presents a better behavior with these devices. For which two buildings with different architectural characteristics were modeled, which generated a total of eight models, four of them made of reinforced concrete and four in metal structure, of which two models correspond to structure with traditional method and two with the implementation of SLB heatsinks, the same ones that were analyzed in a structural computational package. The results that were generated in both construction systems show us that the SLB energy dissipators reduce these fundamental characteristics compared to the traditional methods proposed.

¹ Estudiante de Ingeniería civil – Universidad Politécnica Salesiana – Quito, Ecuador.

² Estudiante de Ingeniería civil – Universidad Politécnica Salesiana – Quito, Ecuador.

³ Docente – Universidad Politécnica Salesiana – Quito, Ecuador.

Autor para correspondencia: jbritot1@est.ups.edu.ec¹, rteranc1@est.ups.edu.ec², dguerrero@ups.edu.ec³

dichas características fundamentales frente a los métodos tradicionales planteados.

Palabras Clave: Análisis no lineal, arriostres Chevron, curvas histeréticas, muros desacoplados, tiempo-historia, Shear Link Bozzo.

Keywords: Nonlinear analysis, Chevron braces, hysteretic curves, decoupled walls, time-history, Shear Link Bozzo.

1. Introducción

Los dispositivos SLB son un artefacto que permite disipar energía mediante un mecanismo metálico de plastificación, el cual está conformado por un pórtico, el mismo que no permite la transferencia de cargas axiales [1].

Las características de este tipo de dispositivo lo convierten en un mecanismo óptimo de disipación para ser utilizados en diversos sistemas constructivos como son sistemas duales, pórticos flexibles con muros desacoplados y sistemas arriostrados con acero, también resultan ser eficaces debido a su alta capacidad de disipación, reemplazo y fiabilidad, en la figura 1 se aprecia el dispositivo SLB [2].

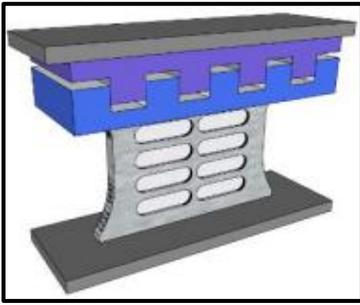


Figura 1. Disipador SLB (Shear Link Bozzo)

Un método constructivo para la implementación de estos dispositivos en estructuras de concreto armado es a través de muros desacoplados, los cuales están formados por un sistema aporticado constituido en su interior por un muro con juntas en sus capas laterales y superior, lo que ayuda a controlar la respuesta sísmica evitando así daños estructurales, además, manteniendo su integridad luego de un evento sísmico, tal como se observa su configuración en la figura 2 [3].

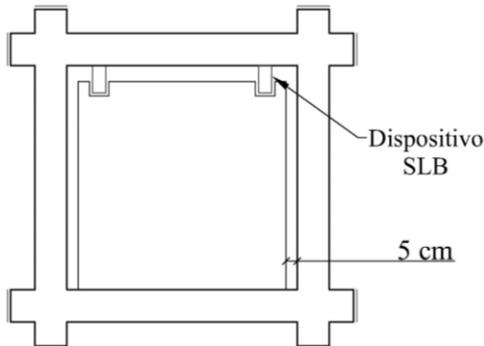


Figura 2. Esquema muro desacoplado

A su vez en estructura metálica se presenta el uso de arriostres concéntricos (V invertida) de acero conectados al dispositivo, el cual no permite la transferencia de cargas axiales debido a que la unión superior se considera como una zona panel por lo que se concentra la no linealidad de las conexiones, tal como se indica en la figura 3 [4].

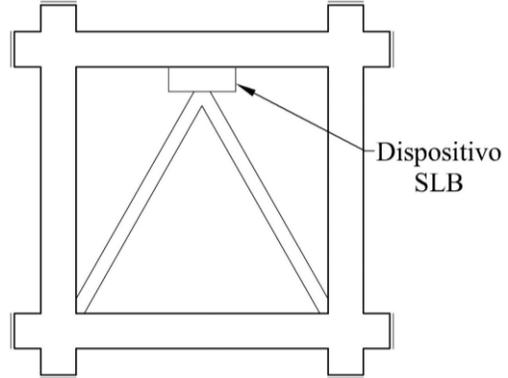


Figura 3. Esquema arriostres concéntricos (V invertida)

Estos dispositivos al ser una innovación en el diseño clásico de las estructuras se basan en la ductilidad e hiperestatismo, por lo tanto la conexión SLB trabaja como una rótula plástica la cual puede ser ubicada según el criterio del diseñador, y al hacer referencia a las rótulas plásticas se debe seguir la reglamentación de los códigos FEMA 356, FEMA 440 y ASCE-7 o el código chileno [5-6-7].

En el caso de los disipadores Shear Link Bozzo no se rigen a estas normativas, ya que las mismas aplican para edificaciones diseñadas con amortiguadores, ya que este tipo de dispositivos trabajan a velocidades superiores generando deformaciones mayores a las que se producen por conexiones o disipadores SLB, los cuales comienzan a proteger a la estructura con desplazamientos relativamente bajos (mm) [8].

Los disipadores Shear Link Bozzo (SLB) son instalados en el interior de las edificaciones, de manera que cuando se produce un efecto de vibración se origina pequeñas deformaciones en estos dispositivos. Además, este tipo de conexiones aportan a la estructura con rigidez y ductilidad, por lo que al momento que suceda un evento sísmico de gran magnitud actuarán en el rango no lineal ocasionando una cierta

deformación en el dispositivo y en consecuencia se reduce el riesgo de que la estructura sufra daños significativos [1].

El análisis dinámico no lineal tiempo historia es el método más aproximado al comportamiento real que va a tener la estructura frente una acción sísmica, para la implementación de este método es necesario tener registros reales o sintéticos obtenidos a partir de modelos sintéticos, para conocer la respuesta y demanda sísmica de una estructura, en la figura 4 se puede observar un acelerograma general con su respectiva componente de aceleración vs tiempo.

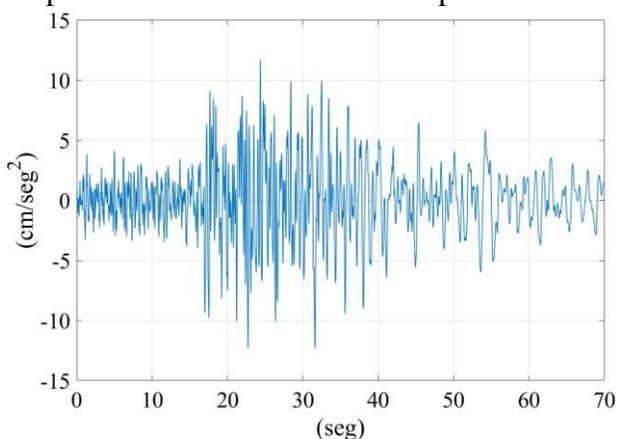


Figura 4. Acelerograma tipo [9]

Para el análisis no lineal tiempo historia es primordial utilizar registros reales de eventos con magnitudes y mecanismos de ruptura similares del mismo lugar registrado, pero cumplir estas condiciones sismológicas representan cierta complejidad, ya que los que los eventos sísmicos son arbitrarios e impredecibles [10].

Este estudio buscó definir en qué tipo de estructura los disipadores de energía SLB presentaron un mejor comportamiento dinámico no lineal, por lo cual se planteó dos edificaciones con sus respectivas características arquitectónicas, las cuales fueron replicadas tanto en concreto armado como en estructura metálica, utilizando el método constructivo convencional y la

implementación de los dispositivos SLB en cada sistema antes mencionados, definiendo así cual podría ser el sistema constructivo con mejor comportamiento en conjunto Estructura - Dispositivo SLB.

2. Materiales y Métodos

Se presentan dos tipos de edificaciones con diferentes características que permiten determinar el impacto que tienen los diferentes sistemas constructivos planteados, ante el uso de los dispositivos SLB, para lo cual estas edificaciones mencionadas se modelaron para concreto armado y estructura metálica.

En el sistema de concreto armado se utilizó muros de corte frente el uso de muros desacoplados con la presencia de dispositivos SLB; a su vez en el sistema de estructura metálica se planteó arriostres concéntricos respecto al uso de arriostres con la implementación de disipadores SLB.

En la tabla 1 se muestra las características geométricas generales de las estructuras analizadas; los componentes de los edificios en concreto armado corresponden a: columnas, vigas principales, losas nervadas, lo cuales se analizaron con una resistencia a la compresión ($f'c$) de 23.53 MPa, mientras que en estructura metálica, las columnas, vigas principales, vigas secundarias, y viguetas se diseñaron en acero laminado en caliente con un límite de fluencia de 250 MPa (A-36) mientras que la losa con placa colaborante con un límite de fluencia de 280 MPa (A-653 SS40).

Tabla 1. Parámetros arquitectónicos

Características arquitectónicas	Edificio 1	Edificio 2
Altura entrepiso (m)	3,42	3,42
Altura total (m)	13,68	23,94
Numero de niveles	4	7
Área planta tipo (m ²)	455,05	575,80
Área total (m ²)	1820,20	4030,60

En la figura 5 se presentan los modelos en cada sistema constructivo que sirvió para su respectivo análisis en el rango lineal y no lineal, toda la modelación se realizó en el software de análisis estructural comercial [11].

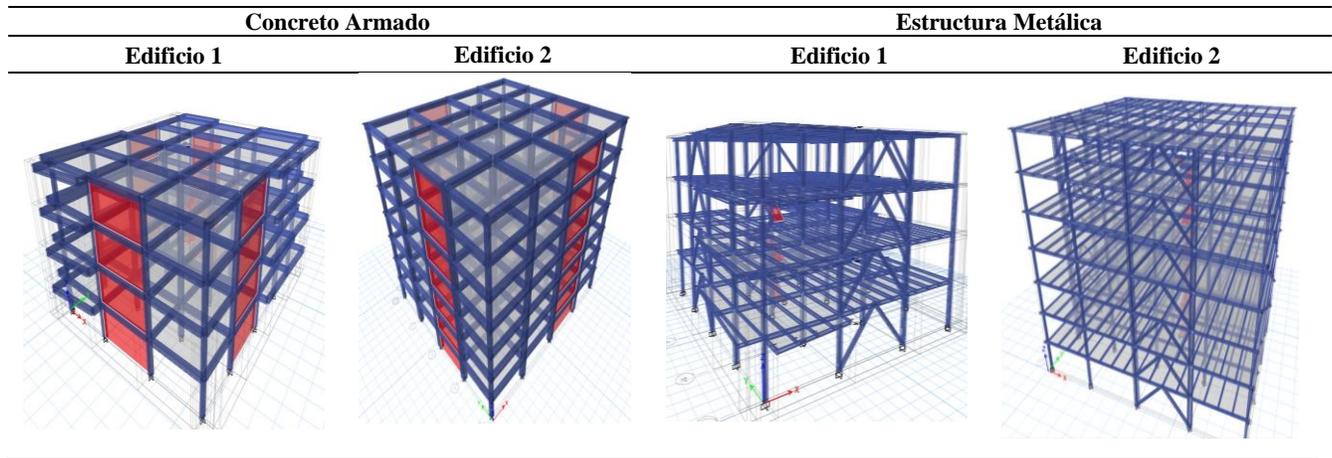


Figura 5. Modelos estructurales Etabs estructura[11]

Los edificios modelados fueron diseñados para uso residencial, ubicadas en la ciudad de Esmeraldas-Ecuador en un suelo tipo “D”, con un factor de reducción $R=8$, de diferentes niveles como se indica en la tabla 1, la planta tipo del edificio 1 es irregular, y a su vez, la planta tipo del edificio 2 es regular, esto con la finalidad de analizar la incidencia de la irregularidad en cuanto al uso de dispositivos SLB [12].

El edificio 1 está compuesto por tres vanos en el sentido X-X, mientras que se tiene cuatro vanos en el sentido Y-Y, así mismo se presenta irregularidad en planta y regularidad en elevación, los tres primeros niveles tienen una distribución arquitectónica diferente al cuarto nivel, las luces de estos vanos están entre 5,00 m a 6,80 m, con volados trapezoidales y rectangulares de diferentes medidas, tal como se muestra en la figura 6.

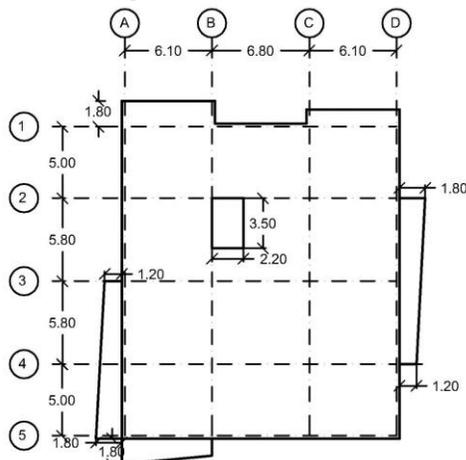


Figura 6. Plano edificio 1

El edificio 2 está compuesto por cuatro vanos en el sentido X-X y cuatro en el sentido Y-Y, así mismo presenta regularidad en planta y elevación, las luces de estos vanos están entre 5,60 m a 6,50 m y no se tiene volados en ninguna dirección, tal como se muestra en la figura 7.

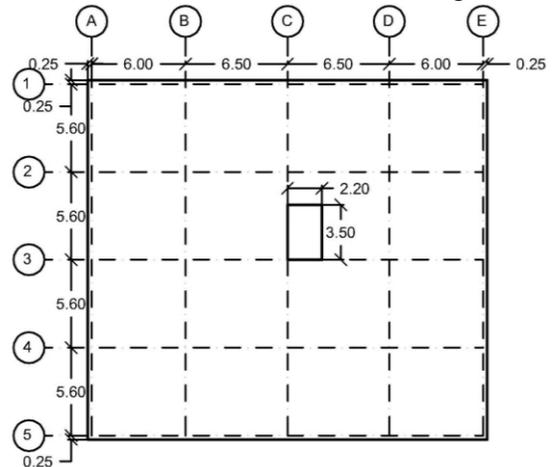


Figura 7. Plano edificio 2

2.1. Modelos Estructurales Utilizando Concreto Armado

El sistema estructural que se utilizó es un pórtico especial resistente a momentos, para el sistema aporticado tradicional se modeló con muros de corte de 20 cm de espesor y en el segundo sistema se empleó muros desacoplados de 15 cm de espesor con disipadores de energía SLB [13]. En la tabla 2 se muestran las propiedades de los materiales con los que se analizó ambos sistemas.

Tabla 2. Propiedades de los materiales concreto armado

Material	Valor
f_c (MPa)	23.54
f_y (MPa)	412
γ concreto (KN/m ³)	23.54
γ acero (KN/m ³)	76.98
E (GPa)	$4.7 \sqrt{f_c}$

En la tabla 3 se presenta el respectivo análisis de carga de cargas empleados en las estructuras de concreto armado, en el edificio 1 se utilizó para vivienda con losa inaccesible en la terraza, mientras que en el edificio 2 fue de uso para vivienda con losa inaccesible en la terraza, en la tabla 4 se indica las cargas verticales para la losa de cubierta inaccesible.

Tabla 3. Carga vertical edificio 1 y 2 concreto armado

Descripción de Pesos	Unidad (kN/m ²)
Losa nervada (25 cm)	3,81
Mampostería	1,96
Masillado (2 cm)	0,43
Enlucido (2 cm)	0,43
Recubrimiento (2 cm)	0,43
Instalaciones	0,15
Carga muerta permanente	3,40
Carga viva vivienda	1,96
Carga total	9,18
Peso propio	2,94

Tabla 4. Carga vertical losa inaccesible edificio 1 y 2 concreto armado

Descripción de Pesos	Unidad (kN/m ²)
Mampostería	0,06
Masillado (2 cm)	0,17
Enlucido (2 cm)	0,17
Recubrimiento (2 cm)	0,54
Instalaciones	0,15
Carga muerta permanente	1,08
Carga viva losa inaccesible	0,98
Carga total	2,06
Peso propio	2,94

2.2. Muros desacoplados

Los muros desacoplados no permiten que se transmitan fuerzas axiales hacia las columnas debido a la separación que tienen de la misma, estos muros de concreto armado ayudan a brindar anclaje para los dispositivos SLB, además, aportan en la rigidez lateral y frente a eventos sísmicos resistencia a fuerzas cortantes producidos por los mismos, también proporcionan ductilidad a la estructura [3].

En los muros desacoplados para el modelamiento dentro del software de análisis estructural, se define los dispositivos SLB como elementos tipo LINKS con sus respectivas características, para comenzar con su prediseño se procede a realizar el método directo, el cual consiste en determinar la fuerza cortante que actúa en cada dispositivo que se encuentra en el muro desacoplado, ya que el tipo de conexión no transmite cargas axiales, únicamente se toma en cuenta las cargas laterales actuantes [14].

En la tabla 5 se muestra el procedimiento y el cumplimiento del método directo en el edificio 1, el cual consiste en encontrar un dispositivo SLB que satisfaga las condiciones de corte (V2), ya que cada disipador posee una fuerza de plastificación (F_y) que contrarresta estos efectos de corte, donde se obtiene el índice de demanda sobre capacidad (D/C), el cual debe ser menor o igual 1.5, este proceso se realiza también para el edificio 2 [14].

Tabla 5. Método directo edificio 1

Link	ITERACIÓN INICIAL			ITERACIÓN FINAL			CONTROL		
	Fuerza cortante, V (kN)	Disipador SLB	Fuerza plastificación, Fy (kN)	Fuerza cortante, V (kN)	Disipador SLB	Fuerza plastificación, Fy (kN)	D/C	Disipador	
Story4	K13	133,88	SLB3 6_2/3,25	10,95	145,73	SLB3 15_3	126,10	1,16	OK
	K14	135,50	SLB3 6_2/3,25	10,95	148,14	SLB3 15_3	126,10	1,17	OK
	K19	127,36	SLB3 6_2/3,25	10,95	110,77	SLB3 10_5	112,20	0,99	OK
	K20	133,09	SLB3 6_2/3,25	10,95	172,02	SLB3 15_3	126,10	1,36	OK
	K27	110,63	SLB3 6_2/3,5	10,17	116,37	SLB3 10_5	112,20	1,04	OK
	K28	110,82	SLB3 6_2/3,5	10,17	116,83	SLB3 10_5	112,20	1,04	OK
	K5	184,61	SLB3 6_2/2,5	14,24	181,29	SLB3 15_3	126,10	1,44	OK
	K6	214,43	SLB3 6_2/1,5	23,73	210,66	SLB3 15_4	149,70	1,41	OK
Story3	K15	393,36	SLB3 6_5	47,40	376,58	SLB3 25_5	319,00	1,18	OK
	K16	365,82	SLB3 6_4	44,90	380,95	SLB3 25_5	319,00	1,19	OK
	K21	488,78	SLB3 8_3	58,00	477,29	SLB3 25_6	357,10	1,34	OK
	K22	532,14	SLB3 8_3	58,00	520,05	SLB3 25_7	394,50	1,32	OK
	K29	183,07	SLB3 6_2/2,5	14,24	199,84	SLB3 15_5	172,50	1,16	OK
	K30	185,56	SLB3 6_2/2,5	14,24	203,00	SLB3 15_5	172,50	1,18	OK
	K7	435,60	SLB3 8_2	48,10	434,71	SLB3 25_5	319,00	1,36	OK
	K8	441,99	SLB3 8_2	48,10	441,10	SLB3 25_5	319,00	1,38	OK
Story2	K10	600,69	2xSLB3 50_7	1460,60	599,93	SLB3 25_8	430,70	1,39	OK
	K17	537,18	SLB3 8_4	66,30	535,89	SLB3 25_8	430,70	1,24	OK
	K18	542,21	SLB3 8_4	66,30	540,92	SLB3 25_8	430,70	1,26	OK
	K23	706,86	2xSLB3 50_8	1629,40	690,56	SLB3 30_8	508,00	1,36	OK
	K24	764,31	2xSLB3 50_9	1795,40	747,17	SLB3 40_6	528,70	1,41	OK
	K31	188,67	SLB3 6_2/2,5	14,24	216,24	SLB3 20_5	218,40	0,99	OK
	K32	191,35	SLB3 6_2/2,5	14,24	221,08	SLB3 20_5	218,40	1,01	OK
	K9	593,09	2xSLB3 50_7	1460,60	592,33	SLB3 25_8	430,70	1,38	OK
Story1	K1	684,44	2xSLB3 50_8	1629,40	683,97	SLB3 30_8	508,00	1,35	OK
	K11	666,97	2xSLB3 50_8	1629,40	666,96	SLB3 30_8	508,00	1,31	OK
	K12	666,71	2xSLB3 50_8	1629,40	666,70	SLB3 30_8	508,00	1,31	OK
	K2	684,17	2xSLB3 50_8	1629,40	683,70	SLB3 30_8	508,00	1,35	OK
	K25	658,90	2xSLB3 50_8	1629,40	658,70	SLB3 30_8	508,00	1,30	OK
	K26	678,60	2xSLB3 50_8	1629,40	676,45	SLB3 30_8	508,00	1,33	OK
	K3	667,57	2xSLB3 50_8	1629,40	667,16	SLB3 30_7	461,30	1,45	OK
	K4	645,82	2xSLB3 50_8	1629,40	636,01	SLB3 30_7	461,30	1,38	OK

El método iterativo inverso es un complemento del método directo, el cual aumenta la dimensión del disipador en cada iteración, así como su fuerza de corte, mientras que en el método inverso busca a partir del método directo reducir el tamaño de los disipadores SLB en un modelo teórico numérico para calibrar el esfuerzo de corte que se transfiere,

buscando un diseño más refinado y económico con respecto al método directo.[15]

En la tabla 6 se muestra el procedimiento de diseño del método iterativo inverso del edificio 1, dicho método tiene como fin reducir el tamaño del dispositivo SLB mediante el control de las deformaciones que se generen en el disipador y a

su vez también se realiza el control por corte, el mismo que se realiza en el método iterativo directo, para cumplir estos controles mencionados se busca el índice demanda sobre capacidad (D/C),

el cual debe encontrarse entre 1,4 y 1,1, partiendo de la rigidez inicial (K) comparadas con una deformación ficticia (Kf), este método también se aplica para el edificio 2.

Tabla 6. Método indirecto edificio 1

Nivel	Link (Directa)	Elegido Disipador	Análisis 1 V2 (kN)	D/C	Deformación Link (cm)	Disipador Ficticio	Iteración V2 (kN)	D/C	Link Etabs	K (kN/cm)	Deformación Link (cm)	Rigidez Ficticia Kf (kN/cm)	
Story4	K13	SLB3 15_3	148,98	1,18	0,088	SLB3 15_2	149,03	1,18	Ok	SLB3 15_3	1961,47	0,087	1661,11
	K14	SLB3 15_3	151,39	1,20	0,085	SLB3 15_2	151,45	1,20	Ok	SLB3 15_3	1961,47	0,085	1704,05
	K19	SLB3 10_5	149,70	1,33	0,076	SLB3 15_2	148,70	1,33	Ok	SLB3 15_3	1961,47	0,076	1702,24
	K20	SLB3 15_3	158,70	1,26	0,081	SLB3 15_2	157,70	1,25	Ok	SLB3 15_3	1961,47	0,080	1803,67
	K27	SLB3 10_5	128,01	1,14	0,106	SLB3 10_4	134,32	1,20	Ok	SLB3 15_2	1571,47	0,109	1183,76
	K28	SLB3 10_5	128,83	1,15	0,106	SLB3 10_4	135,40	1,21	Ok	SLB3 15_2	1571,47	0,109	1184,85
	K5	SLB3 15_3	160,46	1,27	0,130	SLB3 10_3	160,13	1,27	Ok	SLB3 10_5	1237,80	0,129	1120,67
	K6	SLB3 15_4	201,10	1,34	0,128	SLB3 10_5	200,69	1,34	Ok	SLB3 15_2	1571,47	0,128	1348,12
Story3	K15	SLB3 25_5	376,33	1,18	0,078	SLB3 25_3	376,11	1,18	Ok	SLB3 25_5	5447,47	0,078	4691,18
	K16	SLB3 25_5	380,71	1,19	0,077	SLB3 25_3	380,49	1,19	Ok	SLB3 25_5	5447,47	0,077	4776,69
	K21	SLB3 25_6	453,59	1,27	0,146	SLB3 20_3	449,54	1,26	Ok	SLB3 20_4	3105,53	0,145	2836,08
	K22	SLB3 25_7	464,35	1,18	0,150	SLB3 20_3	460,31	1,17	Ok	SLB3 20_4	3105,53	0,148	3061,23
	K29	SLB3 15_5	223,66	1,30	0,108	SLB3 15_2	238,02	1,38	Ok	SLB3 15_4	2290,27	0,114	1744,72
	K30	SLB3 15_5	227,48	1,32	0,109	SLB3 15_2	242,39	1,41	Ok	SLB3 15_4	2290,27	0,115	1726,50
	K7	SLB3 25_5	437,02	1,37	0,080	SLB3 25_3	436,26	1,37	Ok	SLB3 25_5	5447,47	0,080	4579,90
	K8	SLB3 25_5	443,42	1,39	0,081	SLB3 25_3	442,66	1,39	Ok	SLB3 25_5	5447,47	0,081	4512,30
Story2	K10	SLB3 25_8	598,91	1,39	0,083	SLB3 30_4	597,36	1,39	Ok	SLB3 25_8	7191,47	0,083	5960,35
	K17	SLB3 25_8	539,52	1,25	0,076	2xSLB3 25_2	541,80	1,26	Ok	SLB3 30_7	8106,07	0,073	6803,64
	K18	SLB3 25_8	544,76	1,26	0,075	2xSLB3 25_2	547,17	1,27	Ok	SLB3 30_7	8106,07	0,072	6917,67
	K23	SLB3 30_8	646,28	1,27	0,176	SLB3 25_2	627,23	1,23	Ok	SLB3 25_2	3214,07	0,195	2992,83
	K24	SLB3 40_6	658,18	1,24	0,180	SLB3 25_2	638,07	1,21	Ok	SLB3 25_2	3214,07	0,199	3063,00
	K31	SLB3 20_5	251,82	1,15	0,076	SLB3 25_2	271,94	1,25	Ok	SLB3 25_2	3214,07	0,092	2727,04
	K32	SLB3 20_5	257,79	1,18	0,077	SLB3 25_2	278,13	1,27	Ok	SLB3 25_2	3214,07	0,093	2689,08
	K9	SLB3 25_8	591,31	1,37	0,082	SLB3 30_4	589,76	1,37	Ok	SLB3 25_8	7191,47	0,082	6040,30
Story1	K1	SLB3 30_8	686,65	1,35	0,078	2xSLB3 25_2	687,99	1,35	Ok	SLB3 30_8	8840,00	0,078	7509,00
	K11	SLB3 30_8	668,74	1,32	0,076	2xSLB3 25_2	669,69	1,32	Ok	SLB3 30_8	8840,00	0,076	7707,12
	K12	SLB3 30_8	668,48	1,32	0,076	2xSLB3 25_2	669,43	1,32	Ok	SLB3 30_8	8840,00	0,076	7717,31
	K2	SLB3 30_8	686,38	1,35	0,078	2xSLB3 25_2	687,72	1,35	Ok	SLB3 30_8	8840,00	0,078	7509,00
	K25	SLB3 30_8	639,63	1,26	0,113	SLB3 30_3	632,50	1,25	Ok	SLB3 30_3	4717,00	0,134	4356,45
	K26	SLB3 30_8	654,26	1,29	0,116	SLB3 30_3	644,96	1,27	Ok	SLB3 30_3	4717,00	0,137	4273,59
	K3	SLB3 30_7	619,40	1,34	0,110	SLB3 30_3	605,69	1,31	Ok	SLB3 30_3	4717,00	0,129	4106,00
	K4	SLB3 30_7	619,22	1,34	0,110	SLB3 30_3	605,53	1,31	Ok	SLB3 30_3	4717,00	0,129	4102,82

2.2.1. Curva Histerética

Los dispositivos SLB poseen propiedades geométricas y mecánicas, por ende, la fabricación de estos dispositivos conlleva a que tengan desplazamientos mínimos de plastificación, los cuales están especificados en la tabla de Análisis y Diseño utilizando Disipadores Sísmicos tipo SLB (Bozzo) [2].

El comportamiento que presenta los dispositivos Shear Link Bozzo (SLB) corresponde a la curva histerética idealizada del disipador de energía metálico o histerético estable propuesto por Wen en 1976. El modelo de Wen se componen de una fuerza restauradora que recurre a las variables de desplazamiento en el eje de las abscisas y de una variable adimensional en z, estas curvas se generan a partir de la disipación de energía que presentan los dispositivos SLB a causa de la plastificación que sufre el mismo frente a la acción de un evento sísmico cuando ingresa al rango no lineal, en la figura 8 se muestra la curva histerética idealizada de Wen [1].

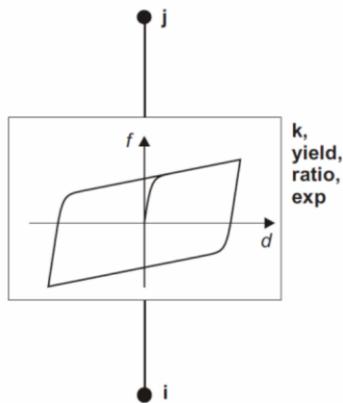


Figura 8. Modelo de plasticidad para la deformación uniaxial de un elemento NLINK propuesto por Wen[16]

Para las conexiones SLB en el software de análisis estructural, se definen las propiedades lineales y no lineales con el modelo plástico de Wen en la dirección del elemento Link con relación al sentido del análisis sísmico, dichas propiedades son únicas de cada dispositivo, las cuales se obtienen a partir de ensayos de laboratorio, por lo que se modeló según la tabla de los “Parámetros de diseño para los disipadores Shear Link Bozzo”.

En la figura 9 se observa la curva histerética generada a partir de un análisis no lineal tiempo-

historia del evento sismo de Pedernales Mag. 7,8, del disipador SLB (LINK) K6 en donde se asignó un dispositivo SLB3 30_2 el cual genera un corte máximo de 339.82 kN con un desplazamiento de 2,07 cm, tal como se visualiza.

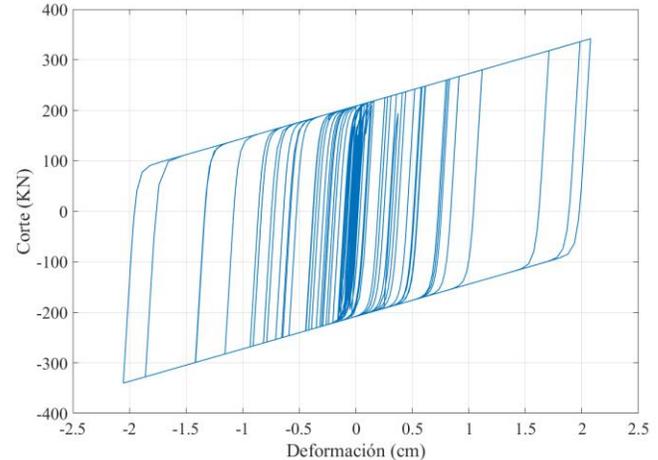


Figura 9. Curva histerética link K6 (SLB3 30_2) edificio 1

2.3. Modelos Estructurales Utilizando Estructura Metálica

El sistema estructural empleado es un pórtico especial resistente a momento con arriostramientos concéntricos (SCBFs), los pórticos principales se sitúan en la dirección del eje “X-X” y los pórticos secundarios se hallan en la dirección del eje “Y-Y”, las separaciones de las viguetas variaron entre 1,35 m a 1,65 m. Las secciones empleadas para viguetas, vigas secundarias, vigas principales, columnas son vigas americanas tipo “W”, y las que componen los arriostramientos fueron secciones tubulares, el sistema de entrepiso fue una losa deck de 0,65 mm, con una altura de concreto sobre la cresta de 7 cm con una malla electro soldada R-283 Armex (1Ø6@100mm) [17].

Para la colocación de los dispositivos SLB en estructura metálica se optó por la solución de diagonales V invertida o tipo Chevron que trata de emplear tubos metálicos rectangulares o cuadrado y se conectan al pórtico mediante el disipador de energía sin transferir carga axial, en la parte superior se deja una junta entre las diagonales y el disipador de tal forma que solo trabaje por fuerzas horizontales y no por cargas verticales, la conexión no sufre degradación significativa después de

varios ciclos de carga demostrando ser una conexión estable [18].

En la tabla 7 se muestran las propiedades de los materiales con los que se diseñó ambos modelados, el primero con el uso de diagonales V invertida sin dispositivos SLB y el segundo con la aplicación de diagonales V invertida añadiendo disipadores SLB.

Tabla 7. Propiedades de los materiales estructura metálica

Material	Valor
f'c (MPa)	23.54
fy (MPa)	412
γ concreto (KN/m ³)	23.54
γ acero (KN/m ³)	76.98
E acero (MPa)	200000
E concreto (GPa)	$4.7 \sqrt{f'c}$

En la tabla 8 se presenta el respectivo análisis de carga empleado en estructura metálica en el edificio 1 fue de uso para vivienda y la terraza se consideró como losa inaccesible, mientras que en el edificio 2 fue de uso para vivienda y la terraza como losa inaccesible, en la tabla 9 se indica el análisis de cargas verticales para la losa de cubierta inaccesible.

Tabla 8. Carga vertical edificio 1 y 2 estructura metálica

Descripción de Pesos	Unidad (kN/m ²)
Losa Deck (7 cm)	2,18
Mampostería	1,96
Gypsum	0,20
Recubrimiento (2 cm)	0,43
Instalaciones	0,15
Carga Muerta Permanente	2,74
Carga Viva Vivienda	1,96
Carga Total	7,55
Peso Propio	0,51

Tabla 9. Carga vertical en losa inaccesible edificio 1 y 2 estructura metálica

Descripción de Pesos	Unidad (kN/m ²)
Mampostería	0,06
Gypsum	0,20
Recubrimiento (2 cm)	0,54
Instalaciones	0,15
Carga Muerta Permanente	0,94
Carga Viva Losa Inaccesible	0,98
Carga Total	1,92
Peso Propio	0,51

2.4. Análisis no lineal

Este análisis considera el desempeño tenso-deformación de los materiales, además la no linealidad geométrica, excluyendo el principio de

superposición, por lo cual frente a un evento sísmico este análisis considera que el edificio va a presentar una disminución de rigidez, deformaciones plásticas y pérdida de resistencia en la estructura [19].

En la realidad, el material presenta un comportamiento no lineal y fenómenos intrínsecos, como son la plastificación del acero, sobrerresistencia, fisuración del concreto, fractura, compresión, entre otros daños. En la gran mayoría de las normativas sísmicas para la construcción, estos proponen un método de simplificación en el diseño de un comportamiento no lineal, reduciendo el espectro elástico de repuesta, representando la capacidad de disipación de energía propia de la estructura [19].

La no linealidad en las edificaciones se compone de efectos importantes para ser evaluadas como son: el desempeño no lineal que se produce por grandes desplazamientos conocidos como no linealidad geométrica, y el comportamiento no lineal de los materiales, que conforman a todos los elementos estructurales y se los denominan no linealidad constitutiva. En la actualidad se pueden realizar análisis más óptimos aplicando métodos de aproximación, como pueden ser diferencias finitas o el uso de elementos finitos [20].

2.4.1. Análisis no lineal Tiempo historia

El análisis tiempo historia se determina mediante la integración directa de las ecuaciones de equilibrio de un grupo de aceleraciones del terreno donde se vaya a implantar la estructura. La NEC-SE-DS del 2015, nos propone este método como complemento del diseño estático o lineal espectral, por lo cual previamente a este análisis se debe cumplir los métodos antes mencionados [21].

Para este análisis es necesario utilizar un modelo dinámico de masas concentradas o a su vez un modelo simplificado donde no exista deformación axial de columnas y vigas al cual se lo conoce como edificio de cortante, indicado en la figura 10.

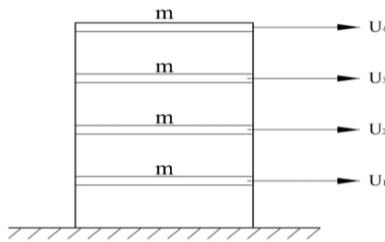


Figura 10. Edificio cortante[3]

El análisis tiempo historia se lo realiza con los registros de eventos sísmicos utilizando tanto las dos componentes horizontales, las cuales deben ser escaladas a partir del espectro de diseño de cada edificio, la NEC-SE-DS del 2015 propone que este análisis debe realizarse con el uso mínimo de 3 eventos sísmicos.

Al poseer tres pares de registro sísmicos para el análisis, se tomó el resultado de diseño del que presenta una mayor respuesta a los criterios de sollicitación.

Para la presente investigación los tres eventos sísmicos seleccionados fueron: Sismo de Pedernales Magnitud 7.8, Primera réplica del sismo de Pedernales Magnitud 6.7, Segunda réplica del sismo de Pedernales Magnitud 6.9.[9]

El evento sísmico seleccionado se debe a que presenta una mayor magnitud en el país en los últimos 10 años, por lo que estos registros se encuentran actualizados. Al ser el evento sísmico de Pedernales de mayor magnitud los resultados pueden ser los más representativos, en la figura 11 se muestra el acelerograma en la componente horizontal Este y en la figura 12 el acelerograma en la componente horizontal Norte, después de aplicar una depuración de los datos del registro [22].

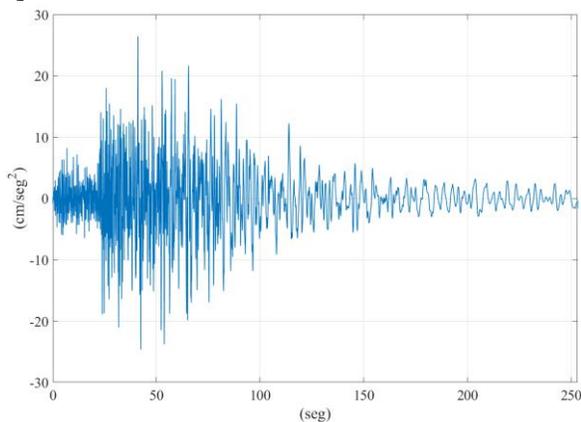


Figura 11. Acelerograma Pedernales componente este[9]

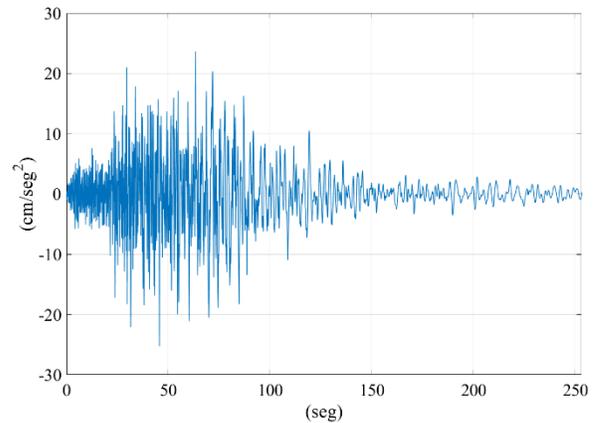


Figura 12. Acelerograma Pedernales componente norte[9]

Para la aplicación de estos registros sísmicos fue necesario realizar una depuración de los datos del registro, para lo cual se realizó un filtrado de datos y una corrección por línea base, que se aplica cuando los valores obtenidos por el equipo se desplazan de la línea cero de la componente de la aceleración, estos efectos se producen a la mala nivelación del equipo o desvíos producidos por el sistema de registro. Esta corrección tiene como fin obtener las características más reales, producto del sismo en el suelo, como son aceleración, velocidad y desplazamiento [23].

Mientras que el filtrado de datos nos permite eliminar los errores que afecten a los acelerogramas de estudio, este tipo de errores son causados principalmente por el ruido, por lo que para el presente estudio se realizó un filtrado por paso-banda el cual nos permite eliminar simultáneamente el ruido de alta y baja frecuencia [23].

Al tener corregido y filtrado los acelerogramas se procedió a realizar un escalado de los mismos en función del espectro de diseño de los edificios, con el fin de que las señales sísmicas y la forma espectral sean compatibles. Es así que para este escalamiento se partió de la premisa que el factor de reducción (R) sea igual a uno [21].

Además, se trabaja con un periodo mínimo de 0,05 seg a un periodo máximo de 4 seg, donde dichos valores cumplen la recomendación del manual “Análisis y Diseño utilizando Disipadores SLB” [14].

En la figura 13 se presenta el resultado de escalar los acelerogramas aplicados para el

presente estudio en el edificio 1, con el sistema constructivo de concreto armado.

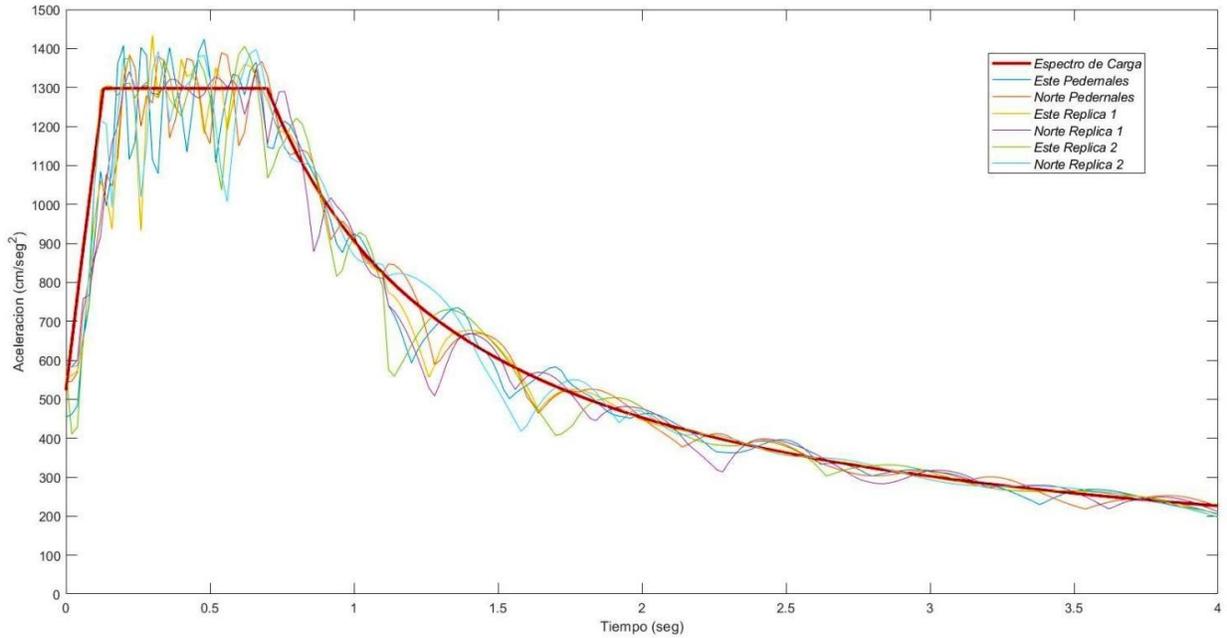


Figura 13. Escalado de acelerogramas en función del espectro de diseño edificio 1 [24]

3. Resultados y discusión

Con el fin de realizar una comparativa entre los dos sistemas constructivos descritos con la implementación de los dispositivos SLB, se obtuvo los resultados de los parámetros principales para el diseño estructural, como son: periodos de vibración, derivas inelásticas, desplazamientos, fuerzas cortantes de piso y energía actuante en la estructura.

3.1. Periodos de Vibración

A partir de un análisis modal espectral en el sistema de muros de corte, así como también con el uso de muros desacoplados con la utilización de los dispositivos SLB, en la tabla 11 se visualiza los periodos obtenidos con el software de análisis estructural con el sistema de concreto armado [11].

Tabla 10. Periodos de vibración concreto armado edificio 1 y 2

		Modo	Periodo (seg)	UX	UY	RZ
EDIFICIO 1	Muro de corte	1	0,353	0,603	0,000	0,143
		2	0,296	0,000	0,746	0,000
		3	0,204	0,147	0,000	0,604
	Disipado res SLB	1	0,51	0,673	0,000	0,091
		2	0,413	0,000	0,751	0,000
		3	0,315	0,102	0,001	0,665
EDIFICIO 2	Muro de corte	1	0,591	0,000	0,715	0,000
		2	0,538	0,713	0,000	0,000
		3	0,383	0,000	0,000	0,706
	Disipado res SLB	1	0,767	0,000	0,763	0,002
		2	0,731	0,759	0,000	0,001
		3	0,527	0,001	0,001	0,747

En la tabla 12 se muestran los periodos de vibración del edificio 1 y 2, usando arriostres y arriostres con SLB.

Tabla 11. Periodos de vibración en estructura metálica edificio 1 y 2

		Modo	Periodo (seg)	UX	UY	RZ
EDIFICIO 1	Arriostres	1	0,449	0,000	0,811	0,000
		2	0,421	0,743	0,000	0,103
		3	0,297	0,102	0,000	0,730
	Arriostres con S LB	1	0,573	0,778	0,000	0,066
		2	0,569	0,000	0,802	0,000
		3	0,408	0,068	0,000	0,766
EDIFICIO 2	Arriostres	1	0,881	0,000	0,778	0,000
		2	0,790	0,771	0,000	0,000
		3	0,518	0,000	0,000	0,782
	Arriostres con S LB	1	1,100	0,000	0,780	0,000
		2	0,955	0,781	0,000	0,000
		3	0,648	0,000	0,001	0,792

3.2. Derivas Inelásticas

Las derivas son los desplazamientos horizontales relativos que existen entre dos niveles de un edificio, los cuales se producen a causa de la acción de fuerzas laterales; la NEC-15 delimita a que la deriva inelástica máxima no supere 0,02 (2%) [21].

En las figuras 12 (a) y (b) se indican los resultados de derivas inelásticas por piso elaborados en el análisis no lineal tiempo-historia, para estructuras de concreto armado de tipo convencional con muros de corte y con la implementación de conexiones SLB en muros desacoplados, cabe indicar que se realizó en ambas direcciones (X-X e Y-Y), a su vez en la figura 13 (a) y (b) se muestra de igual manera los resultados de las derivas inelásticas, pero en este caso con estructura metálica del tipo convencional y con el uso dispositivos SLB con diagonales tipo Chevron.

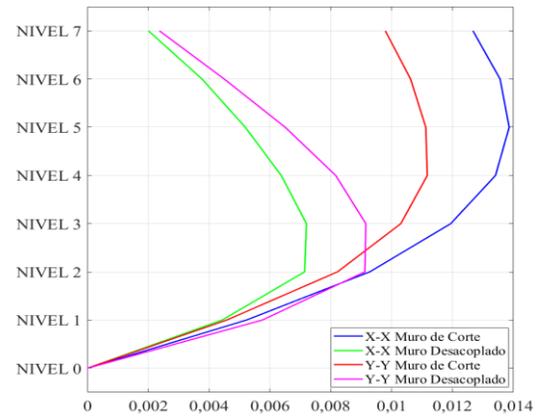
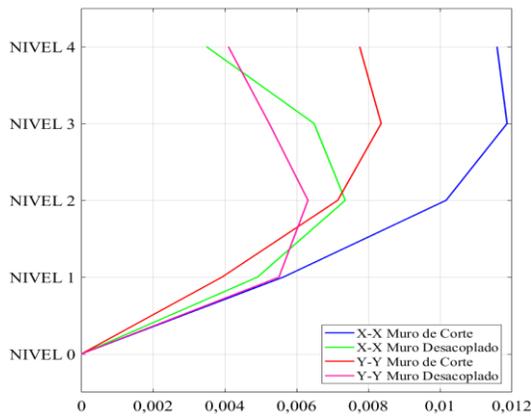


Figura 14. Derivas inelásticas en concreto armado (a) edificio 1 (b) edificio 2

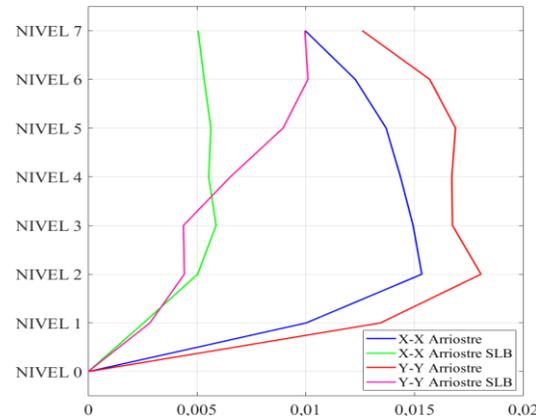
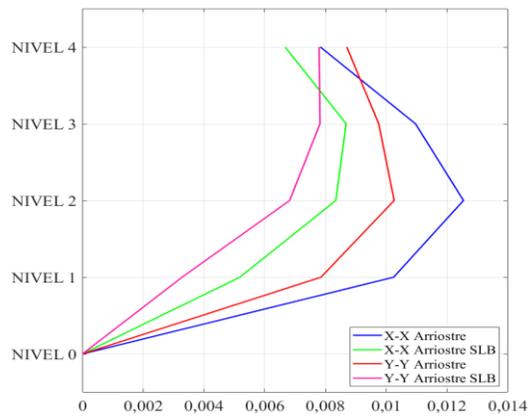


Figura 15. Derivas inelásticas en estructura metálica (a) edificio 1 (b) edificio 2

En la figura 16 se presenta la comparativa en derivas inelásticas máximas de piso para el edificio 1 y 2, en los dos sistemas constructivos antes mencionados.

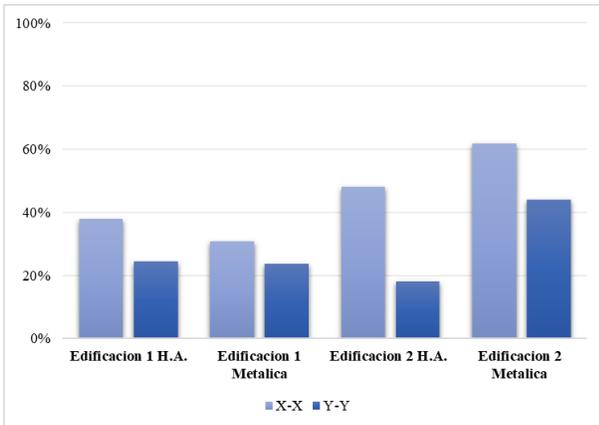


Figura 16. Análisis comparativo de derivas de máximas de piso de la Edificio 1 y 2

Tal como se visualiza en la figura antes mencionada, el sistema constructivo de concreto armado presenta una reducción de derivas con el uso de muros desacoplados del 37,94 % en el sentido X-X y 24,38 % en el sentido Y-Y con respecto a los muros de corte para el edificio 1 y en el sistema constructivo de estructura metálica se presenta una reducción de derivas con la

implementación de conexiones SLB en diagonales Chevron del 30,76 % en el sentido X-X y 23,81 % en el sentido Y-Y, frente al uso de diagonales convencionales.

Mientras en el edificio 2, el sistema constructivo de concreto armado presenta una reducción de derivas con el uso de muros desacoplados del 48,04 % en el sentido X-X y 18,10 % en el sentido Y-Y con respecto a los muros de corte, a su vez en el sistema constructivo de estructura metálica se presenta una reducción de derivas con la implementación de conexiones SLB en diagonales Chevron del 61,65 % en el sentido X-X y 44,05 % en el sentido Y-Y, en comparación de diagonales Chevron.

3.3. Desplazamientos

En la figura 17 (a) y (b) se presenta los resultados de desplazamientos laterales por piso obtenidas del programa estructural Etabs-18, para el caso de estructuras de concreto armado convencionales y con el uso de disipadores SLB, de igual manera en la figura 18 (a) y (b) se muestra los valores obtenidos para la estructura metálica convencional y con la conexión SLB.

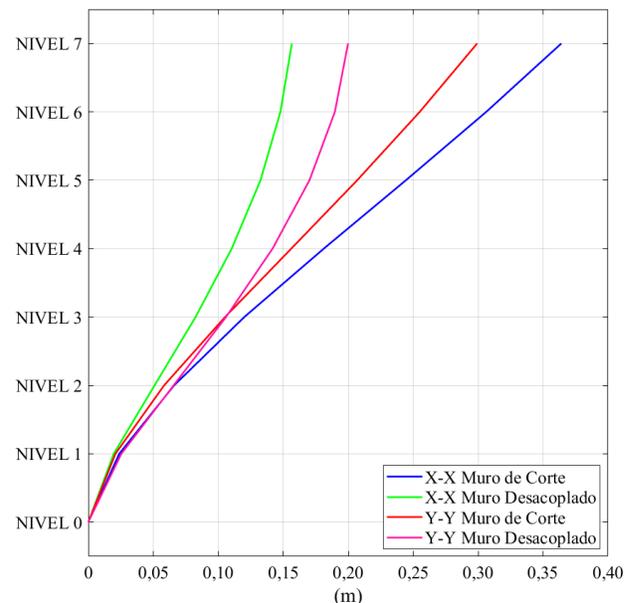
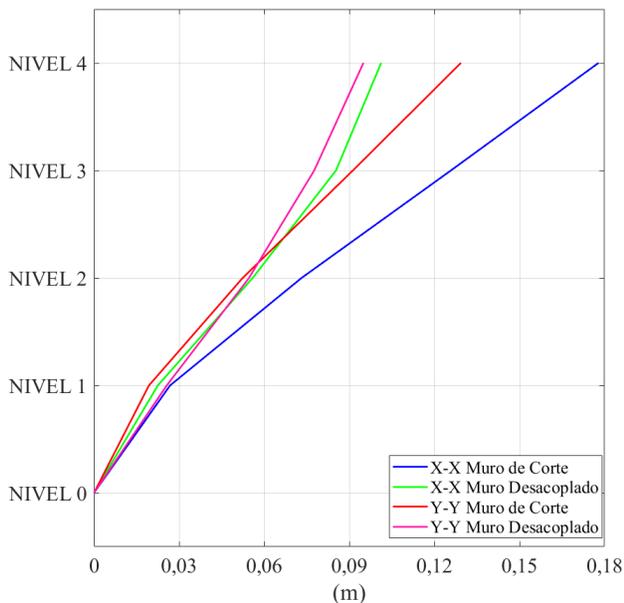


Figura 17. Desplazamientos máximos de piso en estructura concreto armado (a) edificio 1 (b) edificio 2

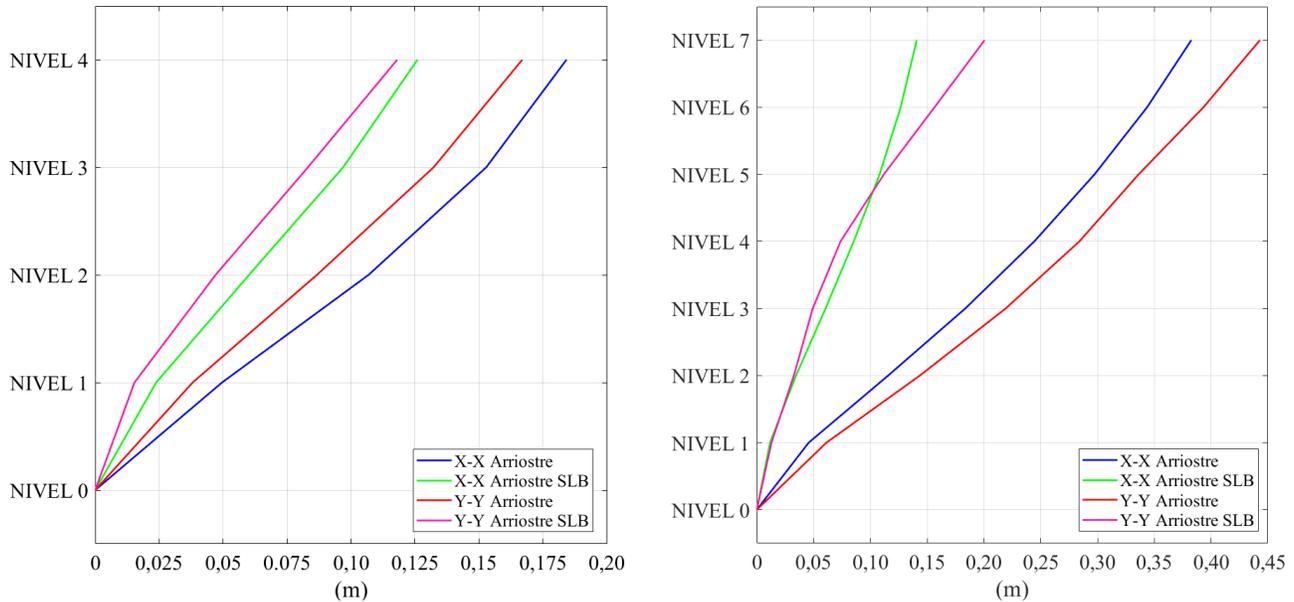


Figura 18. Desplazamientos máximos de piso en estructura metálica (a) edificio 1 (b) edificio 2

En la figura 19 se presenta la comparativa en desplazamientos máximos de piso para el edificio 1 y 2, en los dos sistemas constructivos antes mencionados.

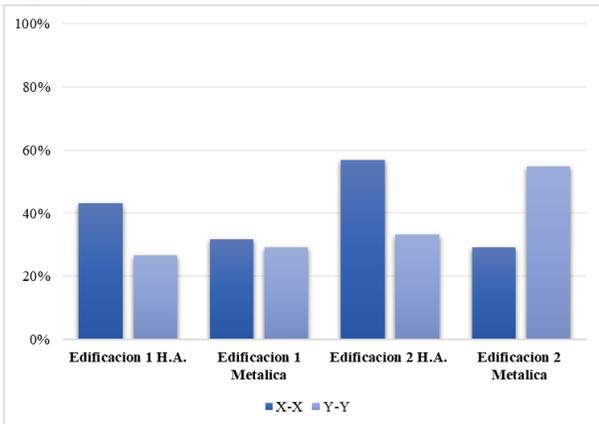


Figura 19. Análisis comparativo de desplazamientos máximos de piso de la Edificio 1 y 2

Se puede observar en la figura anterior, que los modelos de concreto armado del edificio 1 aplicando muros desacoplados con conexiones SLB, presenta una reducción en desplazamientos máximos del 43,08 % en el sentido X-X y 26,58 % en el sentido Y-Y, con respecto al método tradicional, a su vez en el sistema de estructura metálica con conexiones SLB con arriostres Chevron se presenta una reducción del 31,61 % en el sentido X-X y 29,28 % en el sentido Y-Y, en comparación al uso exclusivo de arriostres Chevron.

En el caso del edificio 2 en el sistema constructivo de concreto armado con el uso del dispositivo SLB se presenta una reducción de desplazamientos máximos del 56,96 % en el sentido de X-X y del 33,20 % en el sentido Y-Y, frente al uso de muros de corte, en cuanto al sistema constructivo de estructura metálica se presenta una reducción del 29,28% y 54,72% en el sentido de X-X e Y-Y, frente al uso de arriostres convencionales.

3.4. Cortantes máximos

En la figura 20 (a) y (b) se muestra los cortantes por piso generados por la acción del evento sísmico más crítico, para el sistema de concreto armado con los métodos constructivos antes mencionados, a su vez en la figura 21 (a) y (b) se presentan los cortantes obtenidos a través de las modelaciones en el programa estructural Etabs-18 para el sistema de estructura metálica.

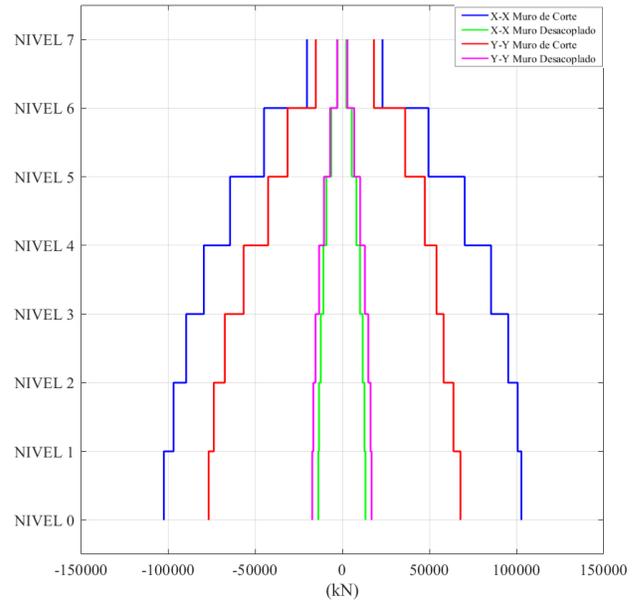
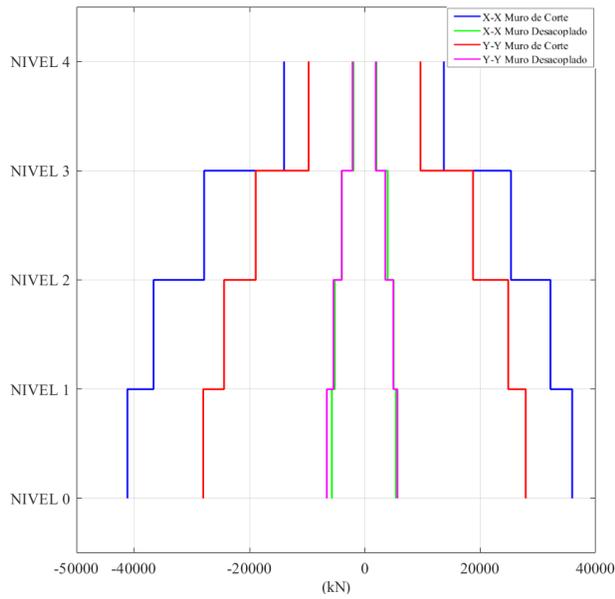


Figura 20. Cortantes máximos de piso en estructura concreto armado (a) edificio 1 (b) edificio 2

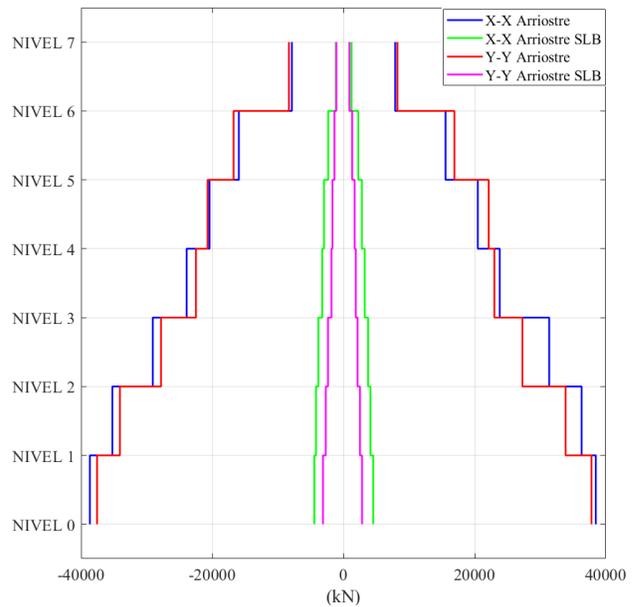
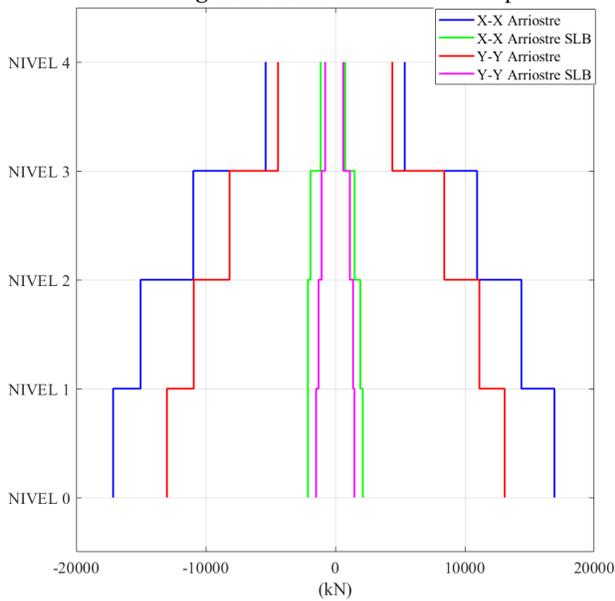


Figura 21. Cortantes máximos de piso en estructura metálica (a) edificio 1 (b) edificio 2

En la figura 22 se presenta la comparativa de los cortantes máximos de piso para el edificio 1 y 2, en los dos sistemas constructivos antes mencionados.

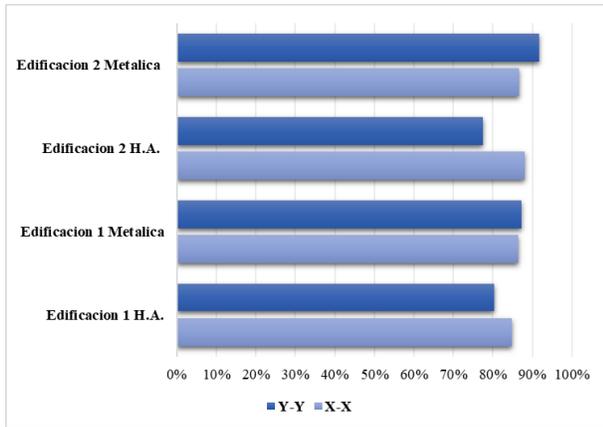


Figura 22. Análisis comparativo de cortantes máximos de piso de la Edificio 1 y 2

En la anterior figura se presentó los resultados de los dos edificios, en el edificio 1 se observó que en el sistema constructivo de concreto armado con muros desacoplados con conexiones SLB se ve una reducción del cortante del 84,80 % en el sentido X-X y 80,37 % en el sentido Y-Y, en relación a sistema tradicional con muros de corte, de tal manera en el sistema constructivo de estructura metálica con arriostres Chevron con conexiones SLB se presenta una reducción del 86,53 % y 87,27 % en el sentido Y-Y e X-X, con respecto a dichos arriostres sin conexión.

En el caso del edificio 2, el sistema de concreto armado se presenta una reducción del cortante por piso con el uso de muros desacoplados con conexiones SLB del 88,15 % en el sentido de X-X y del 77,56 % en el sentido de Y-Y, frente a muros de corte, del mismo modo en el sistema constructivo de estructura metálica se observa una reducción con el uso de disipadores SLB del 86,73 % y 91,74 % en el sentido de X-X e Y-Y, frente a las diagonales convencionales.

3.5. Balance de energía

Los dispositivos SLB tiene como propósito la disipación de energía, además al ser del tipo metálicos buscan aumentar la rigidez y resistencia de la estructura, a su vez también nos ayudan reduciendo las derivas y fuerzas laterales actuantes, obteniendo una menor deformación con el fin de actuar por debajo del límite estático, y así reduciendo significativamente el daño en la estructura [25].

En la tabla 13 se observa los diferentes tipos de energía actuantes en la estructura de concreto armado, siendo la energía histerética el porcentaje de disipación de energía del dispositivo SLB [3].

Tabla 12. Tabla de energía actuante en concreto armado en las edificaciones 1 y 2

	EVENTO	Entrada (KN-m)	Cinética (KN-m)	Potencial (KN-m)	Damping (KN-m)	Histerético Link (KN-m)
EDIFICIO 1	Pedernales MAG, 7,8	4685,6	251,2	185,0	1869,8	2812,4
	Replica 1 MAG, 6,7	3899,8	406,0	427,5	1695,6	2201,8
	Replica 2 MAG, 6,9	4277,3	211,1	158,6	1681,2	2594,9
EDIFICIO 2	Pedernales MAG, 7,8	16369,3	1159,4	1159,9	9315,1	7050,7
	Replica 1 MAG, 6,7	13311,4	1774,0	1556,8	7537,8	5773,3
	Replica 2 MAG, 6,9	15736,4	1460,2	1353,4	9730,6	6005,6

En la figura 23 se visualiza el porcentaje de energía disipada por los dispositivos SLB para los edificios de concreto armado, donde se puede observar que son de gran ayuda ya que para los modelos propuestos absorbieron entre un 38 % a 62 % de la energía total del sismo actuante en las estructuras.

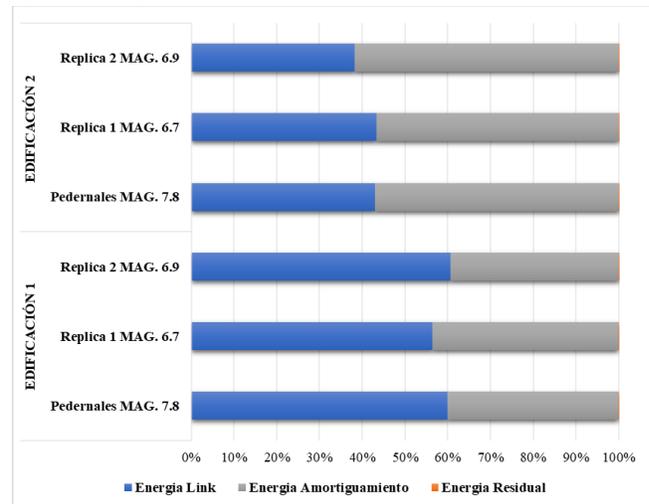


Figura 23. Balance de energía en concreto armado Edificio 1 y 2

En la tabla 14 se muestra el tipo de energía para la estructura metálica a partir de los registros sísmicos propuestos en el estudio.

Tabla 13. Tabla de energía actuante en estructura metálica en las edificaciones 1 y 2

EVENTO		Entrada (KN-m)	Cinética (KN-m)	Potencial (KN-m)	Damping (KN-m)	Histerético Link (KN-m)
EDIFICIO 1	Pedernales MAG, 7,8	3238,2	173,6	72,9	1240,6	1997,1
	Replica 1 MAG, 6,7	2480,4	128,6	90,2	1015,2	1464,8
	Replica 2 MAG, 6,9	2667,7	264,2	182,2	1157,7	1509,0
EDIFICIO 2	Pedernales MAG, 7,8	7972,3	429,8	142,4	3689,0	4213,0
	Replica 1 MAG, 6,7	6757,1	418,7	199,4	3180,5	3566,8
	Replica 2 MAG, 6,9	5256,4	528,2	233,1	2555,3	2700,9

En la figura 24 se observa el comportamiento del dispositivo SLB con la estructura metálica en función de la disipación de energía, la misma que genera un evento sísmico, podemos identificar que el dispositivo recoge del 38 % al 62 % de la energía antes mencionada.

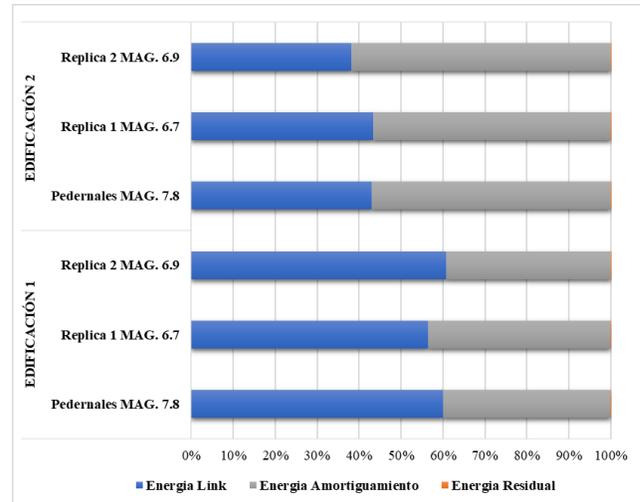


Figura 24. Balance de energía en estructura metálica Edificio 1 y 2

A su vez en la figura 25, se muestra el balance de energía en el edificio 1 con arriostres concéntricos conectados a dispositivos SLB, donde se puede observar cómo actúa este tipo de conexión durante la duración del evento sísmico de Pedernales disipando parte de la energía total que ingresa al sistema.

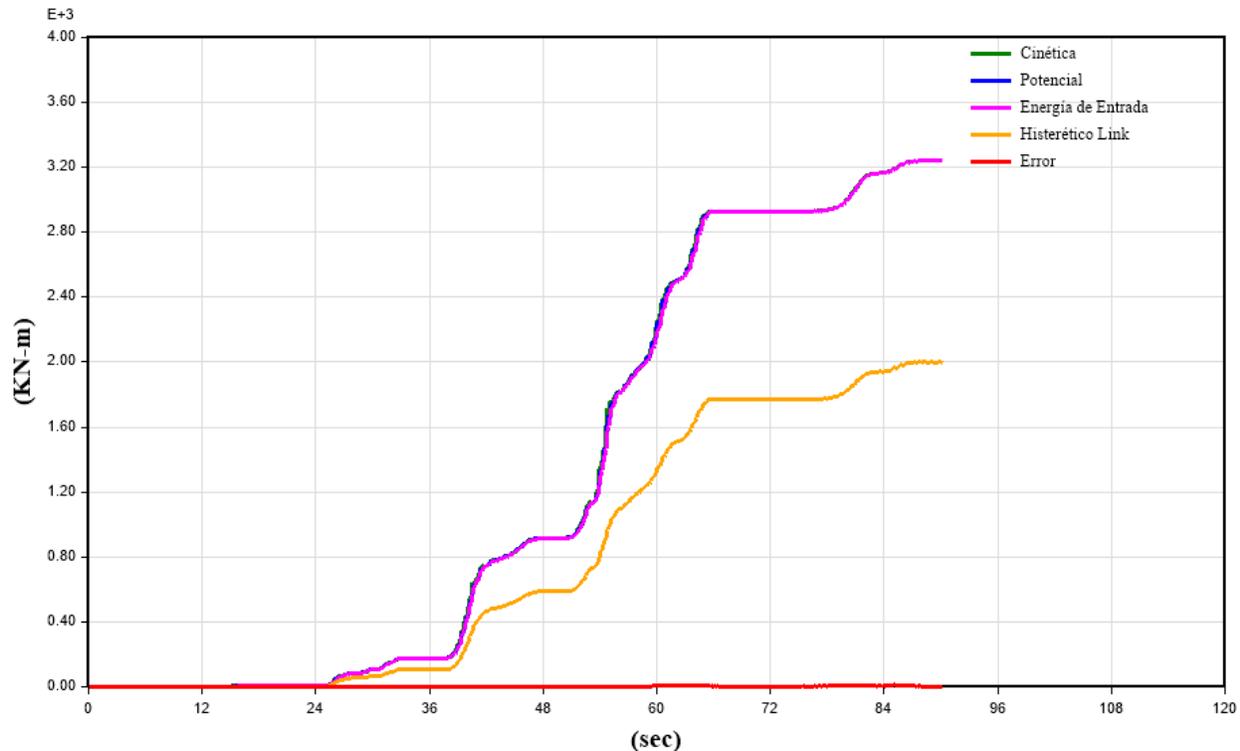


Figura 25. Balance de energía en estructura metálica edificio 1 sismo de Pedernales

Se puede observar en la figura 25 que la energía cinética se representa por la línea de color verde, la energía potencial por la línea azul, la energía de entrada se grafica por la línea rosada mientras que la energía disipada por el dispositivo SLB para ambas direcciones del sismo es de color naranja.

4. Conclusiones

Los disipadores SLB desarrollan un mejor desempeño ante la acción de sismos de gran magnitud encontrando su comportamiento óptimo al ingresar al rango no lineal, por lo cual, se pudo observar una reducción en los siguientes parámetros: cortantes máximos, desplazamientos y derivas inelásticas, este tipo de dispositivos también ayuda a absorber gran cantidad de energía que se genera ante la acción de un evento sísmico, tal como se muestra en las estructuras analizadas, pero a su vez este tipo de conexión presenta un aumento de los periodos fundamentales de vibración en relación a los métodos tradicionales planteados.

Las derivas inelásticas de piso son una de las características que presenta una mejora con el uso de dispositivos SLB, ya que nos permiten una reducción de este parámetro en comparación a los métodos tradicionales tal como se interpretó anteriormente. Se pudo diferenciar en esta investigación que el sistema constructivo de concreto armado tiene un mejor comportamiento en el edificio 1 el cual es de menor altura, en comparación al edificio 2 que al tener más niveles el comportamiento es mejor en estructura metálica.

Como consecuencia de la mejoría de las derivas inelásticas también se presenta una reducción en los desplazamientos con el uso de los disipadores de energía SLB en ambos sistemas constructivos, ya que se puede observar que en ambos edificios el sistema de concreto armado fue el que presentó una reducción mayor en este parámetro en comparación al sistema de estructura metálica.

Otra de las características donde se ve una reducción significativa con el uso de disipadores SLB es el cortante máximo de piso, ya que al analizar los dos edificios tanto en concreto armado como en estructura metálica la reducción supera el

80 % del cortante máximo global, dicho esto se identificó que el sistema de estructura metálica es el que presenta una reducción mayor en ambos edificios.

Por último, las conexiones SLB actúan disipando parte de la energía producida por un evento sísmico, por lo cual este parámetro se ve sujeto a las características arquitectónicas de cada edificio, tal como se muestra en el análisis, se observó que los rangos de disipación son similares tanto para muros desacoplados en concreto armado como en arriostramientos concéntricos tipo Chevron en estructura metálica.

Entonces, por todo lo antes mencionado se concluye que ambos sistemas, muros desacoplados y arriostres concéntricos tipo Chevron, con la implementación de dispositivos SLB tienen grandes ventajas con respecto a los métodos convencionales en las modelaciones presentadas, por lo cual para implementar este nuevo método constructivo se debe tomar en cuenta las necesidades y el financiamiento del proyecto.

Referencias

- [1] C. K. QUISPE HUAMÁN y P. A. GARCÍA URRUTIA, “REFORZAMIENTO SÍSMICO MEDIANTE EL USO DE DISIPADORES HISTERÉTICOS TIPO SHEAR LINK BOZZO EN UN EDIFICIO DE 14 NIVELES EN LA CIUDAD DE LIMA”, UNIVERSIDAD RICARDO PALMA FACULTAD, 2019.
- [2] F. Cervantes y Y. Albrizzio, “DESEMPEÑO SÍSMICO DE UN HOSPITAL DE CONCRETO ARMADO CON DISIPADORES ‘SLB’ SHEAR LINK BOZZO EN LA ZONA SÍSMICA 4”, Universidad Ricardo Palma, 2020.
- [3] F. Enciso Navarro, “Análisis comparativo del diseño sísmico de una estructura con muros continuos y con muros desacoplados incorporando disipadores slb en la ciudad de Huancayo”, UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ, 2019.
- [4] F. Y. Las, L. Bozzo, y G. Gaxiola, “EL CONCEPTO " RIGIDO- CONEXIONES

- SLB”.
- [5] ASCE, “American Society of Civil Engineers, Fema 356 Prestandard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Building”, *Rehabilitation*, núm. November, 2000.
- [6] FEMA 440, “Improvement of Nonlinear Static Seismic Analysis Procedures”, *FEMA 440, Fed. Emerg. Manag. Agency, Washingt. DC*, vol. 440, núm. June, p. 392, 2005.
- [7] American Society of Civil Engineers, “ASCE 7 & SEI Standards”, 2022. <https://www.asce.org/communities/institute-s-and-technical-groups/structural-engineering-institute/asce-7-and-sei-standards>.
- [8] G. Gaxiola, H. Gonzales, y B. Luis, “Proceso De Analisis Y Diseño Utilizando Disipadores Sismicos Tipo Slb”, 2016.
- [9] RENAC, “Red Nacional de Acelerógrafos (RENAC)—Instituto Geofísico—EPN”, 2021. <https://www.igepn.edu.ec/red-nacional-de-acelerografos>.
- [10] A. B. Núñez Palacios, “Trabajo Experimental Previo a La Obtención Del”, pp. 1–101, 2017.
- [11] CSI, “ETABS. (2018) Computer and Structures”. <https://www.csiespana.com/software/5/etabs#>.
- [12] Norma Ecuatoriana de la Construcción, *NEC-SE-DS Cargas Sísmicas Diseño Sismo Resistente Parte 1*. 2015.
- [13] ACI 318S-08, “Requisitos de reglamento para concreto estructural”, *Am. Concr. Inst.*, pp. 1–520, 2008.
- [14] L. Bozzo, J. Ramirez, H. Gonzales, y M. Pantoja, *Análisis y Diseño Utilizando Disipadores Sísmicos Tipo SLB*, núm. December. 2019.
- [15] R. Aguiar y H. Coyago, “Alternativas Estructurales De La Primera Fase Del Proyecto Dedicado a La Vinculación Con La Sociedad De La Espe Campus Santo Domingo Incorporando Muros De Corte Y Disipadores Slb. Structural”, vol. 21, núm. 4, pp. 389–414, 2016.
- [16] L. M. Bozzo, H. Gonzales, M. P. Medina, E. Muñoz, y J. Ramirez, “MODELING, ANALYSIS AND SEISMIC DESIGN OF STRUCTURES USING ENERGY DISSIPATORS SLB STRUCTURES USING ENERGY DISSI ... MODELING , ANALYSIS AND SEISMIC DESIGN OF STRUCTURES USING ENERGY D”, núm. August, 2019, doi: 10.15460/Tecnia.21354.
- [17] AISC 341-10 - American Institute of Steel Construction, “Seismic Provisions for Structural Steel Buildings”, *Seism. Provisions Struct. Steel Build.*, núm. 1, p. 402, 2010.
- [18] A. S. Mena Ramírez, “DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO DE CINCO PLANTAS CON ESTRUCTURA METÁLICA, UTILIZANDO DISIPADORES SÍSMICOS SLB.”, UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA, 2019.
- [19] R. A. Maldonado Tapia, “Sensibilidad y Seguridad de Estructuras de Hormigón en Régimen No Lineal”, Universidad Politecnica de Catalunya, 2012.
- [20] D. E. Chuquicahua Zelada, “ANÁLISIS NO LINEAL ESTÁTICO Y DINÁMICO DE UN EDIFICIO DE CONCRETO ARMADO CON DISIPADORES DE ENERGÍA SLB EN LA CIUDAD DE CHICLAYO”, UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO, 2020.
- [21] MIDUVI, *NEC-SE-DS Cargas Sísmicas Diseño Sismo Resistente Parte 2*, vol. 2.

2015.

- [22] Solutions Seismosoft Earthquake Software, “Seismo Signal”, 2018. <https://seismosoft.com/products/seismosignal/>.
- [23] D. B. ERAZO SILVA y P. A. VARGAS YÉPEZ, “DESARROLLO DE UN SOFTWARE PARA PROCESAMIENTO Y CORRECCIÓN DE REGISTROS, Y GENERACIÓN DE ESPECTROS DE RESPUESTA SÍSMICA”, UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA - SEDE QUITO, 2020.
- [24] Software Solutions Seismosoft Earthquake, “Seismo Match”, 2018. <https://seismosoft.com/products/seismomatch/>.
- [25] A. S. Aguirre Herrera y A. E. Vidal Barazorda, “Comportamiento estructural de una edificación esencial de mediana altura usando aisladores de base y disipadores SLB”, UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS FACULTAD, 2021.