

# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

## FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA  
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

AUTOR:

Castillo Patiño John Rolando

Septiembre 2017

**“ENSAYO DE DISIPADORES DE  
ENERGÍA TIPO SHEAR LINK DE  
CUARTA GENERACIÓN, FRESADOS  
EN ACERO A36”**



# INDICE

- **OBJETIVOS.**
- **MARCO TEÓRICO.**
- **ANÁLISIS EXPERIMENTAL.**
- **RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN.**
- **CONCLUSIONES.**
- **RECOMENDACIONES.**

# OBJETIVOS

## Objetivo General:

Analizar experimentalmente propiedades dinámicas en disipadores de energía tipo Shear Link de cuarta generación para conocer su comportamiento mediante curvas histeréticas.

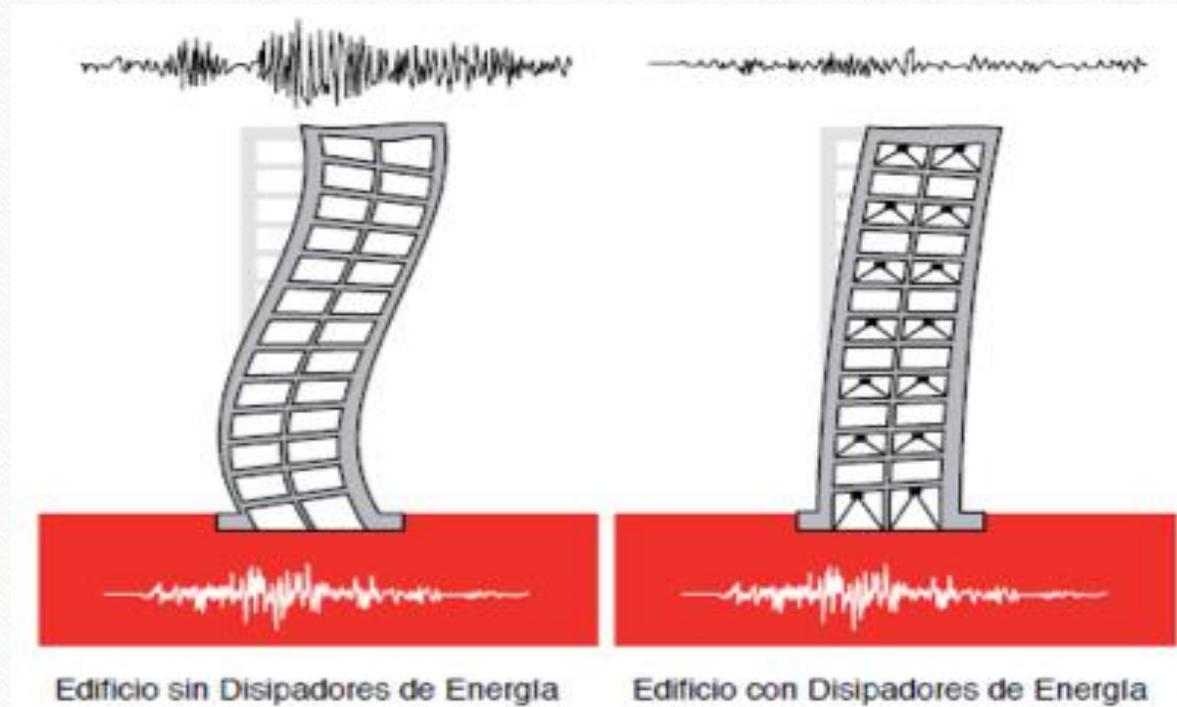
## Objetivos Específicos:

- Determinar mediante ensayos propiedades dinámicas de los SL;  $K_{ef}$  (Rigidez Efectiva),  $F_y$  (Fuerza de fluencia) y  $\xi$  (Amortiguamiento).
- Modelar SL de acero A36 en un programa computacional que simule el proceso de plastificación con la carga ejercida por el actuador.
- Establecer tablas que permitan conocer características básicas del SL de cuarta generación, en base a los resultados.

# MARCO TEÓRICO

- Shear Link.- Conector de corte, es un disipador de energía el cual reduce la respuesta estructural.
- Disminuyen el daño de componentes estructurales y no estructurales.
- Si bien no evitan el ingreso de energía a la estructura, permiten que la disipación de energía se concentre en estos dispositivos.
- Esto reduce sustancialmente la porción de energía que debe ser disipada por la estructura.

*Figura 2.- Comparación de edificio sin disipadores y edificio con disipadores de energía.*

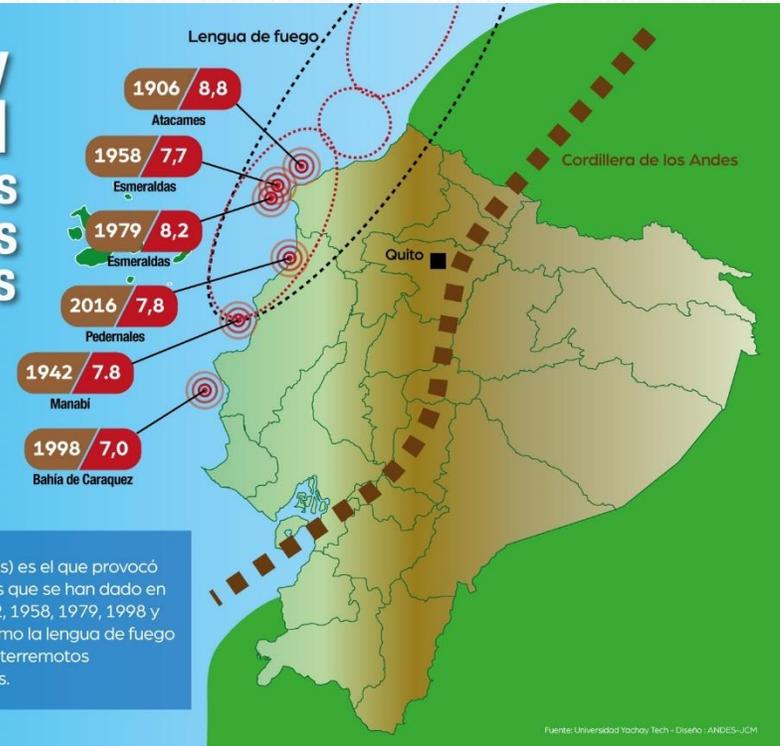


# Condición Sísmica Nacional

El 46,5% de toda la energía sísmica mundial del siglo XX, se liberó en Chile.  
De los 15 terremotos más destructivos registrados a nivel mundial desde 1900, 3 han ocurrido en Chile.

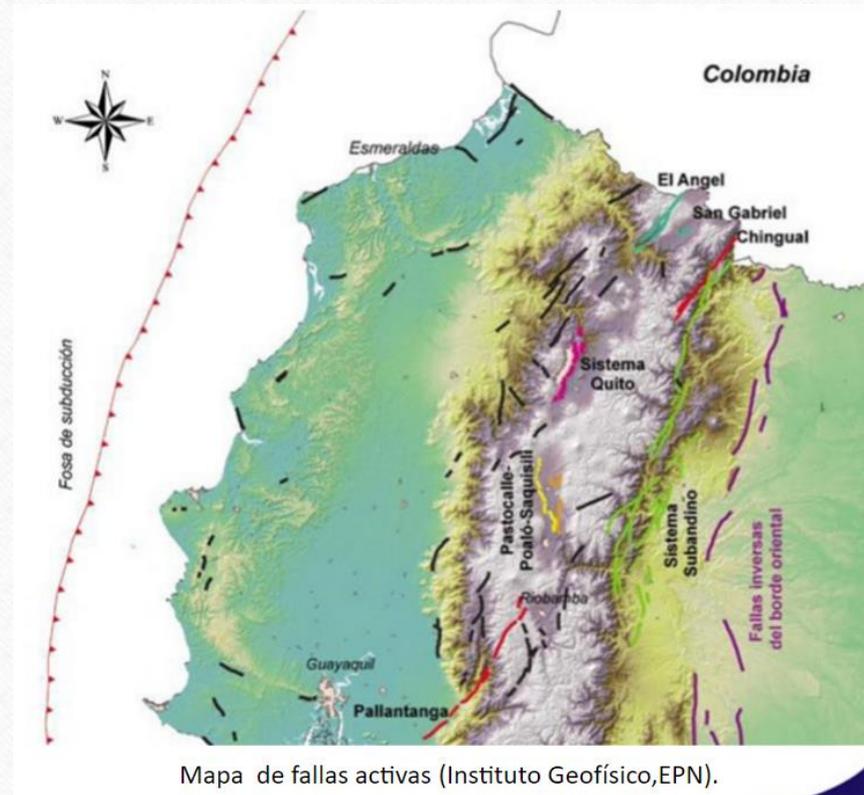
	UBICACIÓN	FECHA	MAGNITUD (RICHTER)
1	Valdivia, Chile	1960/05/22	9.5
2	Prince William Sound, Alaska	1964/03/28	9.2
3	Costa Oeste de Sumatra Norte	2004/12/26	9.1
4	Costa Este de Honshu, Japón	2011/03/11	9.0
5	Kamchatka, Rusia	1952/11/04	9.0
6	Maule, Chile	2010/02/27	8.8
7	Costa de Ecuador	1906/01/31	8.8
8	Islas Rata, Alaska	1965/02/04	8.7
9	Sumatra Norte, Indonesia	2005/03/28	8.6
10	Assam, Tíbet	1950/08/15	8.6
11	Islas Andreanof, Alaska	1957/03/09	8.6
12	Sumatra Sur, Indonesia	2007/09/12	8.5
13	Mar de Banda, Indonesia	1938/02/01	8.5
14	Kamchatka, Rusia	1923/02/03	8.5
15	Frontera Chile-Argentina	1922/11/11	8.5
16	Islas Kuril	1963/10/13	8.5

## Ubicación y magnitud de terremotos en las costas ecuatorianas



# Condición Sísmica Nacional

La Placa de Nazca (subducción) se mueve bajo la Placa Sudamericana (Cordillera Chongon - Colonche) a una tasa cercana a los 10 centímetros por año, generando una zona de subducción paralela a las costas chilenas.”



Placa de Nazca

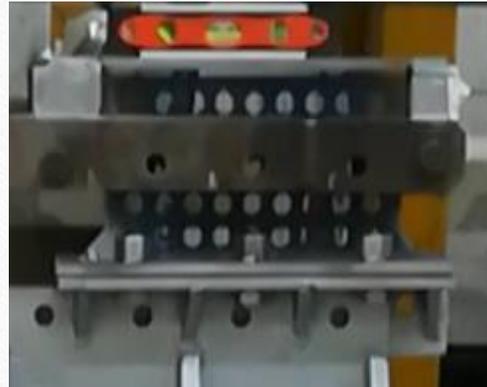
Sist. F. A.

Pallatanga-Chingual

F. Inv. Borde oriental

# ANÁLISIS EXPERIMENTAL

Se procede a realizar los ensayos para obtener las curvas de histéresis y así definir las propiedades dinámicas de los SL;  $K_{ef}$  (Rigidez Efectiva),  $F_y$  (Fuerza de fluencia) y  $\xi$  (Amortiguamiento) con los resultados obtenidos se elaboró una tabla.



# Información Experimental

Se ensayó 5 probetas semejantes, elaborados de una misma plancha de acero A36 de 10 mm de espesor. Todos los disipadores SL-4G tienen las mismas dimensiones y características.

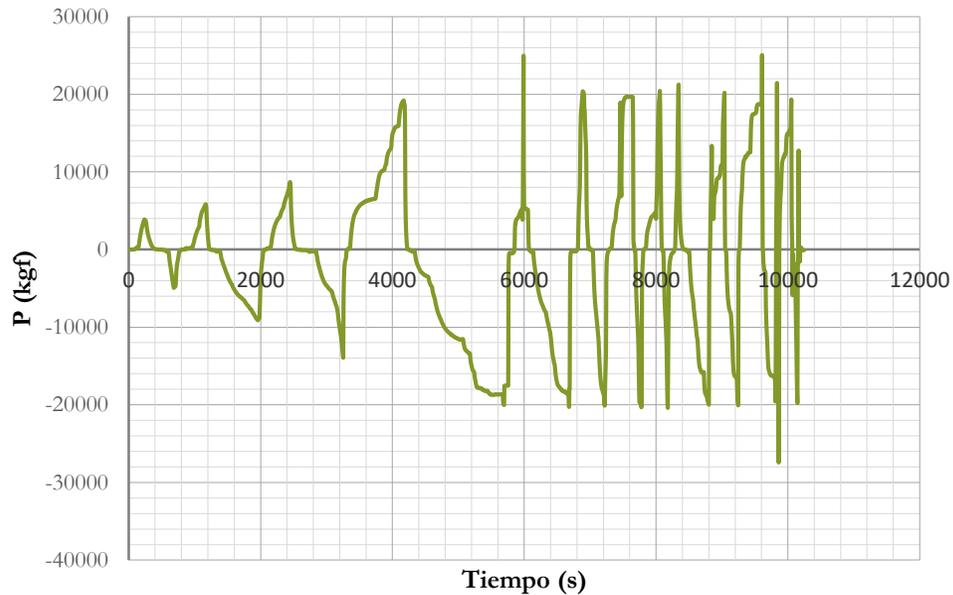
**Figura 38.-** Disipadores SL-4G



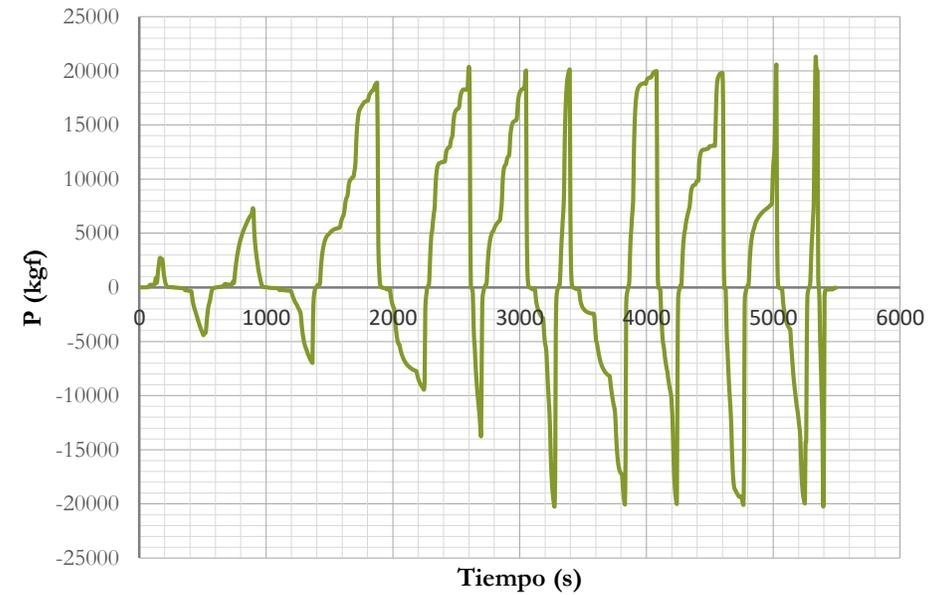
# Medidas durante Proceso de Carga

Se obtuvo datos de acuerdo a los desplazamientos que dieron los deformímetros, en el caso de la carga cíclica en disipadores SL-4G se verificó el desplazamiento para cambiar el sentido de la aplicación de la fuerza, esto se realizó en incrementos de  $\pm 5\text{mm}$  hasta llegar a un desplazamiento máx. de  $\pm 20\text{mm}$  y siguiendo con el ensayo hasta completar 10 ciclos con cargas entre 18 y 20 T. De acuerdo a la norma Chilena NCh433 para disipadores de energía.

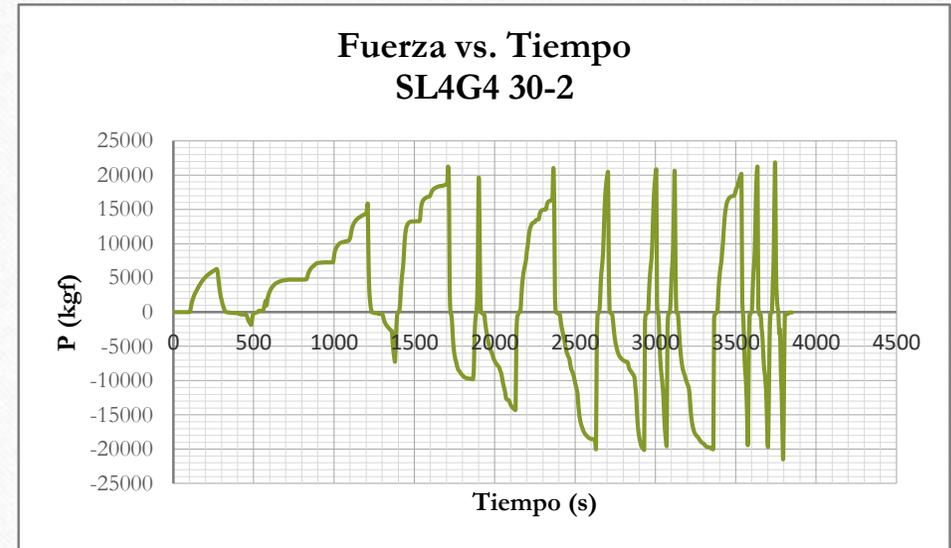
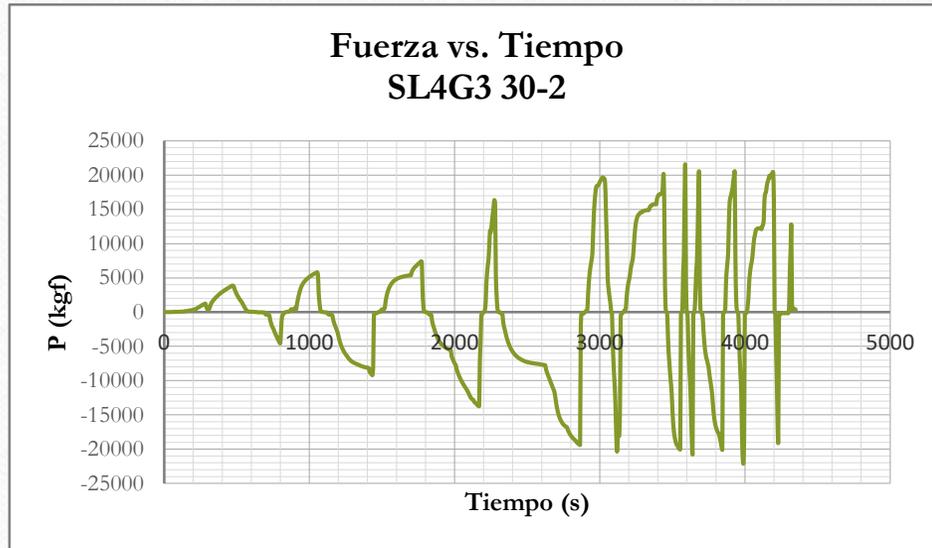
Fuerza vs. Tiempo  
SL4G1 30-2



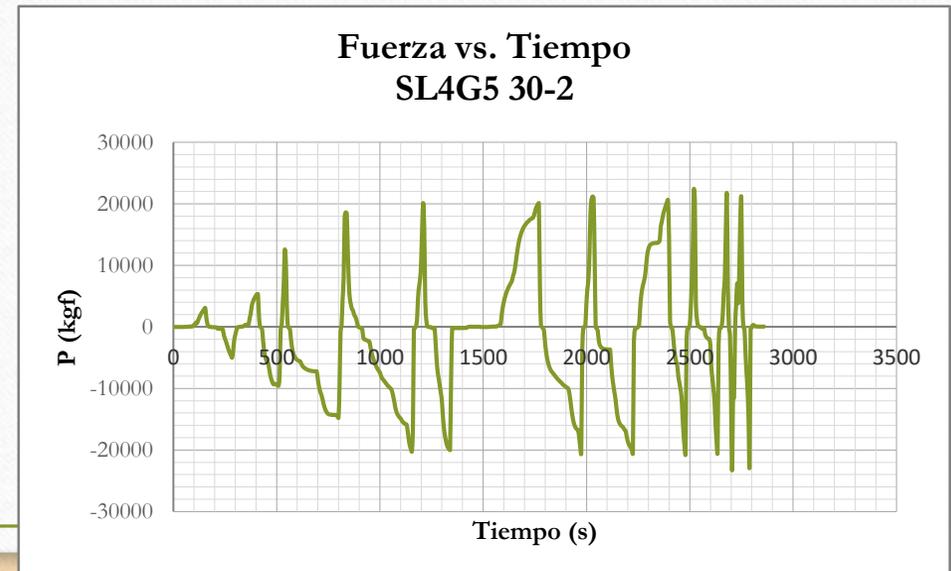
Fuerza vs. Tiempo  
SL4G2 30-2



# Medidas durante Proceso de Carga



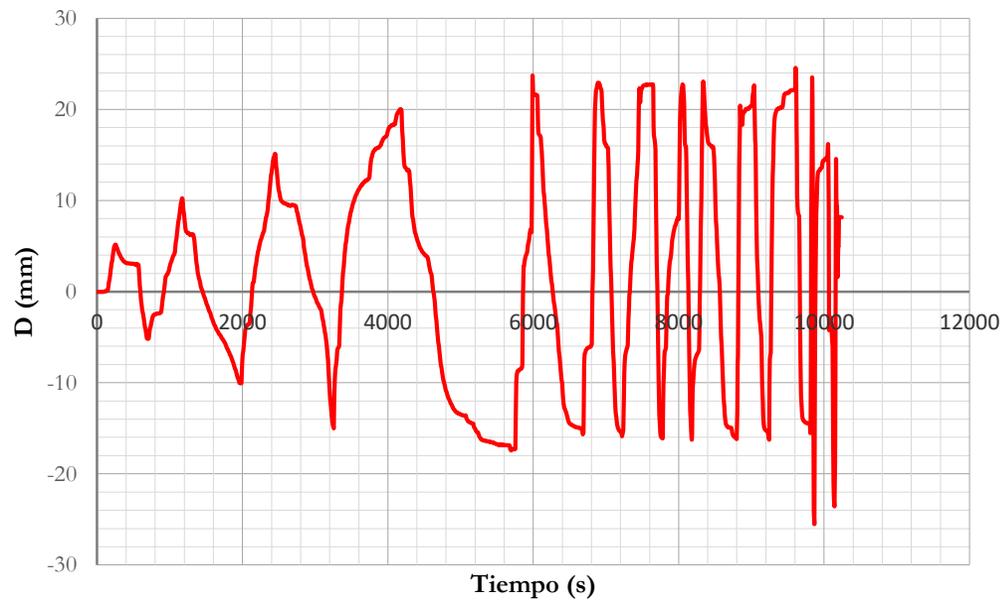
El tercer disipador falló cerca a la base, esto puede ser debido a la fatiga del material y posiblemente a una falla de fabrica de la plancha de acero A36.



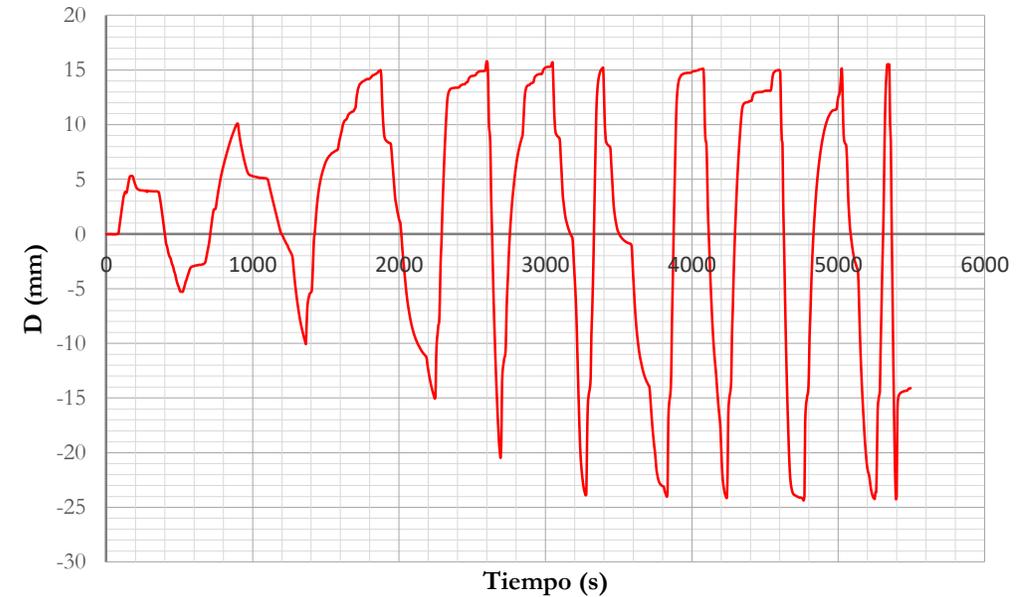
# Medidas durante Proceso de Carga

El ensayo realizado se limita a la capacidad de carga del actuador que es de 20 T, lo cual limito el desplazamiento.

Desplazamiento vs. Tiempo  
SL4G1 30-2

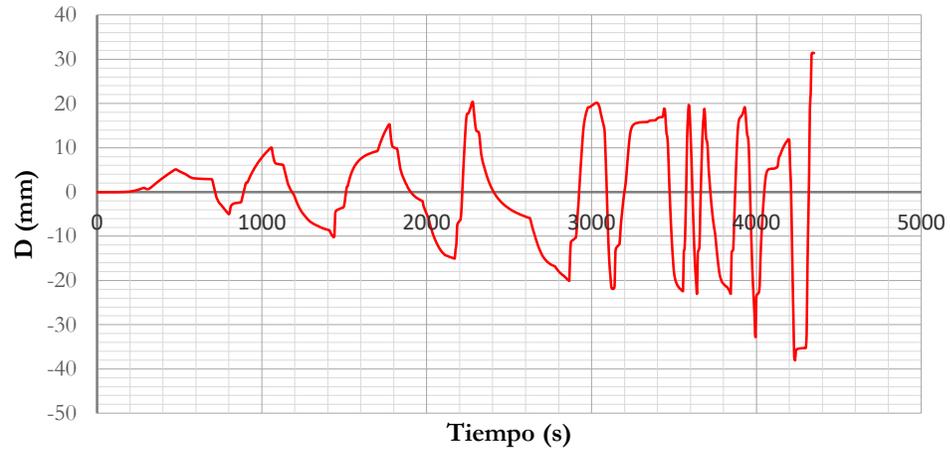


Desplazamiento vs. Tiempo  
SL4G2 30-2

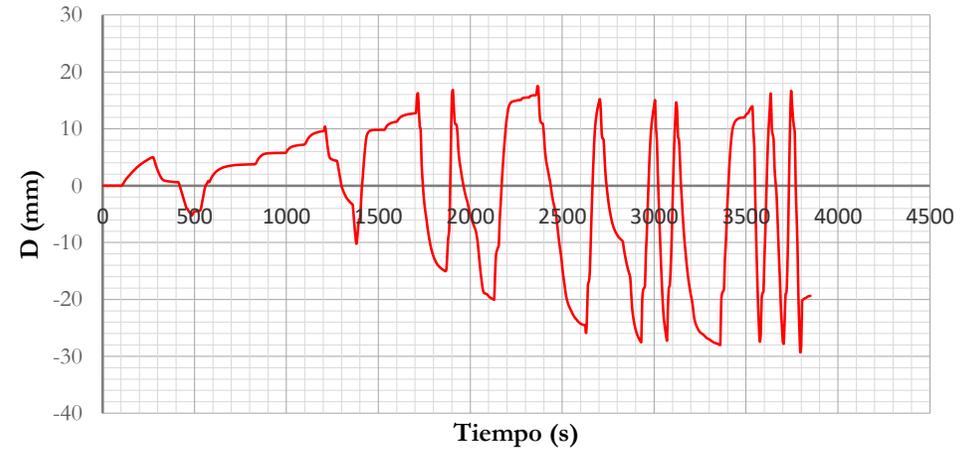


# Medidas durante Proceso de Carga

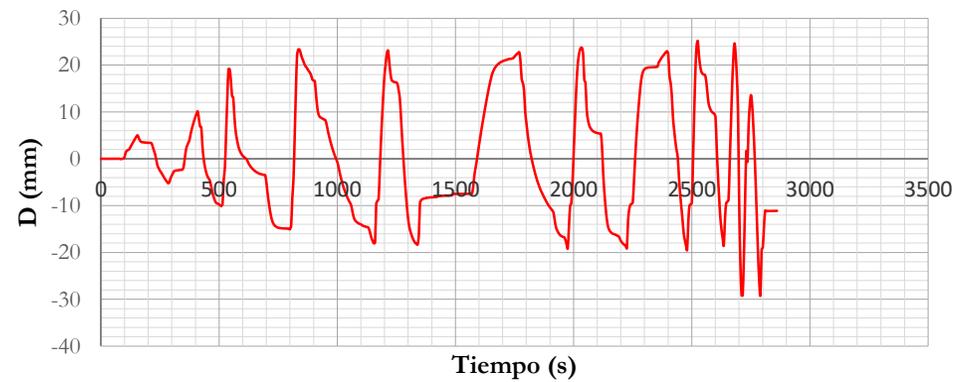
Desplazamiento vs. Tiempo  
SL4G3 30-2



Desplazamiento vs. Tiempo  
SL4G4 30-2



Desplazamiento vs. Tiempo  
SL4G5 30-2



# Disipadores Shear Link de cuarta generación fresados sometidos a Carga Cíclica

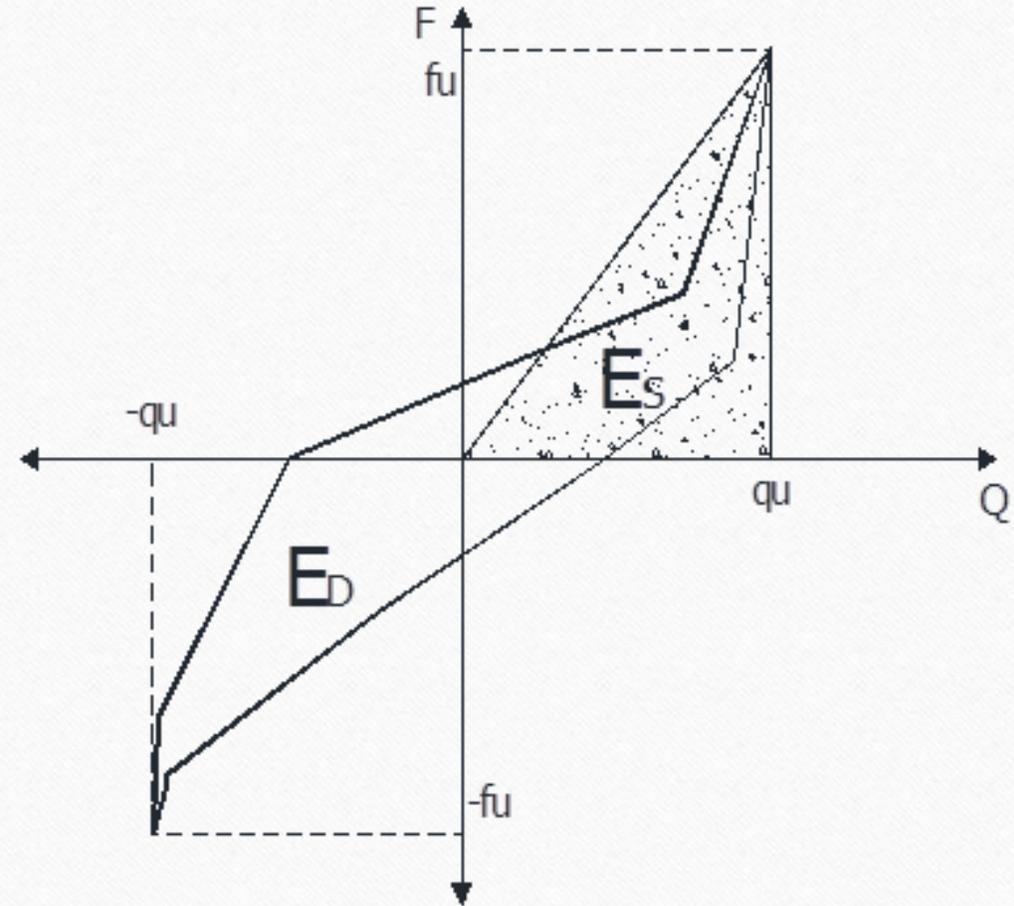
Cálculos para encontrar las propiedades dinámicas del disipador.

$$E_s = \frac{F_u * q_u}{2} = \text{Energía Elástica}$$

$E_D$  = Energía Disipada

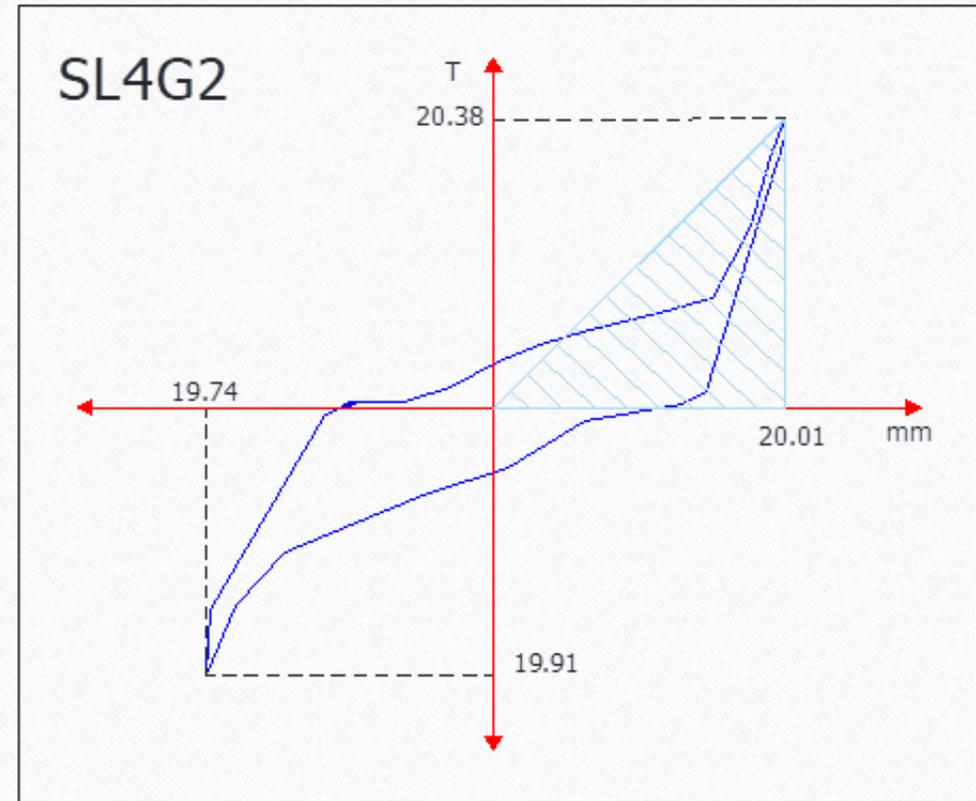
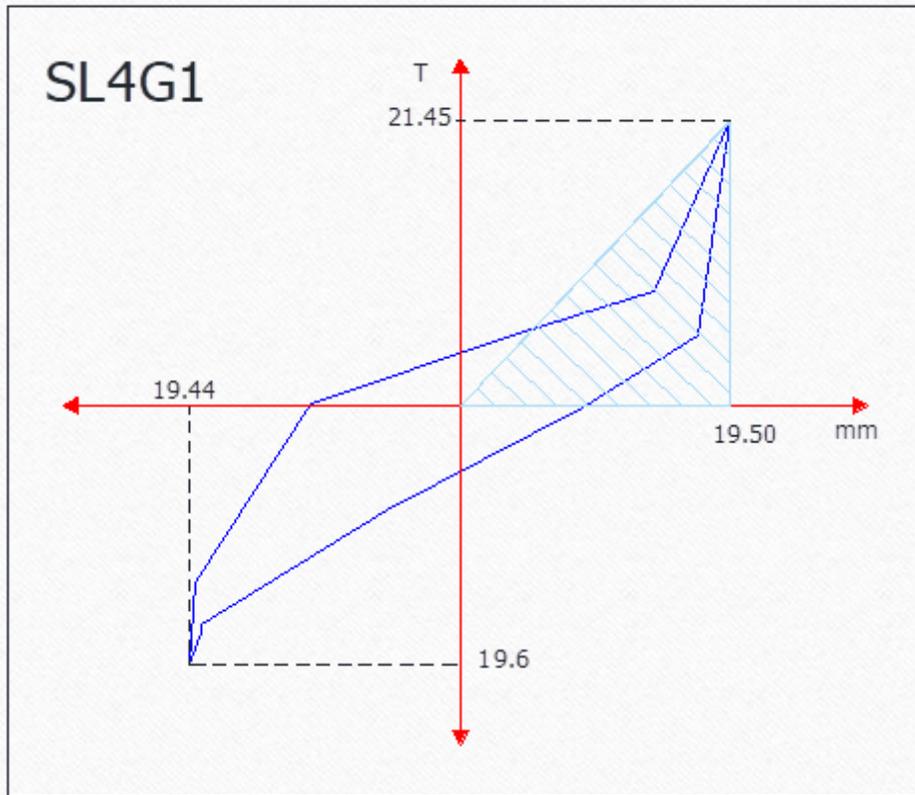
$$\xi = \frac{E_D}{4\pi E_s} = \text{Amortiguamiento}$$

$$K_{ef} = \frac{F_u(+)-F_u(-)}{q_u(+)-q_u(-)} = \text{Rigidez Efectiva}$$



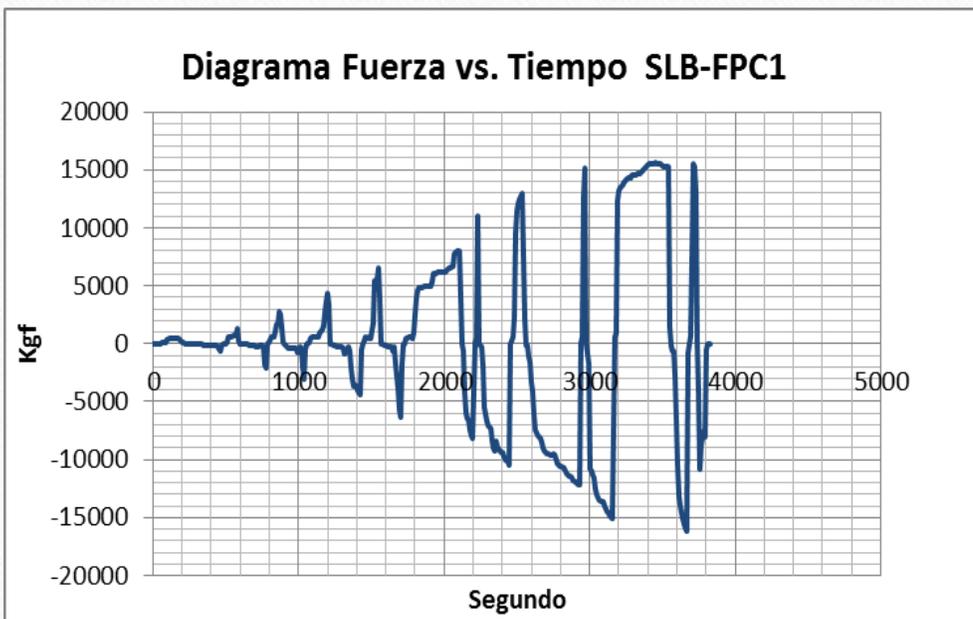
# Disipadores Shear Link de cuarta generación fresados sometidos a Carga Cíclica

Con estas curvas histeréticas se realizó los respectivos cálculos.

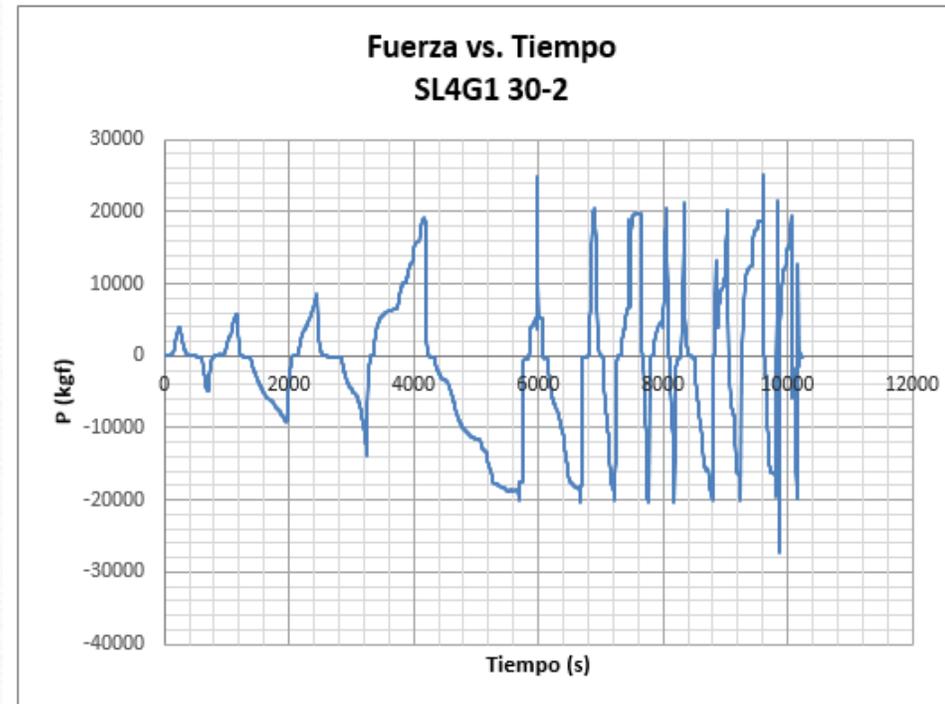


# Comparación de Curvas Fuerza vs. Tiempo de Shear Links de Tercera y Cuarta Generación.

**Gráfico 16.-** Diagrama Fuerza vs. Tiempo Oscullo A.



**Gráfico 17.-** Diagrama Fuerza vs. Tiempo Castillo J.



# Comparación de Curvas Fuerza vs. Tiempo de Shear Links de Tercera y Cuarta Generación.

*Disipador 3ra gen. Luego del ensayo, Oscullo A.*

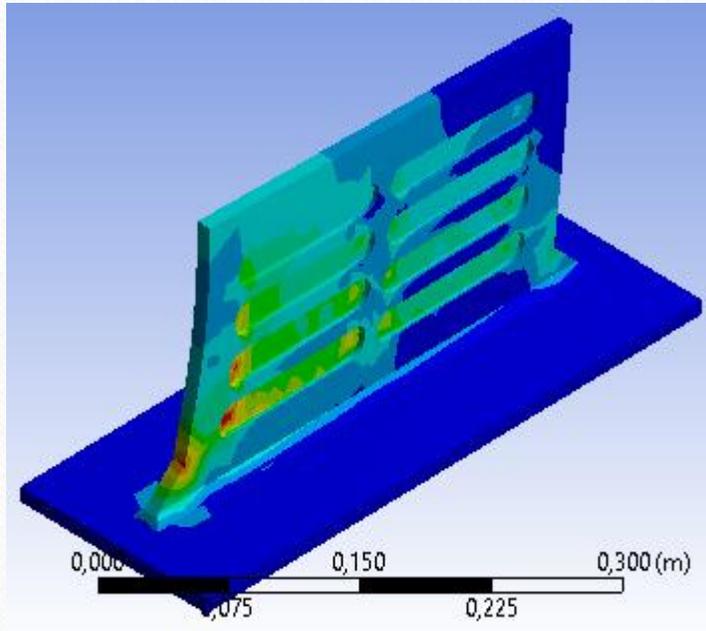


*Disipador 4ta gen. luego del ensayo, Castillo J.*



# Modelación Computacional de Disipador Shear Link de Cuarta Generación sometido a Carga Cíclica

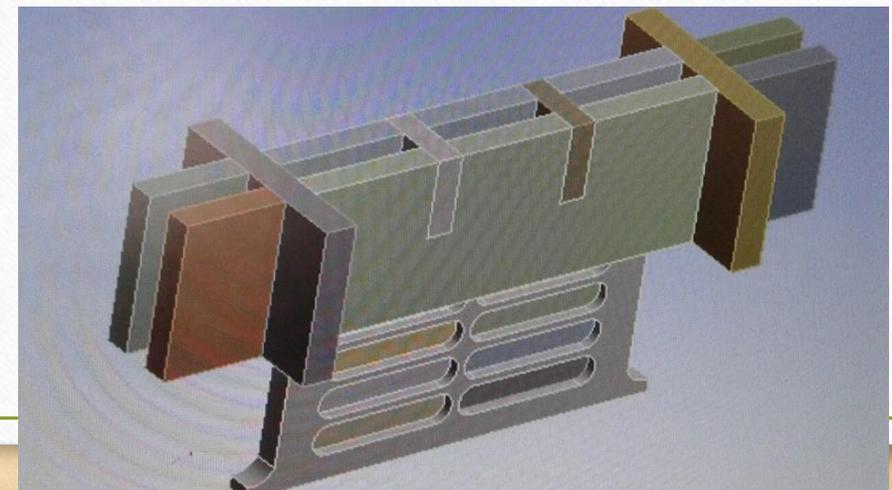
*Modelo Computacional*



*Modelo Real*



*Modelo SLB cuarta generación*



# RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

## TABLA DE RESULTADOS ENSAYOS CICLICOS

<i>Disipador</i>	<i>E<sub>D</sub></i>	<i>E<sub>E</sub></i>	$\xi$
<b>FRESADO</b>	(T - mm)	(T - mm)	
<b>SL4G 1</b>	318,2170	209,1889	0,121
<b>SL4G 2</b>	253,9928	216,1027	0,094
<b>SL4G 3</b>	331,6932	217,7867	0,121
<b>SL4G 4</b>	339,9779	231,1324	0,117
<b>SL4G 5</b>	387,7791	241,5995	0,128
		<b>Promedio</b>	0,112

# RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

DATOS CURVA DE HISTÉRESIS ENSAYOS CÍCLICOS; Kef							
Disipador	fu+ (T.)	fu- (T.)	fu+ (kgf)	fu- (kgf)	qu+ (mm)	qu- (mm)	Kef
FRESADO	(T)	(T)	(Kg)	(Kg)	(mm)	(mm)	(T/mm)
SL4G 1	21,45	19,60	21450	19600	19,5	19,44	1054,186
SL4G 2	20,38	19,91	20380	19910	20,01	19,74	1013,585
SL4G 3	20,58	20,13	20580	20130	21,16	21,00	965,607
SL4G 4	21,12	19,24	21120	19240	21,88	21,65	927,177
SL4G 5	22,36	19,62	22360	19620	21,16	21,47	984,753
						<b>Promedio</b>	1011,126

# CONCLUSIONES

- La  $K_{ef}$  (rigidez efectiva) obtenida en los disipadores de energía de cuarta generación en promedio fueron 1011,126 T/mm, esto contrastado con la rigidez efectiva obtenida de disipadores de energía de tercera generación que en promedio fue 671,369 T/mm., siendo el disipador de energía de cuarta generación un 50% mayor aproximadamente.
- Se determino que el rango de  $F_y$  (Fuerza de Fluencia) esta entre, -20,13 T hasta +22,36 T.
- Se obtuvo un factor de amortiguamiento  $\xi = 0.112 \approx 11,2\%$  debido a limitantes para dar mayor carga ya que la capacidad máxima de la celda es 20T., para el tamaño del disipador el valor del amortiguamiento es aceptable, lo cual nos indica que el disipador tiene una rigidez muy alta en función a sus medidas.
- Se pudo evidenciar que el punto de fallo que da el análisis computacional es igual al obtenido en los ensayos del laboratorio, esto nos permite evidenciar que las ecuaciones planteadas son correctas.

# RECOMEDACIONES

- Evitar cristalización del material al momento de realizar la soldadura del cuerpo del disipador a la base del mismo.
- Recomiendo cambiar la configuración del banco de pruebas en general para ensayar los disipadores de manera vertical y así evitar el deslizamiento del mismo.
- Adaptar un dispositivo que permita dar cargas exactas al actuador para de esta manera tener menos margen de error a la hora de los ensayos.
- Los diseños futuros tienden a no usar pernos, sustituyendo estos por topes o en algunos casos una especie de engranajes como se aprecia en los Shear Link Bozzo de cuarta generación.
- Reforzar el brazo ACO4g para ensayar disipadores de mayores dimensiones y con esto impedir deformaciones del mismo.
- Obtener una celda de carga de 50 T., ya que la de 20T. existente no abastece ante la capacidad de los disipadores.
- Se debe tener presente el punto crítico de falla en los disipadores para de esta manera tomar las precauciones debidas al momento de realizar la soldadura y fresado.

**GRACIAS POR  
SU ATENCIÓN**

