

Artículo por Ing. Jorge Cabanillas Rodríguez

SISTEMAS DE PROTECCION SISMICA EN CENTROS DE SALUD Y OTROS

Muy buen día; acábanos de terminar el 1er Curso Presencial: “Diseño de Sistema de Protección Sísmica en Centro de Salud” debido a que en el 2014 se aprobó el Anexo 03 del Título E-030 del Reglamento Nacional de Edificaciones Vigente; sobre el Diseño Sismo resistente.

VIVIENDA

Disponen incorporación del Anexo 03 “Sistemas de Protección Sísmica, específica para el caso de Establecimientos de Salud” a la Norma Técnica de Edificación E.030 “Diseño Sismorresistente”, del Reglamento Nacional de Edificaciones - RNE

DECRETO SUPREMO Nº 002-2014-VIVIENDA

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

CONSIDERANDO:

Que, de acuerdo a la Ley Nº 30156, Ley de Organización y Funciones del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, es competencia del Ministerio formular, normar, dirigir, coordinar, ejecutar, supervisar y evaluar las políticas nacionales y sectoriales en materia de vivienda, construcción, saneamiento, urbanismo y desarrollo urbano, bienes estatales y propiedad urbana, para lo cual dicta normas de alcance nacional y supervisa su cumplimiento;

Que, el Decreto Supremo Nº 015-2004-VIVIENDA, aprobó el Índice y la Estructura del Reglamento Nacional de Edificaciones, en adelante RNE, aplicable a las Habilitaciones Urbanas y a las Edificaciones, como

DECRETA:

Artículo 1º.- Incorporación del Anexo 03 “Sistemas de Protección Sísmica, específica para el caso de Establecimientos de Salud” a la Norma Técnica de Edificación E.030 “Diseño Sismorresistente”, del Reglamento Nacional de Edificaciones - RNE

Incorpórase el Anexo 03 “Sistemas de Protección Sísmica, específica para el caso de Establecimientos de Salud” a la Norma Técnica de Edificación E.030 “Diseño Sismorresistente” del Numeral III.2 Estructuras, del Título III del Reglamento Nacional de Edificaciones - RNE, el cual forma parte integrante del presente Decreto Supremo.

Artículo 2º.- Publicación y Difusión

El contenido de la Norma Técnica a que se refiere el artículo 1 del presente Decreto Supremo, será publicado en el Portal Institucional del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (www.vivienda.gob.pe), el mismo día de su publicación, de conformidad con lo dispuesto en el Decreto Supremo Nº 001-2009-JUS.

instrumento técnico normativo que rige a nivel nacional, el cual contempla sesenta y nueve (69) Normas Técnicas;

Que, mediante Decreto Supremo Nº 011-2006-VIVIENDA, se aprobaron sesenta y seis (66) Normas Técnicas del RNE, comprendidas en el referido Índice, y se constituyó la Comisión Permanente de Actualización del RNE, encargada de analizar y formular las propuestas para la actualización de las Normas Técnicas; precisándose que a la fecha las referidas normas han sido modificadas por sendos Decretos Supremos;

Que, es preciso señalar que con los Decretos Supremos Nº 001-2010-VIVIENDA y Nº 017-2012-VIVIENDA, se aprobaron dos normas técnicas adicionales, de acuerdo al Índice y a la Estructura del RNE aprobado mediante Decreto Supremo Nº 015-2004-VIVIENDA; y con Decreto Supremo Nº 011-2012-VIVIENDA, se incorporó una nueva norma al citado cuerpo legal;

Que, con Informe Nº 001-2014/VIVIENDA/VMVU-CPARNE de fecha 07 de enero de 2014, el Presidente de la Comisión Permanente de Actualización del RNE, eleva la propuesta de incorporación del Anexo 3 “Sistemas de Protección Sísmica, específica para el caso de Establecimientos de Salud” a la Norma Técnica de Edificación E.030 “Diseño Sismorresistente”, contenida en el Reglamento Nacional de Edificaciones - RNE, aprobado con Decreto Supremo Nº 011-2006-VIVIENDA; la misma que ha sido materia de evaluación y aprobación por la mencionada Comisión conforme aparece en el Acta de su Cuadragésima Octava Sesión de fecha 20 de diciembre del 2013, que forma parte del expediente correspondiente;

Que, conforme a lo señalado por la Comisión Permanente de Actualización del RNE, resulta pertinente disponer la incorporación del Anexo a que se refiere el considerando anterior, a fin de complementar su contenido;

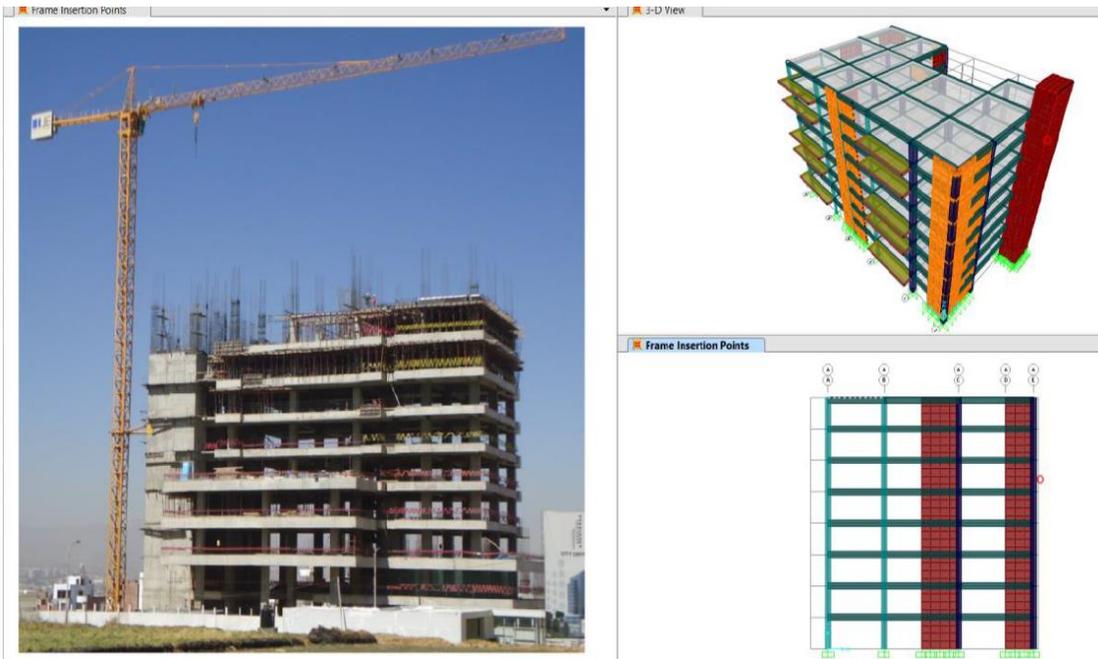
De conformidad con lo dispuesto en numeral 8) del artículo 118 de la Constitución Política del Perú; el numeral 3) del artículo 11 de la Ley Nº 29158, Ley Orgánica del Poder Ejecutivo; la Ley Nº 30156, Ley de Organización y Funciones del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento; y el Decreto Supremo Nº 002-2002-VIVIENDA modificado por el Decreto Supremo Nº 045-2006-VIVIENDA, Reglamento de Organización y Funciones del Ministerio;

- Con este motivo realizamos este curso en el Colegio de Ingenieros del Perú sede del Consejo Nacional con la participación de más de 50 ingenieros involucrados en el diseño de estructuras esenciales.
- Este Curso fue auspiciado por CSICaribe – Disepro EIRL (Dealer CSI en Perú) y la firma Postensa. La responsabilidad de la instrucción recae en mí persona y salí muy agradecido por los comentarios de los participantes, esperamos realizar otra presentación con la misma calidad, muy pronto para beneficio de otros consultores.

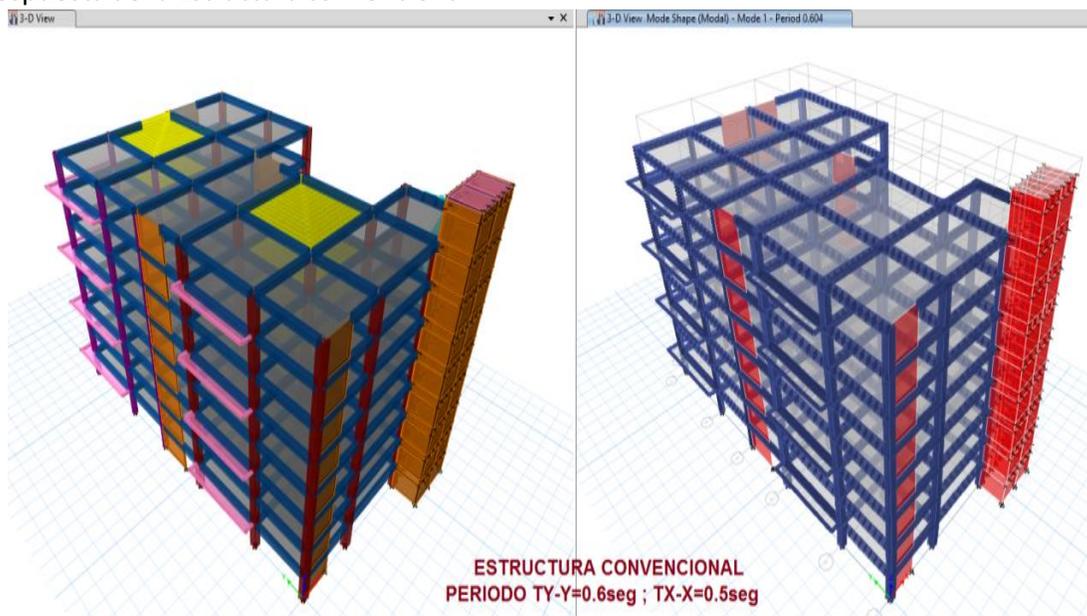
En este artículo presento un resumen de los trabajos realizados en clase:

I) AISLADORES CON NUCLEO DE PLOMO

1.- Diseño de Sistema de Aislación en Centro de Salud de 8 pisos, diseñado en ETABS v2015



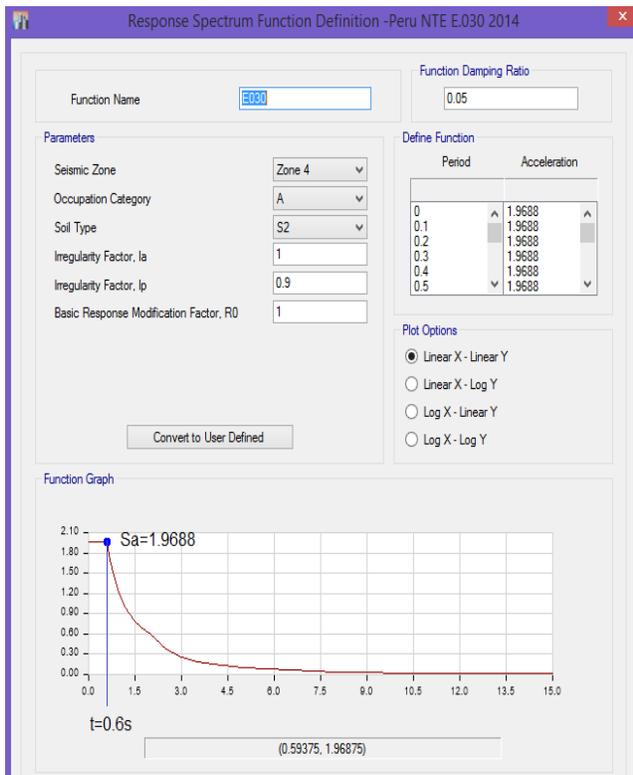
2.- Respuesta de la Estructura convencional



3.- Nivel de Respuesta Sísmica según el espectro de Respuesta

Observamos: que para periodos de $T < 0.6s$ la respuesta máxima que debe soportar la estructura es

$S_a = 1.98$ con esto la fuerza sísmica podrá amplificarse a $F_b = 1.98 \times W$ donde $W = 3,890.02 \text{ Tn}$ con lo que tenemos una fuerza de respuesta sísmica en $= 7,702.24 \text{ Tn}$ y unos desplazamientos relativos máximos mayores a los que la norma lo permite.



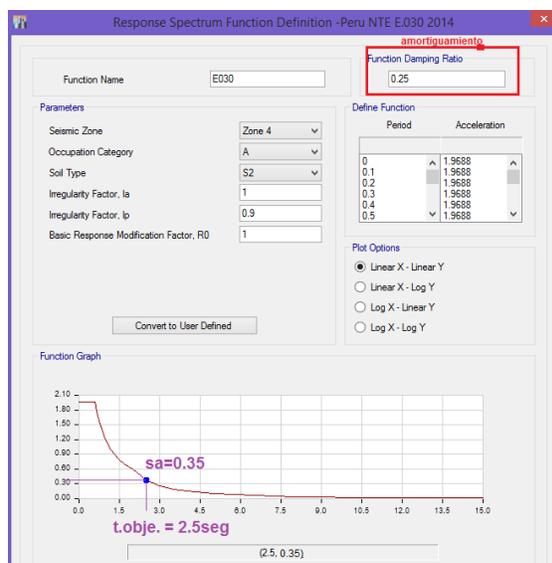
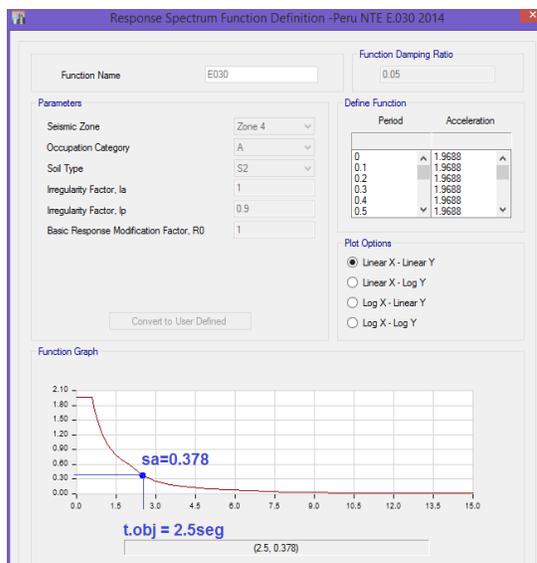
Story	Load Case/Combo	Item	Max Drift	Avg Drift	Ratio
Story8	DRIFT Max	Diaph D1 X	0.007115	0.006331	1.124
Story7	DRIFT Max	Diaph D1 X	0.00773	0.006936	1.114
Story6	DRIFT Max	Diaph D1 X	0.008102	0.007291	1.111
Story5	DRIFT Max	Diaph D1 X	0.008201	0.00737	1.113
Story4	DRIFT Max	Diaph D1 X	0.007857	0.007056	1.113
Story3	DRIFT Max	Diaph D1 X	0.006959	0.006274	1.109
Story2	DRIFT Max	Diaph D1 X	0.00538	0.004906	1.096
Story1	DRIFT Max	Diaph D1 X	0.002923	0.002637	1.109

drift max. en D1X = $8.2/1000 > 7/1000$

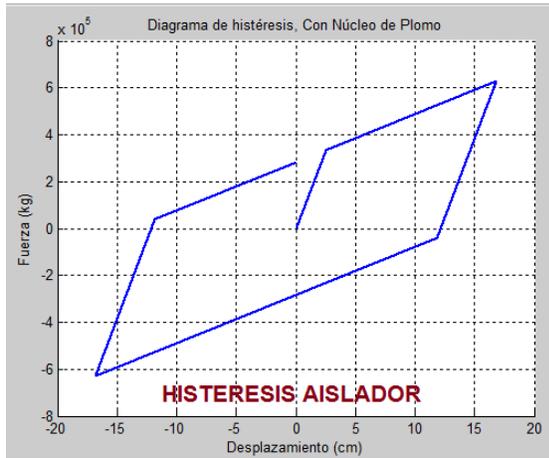
Story	Load Case/Combo	Item	Max Drift	Avg Drift	Ratio
Story8	DRIFT Max	Diaph D1 Y	0.008803	0.008694	1.012
Story7	DRIFT Max	Diaph D1 Y	0.00981	0.009622	1.02
Story6	DRIFT Max	Diaph D1 Y	0.010522	0.010257	1.026
Story5	DRIFT Max	Diaph D1 Y	0.010896	0.010569	1.031
Story4	DRIFT Max	Diaph D1 Y	0.010665	0.0103	1.035
Story3	DRIFT Max	Diaph D1 Y	0.009621	0.009246	1.041
Story2	DRIFT Max	Diaph D1 Y	0.007495	0.00716	1.047
Story1	DRIFT Max	Diaph D1 Y	0.003809	0.003604	1.057

drift max. Y-Y = $10.8/1000 > 7/1000$

4.- Objetivo: es disminuir la respuesta en la estructura esencial usando dos acciones, aumentando el periodo fundamental de la estructura $T_{objetivo} = 2.5 \text{ seg}$ con eso la respuesta espectral será aproximadamente $S_a = 0.378$ con una fuerza basal en los aisladores de $F_b = 0.378 \times W = 1,478.21 \text{ Tn}$ y podemos reducir algo más la respuesta al incluir depósitos con alto amortiguamiento, por ejemplo con un $\beta_{efec} = 25\%$ del amortiguamiento crítico la respuesta será $F_b = 0.35 \times W = 1,361.507 \text{ Tn}$



5.- Pre diseño y características de los Aisladores con núcleo de plomo



$k_d = 2.0562e+04$
 $k_{ef} = 3.7332e+04$
 $T_{ef} = 2.0488$
 $\beta_{taef} = 0.2435$
 $q = 16.8186$

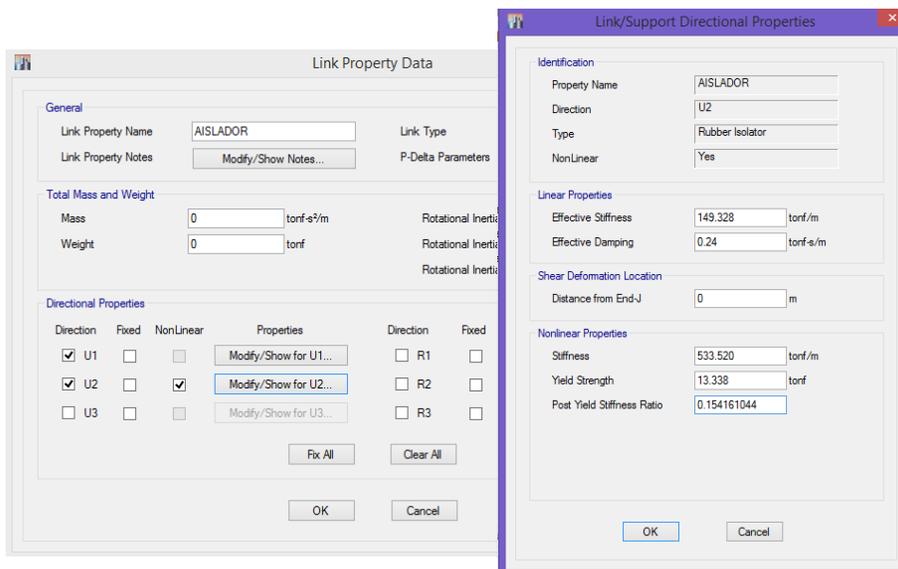
PARAMETROS MECANICOS DEL SISTEMA CON NUCLEO DE PLOMO

TAMAÑO DEL AISLADOR								DIMENSIONES DE LAS PLACAS DE MONTAJE				PROPIEDADES DE LOS MATERIALES			
Do (mm)	H (mm)	# CAPAS DE GOMA	Di (mm)	L (mm)	t (mm)	orificio	Ø del orificio (mm)	A (mm)	B (mm)	DESCRIPCION	limite inferior	limite superior	unidades		
305	125 - 280	4 - 14	0 - 100	355	25	4	27	50	-	MODULO DE CORTE EFECTIVO DE GOMA	5.95	8.05	kg/cm ²		
355	150 - 305	5 - 16	0 - 100	405	25	4	27	50	-	MODULO VOLUMETRICO DE GOMA K	2000	2000	Mpa		
405	175 - 330	6 - 20	0 - 125	455	25	4	27	50	-	MODULO DE CORTE DEL PLOMO Gp	127.5	172.5	Mpa		
455	175 - 355	6 - 20	0 - 125	510	25	4	27	50	-	ESFUERZO DE CORTE DEL PLOMO T _{pl}	85	115	kg/cm ²		
520	205 - 380	8 - 24	0 - 180	570	25	8	27	50	50						
570	205 - 380	8 - 24	0 - 180	620	25	8	27	50	50						

PROPIEDADES DINAMICAS		SEGUN ESPECTRO NORMA E-030			
PROPIEDAD DINAMICA	UNIDADES	SISMO DISEÑO		SISMO MCE	
		LB	UB	LB	UB
q=	cm	16.819		42.189	
A plomo=	cm ²	132.733		132.733	
A=	cm ²	2551.765		2551.765	
Qd=	Tn/m	282.060		135.190	
Kd=	Tn/m	82.248		98.696	
ke=	Tn/m	533.520		314.936	
Fij=	Tn	13.338		7.875	
Kef=	Tn/m	149.328		111.512	
Beta efec=	%	24.350		6.880	
B=		6.401		4.381	
T efec=	seg	2.049		2.474	
RATIO		0.154161044		0.313324614	

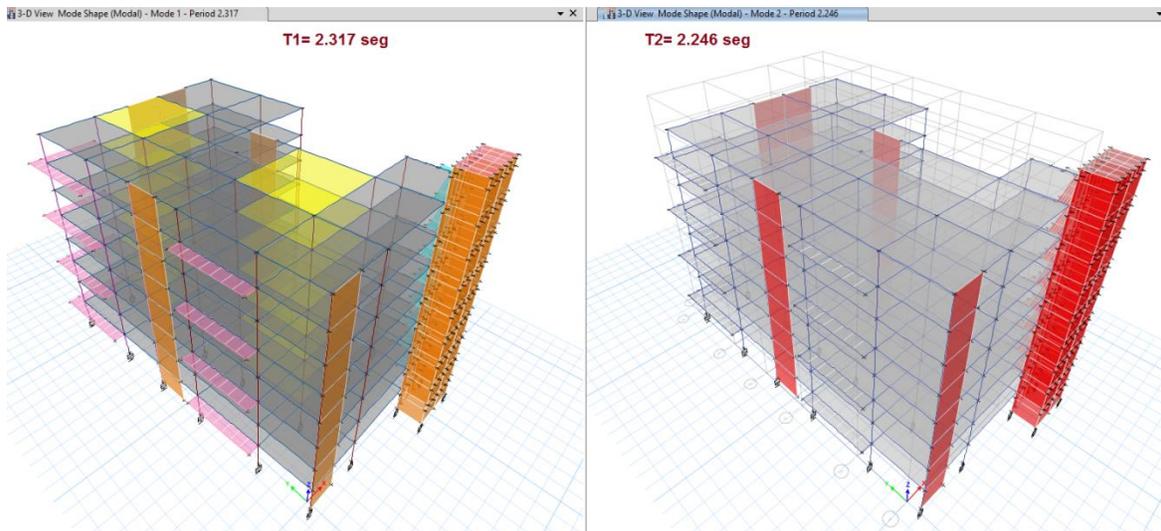
Do=	57 cm	
Di=	13 cm	
c. de goma	35 und	
ts=	0.5 cm	
ts=	0.2 cm	
L=	62 cm	
t=	2.5 cm	
N pernos	8 und	
Ø perno	2.7 cm	
Altura to	29.25 cm	
Tr=	17.5 cm	
H=	29.3 cm	

6.- Ingreso de parámetros en ETABS

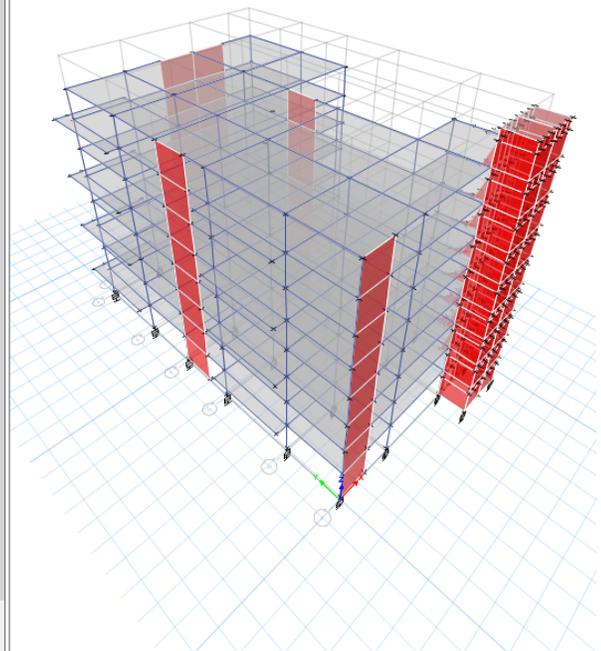
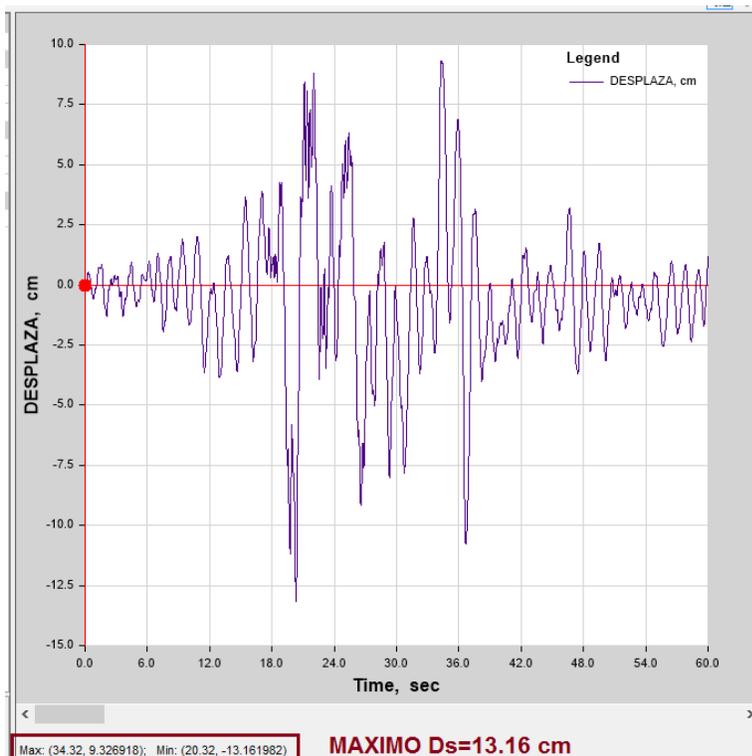


7.- Respuestas:

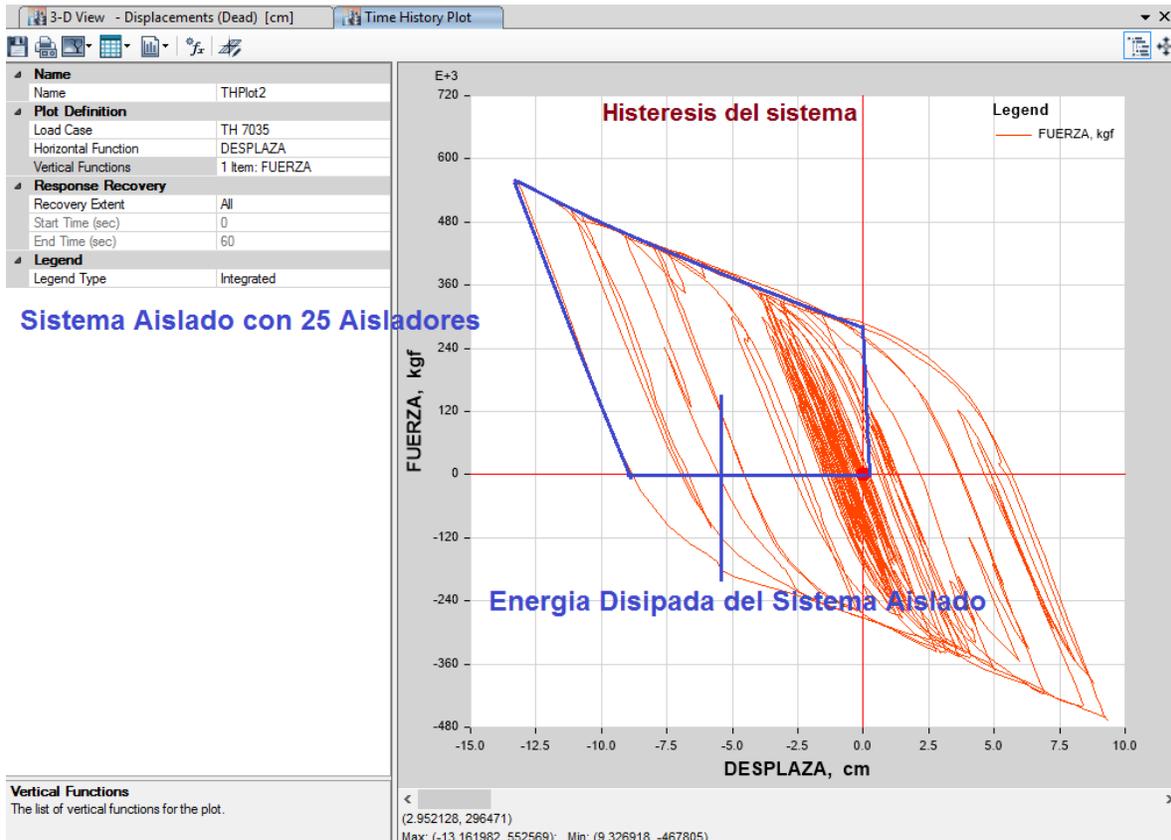
7.1 Periodos obtenidos:



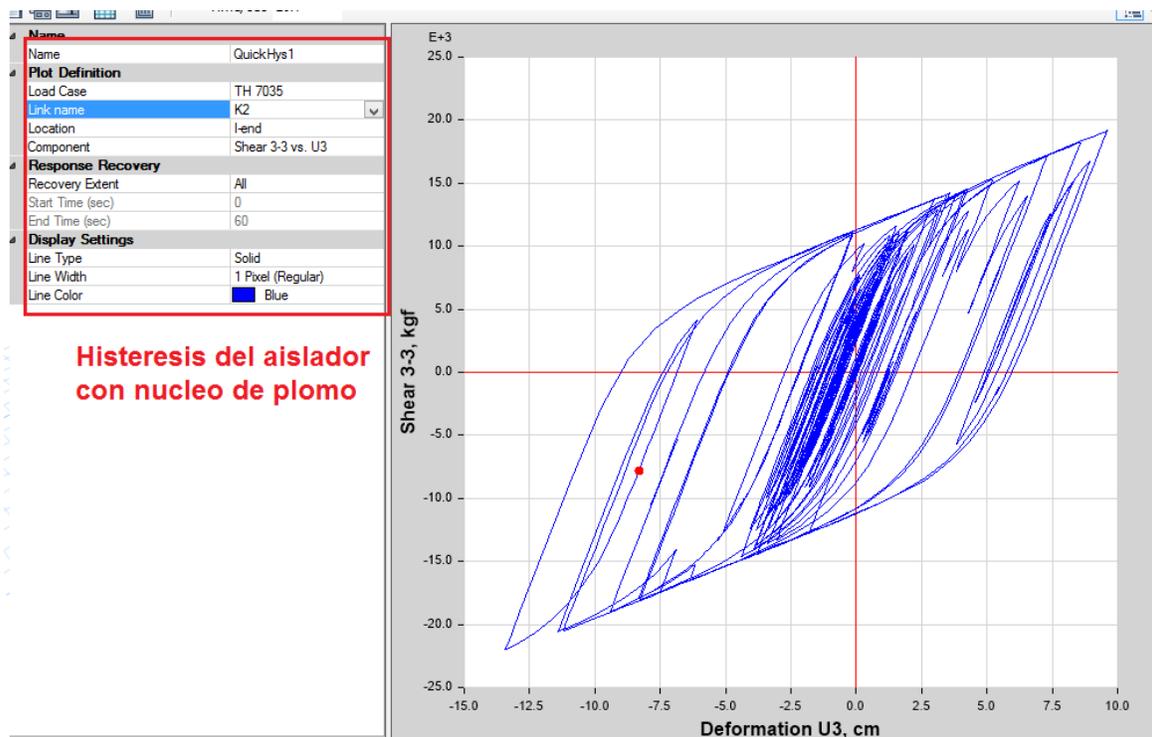
7.2 Desplazamiento Máximo en diseño $D_s = 16.81$ cm, en el ensayo = 13.16cm dentro del máximo dispuesto por el aislador



7.3 Energía Disipada por el sistema de Aislación

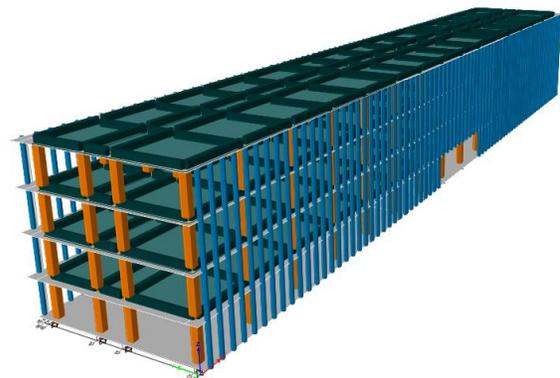


7.4 Histéresis de cada aislador

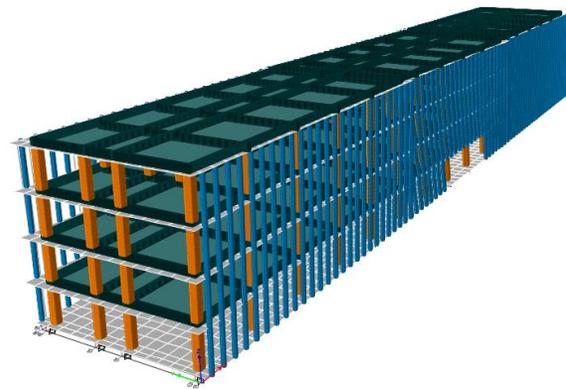
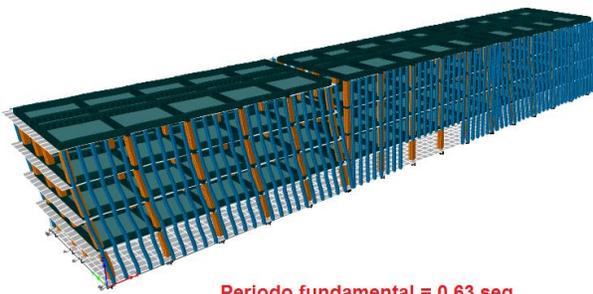


II) AISLADORES DE PENDULO FRICCIONANTE

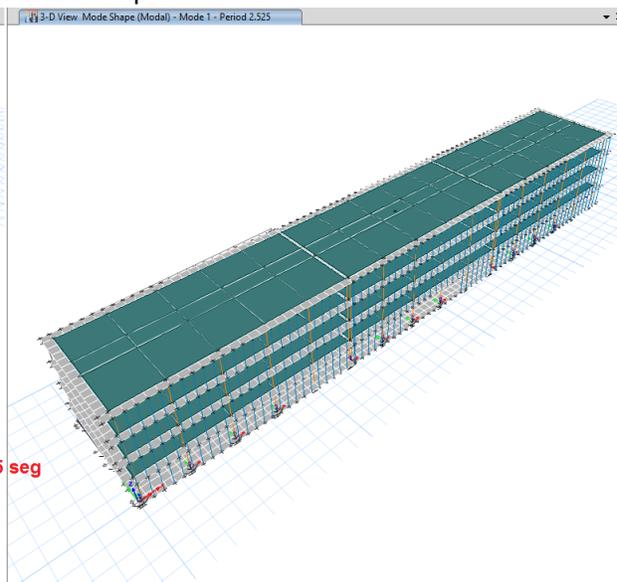
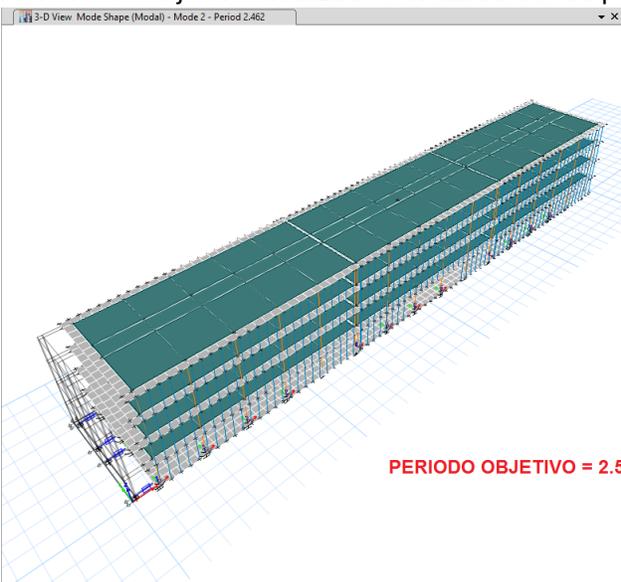
1.- Diseño de Sistema de Aislación diseñado en ETABS v2015 Hospital Regional de Huacho



2.- Respuesta de la Estructura convencional (consideraciones similares al caso I)



3.- Periodo Objetivo alcanzado con aisladores de péndulo simple



4.- Parámetros de Diseño en Péndulo de Fricción – Pre diseño hojas desarrolladas en excel:

DATOS DE INGRESO REQUERIDO		UNIDADES
intervalo de aisladores	35.330076	141.3203
# aisladores	72	und
Peso de la estructura:	4710.6768	Tn
Periodo fundamental sin aislacion:	0.63	seg
Periodo objetivo:	2.5	seg
factor de resguardo	3	
Carga maxima en aislador	400	Tn
Carga minima	100	Tn
coeficiente friccion bajo	0.04	
coeficiente friccion alto	0.07	
resistencia teflon a tension	4500	Tn/m2
coeficiente de amortiguacion	20%	
densidad	4500	Tn/m2

RIGIDEZ EFECTIVA DE LOS AISLADORES	
rigidez lateral de cada aislador	257.56 Tn/m
Bd o Bm	1.5
Sm1	0.8
Sd1	0.5
Desplazamiento de diseño (Dd)	0.2070742 m
radio de curvatura (r)	1.5530565 m
amortiguamiento β_{eff}	21.9163671 %
Bd o Bm	1.55749101
Desplazamiento de diseño (Dd) final	0.19943056 m
Rigidez efectiva del sistema keff:	4686.6097 Tn/m
rigidez horizontal en cada aislador	65.0918014 Tn/m
rigidez vertical	13085.2133 Tn/m

Rigidez post - fluencia	
k2	3033.16511 Tn/m

Rigidez inicial - elastica	
k2	3033.16511 Tn/m

Funcionamiento del Péndulo Simple

Movimiento del Péndulo

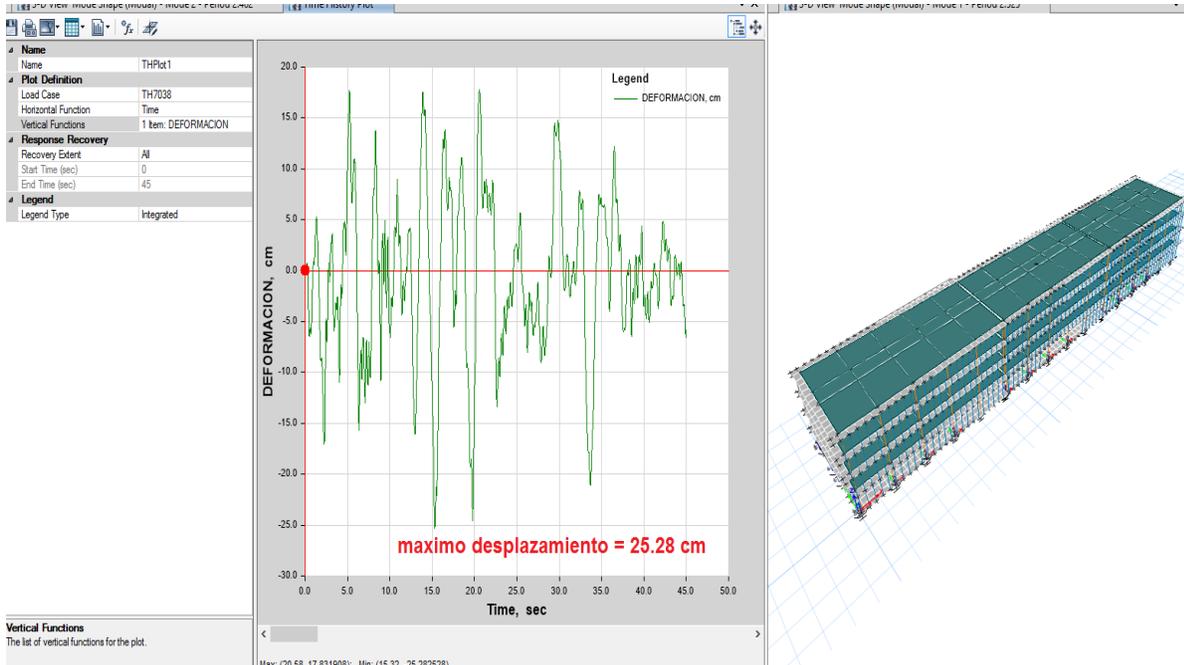
Periodo $T=2\pi\sqrt{R/g}$

Rigidez $K=W/R$

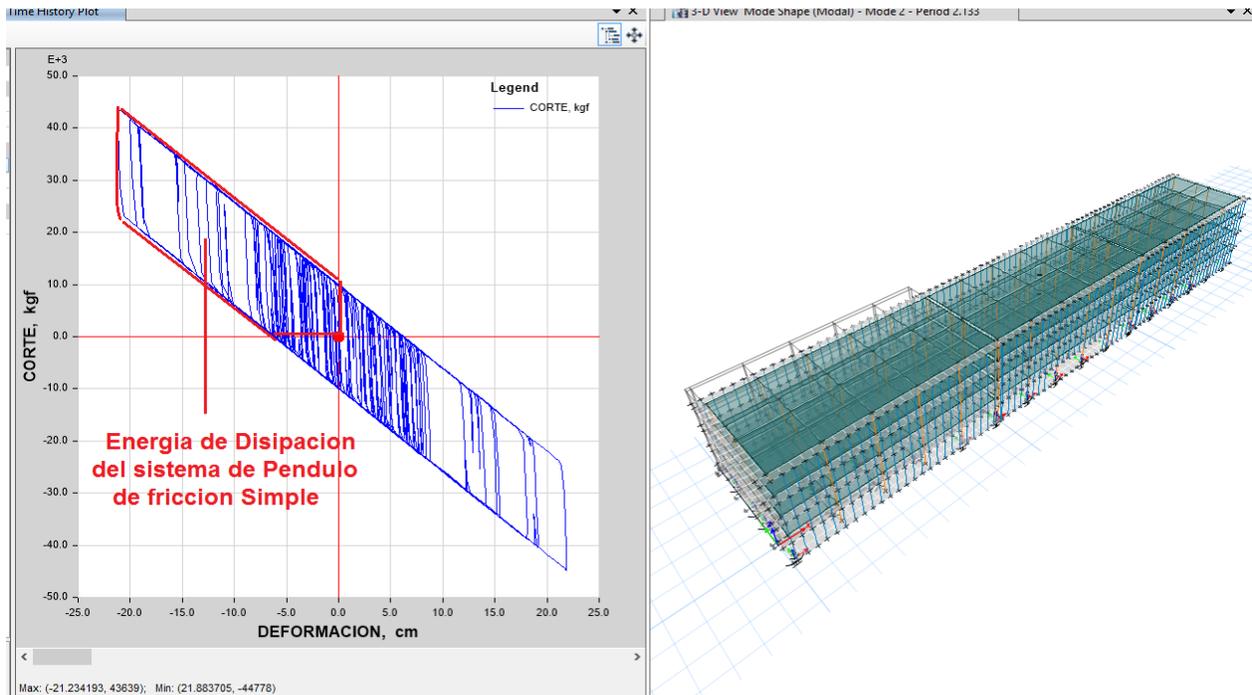
Effective Damping, β_D or β_M (percentage of critical) ^{a,b}	B_D or B_M Factor
≤ 2	0.8
5	1.0
10	1.2
20	1.5
30	1.7
40	1.9
≥ 50	2.0

^aThe damping coefficient shall be based on the effective damping of the isolation system determined in accordance with the requirements of Section 17.8.5.2.
^bThe damping coefficient shall be based on linear interpolation for effective damping values other than those given.

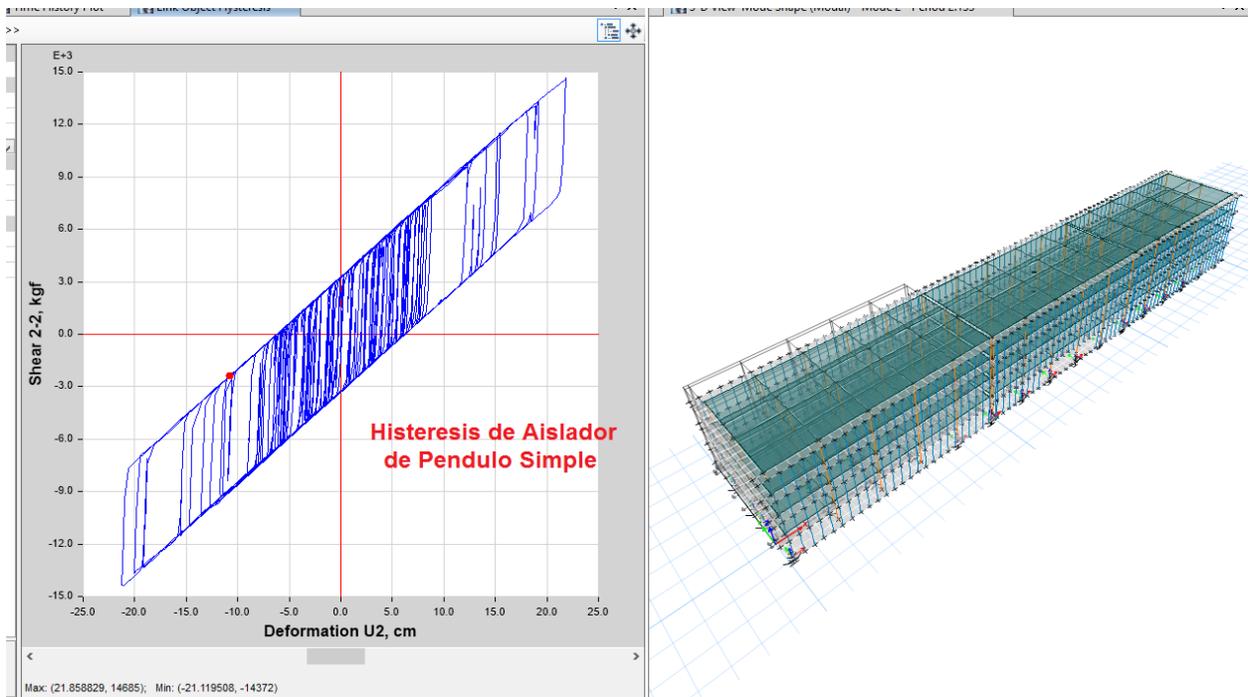
5.- Desplazamiento D_s de diseño 25.28cm < desplazamiento de diseño máximo 34.00cm



6.- Histéresis de Disipación de energía del sistema aislado FPS:

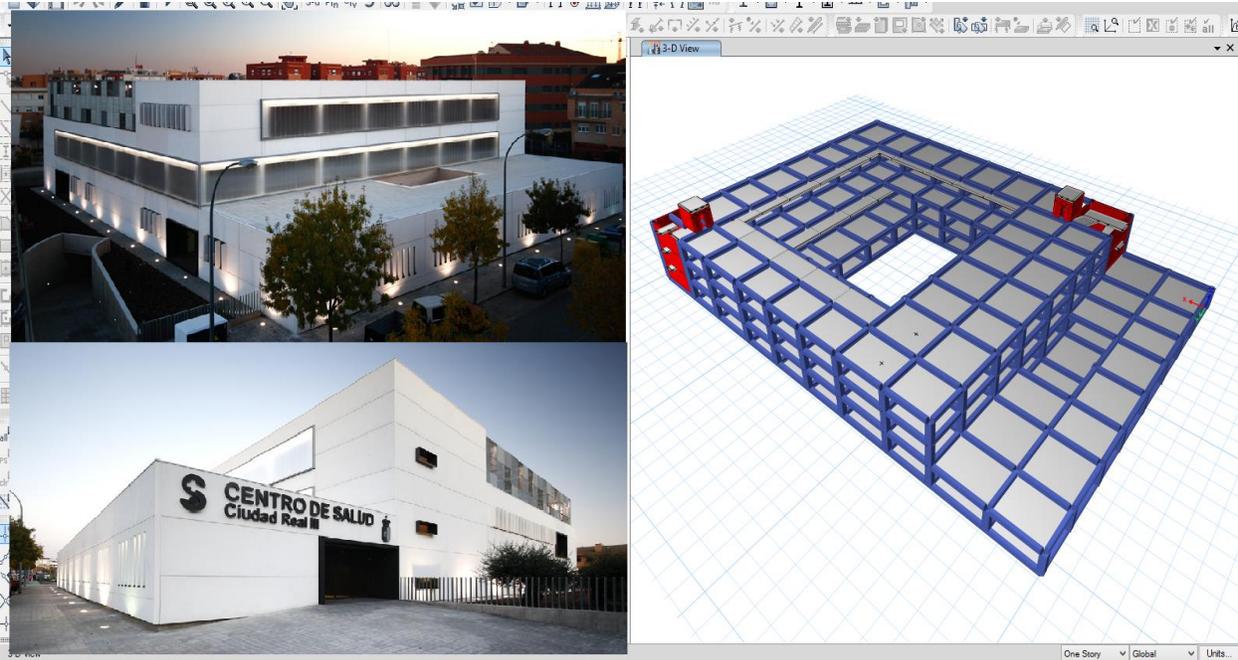


7.- Histéresis en un aislador FPS:

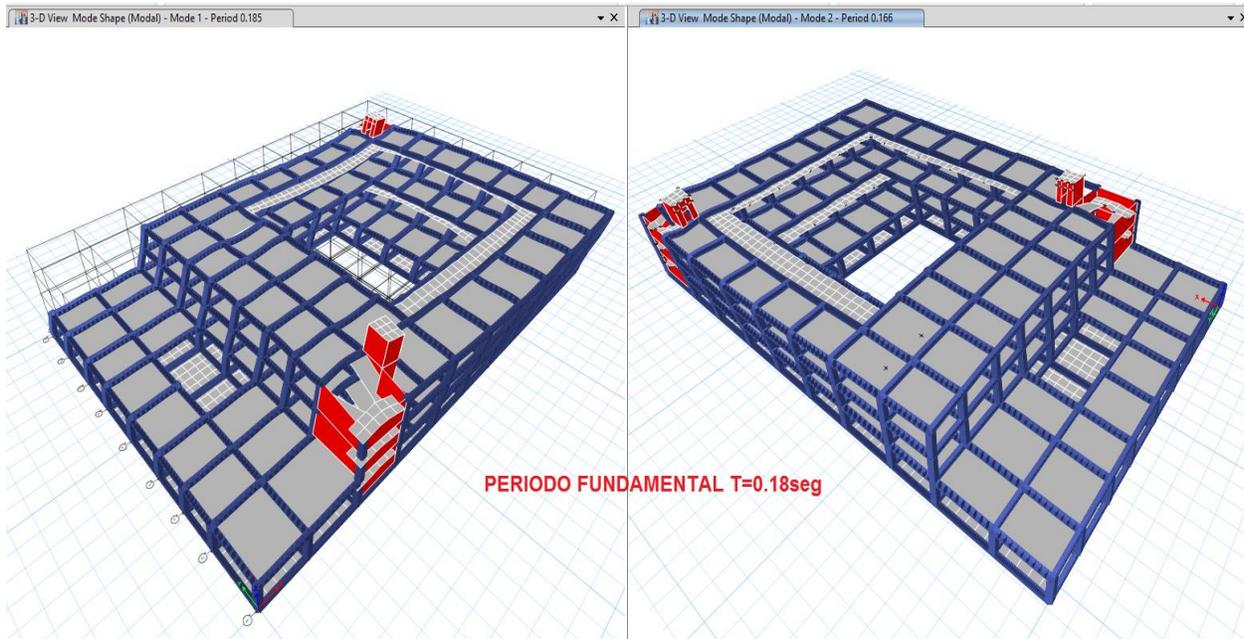


III) AISLADORES TRIPLE PENDULO DE FRICCION

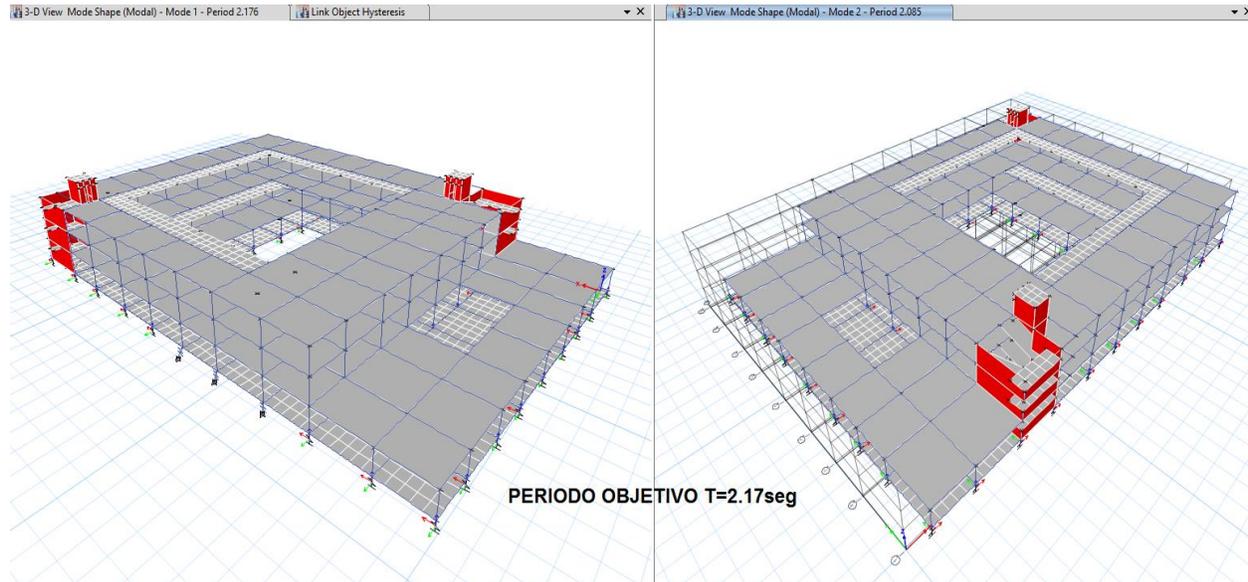
1.- Diseño de Sistema de Aislación diseñado en ETABS v2015 Centro de SALUD CIUDAD REAL II



2.- Respuesta de la Estructura convencional (consideraciones similares al caso I)



3.- Periodo Objetivo alcanzado con aisladores de triple péndulo

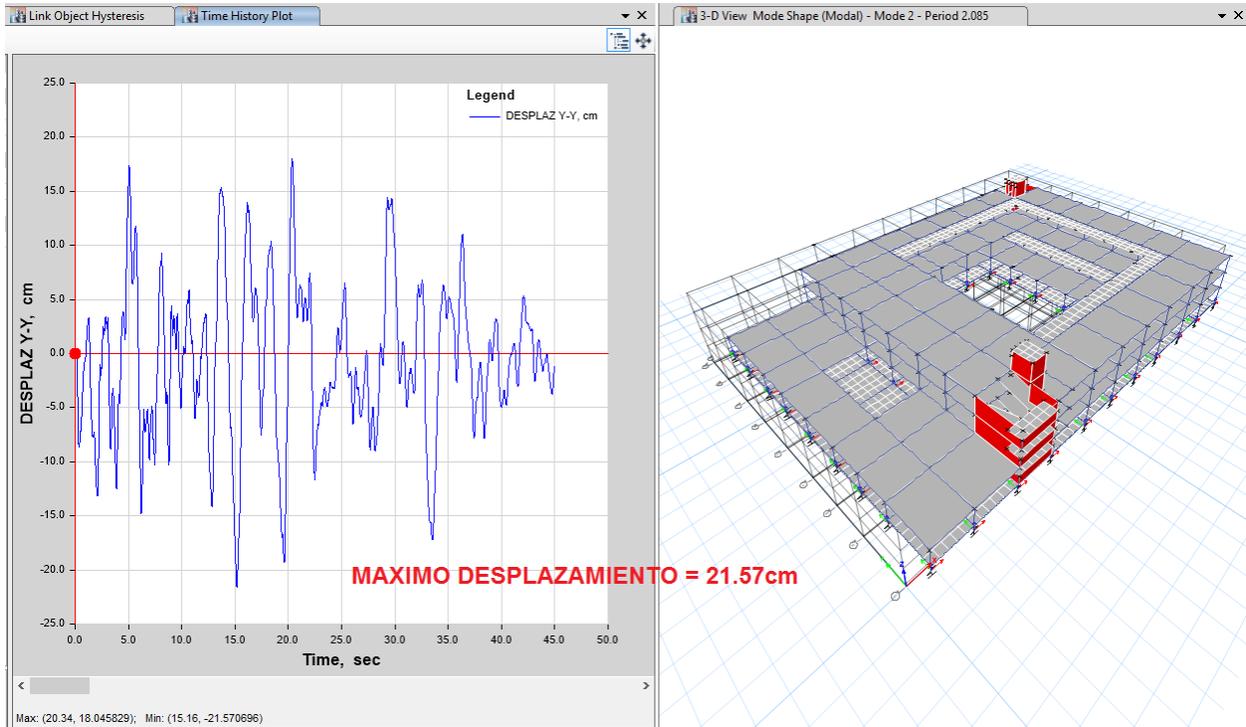


4.- Parámetros de Diseño en Péndulo TRIPLE de Fricción – Pre diseño íntegramente en excel:

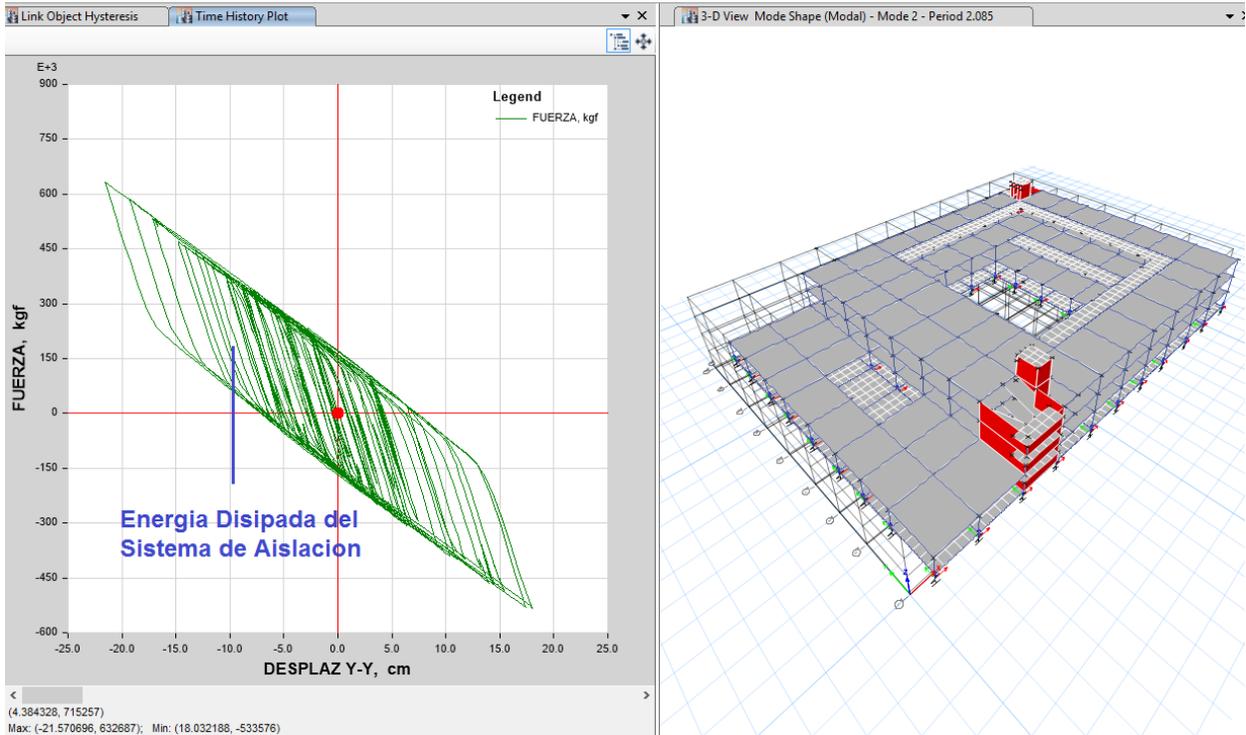
COEFICIENTE DE FRICCION	0.07	<p>Ciclo Histeretico Fuerza-Desplazamiento del Péndulo Triple</p>	
DESPLAZAMIENTO SISTEMA	0.19943056 m		
PESO	4710.6768 Tn		
PERIODO	2.01155916 Seg		
N AISLA	72 und		
Rigidez post fluencia k2	3033.16511 Tn/m		
Fuerza Fluencia	329.747376 Tn		
desplaza lineal	0.00254 m		
rigidez inicial	129821.802 Tn/m		
Energía Disipada	3.65342794 Tn*m		
Rigidez pos fluencia en un aislador	42.1272932 Tn/m		
Fluencia en un aislador	4.57982467 Tn		
Fuerza nula elastica	4.63890701 Tn		
Rigidez inicial un aisla k1/#	1803.08058 Tn/m		
ω angular	3.12354721 rad/seg		
amortiguamiento efectivo (c)	9.36091231 Tn*seg/m		

PARAMETROS EN ETABS	FPS	UND	PARAMETROS EN ETABS	FPS	UND
RIGIDEZ VERTICAL	13085.2133	Tn/m	RIGIDEZ VERTICAL	1308.52133	Tn/m
Rigidez Efectiva lineal	65.0918014	Tn/m	Rigidez Efectiva lineal	65.0918014	Tn/m
Rigidez Inicial	1803.08058	Tn/m	Rigidez Inicial	1803.08058	Tn/m
Fuerza de fluencia	4.57982467	Tn	Fuerza de fluencia	4.57982467	Tn
Relacion k2/k1	0.02336407		Relacion k2/k1	0.02336407	
amortiguamiento	9.36091231	Tn*seg/m	amortiguamiento	9.36091231	Tn*seg/m
energia	3.65342794	Tn*m	energia	3.65342794	Tn*m
coef friccion	0.07		coef friccion	0.05	
radio curvatura	1.5530565	m	radio curvatura	0.77652825	m

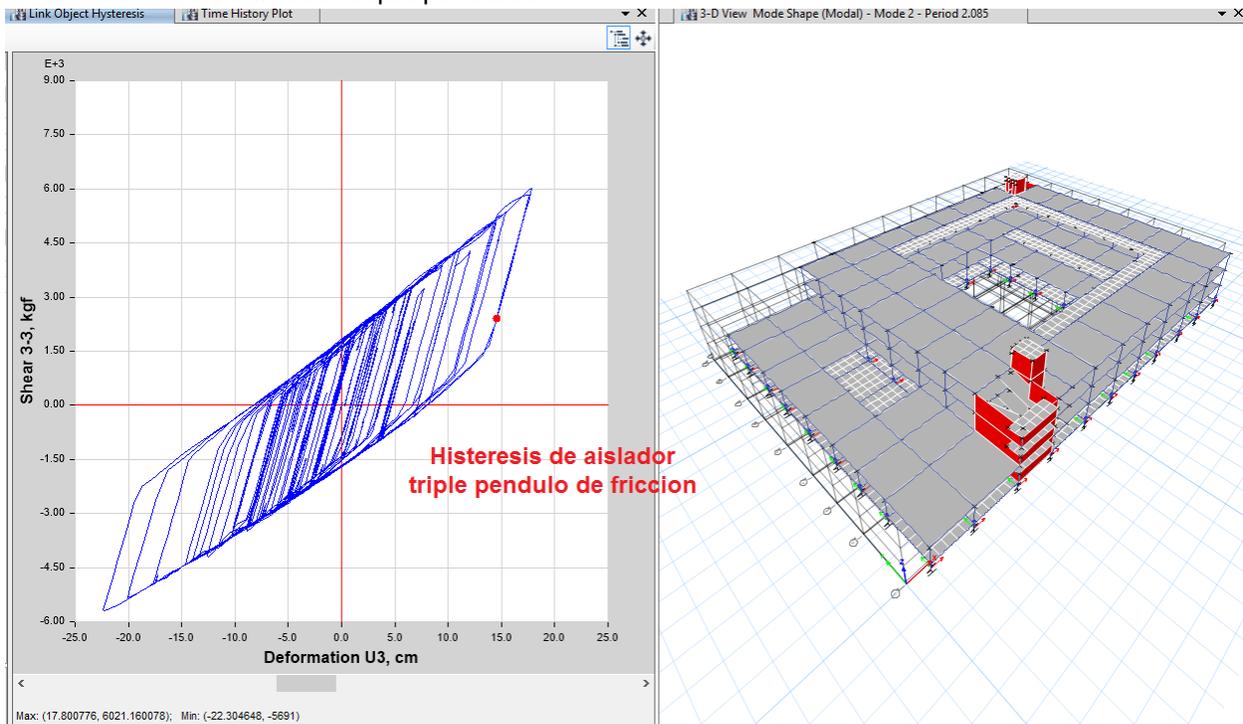
5.- Desplazamiento D_s de diseño 21.57cm < desplazamiento de diseño máximo 28.00cm (es aproximadamente el 60% del desplazamiento de un sistema de péndulo simple, es decir mayor rigidez menor será el desplazamiento)



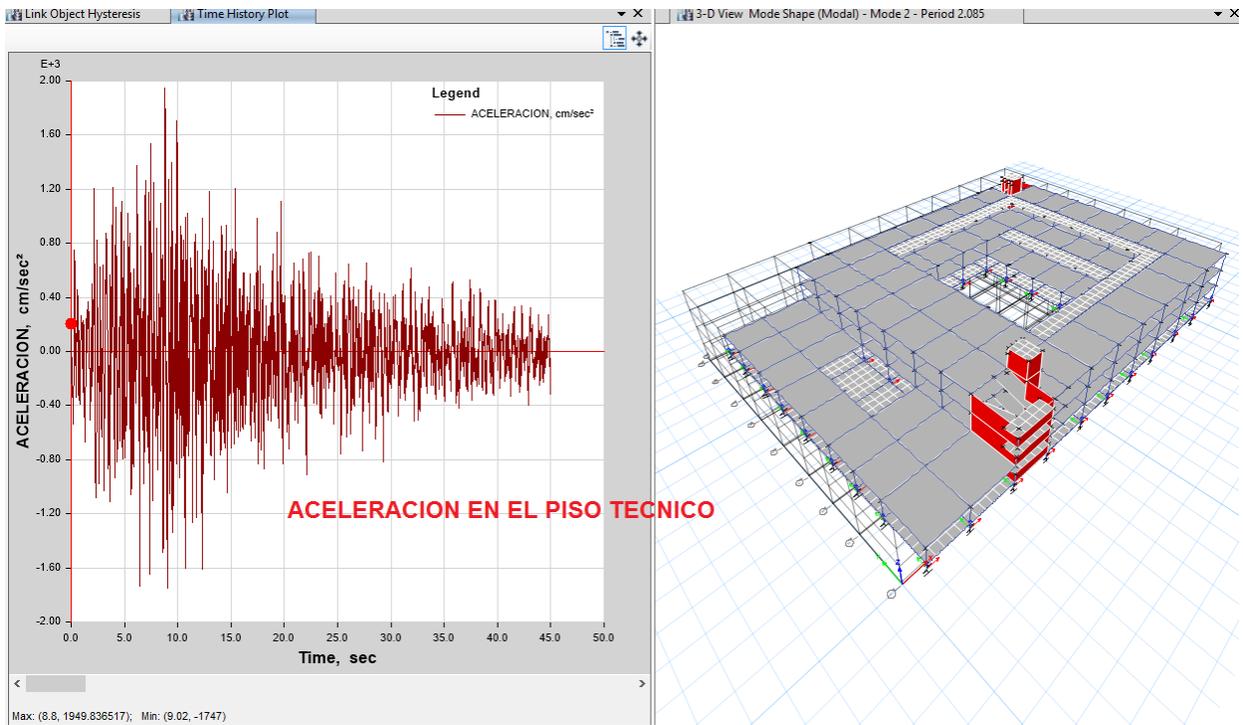
6.- Histéresis de Disipación de energía del sistema aislado triple péndulo:



7.- Histéresis en un aislador triple péndulo:



8.- Aceleración del Sistema de Aislación medida en el Piso tecnico:



IV) SISTEMAS DE DISIPACION SISMICA USANDO SHEAR LINK – BOZZO SL-B

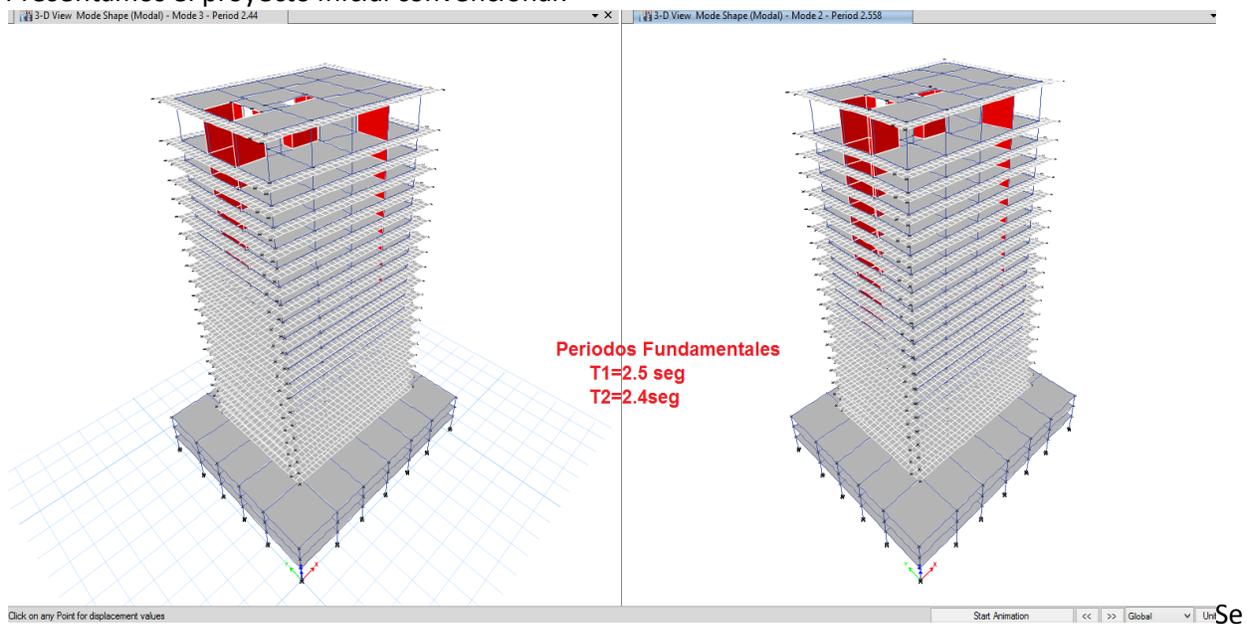
Se trata de un sistema de disipación de energía a través de la plastificación de metales, investigación desarrollada por el PhD. Luis Bozzo Rotondo, desde la Universidad de Berkeley – California.

En resumen el sistema trata de disipar la energía debido a la acción de fuerzas sísmicas que experimentan los elementos sismo-resistente, proporcionales a su rigidez.

La ubicación de zonas vulnerables donde el cortante sísmico es absorbido en su mayor cantidad nos da la oportunidad de aplicar este sistema desarrollado por el doctor Bozzo, con la finalidad de disipar la energía en estas zonas específicas.

Así tenemos un proyecto desarrollado en la ciudad de Guadalajara llamado Urbania (Luis Bozzo Estructuras y Proyectos, S.L.), cuyo número de pisos es 23 y no permiten que los muros de corte lleguen a los niveles inferiores, haciendo que las columnas en la zona del estacionamiento tengan capacidad a momento biaxial y tenso compresión muy potente.

Presentamos el proyecto inicial convencional:



observa que la estructura inicial tiene ya periodos largos alrededor de T2.5seg.

Derivas de Piso:

Story	Load Case/Combo	Item	Max Drift	Avg Drift	Ratio	Label	Max Loc X m	Max Loc Y m	Max Loc Z m
Story23	DRIFT Max	Diaph D1 X	0.005255	0.004894	1.074	12	41.4	10	77.4
Story22	DRIFT Max	Diaph D1 X	0.00543	0.005033	1.079	12	41.4	10	71.2
Story21	DRIFT Max	Diaph D1 X	0.005668	0.005239	1.082	12	41.4	10	68
Story20	DRIFT Max	Diaph D1 X	0.005939	0.005474	1.085	12	41.4	10	64.8
Story19	DRIFT Max	Diaph D1 X	0.006215	0.005711	1.088	12	41.4	10	61.6
Story18	DRIFT Max	Diaph D1 X	0.006485	0.00594	1.092	12	41.4	10	58.4
Story17	DRIFT Max	Diaph D1 X	0.00674	0.006155	1.095	12	41.4	10	55.2
Story16	DRIFT Max	Diaph D1 X	0.006973	0.00635	1.098	12	41.4	10	52
Story15	DRIFT Max	Diaph D1 X	0.007179	0.006518	1.101	12	41.4	10	48.8
Story14	DRIFT Max	Diaph D1 X	0.007353	0.006659	1.104	12	41.4	10	45.6
Story13	DRIFT Max	Diaph D1 X	0.007493	0.006768	1.107	12	41.4	10	42.4
Story12	DRIFT Max	Diaph D1 X	0.007592	0.006841	1.11	12	41.4	10	39.2
Story11	DRIFT Max	Diaph D1 X	0.007645	0.006873	1.112	12	41.4	10	36
Story10	DRIFT Max	Diaph D1 X	0.007645	0.006856	1.115	12	41.4	10	32.8
Story9	DRIFT Max	Diaph D1 X	0.00758	0.006782	1.118	12	41.4	10	29.6
Story8	DRIFT Max	Diaph D1 X	0.007436	0.006638	1.12	12	41.4	10	26.4
Story7	DRIFT Max	Diaph D1 X	0.007193	0.006406	1.123	12	41.4	10	23.2
Story6	DRIFT Max	Diaph D1 X	0.006821	0.006066	1.125	12	41.4	10	20
Story5	DRIFT Max	Diaph D1 X	0.006283	0.005587	1.125	12	41.4	10	16.8
Story4	DRIFT Max	Diaph D1 X	0.005446	0.004869	1.118	12	41.4	10	13.6
Story3	DRIFT Max	Diaph D1 X	0.004819	0.004114	1.171	45	41.4	0	10.4
Story2	DRIFT Max	Diaph D1 X	0.003901	0.0033	1.182	45	41.4	0	7.2
Story1	DRIFT Max	Diaph D1 X	0.002278	0.001876	1.215	47	51.4	0	4

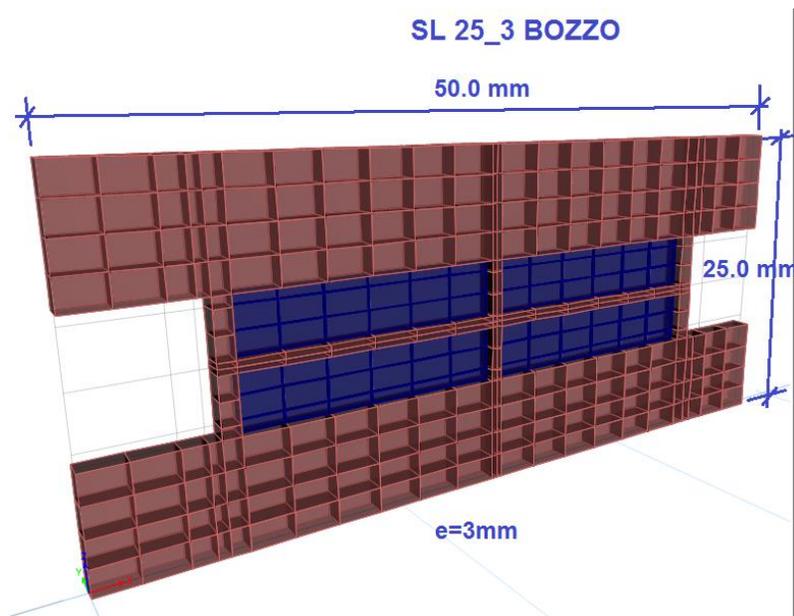
Derivas en direccion X-X menores 7/1000

Story	Load Case/Combo	Item	Max Drift	Avg Drift	Ratio	Label	Max Loc X cm	Max Loc Y cm	Max Loc Z cm
Story23	DRIFT Max	Diaph D1 Y	0.005054	0.004235	1.194	58	1000	1767.5	7740
Story22	DRIFT Max	Diaph D1 Y	0.005441	0.004551	1.196	58	1000	1767.5	7120
Story21	DRIFT Max	Diaph D1 Y	0.005906	0.004932	1.197	58	1000	1767.5	6800
Story20	DRIFT Max	Diaph D1 Y	0.006433	0.005362	1.2	1	1000	3270.5	6480
Story19	DRIFT Max	Diaph D1 Y	0.006953	0.005784	1.202	58	1000	1767.5	6160
Story18	DRIFT Max	Diaph D1 Y	0.007438	0.006174	1.205	58	1000	1767.5	5840
Story17	DRIFT Max	Diaph D1 Y	0.007879	0.006523	1.208	58	1000	1767.5	5520
Story16	DRIFT Max	Diaph D1 Y	0.008273	0.006834	1.211	58	1000	1767.5	5200
Story15	DRIFT Max	Diaph D1 Y	0.008622	0.007107	1.213	58	1000	1767.5	4880
Story14	DRIFT Max	Diaph D1 Y	0.00893	0.007347	1.215	58	1000	1767.5	4560
Story13	DRIFT Max	Diaph D1 Y	0.009199	0.007557	1.217	58	1000	1767.5	4240
Story12	DRIFT Max	Diaph D1 Y	0.009432	0.007741	1.218	58	1000	1767.5	3920
Story11	DRIFT Max	Diaph D1 Y	0.00963	0.007893	1.22	58	1000	1767.5	3600
Story10	DRIFT Max	Diaph D1 Y	0.009792	0.008013	1.222	58	1000	1767.5	3280
Story9	DRIFT Max	Diaph D1 Y	0.009904	0.008092	1.224	58	1000	1767.5	2960
Story8	DRIFT Max	Diaph D1 Y	0.009944	0.008114	1.226	58	1000	1767.5	2640
Story7	DRIFT Max	Diaph D1 Y	0.009868	0.008052	1.226	58	1000	1767.5	2320
Story6	DRIFT Max	Diaph D1 Y	0.009594	0.007847	1.223	58	1000	1767.5	2000
Story5	DRIFT Max	Diaph D1 Y	0.008971	0.007392	1.214	58	1000	1767.5	1680
Story4	DRIFT Max	Diaph D1 Y	0.007659	0.006439	1.189	57	1000	2507.5	1360
Story3	DRIFT Max	Diaph D1 Y	0.006686	0.005493	1.217	30	0	3270.5	1040
Story2	DRIFT Max	Diaph D1 Y	0.005386	0.004488	1.2	30	0	3270.5	720
Story1	DRIFT Max	Diaph D1 Y	0.002984	0.00246	1.213	40	0	1000	400

Drift en direccion Y-Y < 10/1000 permitido

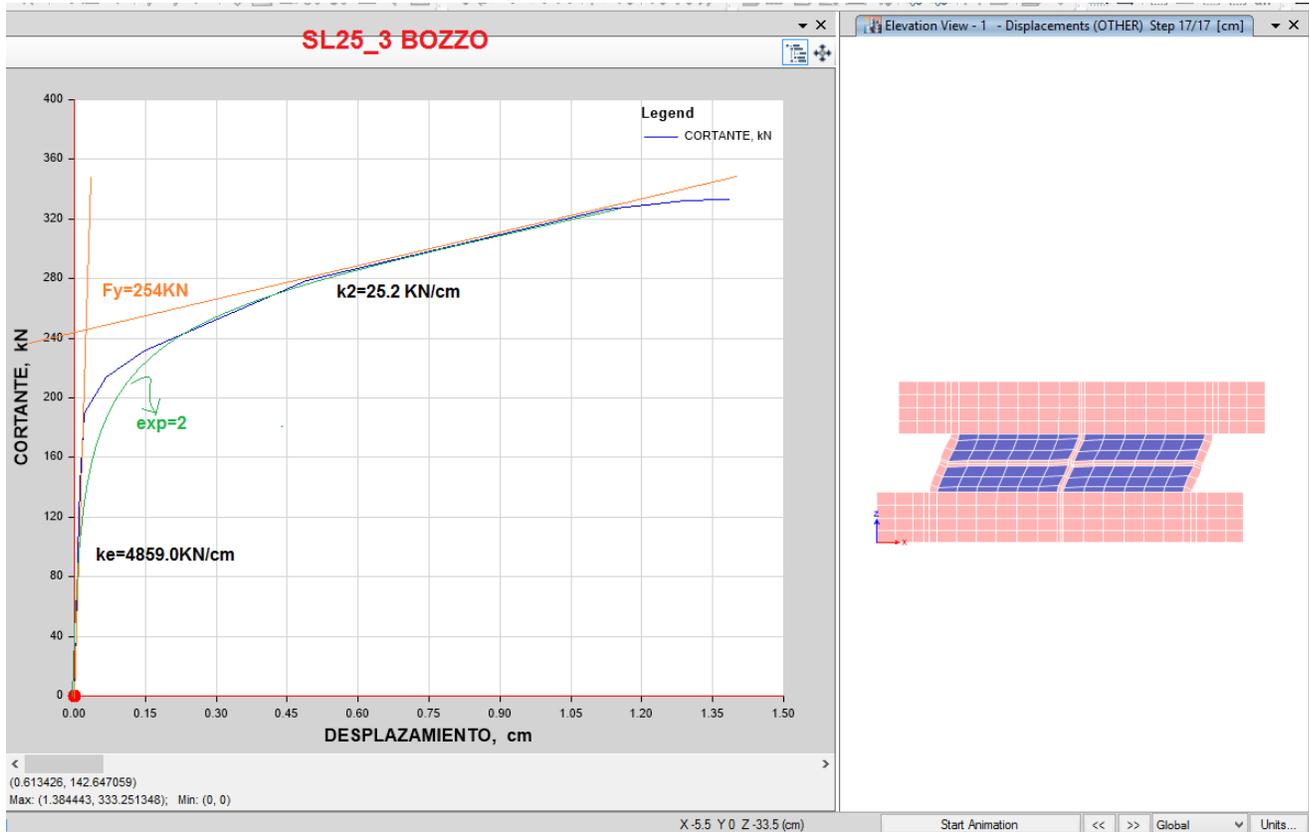
Sabiendo que el máximo permitido es 10/1000 en Guadalajara – México, ante esto usaremos adicionalmente un sistema de protección sísmica, SL-B. en la dirección donde se encuentran los muros (dirección Y-Y, eje E)

1.- Usamos la curva de capacidad del dissipador SL-B investigada por le Dr Luis Bozzo, hicimos un ejemplo para medir la capacidad del programa ETABS v15 usando elementos finitos; modelamos uno de los dissipadores SL-B exactamente SL25_3BOZZO



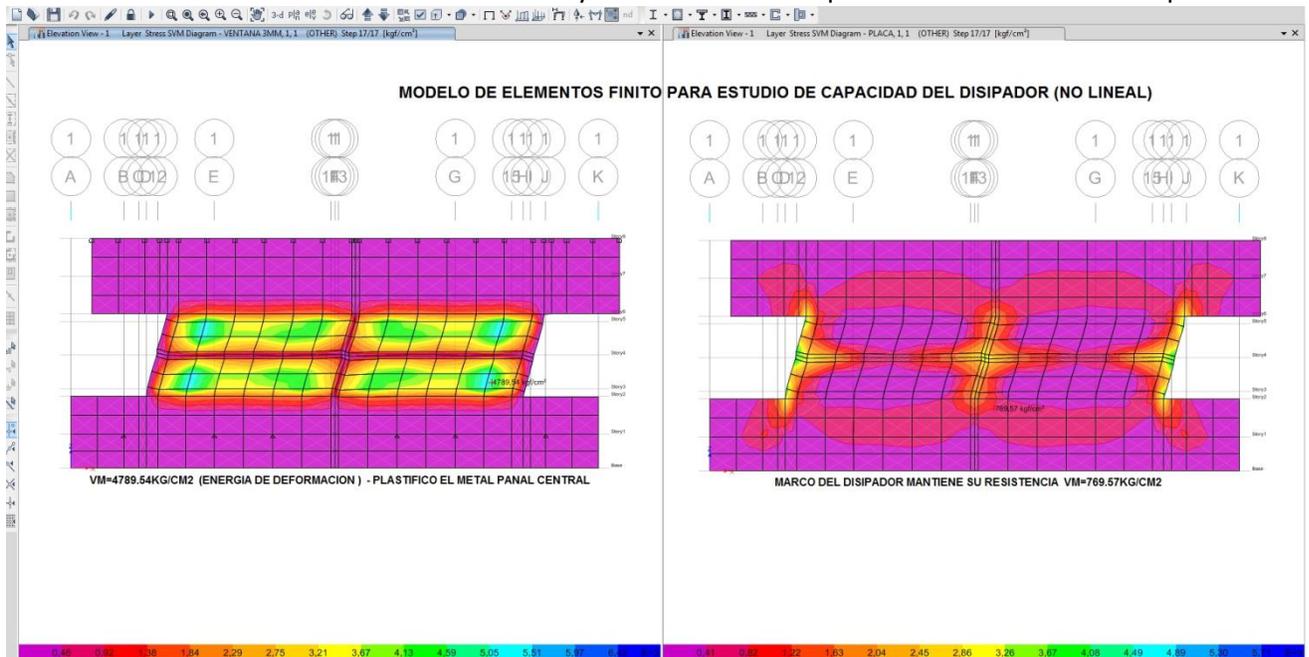
Modelo matemático no lineal usando MEF en Etabs

2.- Curva de capacidad del disipador SL25_3 Bozzo

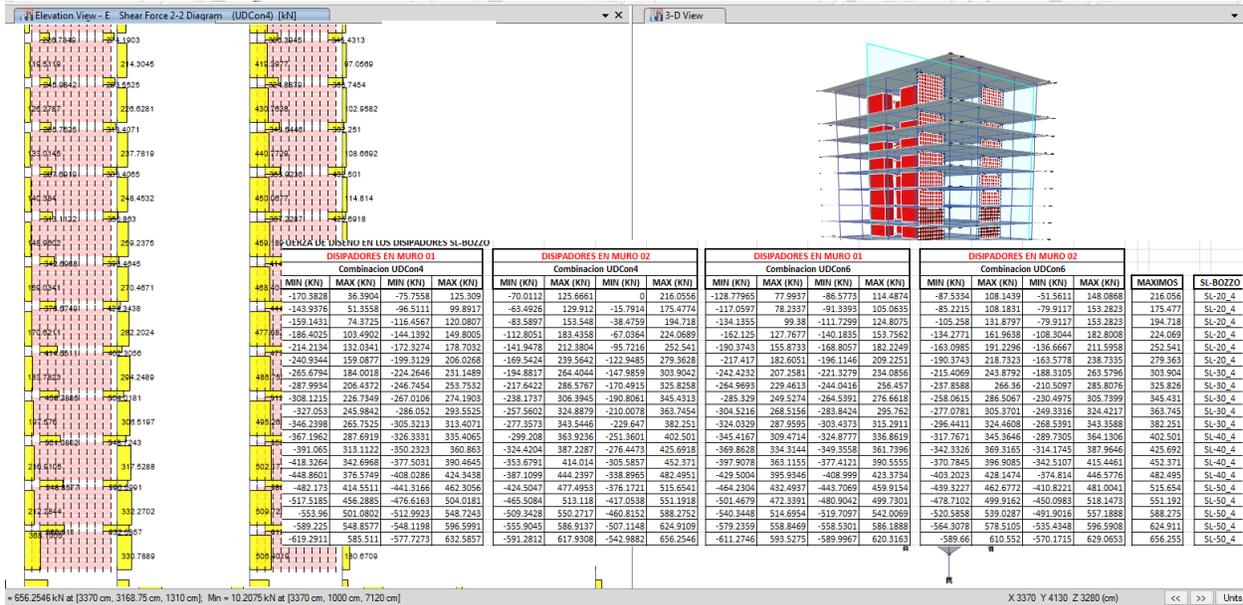


Estos resultados son los desarrollados por el Dr. Bozzo en su investigación, el cual tiene ya una tabla de varios dispositivos según tamaño y espesores en el panel central.

3.- Plastificación de metales en la zona central y conservación de capacidad en el marco del disipador



6.- Cortantes de diseño y seleccionamos los disipadores adecuados:



7.- Desde la tabla SL-Bozzo, tomamos los parámetros característicos de cada disipador

Table 2. The most relevant design parameters for the devices

Device	e	K ₁ (kN/cm)	K ₂ (kN/cm)	d _y (mm)	f _y (kN)	D _y (mm)	F _y (kN)	F _{max} (kN)	D _s (mm)	E _d (kN.cm)
SL5_2	2	546.1	14.4	0,250	13,65	0,463	25,27	47,32	39,93	54
SL5_3	3	663.5	13.4	0,321	21,30	0,549	36,40	56,59	89,87	69
SL5_4	4	763.8	11.8	0,357	27,27	0,628	47,96	65,26	159,83	84
SL5_5	5	834.3	8.8	0,357	29,78	0,716	59,76	72,93	249,81	97
SL10_2	2	1 273.8	22.1	0,250	31,85	0,437	55,68	89,56	29,81	109
SL10_3	3	1 644.4	21.6	0,277	45,55	0,491	80,67	113,62	67,10	146
SL10_4	4	1 979.1	20.1	0,304	60,16	0,540	106,86	136,91	119,35	182
SL10_5	5	2 216.7	17.4	0,331	73,26	0,600	133,00	159,27	186,45	216
SL15_2	2	2 285.9	22.4	0,250	57,15	0,567	129,60	163,04	20,29	216
SL15_3	3	2 929.6	23.3	0,268	78,51	0,565	165,55	200,32	45,66	271
SL15_4	4	3 493.5	22.9	0,286	99,91	0,573	200,20	236,30	81,18	325
SL15_5	5	3 856.1	22.3	0,321	123,78	0,618	238,33	271,48	126,85	377
SL20_2	2	2 971.2	24.1	0,250	74,28	0,536	159,18	195,36	15,96	262
SL20_3	3	3 980.0	24.9	0,268	106,66	0,527	209,68	247,72	35,92	339
SL20_4	4	4 719.3	25.8	0,286	134,97	0,553	261,00	298,88	63,85	414
SL20_5	5	5 262.7	24.0	0,321	168,93	0,596	313,46	349,12	99,77	489
SL25_2	2	3 660.6	24.3	0,250	91,51	0,514	188,18	224,74	14,44	305
SL25_3	3	4 859.0	25.2	0,268	130,22	0,524	254,52	292,09	32,50	404
SL25_4	4	5 921.3	24.7	0,286	169,35	0,544	321,82	358,05	57,79	501
SL25_5	5	6 613.5	24.5	0,321	212,29	0,588	389,20	423,17	90,30	597
SL30_2	2	4 353.6	24.5	0,250	108,84	0,497	216,56	253,78	13,75	348
SL30_3	3	5 791.0	25.5	0,268	155,20	0,513	297,22	336,02	30,93	468
SL30_4	4	7 129.9	25.4	0,286	203,91	0,531	378,46	416,81	54,99	587
SL30_5	5	7 981.8	25.2	0,321	256,21	0,575	459,17	496,73	85,92	704
SL40_2	2	5 820.4	30.9	0,250	145,51	0,490	285,12	331,02	14,02	455
SL40_3	3	7 778.5	32.0	0,268	208,46	0,507	394,44	442,74	31,55	619
SL40_4	4	9 621.2	33.1	0,286	275,17	0,523	503,33	553,98	66,90	781
SL40_5	5	10 777.4	31.8	0,321	345,95	0,570	614,29	662,15	104,53	941
SL50_2	2	7 223.6	32.9	0,250	180,59	0,473	342,00	391,08	13,40	542
SL50_3	3	9 703.1	35.9	0,268	260,04	0,495	480,00	533,58	30,16	749
SL50_4	4	12 109.3	32.7	0,286	346,33	0,514	622,22	671,76	53,62	954
SL50_5	5	13 566.7	31.0	0,321	435,49	0,563	764,00	810,65	83,79	1160

K₁, Initial stiffness
 K₂, Post-yielding stiffness
 d_y, Initial yielding displacement
 f_y, Initial yielding force
 D_y, Yield displacement

F_y, Yield force
 F_{max}, 1.559 cm displacement force to
 D_s, Web buckling displacement
 e, Milled area thickness
 E_d, Dissipated energy

8.- Opcional: podemos modelar la secuencia de plastificación concentrada en estos elementos cortos y observamos que la disipación ocurre en todos los SL-B así tenemos:

Hinge Property Data for SL40_4 - Shear V2

Displacement Control Parameters

Point	Force/SF	Disp/SF
E	-0.2	-140
D	-0.2	-127.91587
C	-1.10063	-127.91587
B	-1	0
A	0	0
B	1	0
C	1.10063	127.91587
D	0.2	127.91587
E	0.2	140

critérios aceptación

Type: Force - Displacement

Hysteresis Type and Parameters: Hysteresis: Isotropic

Parametros del Disipador

Scaling for Force and Disp:

	Positive	Negative	Unit
Use Yield Force	Force SF: 51.3254	51.3254	tonf
Use Yield Disp (Steel Objects Only)	Disp SF: 0.00052	0.00052	m

Acceptance Criteria (Plastic Disp/SF):

	Positive	Negative
Immediate Occupancy	0.1	-0.1
Life Safety	75	-75
Collapse Prevention	125	-125

Secuencia de Disipacion Usando Plastic Hinges

A B C D E

9.- Para analizar el nivel de disipación de energía en los SL-Bozzo usamos elementos link del tipo wen-plastic con las características de los disipadores a usar, de la siguiente manera:

Define Link Properties

Link Properties: SL20_3, SL30_3, SL40_4

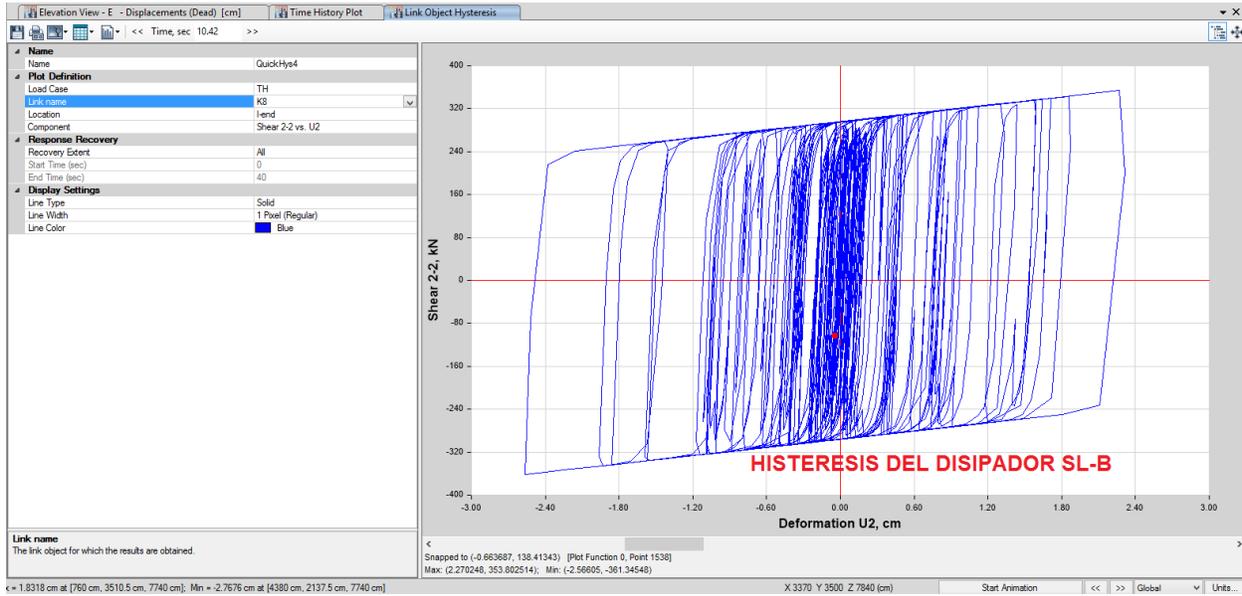
Link/Support Directional Properties (SL20_3)

Property Name	Value	Unit
Direction	U2	
Type	Plastic (Wen)	
NonLinear	Yes	
Effective Stiffness	68.9644	kN/cm
Effective Damping	0	kN-s/cm
Distance from End-J	0	cm
Stiffness	3980	kN/cm
Yield Strength	209.68	kN
Post Yield Stiffness Ratio	0.006256	
Yielding Exponent	2	

Link/Support Directional Properties (SL30_3)

Property Name	Value	Unit
Direction	U2	
Type	Plastic (Wen)	
NonLinear	Yes	
Effective Stiffness	108.5336	kN/cm
Effective Damping	0	kN-s/cm
Distance from End-J	0	cm
Stiffness	5791	kN/cm
Yield Strength	297.22	kN
Post Yield Stiffness Ratio	0.004403	
Yielding Exponent	2	

10.- Curva Histerética del Disipador SL-B



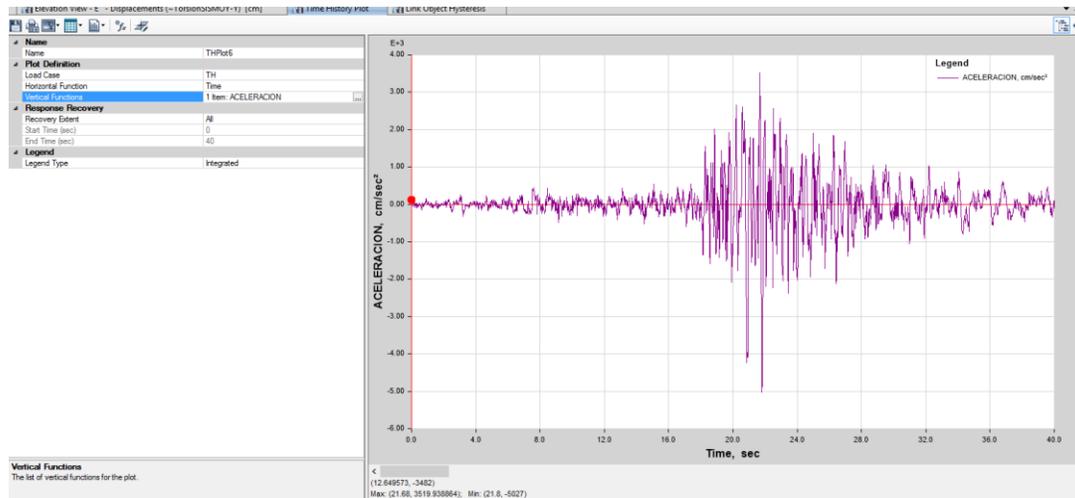
11.- Drift obtenido usando SL-B en la dirección Y-Y:

	Story	Load Case/Combo	Item	Max Drift	Avg Drift	Ratio	Label	Max Loc X m	Max Loc Y m	Max Loc Z m
▶	Story23	DRIFT Max	Diaph D1 Y	0.007919	0.005983	1.324	5	41.4	32.705	77.4
	Story22	DRIFT Max	Diaph D1 Y	0.007944	0.006179	1.286	5	41.4	32.705	71.2
	Story21	DRIFT Max	Diaph D1 Y	0.007988	0.006414	1.245	5	41.4	32.705	68
	Story20	DRIFT Max	Diaph D1 Y	0.008029	0.006689	1.2	20	41.4	26.125	64.8
	Story19	DRIFT Max	Diaph D1 Y	0.008057	0.006902	1.167	5	41.4	32.705	61.6
	Story18	DRIFT Max	Diaph D1 Y	0.008071	0.007065	1.142	5	41.4	32.705	58.4
	Story17	DRIFT Max	Diaph D1 Y	0.00807	0.007205	1.12	20	41.4	26.125	55.2
	Story16	DRIFT Max	Diaph D1 Y	0.008049	0.007275	1.106	5	41.4	32.705	52
	Story15	DRIFT Max	Diaph D1 Y	0.008001	0.007304	1.095	5	41.4	32.705	48.8
	Story14	DRIFT Max	Diaph D1 Y	0.007982	0.007332	1.089	58	10	17.675	45.6
	Story13	DRIFT Max	Diaph D1 Y	0.008261	0.007492	1.103	58	10	17.675	42.4
	Story12	DRIFT Max	Diaph D1 Y	0.008511	0.007622	1.117	58	10	17.675	39.2
	Story11	DRIFT Max	Diaph D1 Y	0.008734	0.007721	1.131	57	10	25.075	36
	Story10	DRIFT Max	Diaph D1 Y	0.008924	0.007785	1.146	58	10	17.675	32.8
	Story9	DRIFT Max	Diaph D1 Y	0.009066	0.007802	1.162	58	10	17.675	29.6
	Story8	DRIFT Max	Diaph D1 Y	0.009138	0.00774	1.181	58	10	17.675	26.4
	Story7	DRIFT Max	Diaph D1 Y	0.009109	0.007551	1.206	58	10	17.675	23.2
	Story6	DRIFT Max	Diaph D1 Y	0.008927	0.007194	1.241	58	10	17.675	20
	Story5	DRIFT Max	Diaph D1 Y	0.008499	0.006666	1.275	58	10	17.675	16.8
	Story4	DRIFT Max	Diaph D1 Y	0.007532	0.005923	1.272	58	10	17.675	13.6
	Story3	DRIFT Max	Diaph D1 Y	0.006238	0.00564	1.106	30	0	32.705	10.4
	Story2	DRIFT Max	Diaph D1 Y	0.006508	0.00558	1.166	46	51.4	10	7.2
	Story1	DRIFT Max	Diaph D1 Y	0.004323	0.003398	1.272	49	51.4	26.125	4

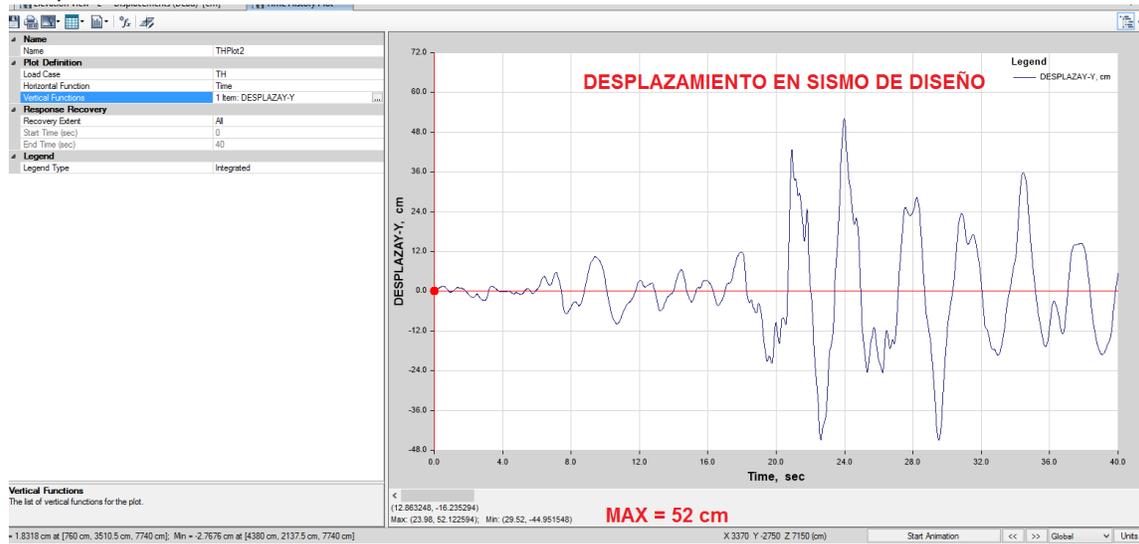
Drift en direccion Y-Y < 9.1/1000

Menor que en el diseño inicial

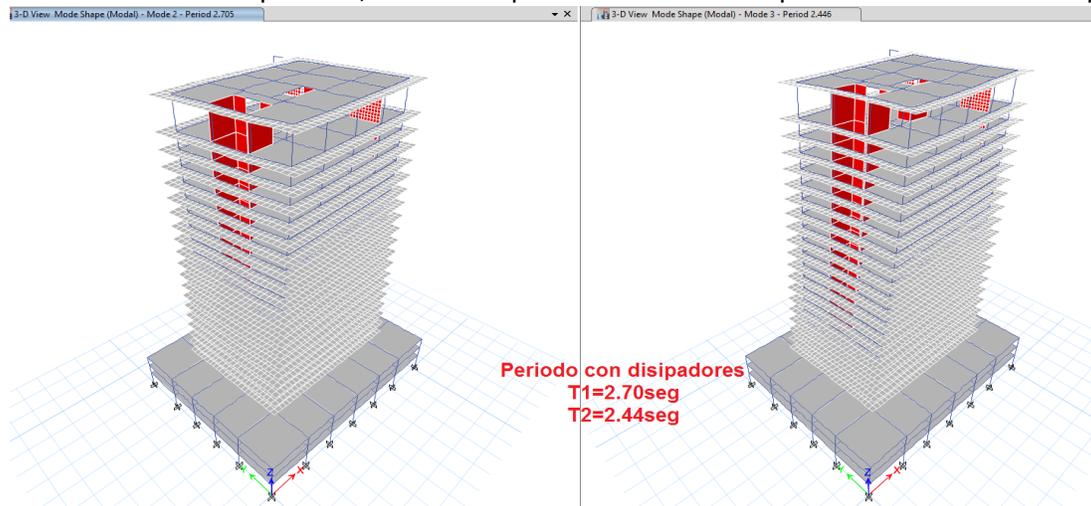
12.- Aceleración en la estructura ante un sismo de Diseño:



13.- Desplazamiento ante un Sismo de Diseño:



14.- Análisis Modal con disipadores; aumenta el periodo fundamental por lo tanto reduce la respuesta.



V) SISTEMAS DE DISIPACION ENERGIA EN PORTICOS PLANOS, HICIMOS DOS METODOS:

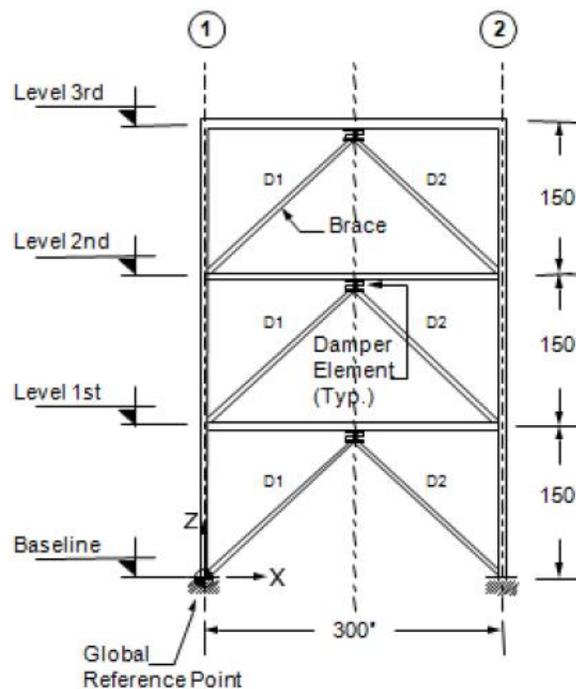
En este ejemplo tenemos tres Pisos de un pórtico plano con elementos Viscosos tipo Damper (amortiguador) con propiedades No Lineal y usando un análisis Time History.

DESCRIPCIÓN DEL CASO:

Usando el registro directo 7035 (NS) hacemos un análisis Time-History. Tres elementos de amortiguación del tipo viscoso descrito en Hanson (1993) se utilizan para conectar los pórticos con los arriostres del tipo Chevron. Se investigan dos modelos. En el primer modelo, los elementos de amortiguación están destinados a producir alrededor de 5% de amortiguación en el modo fundamental. En el segundo modelo, la amortiguación se aumenta a 25% y comparamos respuestas.

El elemento amortiguador viscoso (Damper) en ETABS es un dispositivo de amortiguación uniaxial con una relación no lineal fuerza-velocidad lineal dado por $F = CV^\alpha$.

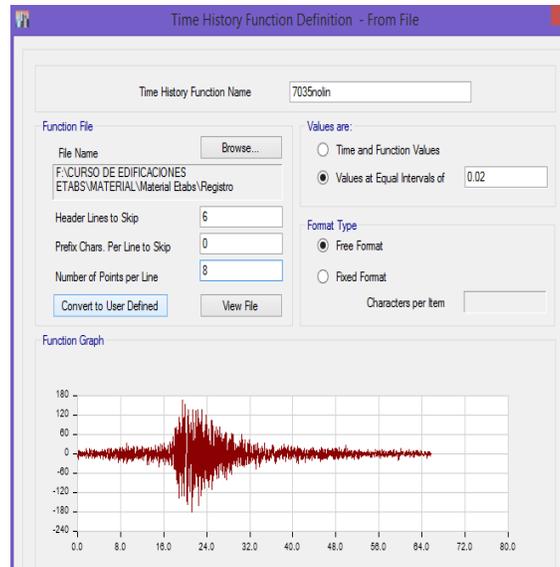
Los elementos de amortiguación se modelan en ETABS mediante la asignación en una zona panel con una propiedad de vínculo no lineal en un punto a la mitad de la viga del pórtico y en la parte alta de los arriostres tipo chevron, de cada piso como se muestra en la siguiente figura.



Frame Elevation

Las propiedades del elemento link utilizan la propiedad amortiguador uniaxial (AMORTIGUADOR) y proporcionan conectividad con la viga-brace con un comportamiento no lineal en la dirección U2 (corte en el plano 1-2). Bajo este argumento, los desplazamientos son transferidos entre los arriostres chevron y el elemento frame (pórtico) vía el elemento link (amortiguadores) sometidos a deformación por corte.

El incremento de tiempo (Δt) para la salida se especifica como 0,02 segundos.



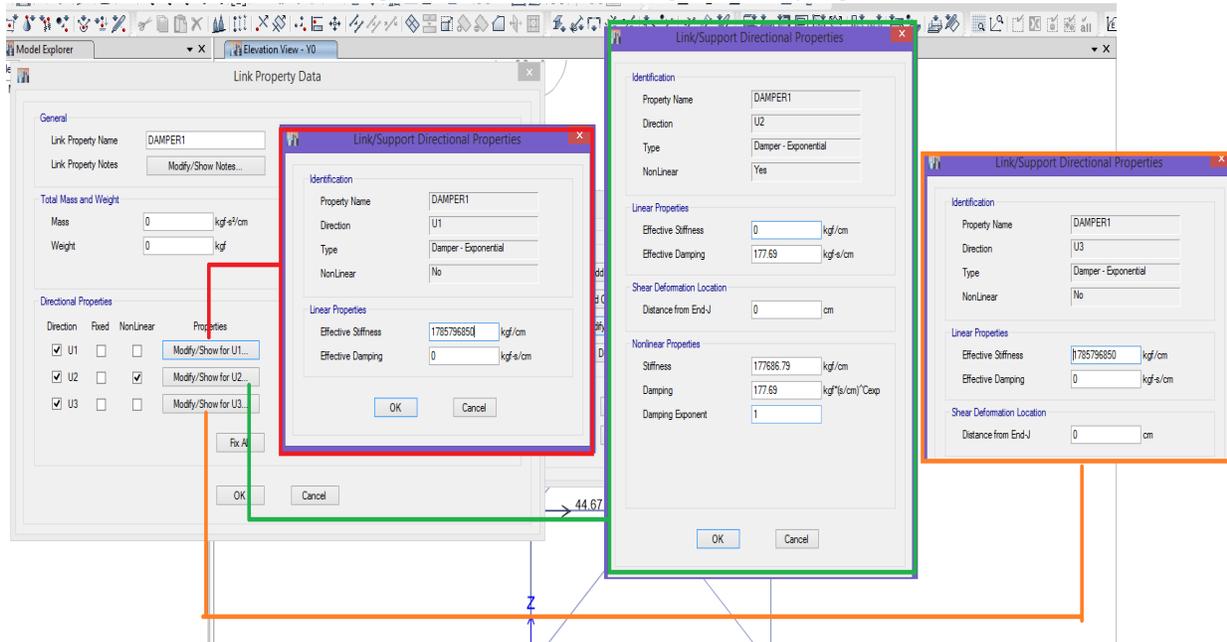
Registro directo 7035

GEOMETRÍA, PROPIEDADES Y CARGAS:

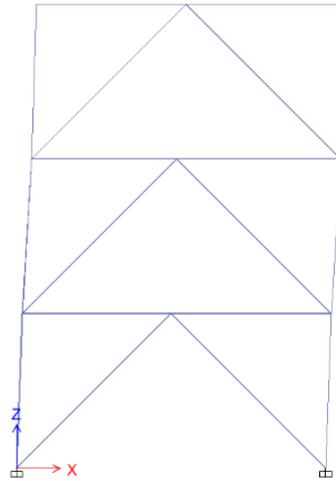
Esto es un pórtico de un solo span, de tres pisos sometido a un movimiento sísmico. El pórtico se modela como elemento frame compuesto por dos columnas y una viga por cada piso. Se utilizan unidades kg-metro segundos. El módulo de elasticidad del acero se toma como $2038901.92 \text{ kg/cm}^2$. Columna, viga y sección brase son definidas por el usuario.

Solo un diafragma rígido se asigna a cada nivel de piso y conecta los tres objetos de punto (dos puntos de columna y un punto de mitad de la viga) en cada piso. Debido a los diafragmas rígidos, no hay fuerza axial en los miembros de las vigas. Todos los miembros se les asignan un factor de zona rígida de 1.

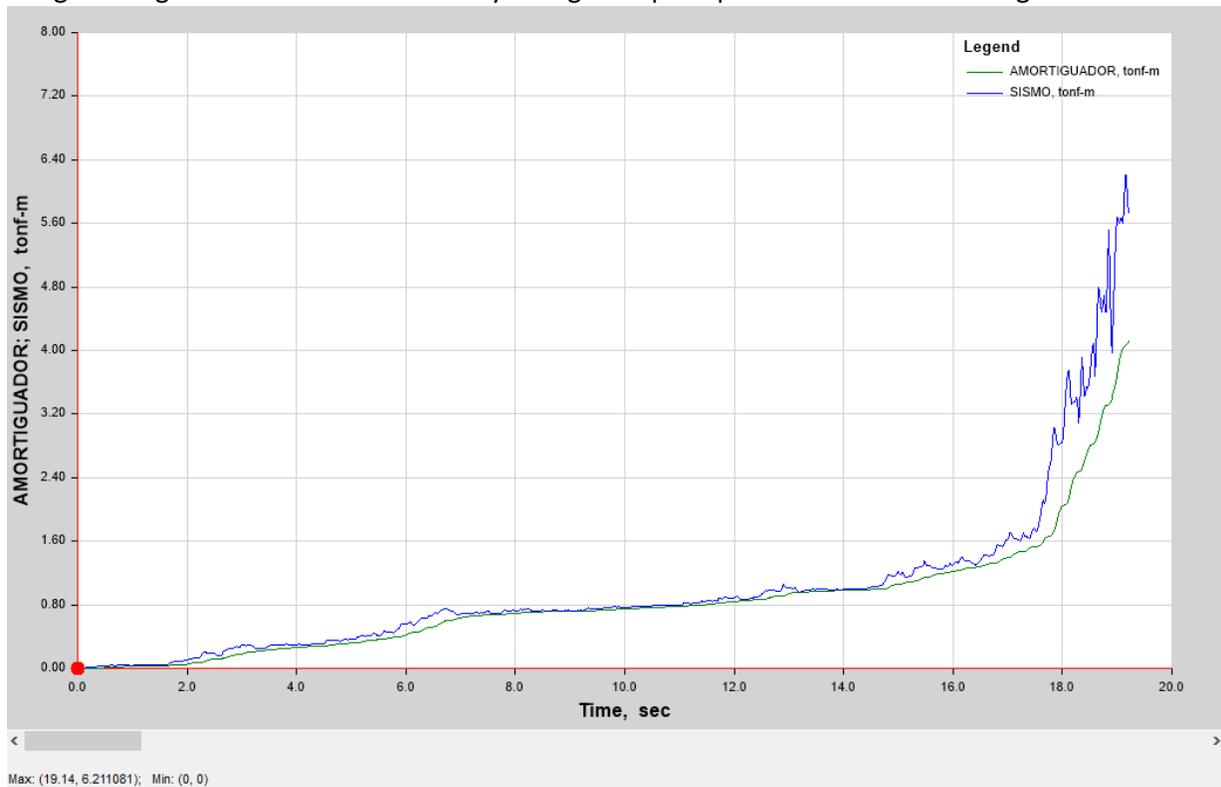
a) Caso 01 con 5% amortiguación: Información ingresada al programa Etabs



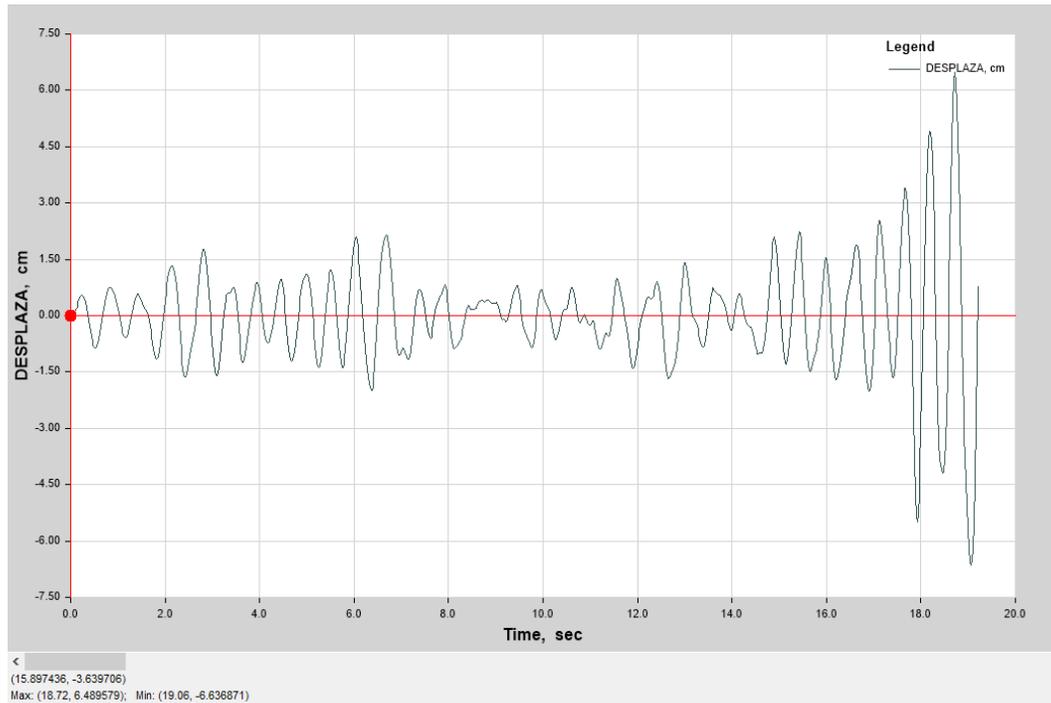
Respuesta dinámica, desplazamiento en sismo de diseño



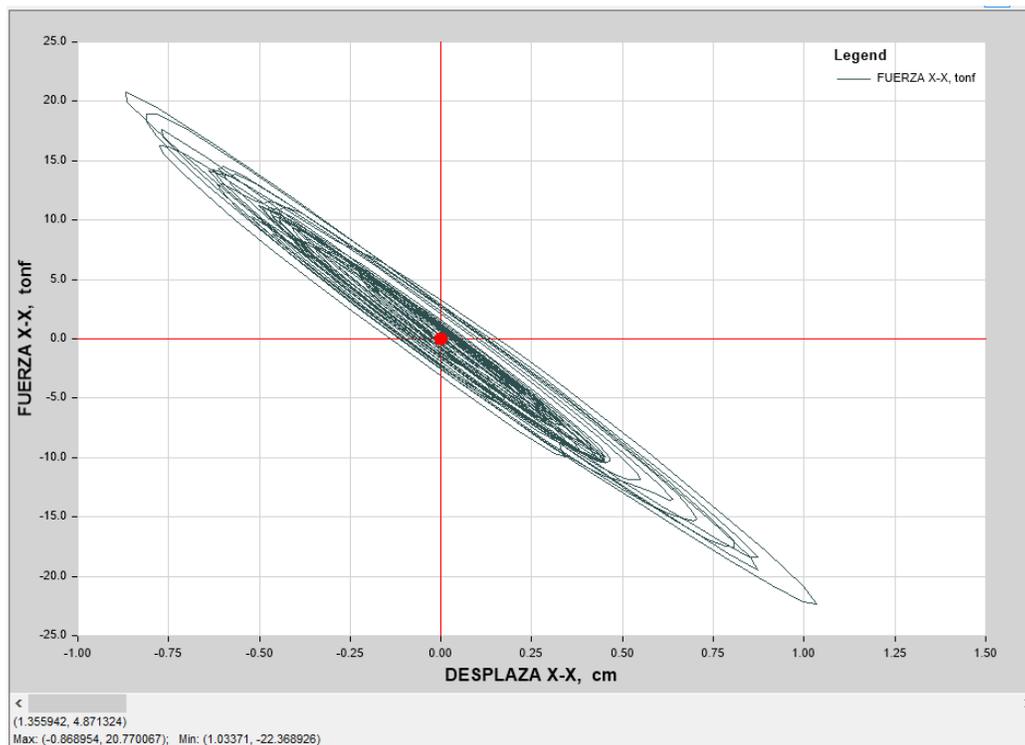
Energía de ingreso debido al sismo 7035 y energía disipada por el sistema de amortiguadores



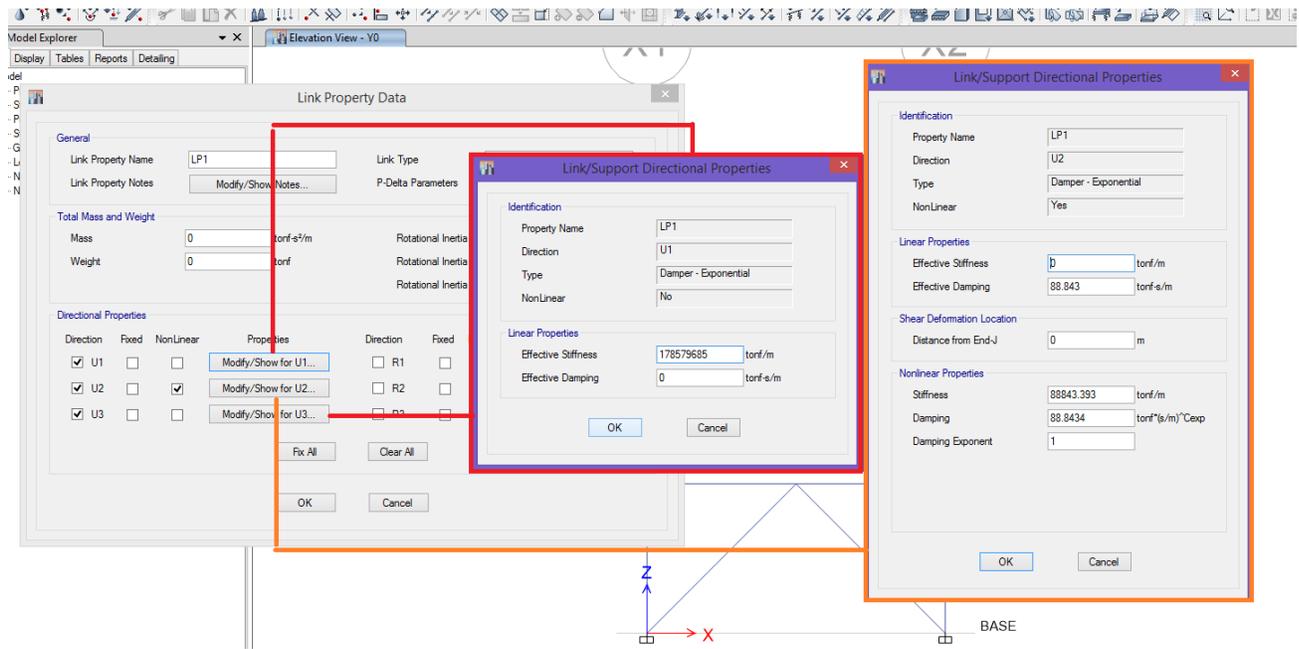
Desplazamiento máximo 4.09 cm para sismo de diseño



Ciclos de histéresis del pórtico plano con sistema de amortiguación con 5%Cc:



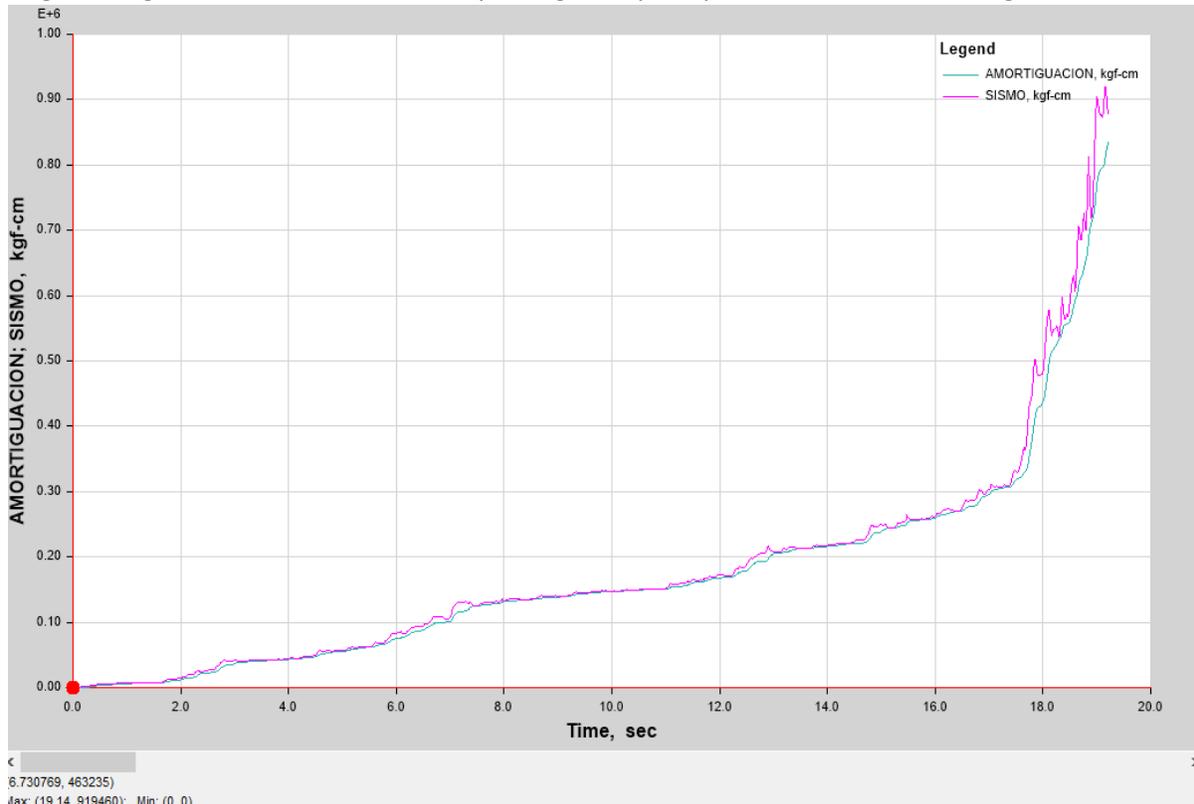
b) Caso 02 con 25% amortiguación: Información ingresada al programa Etabs



Respuesta dinámica, desplazamiento en sismo de diseño

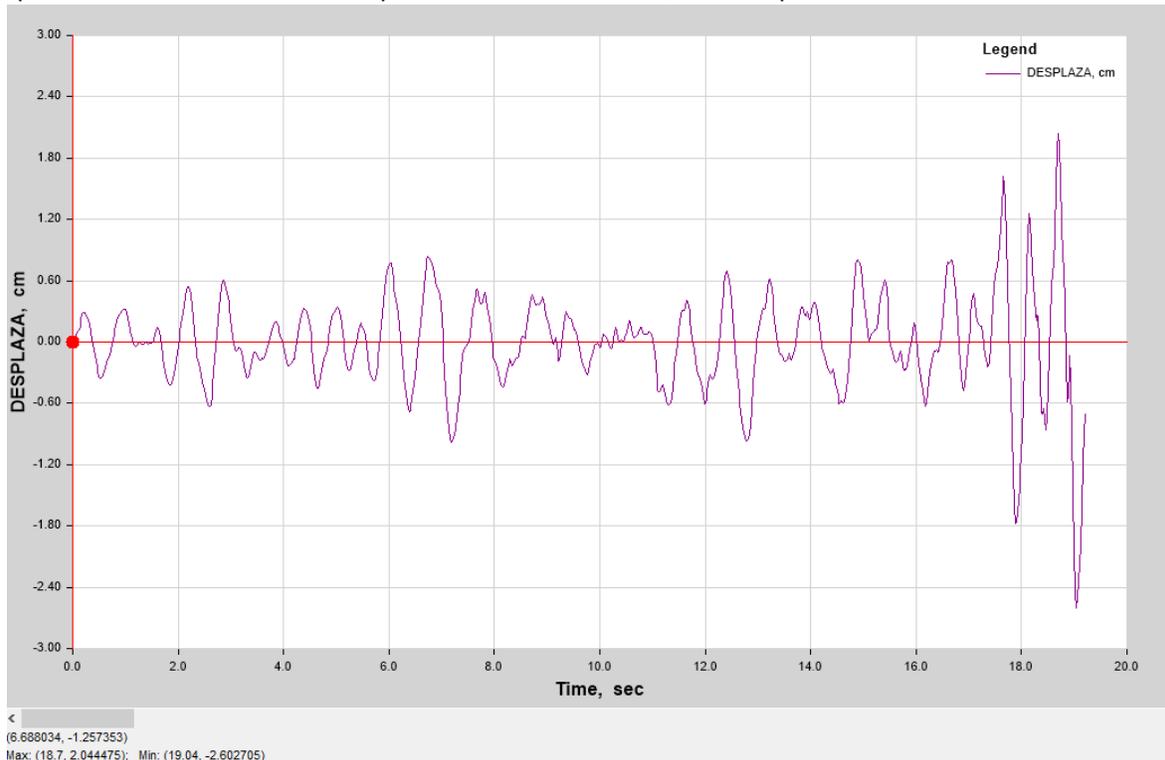


Energía de ingreso debido al sismo 7035 y energía disipada por el sistema de amortiguadores

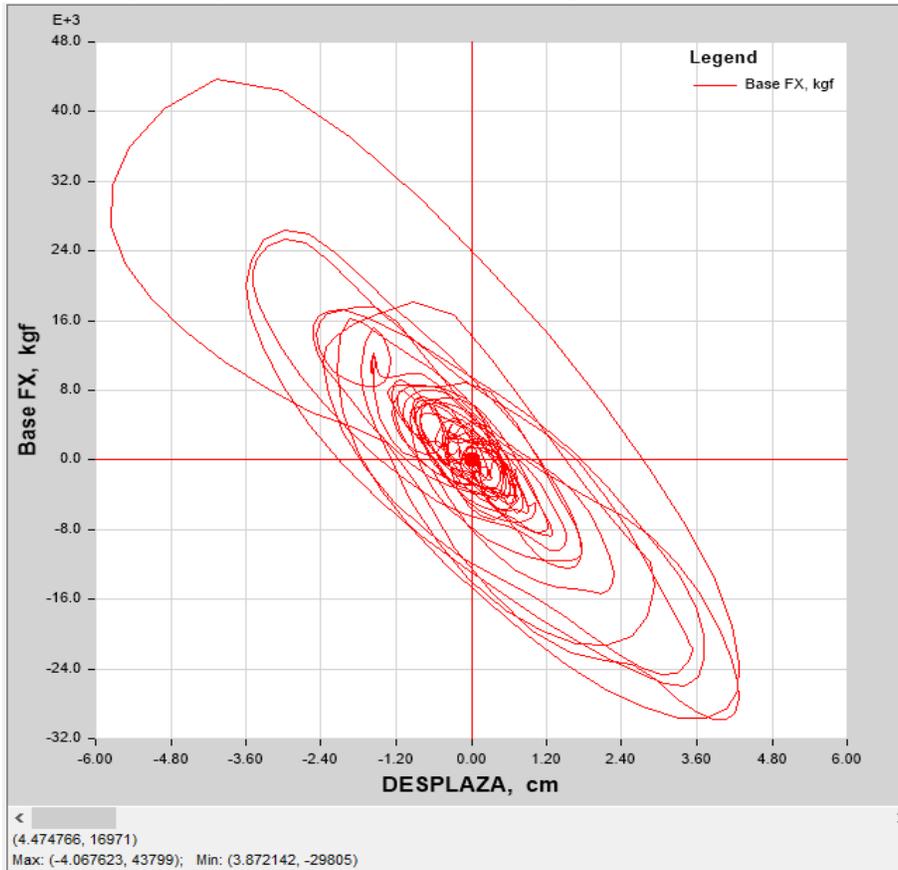


Casi el 100% de la energía de sismo se disipa en los amortiguadores

Desplazamiento máximo 2.26 cm para el sismo de diseño; menor que le caso anterior:



Ciclos de histéresis del pórtico plano con sistema de amortiguación con 25%Cc:



COMPARACION - CONCLUSION:

Table 11-1 Results Comparison

Level	5% Damping		25% Damping	
	ETABS	DRAIN-2DX	ETABS	DRAIN-2DX
Comparison of Maximum Story Deflections				
3 rd	4.09	4.11	2.26	2.24
2 nd	3.13	3.14	1.75	1.71
1 st	1.63	1.63	0.89	0.87
Comparison of Maximum Link Shear Force				
3 rd	6.16	5.98	14.75	14.75
2 nd	10.79	10.80	32.82	32.84
1 st	15.15	15.02	44.90	44.97
Comparison of Maximum Brace Axial Force				
3 rd	4.36	4.23	10.43	10.43
2 nd	7.63	7.63	23.21	23.22
1 st	10.71	10.62	31.75	31.80

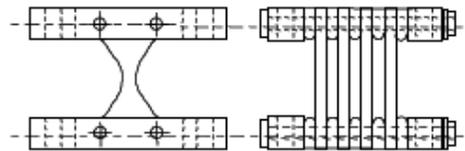
VI) SISTEMAS DE DISIPACION ENERGIA EN PORTICOS PLANOS

En este ejemplo tenemos tres Pisos en pórtico Plano con disipadores tipo ADAS - No Lineal usando un análisis Tiempo Historia

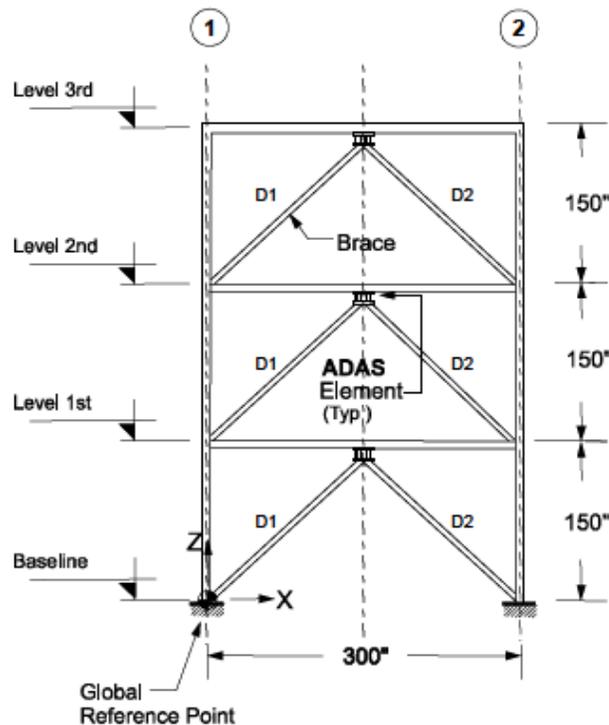
DESCRIPCIÓN DEL CASO:

Usando el registro directo 7035 (NS) hacemos un análisis Time-History, los tres elementos que absorben la energía a través de su histéresis (ADAS elementos como se describe en Scholl 1993 y Tsai, et al. 1993) se utilizan para conectar los arriostres Chevron y la viga que forma el pórtico plano en cada piso. Se investigan dos modelos. En el primer modelo, los elementos ADAS están destinadas a producir alrededor del 5% de amortiguamiento crítico en el modo fundamental. En el segundo modelo, la amortiguación se incrementa a 25%. El fabricante suministra las propiedades de los elementos de ADAS que vamos a investigar.

Los elementos ADAS se modelan en ETABS mediante la asignación de una zona de panel con una propiedad de vínculo no lineal entre la parte superior del arriostre Chevron y el punto central de la viga que forma el pórtico plano de cada piso. Las propiedades link utilizan la propiedad no lineal del tipo (wen-plastic) y proporcionan conectividad con la viga con comportamiento no lineal en la dirección U2 (corte en el plano 1-2). Bajo este acuerdo, los desplazamientos son transferidos entre los arriostres chevron y el marco a través de los elementos link sometidos a deformación por corte.



Typical ADAS Element



Frame Elevation

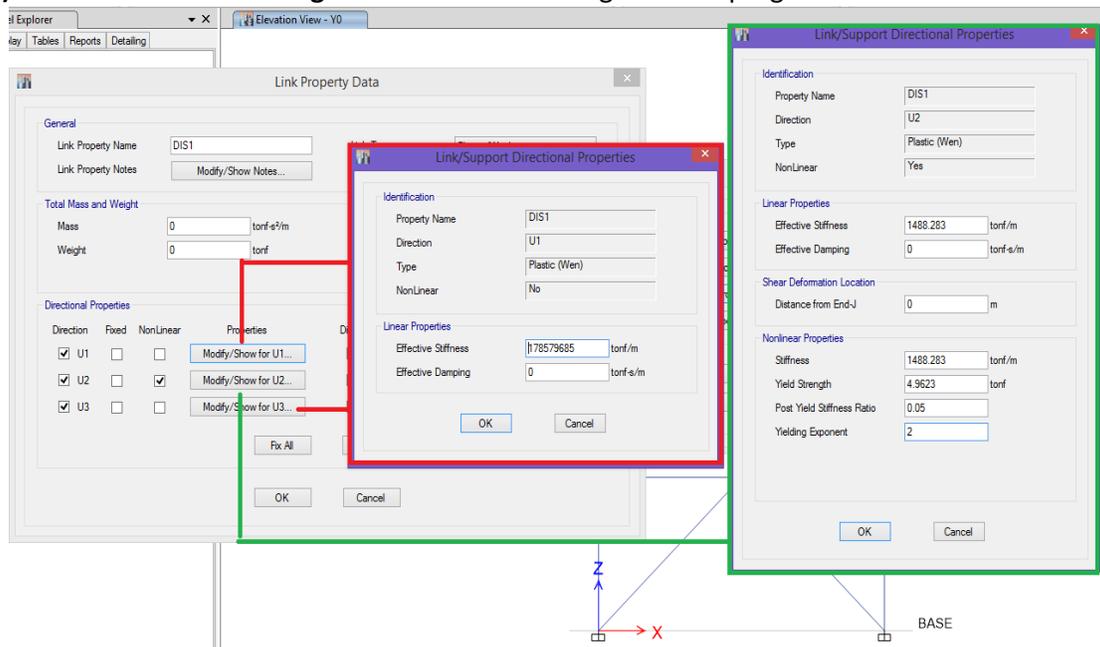
GEOMETRÍA, PROPIEDADES Y CARGAS:

El pórtico se modela como un sistema de tipo frame, de dos columnas y una viga en cada piso. Se utilizan unidades Kg-metro segundos. El módulo de elasticidad se toma como $2038901.92 \text{ kg/cm}^2$. La columna, viga y sección de los brace (arriostres) son definidas por el usuario.

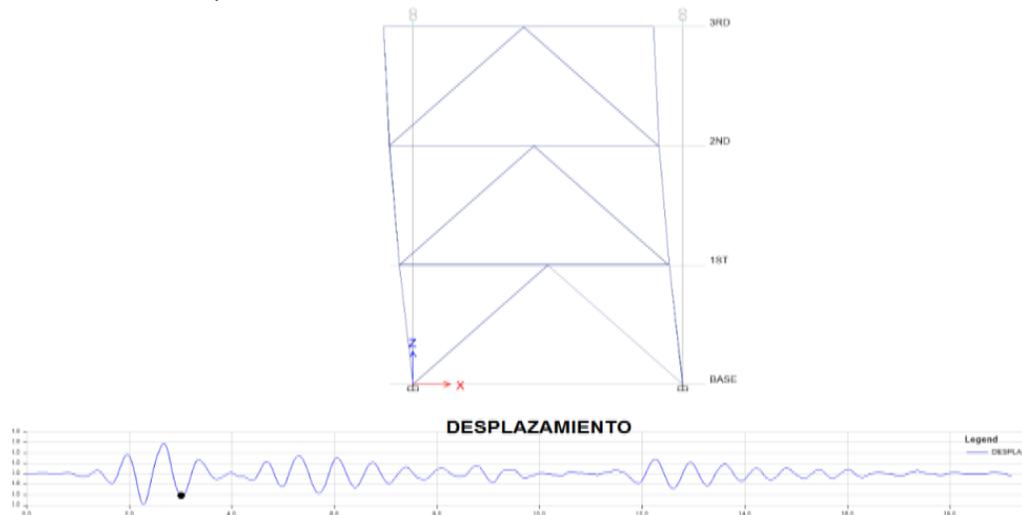
Se define un diafragma rígido que se asigna a cada nivel de piso y que conecta los tres objetos con los puntos (dos puntos de columna y un punto de mitad de la viga) en cada piso. Debido a estos diafragmas rígidos, no hay fuerza axial en los miembros tipo viga. Todos los miembros se les asignan un factor de zona rígida de 1.

En ambos modelos el valor de la relación de rigidez post-fluencia se toma como 5% de la rigidez inicial y el incremento de tiempo para el muestreo de salida se especifica como 0,02 segundos que es el intervalo discreto del registro directo 7035.

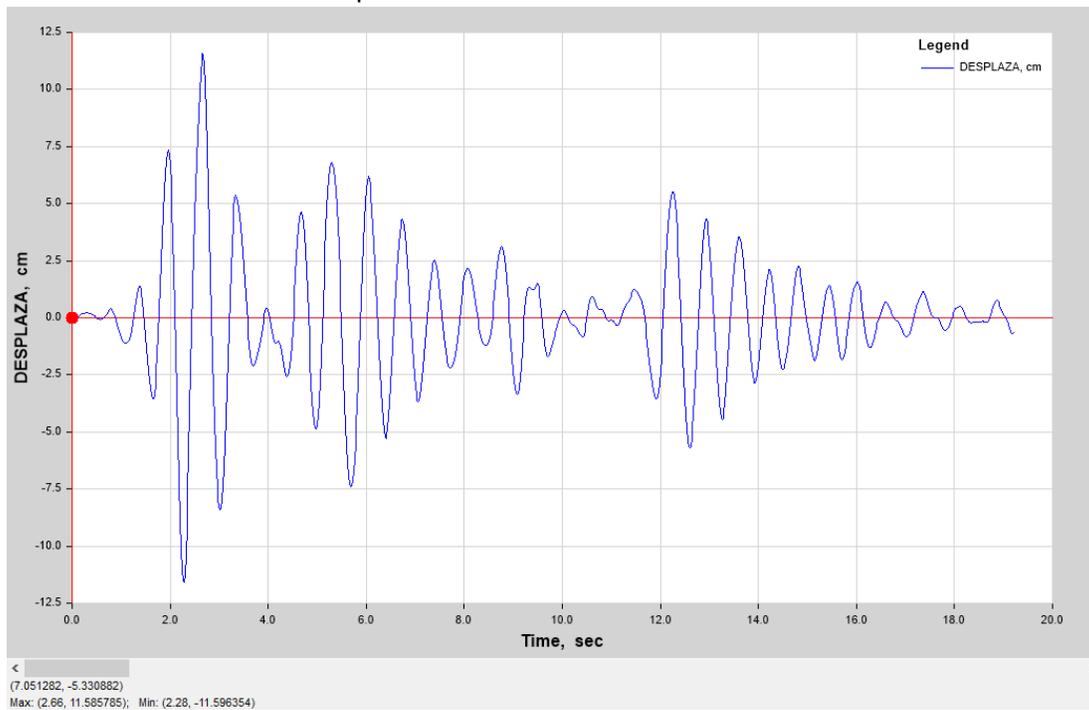
a) Caso 01 con 5% amortiguación: Información ingresada al programa Etabs



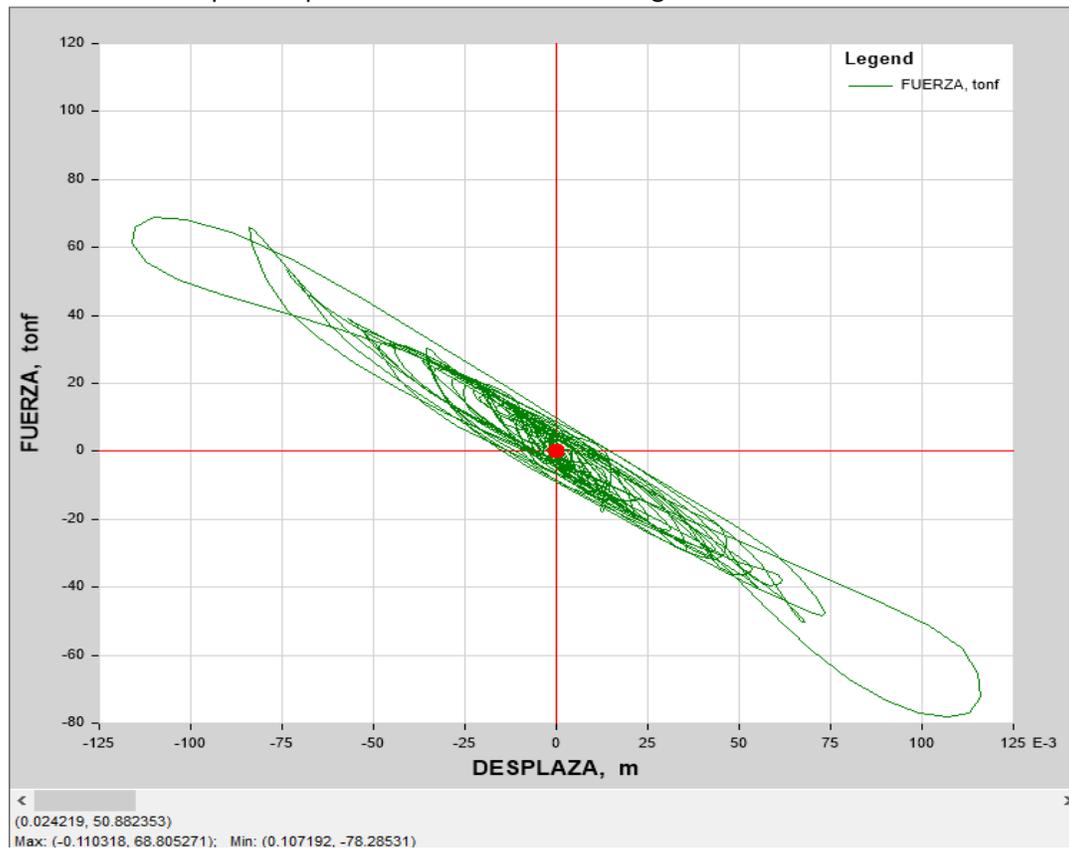
Respuesta dinámica, desplazamiento en sismo de diseño



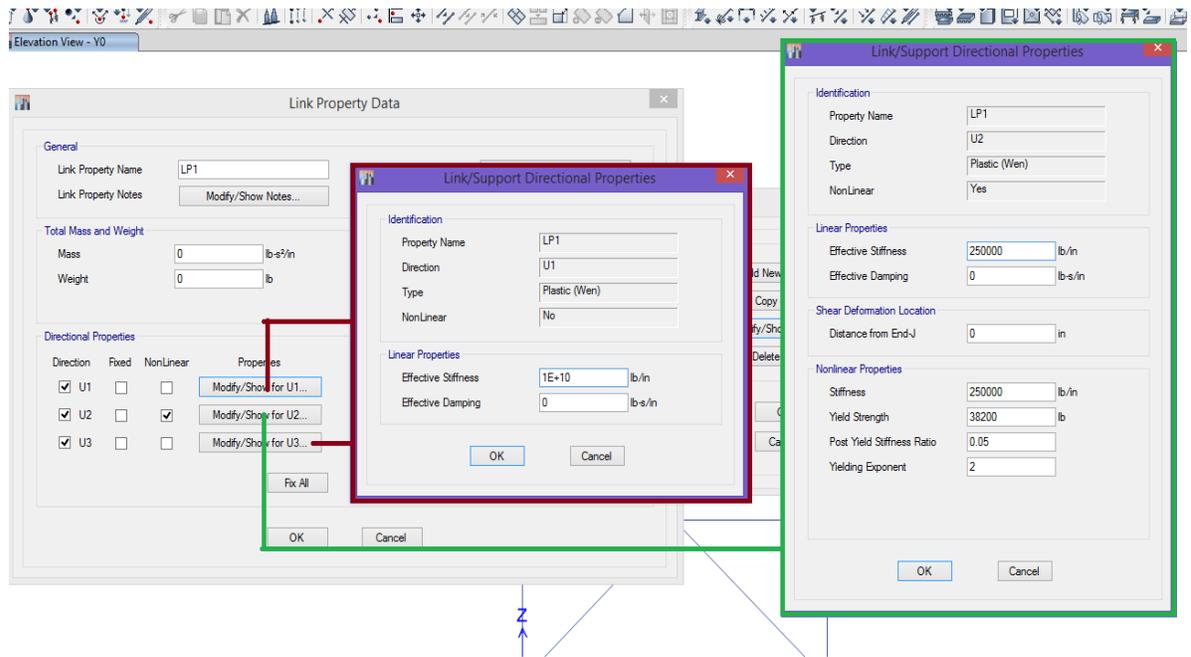
Desplazamiento máximo 11.58 cm para el sismo de diseño:



Ciclos de histéresis del pórtico plano con sistema de amortiguación con 5%Cc:



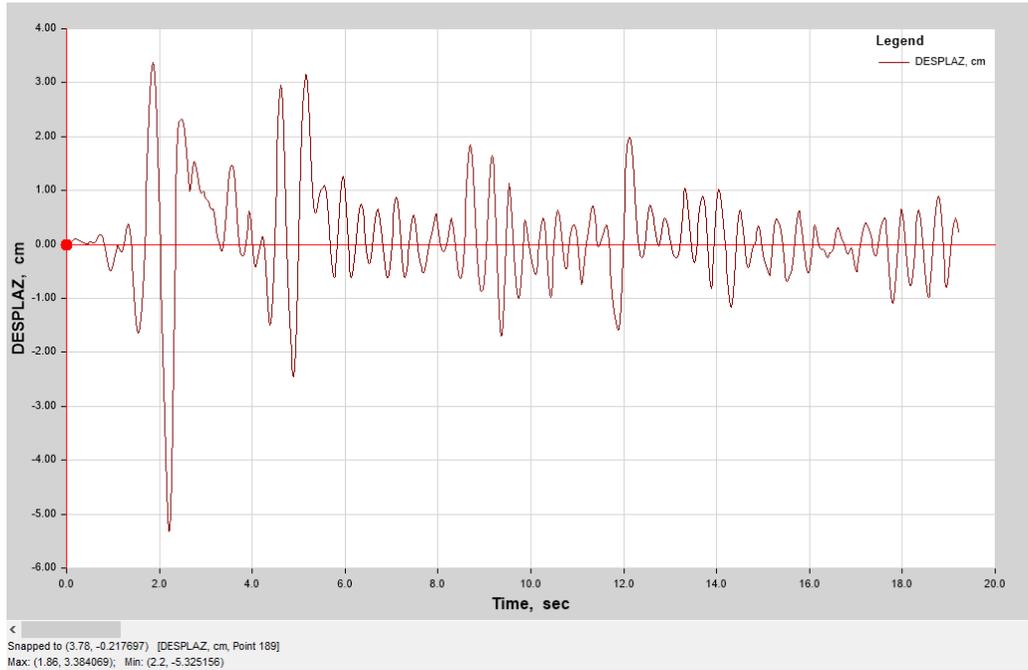
b) Caso 02 con 25% amortiguación: Información ingresada al programa Etabs



Respuesta dinámica, desplazamiento en sismo de diseño



Desplazamiento máximo 5.32 cm para el sismo de diseño, 50% menos que el caso anterior:



Ciclos de histéresis del pórtico plano con sistema de amortiguación con 25%Cc:

