



**DAMPO**

# Introducción al uso de los Sistemas de Protección Sísmica DAMPO en Guatemala



enrique@ingedeleon.com



+502 4775-4191



# Agenda de la semana

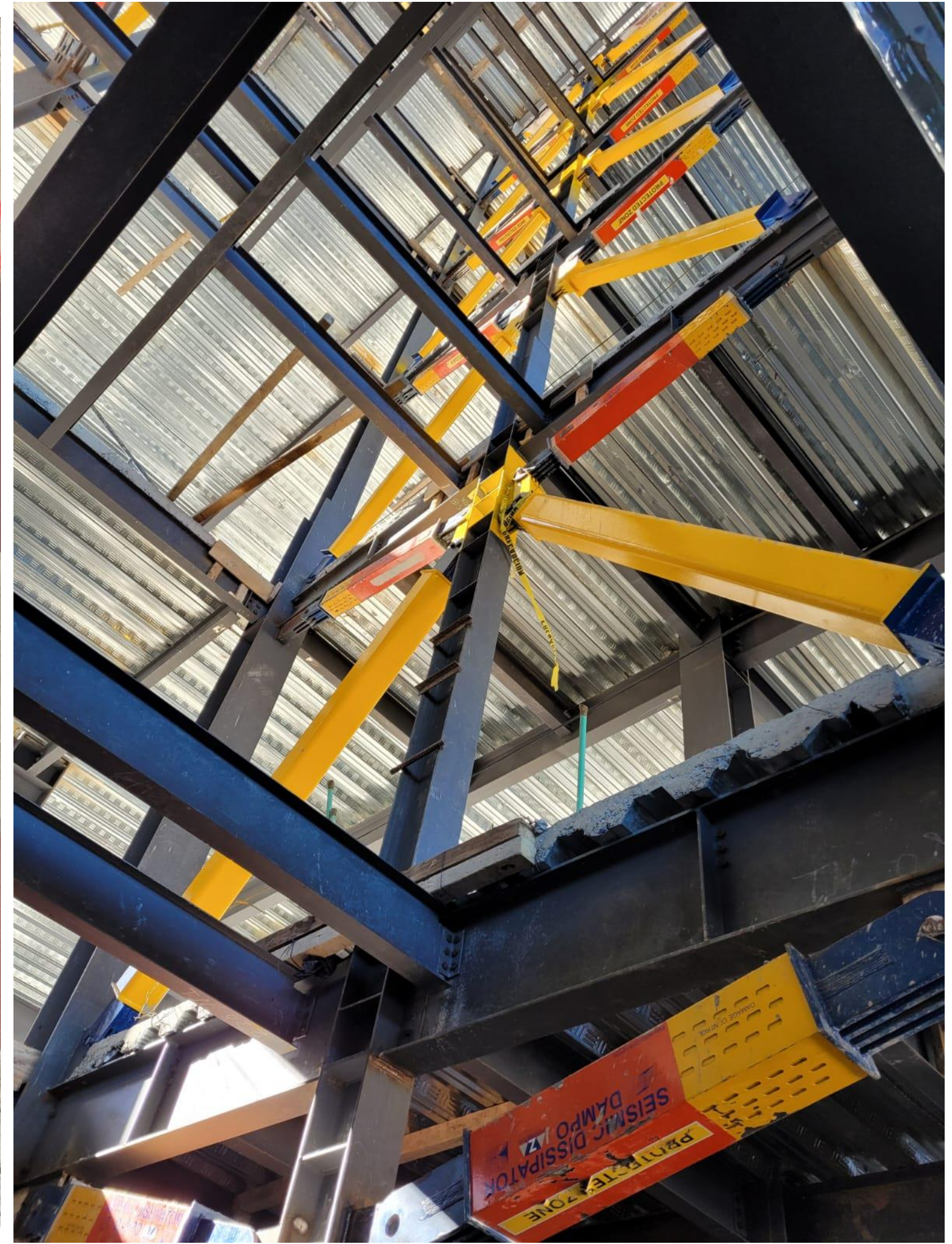
**17:30 a 19:00 hrs. Guatemala**

Fecha	Tema
<b>Lunes 20</b>	Aplicación de SPS en Guatemala e introducción a los sistemas DAMPO. – <i>Enrique de León</i>
<b>Martes 21</b>	Introducción a los sistemas de protección sísmica – <i>Héctor Guerrero</i>
<b>Miércoles 22</b>	De la resiliencia sísmica a la viabilidad económica – <i>Fernando Cueto Jiménez</i>
<b>Jueves 23</b>	Diseño de estructuras equipadas con BRB – <i>José Ernesto García Mora Pinto</i>
<b>Viernes 24</b>	Diseño de estructuras equipadas con aislamiento sísmico – <i>Valentín Jiménez Ramírez</i>



# **Aplicación de SPS en Guatemala e introducción a los sistemas DAMPO**

Enrique de León





# DAMPO

Dampo 1505 es un disipador de energía sísmica de tipo histerético desarrollado y patentado en México. El dispositivo aprovecha el comportamiento histerético del acero por medio de rotaciones plásticas y su diseño innovador posibilita cualquier combinación de resistencia y desplazamiento requerido. El disipador incluye una cubierta exterior que protege al dispositivo y una preparación de conexión con una sección de perfil OR. La designación del perfil será la requerida para el contraviento de conexión (no incluido).

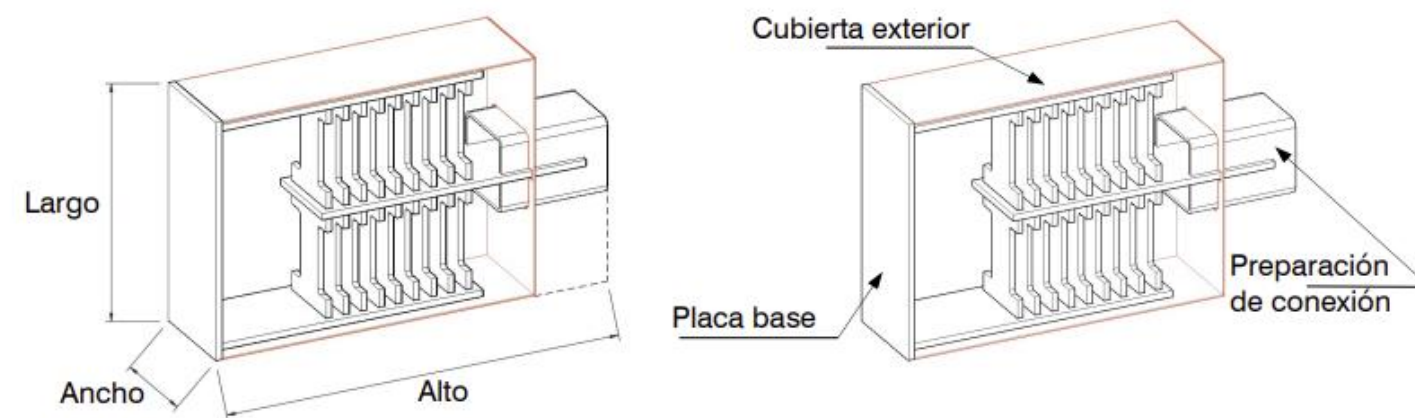


Figura 1. Características generales del disipador DAMPO 1505

Gracias a su diseño, el disipador Dampo 1505 presenta un comportamiento no lineal estable tanto en tensión como en compresión, como se observa en la Figura 2a. Este desempeño lo hace ideal para incorporarlo en estructuras sismorresistentes. Los dispositivos se instalan en línea con contravientos de conexión como el mostrado en la Figura 2b.

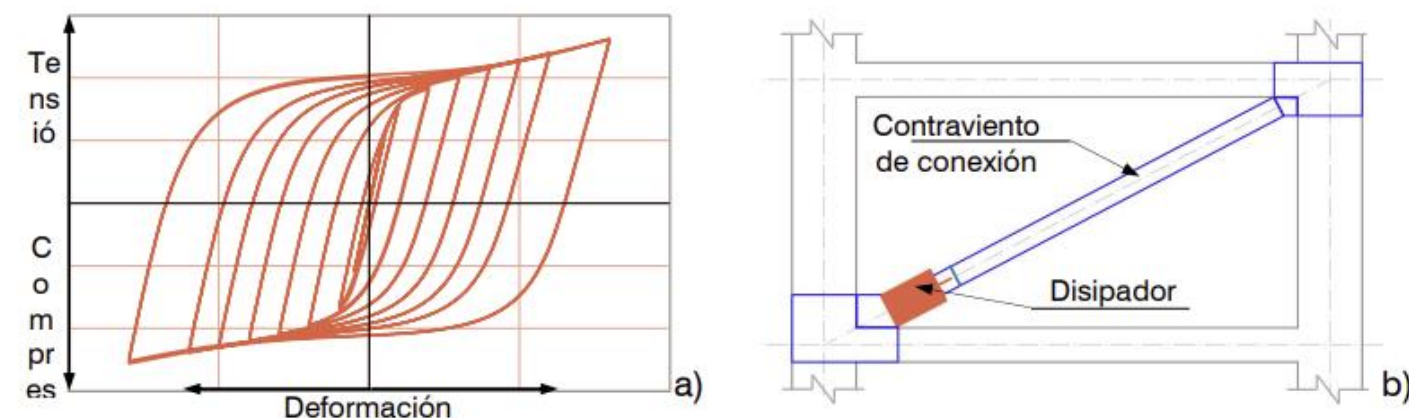


Figura 2. Curvas de histéresis y croquis de colocación del disipador DAMPO 1505

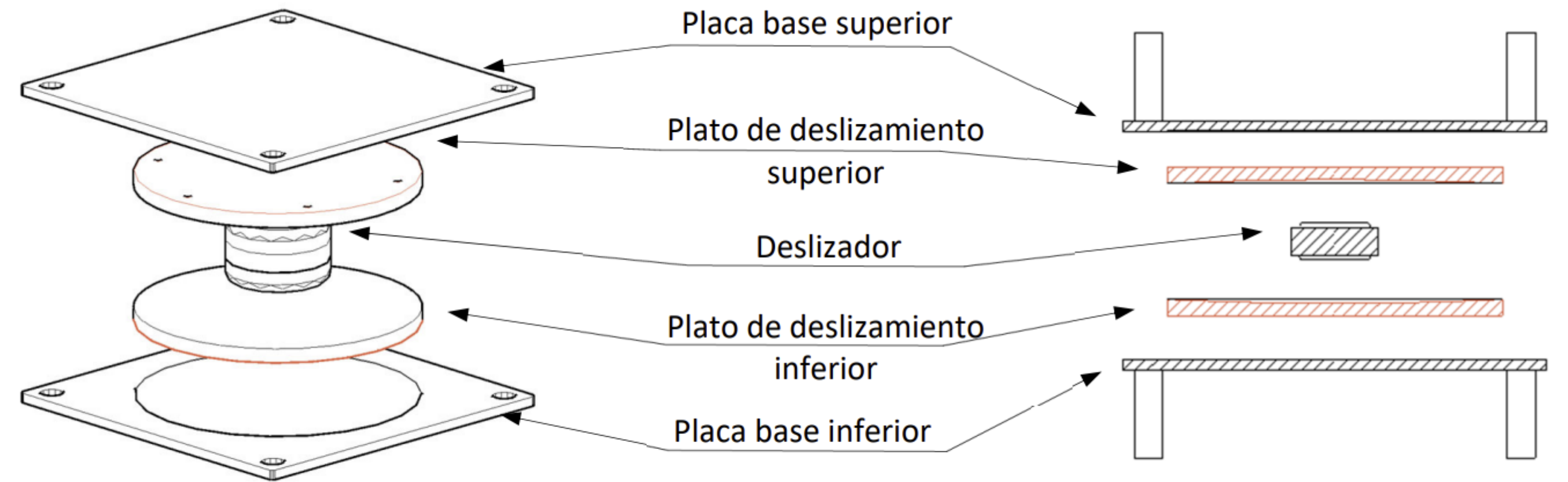


Figura 1. Esquema de las características generales del Aislador Sísmico de doble péndulo Dampo.

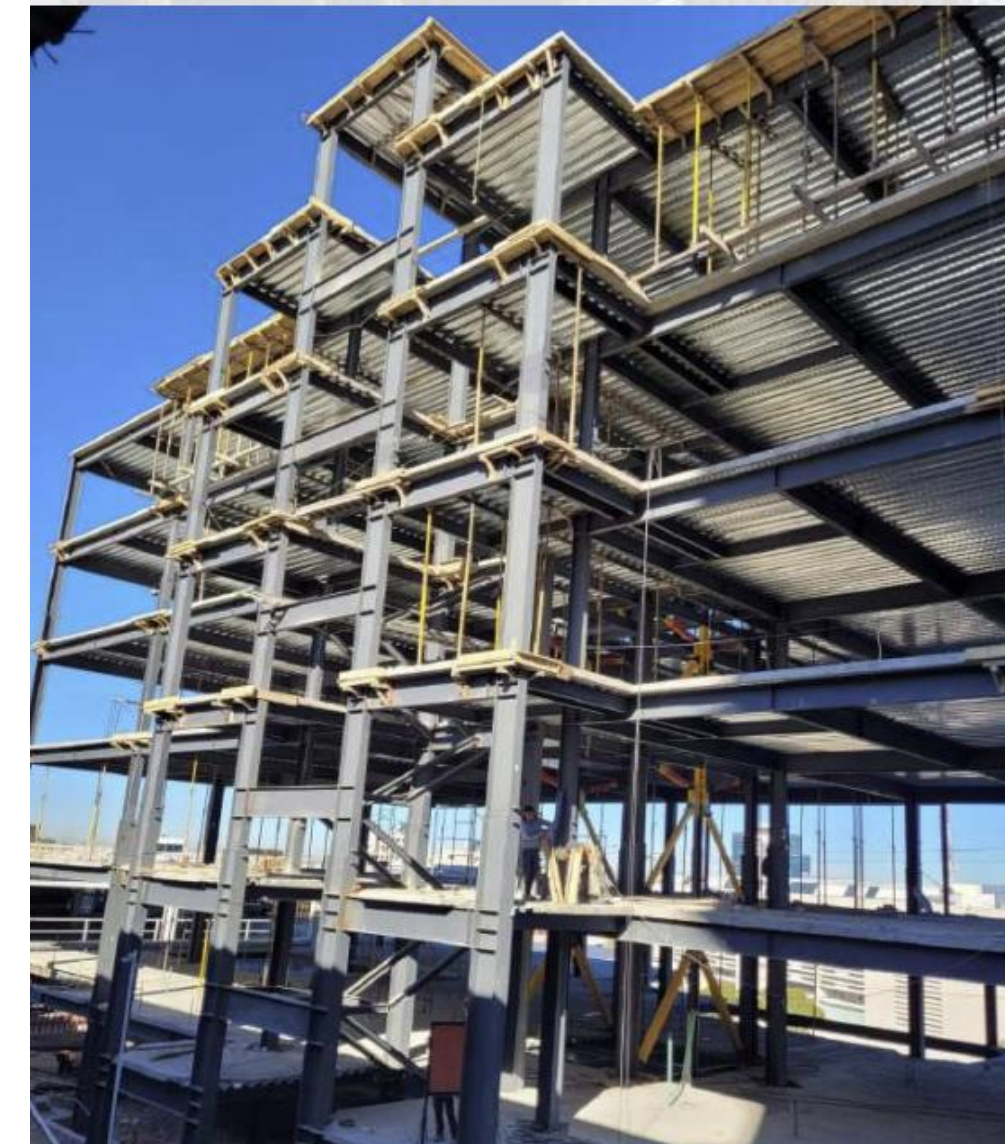
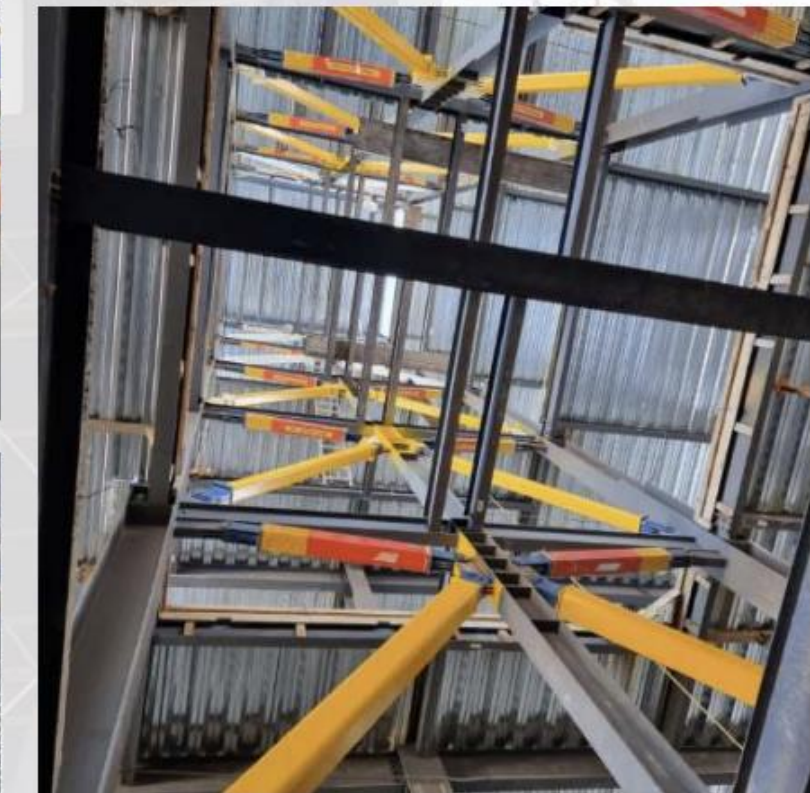


## Manual de diseño de estructuras equipadas con disipadores histeréticos

Engineering,  
technology  
& infrastructure.

# DAMPO

## INNOVACIÓN EN INGENIERÍA TECNOLOGÍA E INFRAESTRUCTURA





## **Antecedente: Turquía 2023**



- Demora en actualización de las normas (prórrogas y multas insignificantes).
- Deficiencias sistemáticas en procesos constructivos y control de calidad en materiales.
- Los terremotos ocurrieron en sitios no esperados.

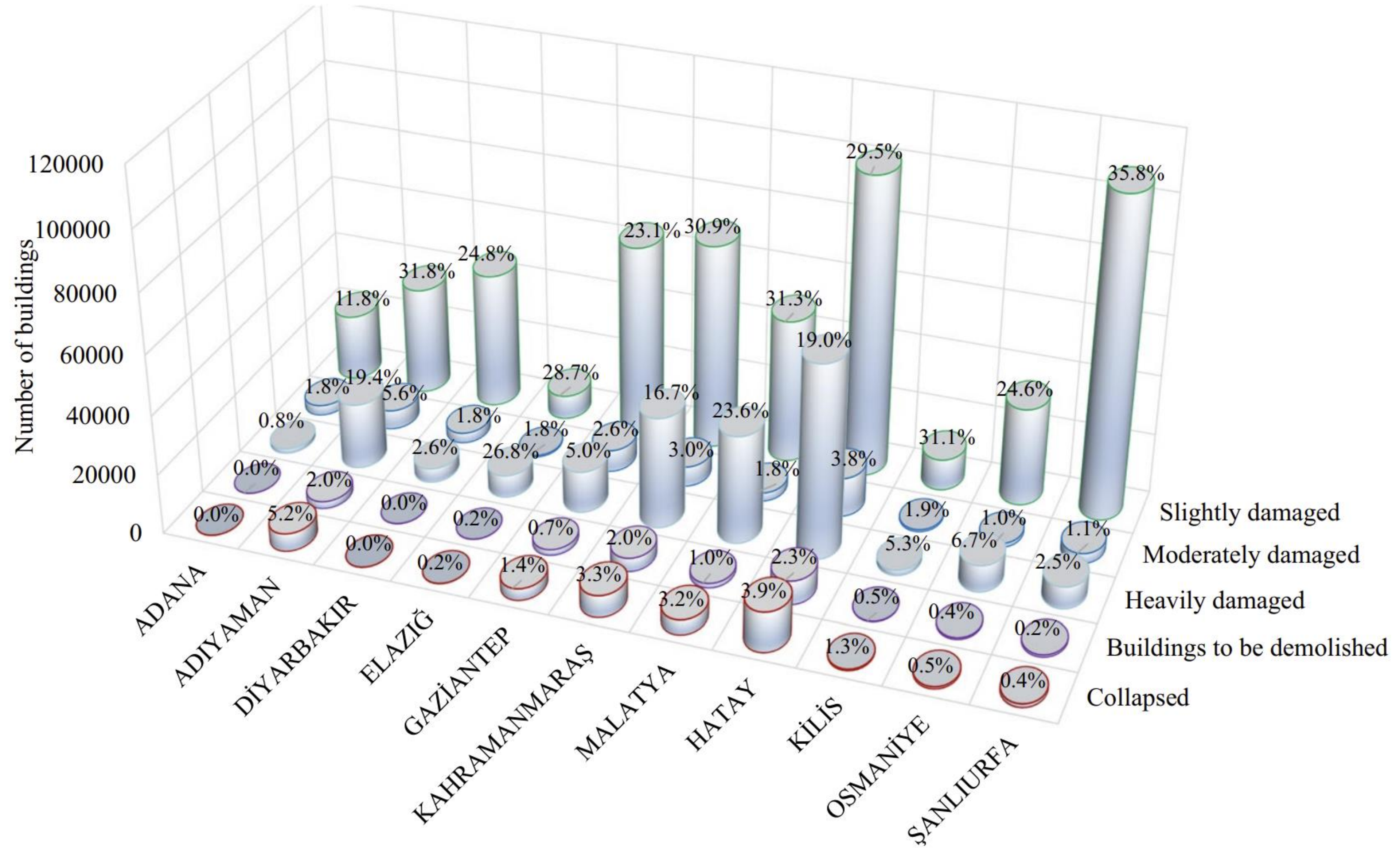


Fig. 2 Results of post-earthquake damage assessment per province (MEUCC 2023)





Tabla 2.1. Eventos sísmicos importantes en Turquía desde 1900 (USGS, 2023).

No	Epicentro	Año	Latitud	Longitud	Profundidad, km	Magnitud	Tipo de magnitud
1	Ekinözü, Turquía	2023	38.0235	37.203	10	7.5	mww
2	Nurda, Turquía Néon	2023	37.1662	37.0421	18	7.8	mww
3	Karlovásion, Turquía	2020	37.8973	26.7838	21	7	mww
4	Van, Turquía	2011	38.721	43.508	18	7.1	mww
5	Düzce, Turquía	1999	40.758	31.161	10	7.2	mwc
6	Derince, Turquía	1999	40.748	29.864	17	7.6	mwc
7	Van, Turquía	1976	39.121	44.029	36	7.3	ms
8	Gediz, Turquía	1970	39.098	29.57	25	7.23	mw
9	Hendek, Turquía	1967	40.751	30.8	30	7.29	mw
10	Düzce, Turquía	1957	40.73	31.09	25	7.09	mw
11	Sarigerme, Turquía	1957	36.405	28.699	35	7.3	mw
12	Sarigerme, Turquía	1957	36.493	28.829	35	7.1	mw
13	Amorgós, Grecia	1956	36.664	25.957	20	7.7	mw
14	Gönen, Turquía	1953	40.175	27.648	10	7.3	mw
15	Karaburun, Turquía	1949	38.718	26.48	15	7.16	mw
16	Karpathos, Grecia	1948	35.64	27.158	15	7.3	mw
17	Orta, Turquía	1944	40.66	32.998	30	7.6	mw
18	Ilgaz, Turquía	1943	40.867	33.651	20	7.5	mw
19	Ordu, Turquía	1942	40.907	36.744	10	7	mw
20	Erzincan, Turquía	1939	39.907	39.586	20	7.8	mw
21	Azerbaiyán Occidental, Irán	1930	38.108	44.727	15	7.1	mw
22	Brezovo, Bulgaria	1928	42.351	25.044	10	7.1	mw
23	Stara Zagora, Bulgaria	1928	42.351	25.641	10	7.1	mw
24	Soma, Turquía	1919	39.176	27.652	10	7	mw
25	Sivas, Turquía	1916	40.201	37.312	15	7	mw
26	Burdur, Turquía	1914	37.666	30.125	15	7.06	mw
27	Malkara, Turquía	1912	40.73	27.121	15	7.23	mw

Los reglamentos de construcción en Turquía se actualizan en periodos relativamente largos. El primer reglamento de diseño sísmico de edificios de Turquía fue publicado en 1975. Posteriormente, fue actualizado en los años 1998 (TEC1998), 2007 (TEC-2007) y 2018 (TBEC-2018).

La versión vigente, TBEC-2018, contiene parámetros para calcular espectros de diseño con los que se deberían proyectar los edificios para conseguir un comportamiento adecuado frente a un sismo fuerte.

### **SMIS (2023)**



**Hatay, Turquía, 2023.  
Estructura de uso comercial (oficinas)  
colapsada.**

**Fotografías: Enrique de León B.**



**Hatay, Turquía, 2023.  
Daño en miembros estructurales de edificio colapsado.**

**Fotografías: Enrique de León B.**



**Kahramanmaraş, Turquía, 2023.  
Daño en fachadas de edificios.**

**Fotografías: Enrique de León B.**

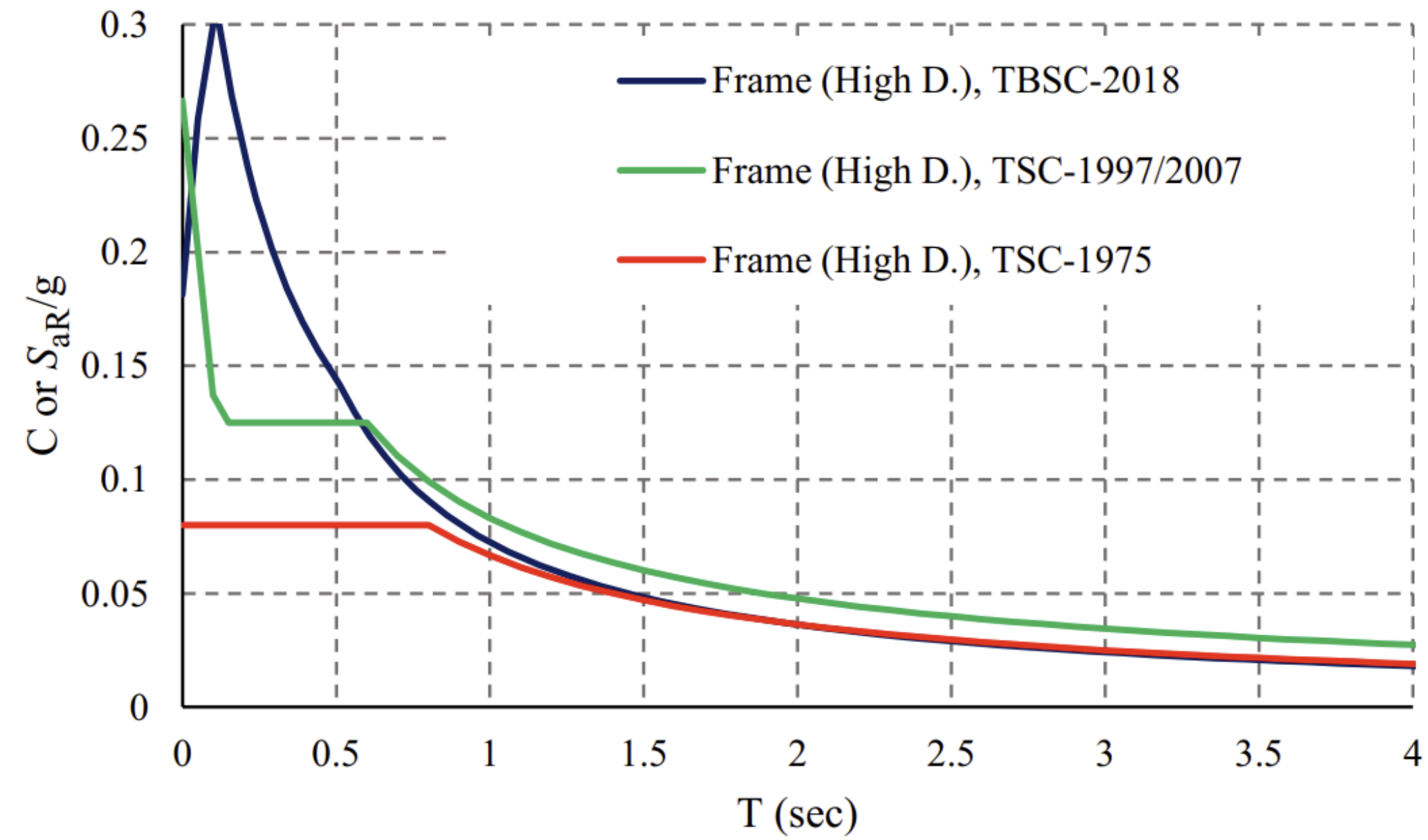


**Hatay, Turquía, 2023.**  
**Daño en miembros estructurales. Edificio nuevo no puesto en servicio.**

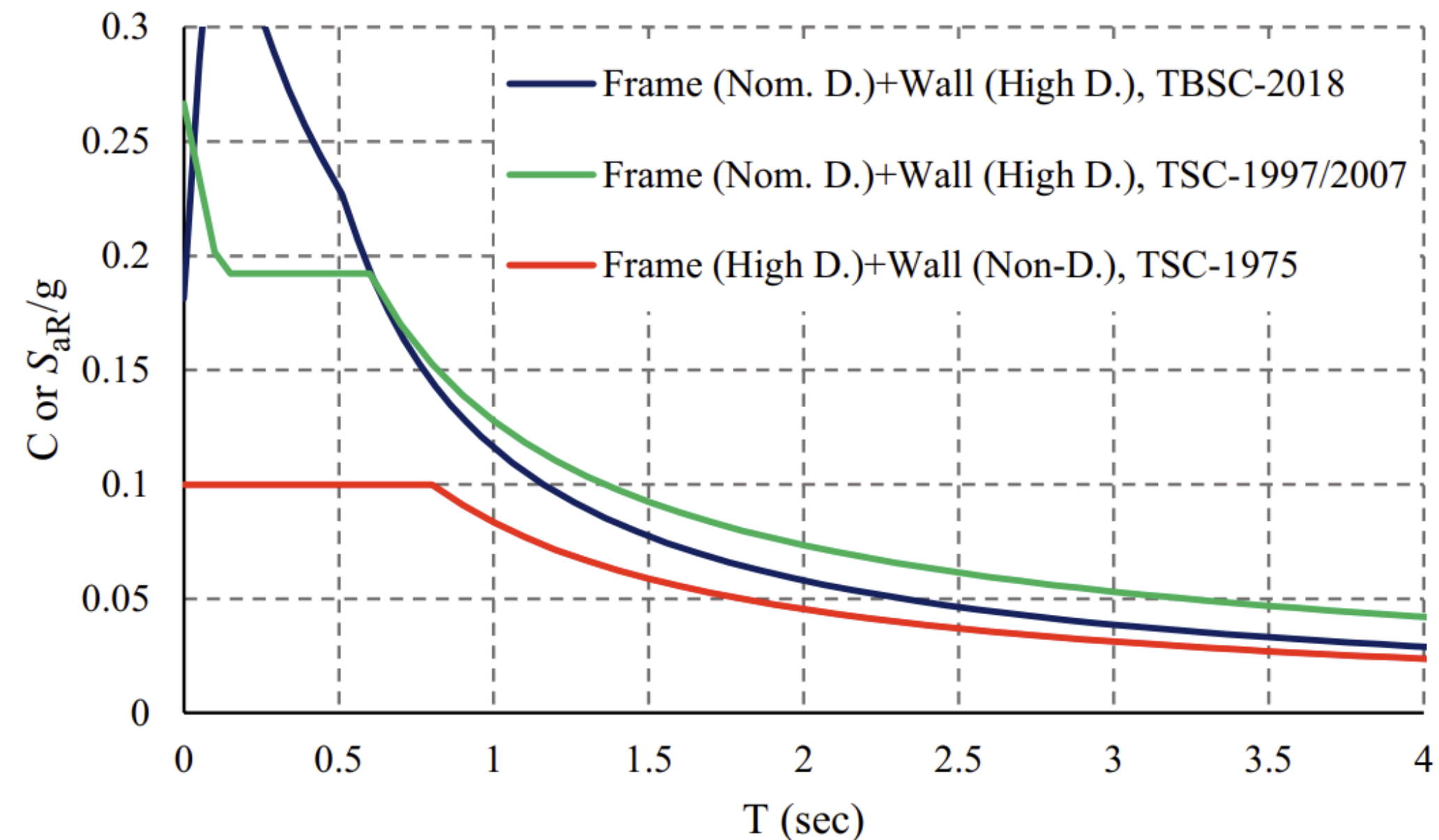
**Fotografías: Enrique de León B.**



**Fig. 26** Comparison of the lateral load coefficient spectra of the TSC-1975, TSC-1998/2007 and TBSC-2018 for ductile frame RC systems (Soil is assumed class C, Z3 for TSC-1975/1998/2007 and ZD for TBSC-2018)



**Fig. 27** Comparison of the lateral load coefficient spectra of the TSC-1975, TSC-1998/2007 and TBSC-2018 for wall-frame RC systems (Soil is assumed class C, Z3 for TSC-1975/1998/2007 and ZD for TBSC-2018)





# **CHILEAN EMERGENCY SEISMIC DESIGN CODE FOR BUILDING AFTER EL MAULE 2010 EARTHQUAKE**

**T. Guendelman**

*Chairman Chilean Seismic Code Committee*

**G.R. Saragoni**

*Coordinator Chilean Seismic Code Calibration Subcommittee*

**R. Verdugo**

*Coordinator Chilean Seismic Code Soil Subcommittee*





## 1.3 — Rangos de desempeño

### 1.3.1 — *Solicitaciones permanentes o de ocurrencia frecuente*

- (a) Las estructuras deberán desempeñarse elásticamente cuando estén sujetas a solicitaciones permanentes o frecuentes.

*Comentario 1.3.1 a*

*Este tipo de solicitaciones incluye el peso propio, las cargas muertas superpuestas, las cargas vivas, las presiones de suelo, las hidrostáticas y los esfuerzos auto-inducidos (temperatura y retracciones).*

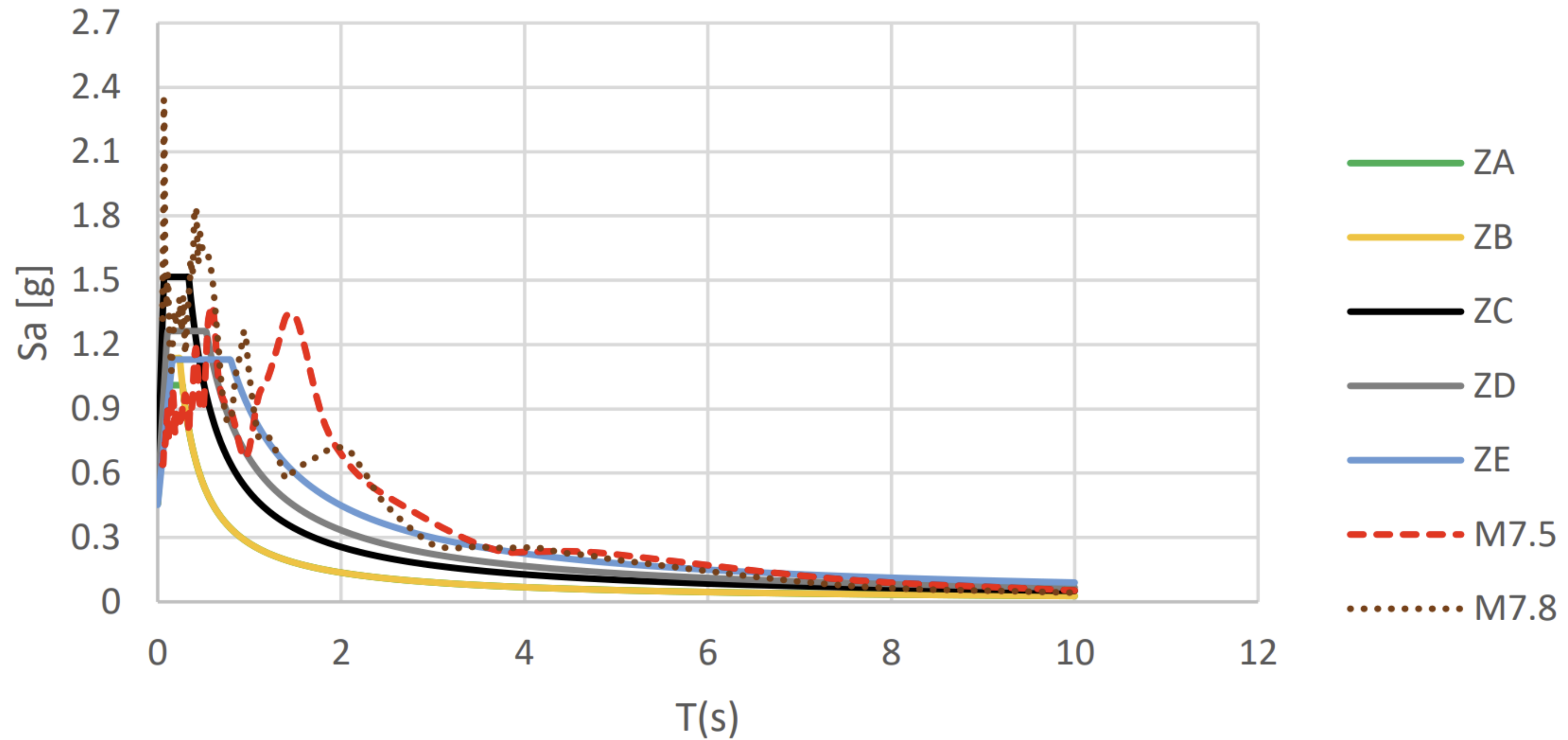
### 1.3.3 — *Sismo y solicitaciones de baja probabilidad de ocurrencia*

- (a) Las estructuras podrán ser diseñadas para que un buen número de sus componentes se desempeñen en el rango post-elástico cuando estén sujetas a las solicitaciones del sismo de diseño o a solicitaciones de explosión. Las combinaciones de carga que incluyen sismo están planteadas para que la estructura se desempeñe en el rango post-elástico al estar sujeta al sismo de diseño.





## Espectro de diseño (TBEC-2018)



Comparación entre espectros **elásticos** de diseño para diferentes tipos de suelo y espectros de respuesta de registros de los sismos del 06 de febrero de 2023.



**1.5.5 Factor  $\rho$**  — Es el Factor de Falta de Redundancia,  $\rho$ . Castiga la carencia de redundancia estructural o la presencia de aspectos irregulares en la edificación que se proyecta. Su valor numérico será 1.0 o 1.3 según se indique en la Sección 1.10.

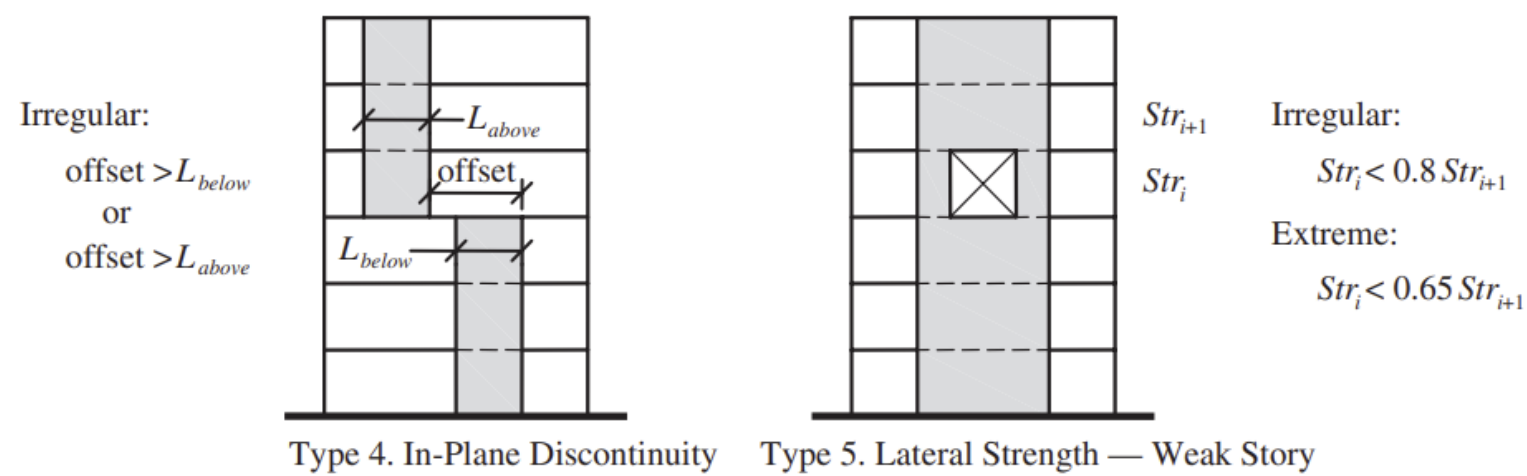
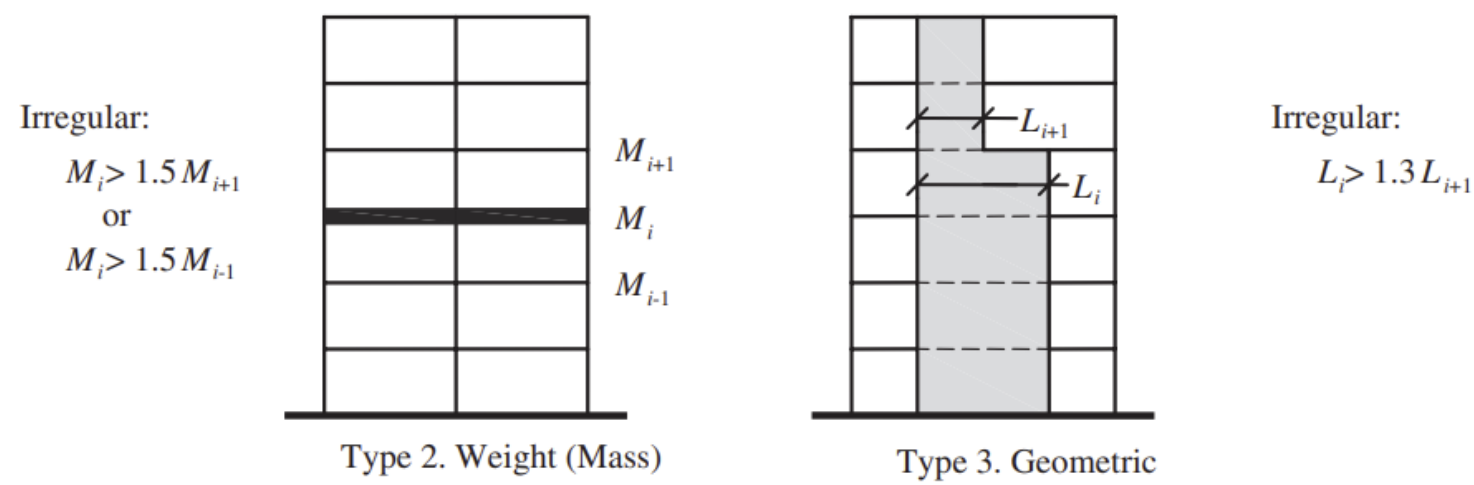
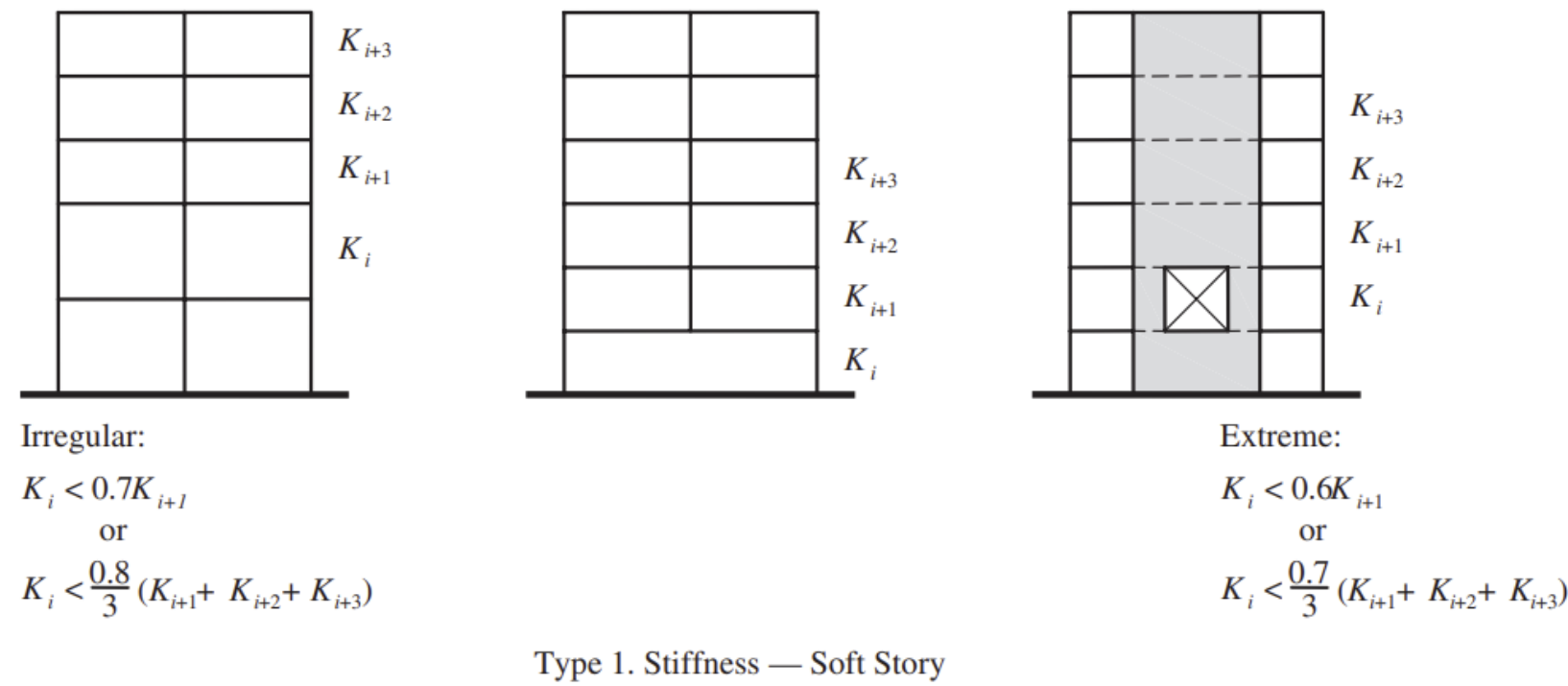


FIGURE C12.3-2 Vertical Structural Irregularities

Tabla 1.9-1 — Irregularidades en elevación

Tipo de irregularidad	Descripción	Nivel de Protección al que aplica	Sección de referencia
✖ irregularidad prohibida para el NPS indicado ◀ precaución especial para el NPS indicado Ω <sub>R</sub> irregularidad requiere aplicar Ω <sub>r</sub> para contrarrestarla			
V1 A	<b>Piso flexible:</b> La rigidez lateral de un piso es menos que 70% de la rigidez del piso de encima; o menos que 80% de la rigidez promedio de los 3 pisos encima -- ver inciso C de la Sección 1.9.2 (2)	D, E	1.9.3 a ◀
V1 B	<b>Piso flexible – caso extremo:</b> La rigidez lateral de un piso es menos que 60% de la rigidez del piso de encima; o menos que 70% de la rigidez promedio de los 3 pisos encima – ver inciso C de la Sección 1.9.3	D E	1.9.3 b ◀ 1.9.3 b ✖
V2	<b>Masa irregular verticalmente:</b> el peso sísmico de un piso es más del 150% del peso sísmico de cualquier piso adyacente. No necesita considerarse un techo que es más liviano que su piso inferior.	C, D, E	1.9.3 c ◀
V3	<b>Geometría vertical escalonada:</b> Esta condición existe cuando la dimensión horizontal del sistema de resistencia lateral en cualquier nivel es un 130% de la dimensión horizontal de un nivel adyacente.	C, D, E	1.9.3 a ◀
V4	<b>Discontinuidad en el plano vertical:</b> Existe cuando uno de los sistemas sismo-resistentes verticales sufre un desfase o reducción en su propio plano que resulta en demandas de volteo en los elementos estructurales que lo soportan.	B, C, D, E	1.9.3 Ω <sub>R</sub>
V5	<b>Condiciones de potencial debilidad:</b> Existe cuando un muro o tramo arriostrado superior se interrumpe y queda soportado en columnas	D, E	1.9.4 Ω <sub>R</sub>
V6	<b>Discontinuidad en la resistencia lateral: Piso débil</b> Existe cuando la resistencia lateral de un nivel es menor al 80% de la del nivel superior. La resistencia lateral del nivel es la resistencia lateral total de todos los elementos del sistema de resistencia lateral que resisten el cortante del nivel en la dirección en consideración.	C,D,E	1.9.3
V7	<b>Discontinuidad en la resistencia lateral: Piso extremadamente débil</b> Existe cuando la resistencia lateral de un nivel es menor al 65% de la del nivel superior. La resistencia lateral del nivel, es la resistencia lateral total de todos los elementos del sistema de resistencia lateral que resisten el cortante del nivel en la dirección en consideración.	C,D,E	1.9.3



### 4.3.3 — Derivas últimas máximas tolerables

- (a) Para control de deformaciones horizontales no interesan directamente los desplazamientos absolutos sino las derivas ( $\Delta$ ), definidas como la diferencia entre el desplazamiento de un nodo del diafragma  $k$  y el correspondiente nodo en el diafragma  $k-1$ .
- (b) Las derivas últimas  $\Delta_U$  máximas serán los referentes para establecer las "derivadas laterales tolerables" conforme a la Tabla 4.3.3

**Tabla 4.3.3 — Derivas últimas  $\Delta_U$  máximas tolerables**

Estructura	Clasificación de obra		
	Categoría II	Categoría III	Categoría IV
Edificaciones NSE 7.4	0.007 $h_p$	0.007 $h_p$	0.007 $h_p$
Edificaciones NSE 7.9	0.010 $h_p$	0.010 $h_p$	0.010 $h_p$
Edificaciones en general	0.020 $h_p$	0.020 $h_p$	0.015 $h_p$

$h_p$  es la altura del piso para el que se calcula la deriva.<sup>[1]</sup>

<sup>[1]</sup>Para el diseño de estructuras de acero, aplicar la tabla 6.2.1 de la norma NSE 7.5.



## Guatemala

Se presume que aproximadamente **antes de 1973 no existía código de diseño, en el periodo entre 1973 y 1996 existió la FHA 1973** (Normas de Planificación y Construcción; guía empírica de diseño), **el periodo 1996 – 2010 se basó en las AGIES NR 1996/2002** (Normas Estructurales de Diseño y Construcción Recomendadas para la República de Guatemala; **y desde 2010 en adelante se usan las AGIES NSE 2010/2018** (Normas de Seguridad Estructural para la República de Guatemala; diseño sísmico actual); el código de diseño Internacional va conforme al diseño sísmico moderno como el IBC (iniciales en inglés para Código de Construcción Internacional) o códigos equivalentes (p. ej., ASCE 7).

**Miyamoto (2021)**



# Realidad de Guatemala: Evaluación Probabilística de Riesgo Sísmico en el Área Metropolitana de la Ciudad de Guatemala



**USAID**  
DEL PUEBLO DE LOS ESTADOS  
UNIDOS DE AMÉRICA

**PREPARE**

PREPARACIÓN PARA REDUCIR EL IMPACTO  
SOCIAL Y ECONÓMICO DE LOS TERREMOTOS

**miyamoto.**



El Hospital de Pediatría del IGSS en la zona 9 de la Ciudad de Guatemala se construyó en 1968. Este dato se confirma al conmemorarse su 50 aniversario en 2018 ([IGSS Guatemala](#)).



Tabla 2. Datos de exposición para el área de estudio

Cant. de edificaciones	Área construida, m <sup>2</sup>	Ocupantes (diurnos) <sup>†</sup>	Ocupantes (nocturnos)
45,200	13,098,000	262,200	180,800

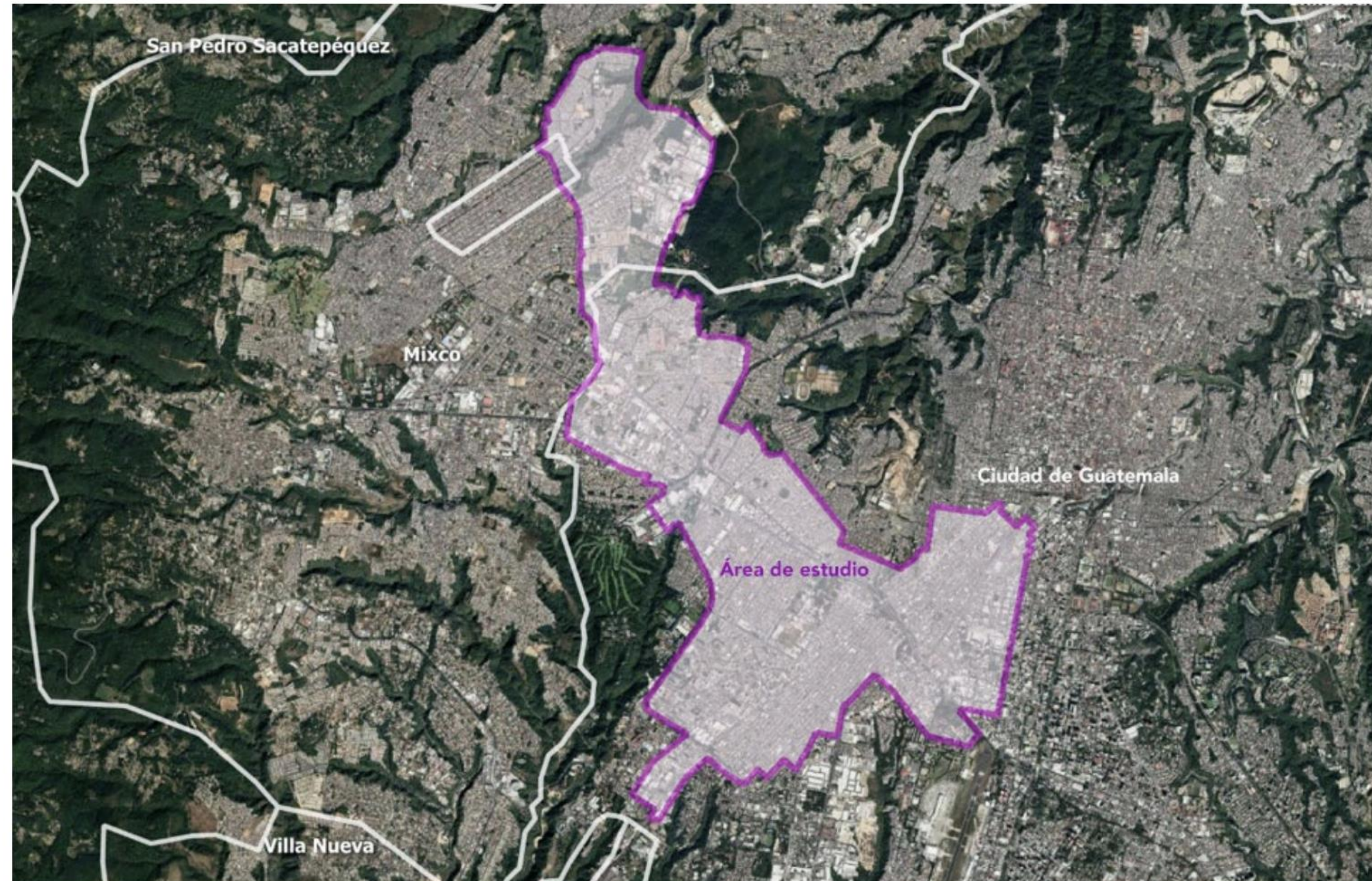


Figura 1. Área de estudio de la evaluación de riesgo, Ciudad de Guatemala



Tabla 6. Tipologías de edificaciones representativas del área de estudio

Tipo	SRFL y material	Altura <sup>‡</sup>
1	Informal (sin ingeniería, marco ligero con lámina metálica/panel de madera)	Baja
2	Bahareque (sin ingeniería, marco de madera/bambú con muro de relleno de barro)	Baja
3	Adobe (sin ingeniería, muro de ladrillo de barro sin cocer)	Baja
4	Marco/panel ligero de madera	Baja
5	Mampostería sin reforzar/sin confinar (MSR)	Baja
6	Mampostería sin reforzar/sin confinar (MSR)	Media
7	Mampostería confinada (MC, muro de carga de mampostería)	Baja
8	Mampostería confinada (MC, muro de carga de mampostería)	Media
9	Marco de concreto reforzado (MCR) con relleno de mampostería	Baja
10	Marco de concreto reforzado (MCR) con relleno de mampostería	Media
11	Marco de Concreto Reforzado Resistente a Momento y/o muro de corte (MCRRM y/o MCCR)	Baja
12	Marco de Concreto Reforzado Resistente a Momento y/o muro de corte (MCRRM y/o MCCR)	Media
13	Marco de Concreto Reforzado Resistente a Momento y/o muro de corte (MCRRM y/o MCCR)	Alta
14	Marco de Concreto Reforzado Resistente a Momento y/o muro de corte (MCRRM y/o MCCR)	Extrema
15	Marco de acero resistente a momento y/o marco de acero arriostrado (MARM y/o MAA)	Baja
16	Marco de acero resistente a momento y/o marco de acero arriostrado (MARM y/o MAA)	Media
17	Marco de acero resistente a momento y/o marco de acero arriostrado (MARM y/o MAA)	Alta
18	Marco de acero resistente a momento y/o marco de acero arriostrado (MARM y/o MAA)	Extrema
19	Estructura metálica ligera	Baja





Tabla 7. Características principales de las tipologías constructivas representativas

Tipo	Piso/techo	Ciclo del código <sup>s</sup>	Ocupación	Cantidad
1	Madera/metal	<1973	Residencial (sencillo), Comercial (tienda pequeña)	Pocos
2	Madera/metal	<1973	Residencial (sencillo)	Pocos
3	Madera/metal	<1973	Residencial (sencillo)	Pocos
4	Madera/metal	1973 – 1996	Residencial (sencillo), Comercial (tienda pequeña)	Pocos
5	Madera/metal/concreto/panel prefabricado de concreto	1973 – 1996	Residencial (sencillo), Comercial (tienda pequeña), Histórico	Algunos
6			Comercial, Religioso	Pocos
7	Concreto/panel prefabricado de concreto/ metal	1973 – 1996 o 1996 – 2010	Residencial (sencillo/multi), Comercial, Industrial	Muchos
8			Residencial (multi), Comercial, Oficinas	Algunos
9	Concreto/panel prefabricado de concreto/ metal	1996 – 2010	Residencial (single/multi), Comercial, Industrial	Algunos
10			Residencial (multi), Público, Oficinas	Algunos
11	Concreto	1996 – 2010	Comercial, Oficinas, Concurrencia	Algunos
12			Residencial (multi), Oficinas, Público	Algunos
13		1996 – 2010 o 2010<	Residencial (multi), Oficinas, Público	Pocos
14		Código de diseño internacional	Residencial gran altura (multi), Office, Comercial	Pocos
15	Concreto/metal	1996 – 2010	Comercial (shopping center), Industrial, Concurrencia	Pocos
16			Comercial (centro comercial), Office, Público	Pocos
17		1996 – 2010 o 2010<	Comercial, Oficina, Público	Pocos
18		Código de diseño internacional	Oficina, Comercial, Público	Pocos
19	Metal/madera	1973 – 1996 o 1996 – 2010	Comercial (tienda pequeña), Industrial (fábrica pequeña)	Pocos



Tabla 16. Constitución del modelo de exposición según el tipo de construcción.

Tipo	SRFL y material	Edificaciones	
		Cantidad	Área, m <sup>2</sup>
1	Informal (sin ingeniería, marco ligero con lámina metálica/panel de madera), Baja	214	22,710
2	Bahareque (sin ingeniería, marco de madera/bambú con muro de relleno de barro), Baja	641	98,250
3	Adobe (sin ingeniería, muro de ladrillo de barro), Baja	88	4,539
4	Marco/panel ligero de madera, Baja	6,492	976,536
5	Mampostería sin reforzar/sin confinar (MSR), Baja	1	2,909
6	Mampostería sin reforzar/sin confinar (MSR), Media	30,559	7,492,289
7	Mampostería confinada (MC, muro de carga de mampostería), Baja	280	439,362
8	Mampostería confinada (MC, muro de carga de mampostería), Media	4,538	1,894,184
9	Marco de concreto reforzado (MCR) con relleno de mampostería, Baja	53	168,009
10	Marco de concreto reforzado (MCR) con relleno de mampostería, Media	236	321,928
11	Marco de Concreto Reforzado Resistente a Momento y/o muro de corte (RCMF y/o RCSW), Baja	54	327,843
12	Marco de Concreto Reforzado Resistente a Momento y/o muro de corte (RCMF y/o RCSW), Media	20	151,040
13	Marco de Concreto Reforzado Resistente a Momento y/o muro de corte (RCMF y/o RCSW), Alta	8	122,944
14	Marco de Concreto Reforzado Resistente a Momento y/o muro de corte (RCMF y/o RCSW), Rascacielos	773	754,689
15	Marco de acero resistente a momento y/o marco de acero arriostrado (MARM y/o MAA), Baja	3	34,560
16	Marco de acero resistente a momento y/o marco de acero arriostrado (MARM y/o MAA), Media	4	41,063
17	Marco de acero resistente a momento y/o marco de acero arriostrado (MARM y/o MAA), Alta	1	62,936
18	Marco de acero resistente a momento y/o marco de acero arriostrado (MARM y/o MAA), Rascacielos	475	90,082
19	Estructura metálica ligera, Baja	214	22,710
Total		45,229	13,097,627



## DAÑO DE EDIFICIOS

La cantidad de edificios con etiqueta roja por zona se calcula utilizando la sismicidad del sitio y datos históricos sobre el comportamiento los tipos de edificios comunes durante los terremotos.



Se pronostica que un total de **16,900 edificaciones** tendrán etiquetas rojas, lo que significa daños completos/graves y peligroso ingresar.



## MUERTES

Tenga en cuenta que las muertes nocturnas serán menores que las muertes diurnas en los centros comerciales pero mayores en zonas residenciales.



**1,800-2,400 personas (0.9% de la población)** perderán la vida debido a daños estructurales y colapso, según la prevalencia de construcciones de alto riesgo y los datos históricos de terremotos.



## ESCOMBROS GENERADOS

Los escombros se calculan como consecuencia de edificios completamente dañados o colapsados (etiquetados en rojo) y pueden impedir actividades de recuperación/rescate.



Un total estimado de **3,700,000 m<sup>3</sup> de escombros** provocará el cierre de calles y su eliminación es costosa en recursos económicos y tiempo. Un plan de manejo de escombros debe ser parte de la planificación de la respuesta.



## DESPLAZAMIENTO

Las personas desplazadas internamente se calculan restando las muertes probables de la ocupación total para estructuras completamente dañadas o colapsadas.



Se estima que **115,000 personas (44% de la población diurna)** necesitarán refugio, y la mayoría de los servicios humanitarios se necesitarán en las zonas de mayor riesgo.



## Conclusiones

- El diseño sísmico debería ser un tema de interés nacional; es una estrategia de **sostenibilidad social** de cara a un terremoto.
- Guatemala presenta **oportunidades** para la implementación de Sistemas de Protección Sísmica en edificios nuevos y antiguos.
- Los Sistemas de Protección Sísmica pueden **modelarse y cuantificarse** a través de un esfuerzo razonable para comprobar su factibilidad de implementación.



# Agenda de la semana

**17:30 a 19:00 hrs. Guatemala**

Fecha	Tema
<b>Lunes 20</b>	Aplicación de SPS en Guatemala e introducción a los sistemas DAMPO. – <i>Enrique de León</i>
<b>Martes 21</b>	Introducción a los sistemas de protección sísmica – <i>Héctor Guerrero</i>
<b>Miércoles 22</b>	De la resiliencia sísmica a la viabilidad económica – <i>Fernando Cueto Jiménez</i>
<b>Jueves 23</b>	Diseño de estructuras equipadas con BRB – <i>José Ernesto García Mora Pinto</i>
<b>Viernes 24</b>	Diseño de estructuras equipadas con aislamiento sísmico – <i>Valentín Jiménez Ramírez</i>



**¡Gracias!**



[enrique@ingedeleon.com](mailto:enrique@ingedeleon.com)



+502 4775-4191