

# MAESTRÍA DE INVESTIGACIÓN EN INGENIERÍA CIVIL CON MENCIÓN EN ESTRUCTURAS

APLICACIÓN DEL MÉTODO DE ANÁLISIS INCREMENTAL DINÁMICO PARA  
EVALUAR EL DESEMPEÑO SÍSMICO ENTRE TIPOLOGÍAS OMF Y OMF+SSW  
PARA DETERMINAR COSTOS DE REPARACIÓN

Ing. Juan Patricio Chicaiza Fuentes

Tutor: Ing. Ana Gabriela Haro Báez, Ph.D.



## 1. INTRODUCCIÓN



## 2. MARCO TEÓRICO



## 3. ANÁLISIS ESTRUCTURAL



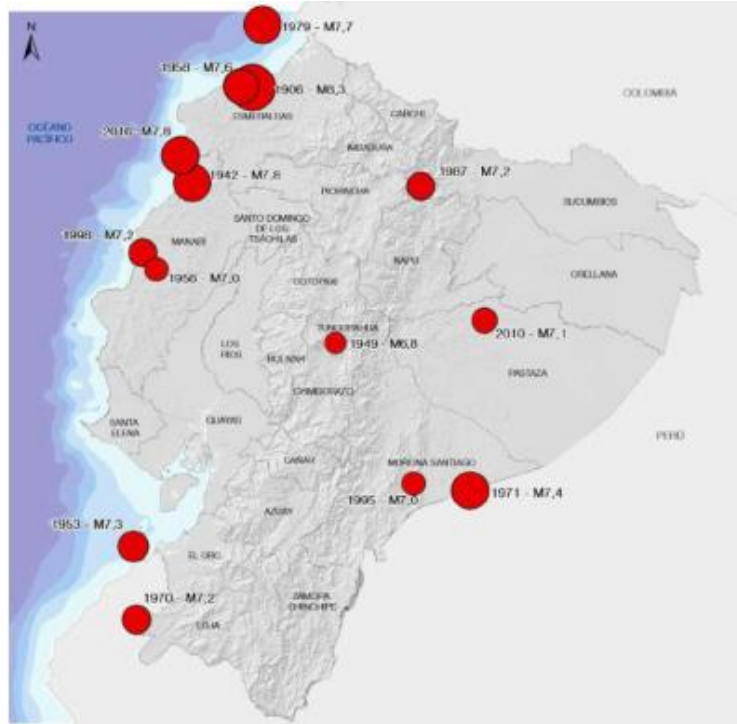
## 4. ANÁLISIS DE PÉRDIDAS



## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

# INTRODUCCIÓN

Figure 8.1.1. Residential buildings under construction with 2-way waffle slabs a) Building in Bahía de Caraquez. (GPS coordinates: 0°37'30.7"S, 80°25'31.5"W). b) Building in Manta (GPS coordinates: 0°57'8.1"S, 80°42'26.9"W).

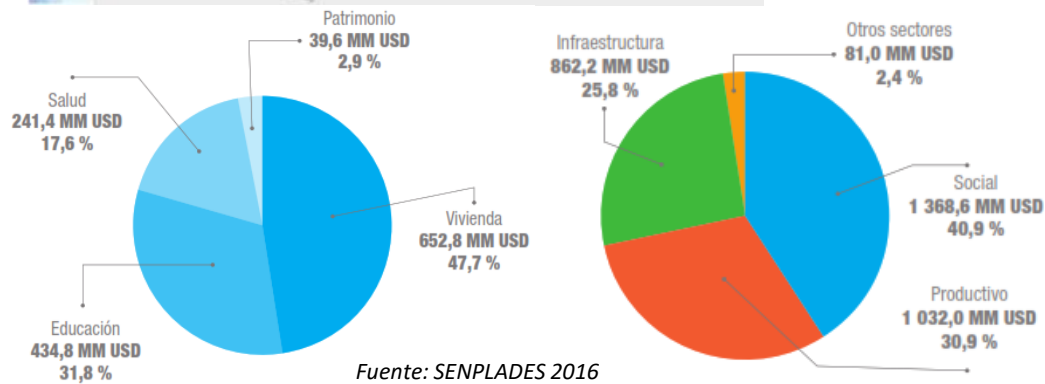


## Tipologías típicas – Comportamiento frágil



Fuente: GEER Report 049

Abril 2016 – Colapsos estructurales



# INTRODUCCIÓN



		Moderate EQ 20% chance in 50 years	Major EQ 10% chance in 50 years	Extreme EQ 2% chance in 50 years	Consequences Under Major Earthquake					
					Casualty Risks	Chance of Post-EQ Placard	Expected Building Downtime	Initial Building Cost	Repair Cost	Carbon Impacts of Repairs
New Buildings	Protective System									
	Enhanced Code*									
	Basic Code									
Older Buildings	Basic Retrofit**									
	Unretrofitted									

- Fatalidades
- Probabilidad de colapso
- Tiempo fuera de servicio
- Costo inicial
- Costo de reparación
- Impactos ambientales

Diseño basado en desempeño según FEMA P-58 permite diseñar y construir edificaciones con una comprensión realista y confiable del riesgo de vida, ocupación y pérdidas económicas por efecto de probables sismos.



## 1. INTRODUCCIÓN



## 2. MARCO TEÓRICO



## 3. ANÁLISIS ESTRUCTURAL

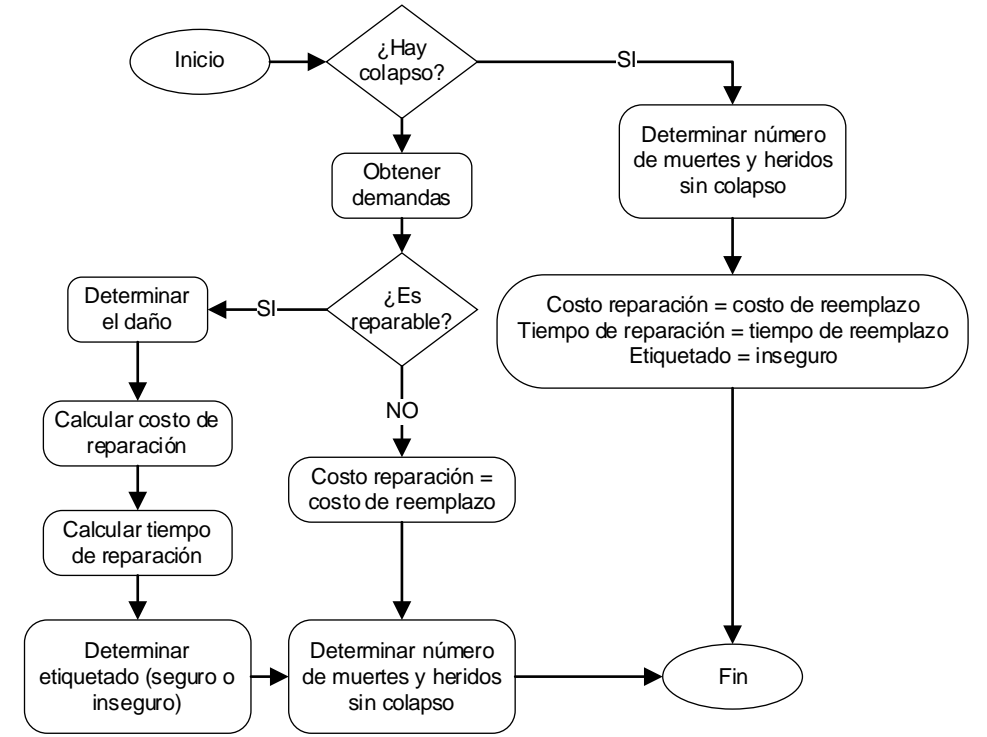
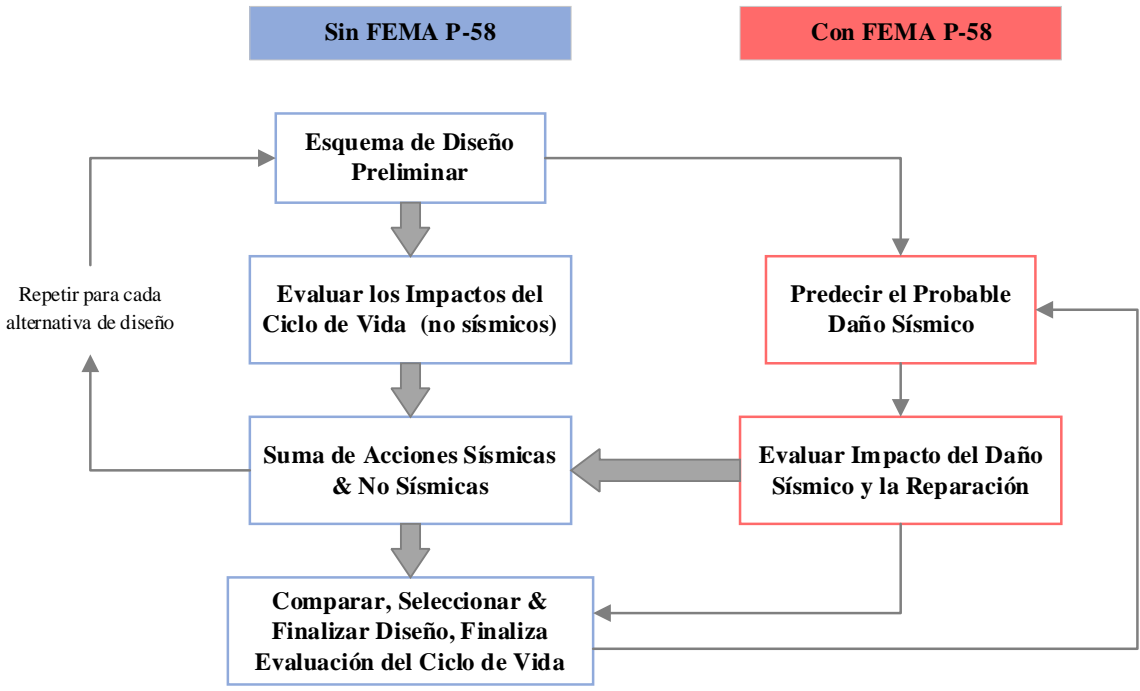


## 4. ANÁLISIS DE PÉRDIDAS



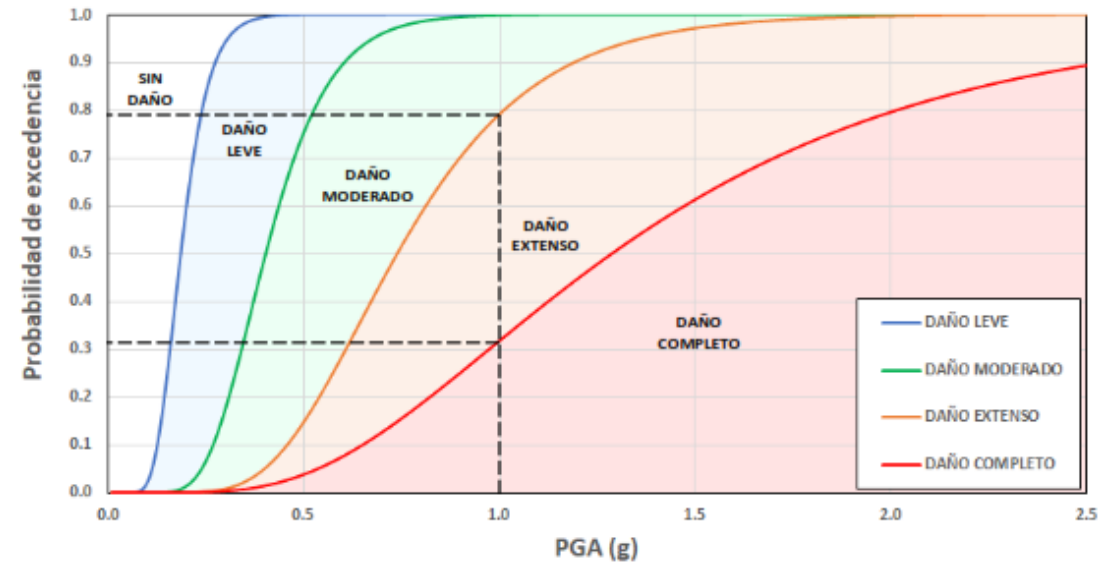
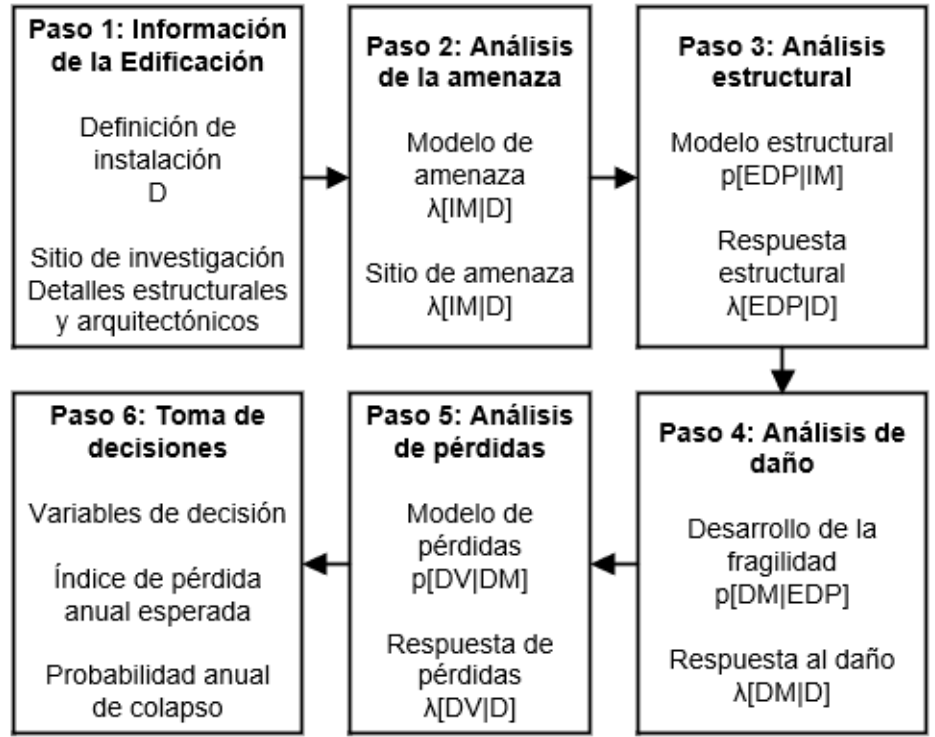
## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

# MARCO TEÓRICO





## MARCO TEÓRICO

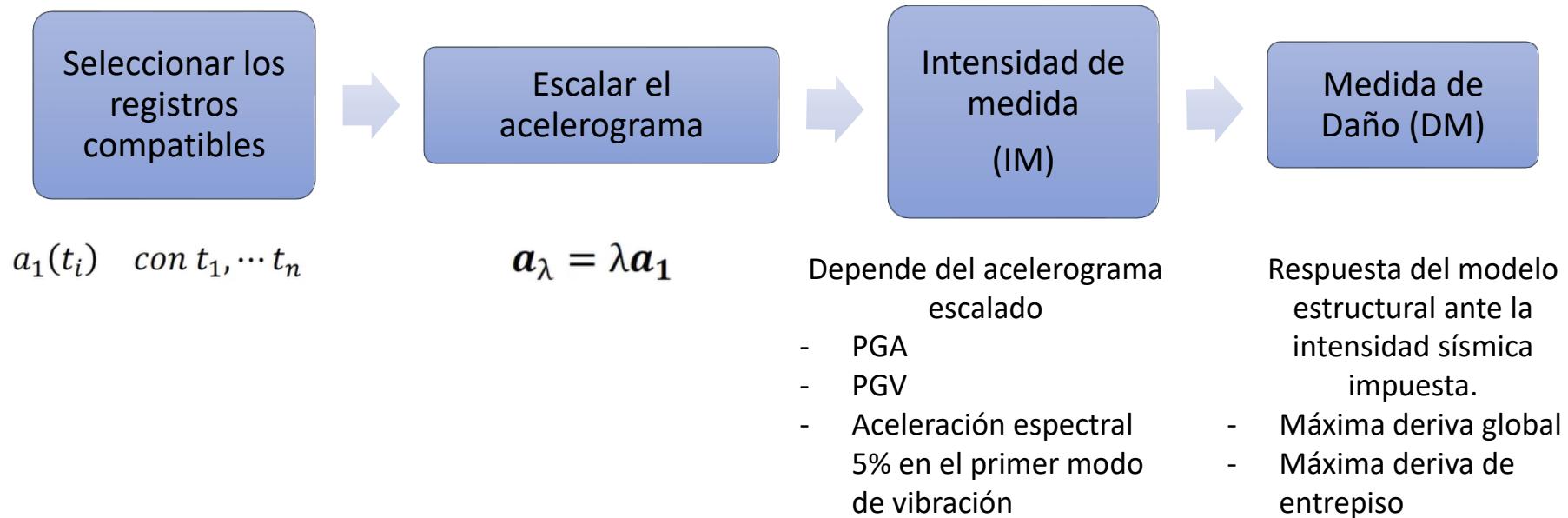


## MARCO TEÓRICO

### Análisis Incremental Dinámico

“Es un método de análisis paramétrico que permite estimar de manera más precisa el desempeño de una estructura frente a las acciones sísmicas”

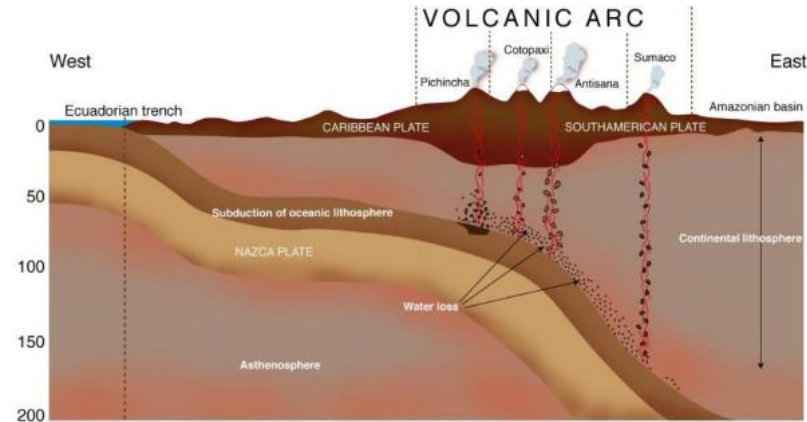
*Vamvatsikos y Cornell (2002)*



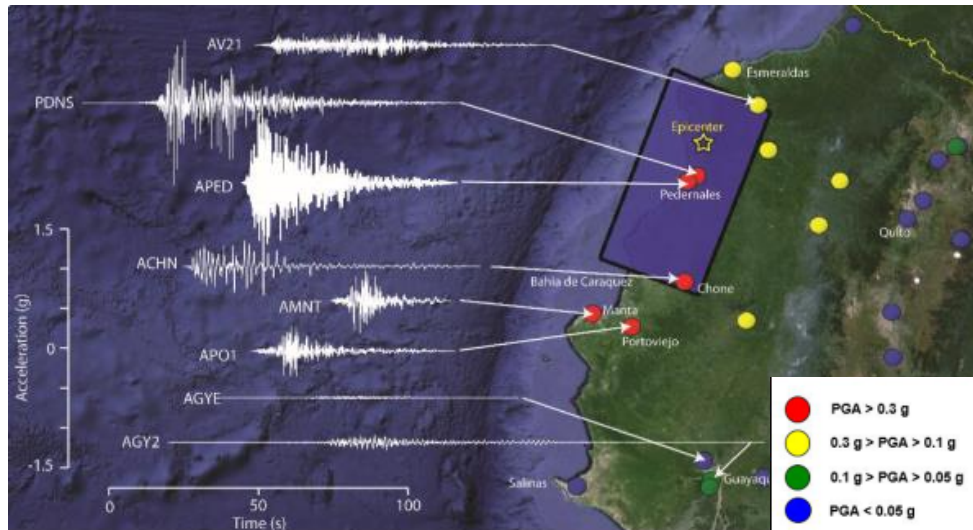
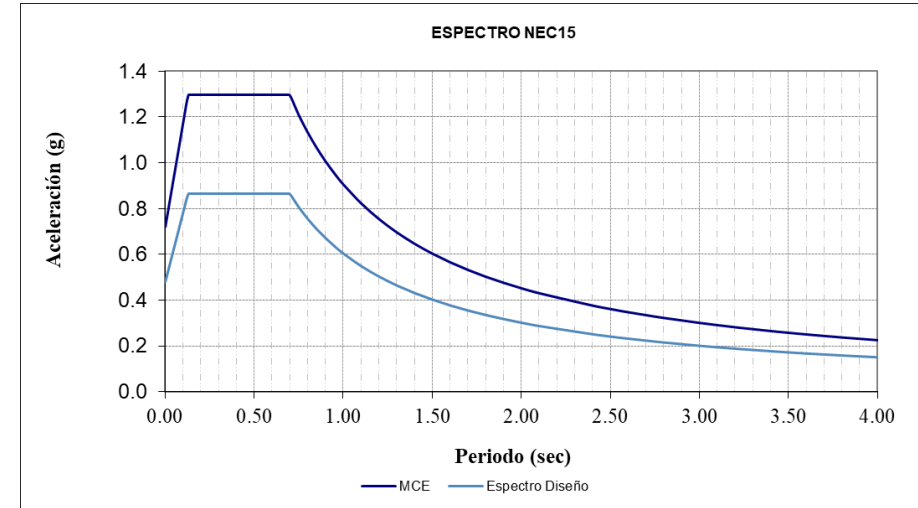


# MARCO TEÓRICO

## Amenaza sísmica



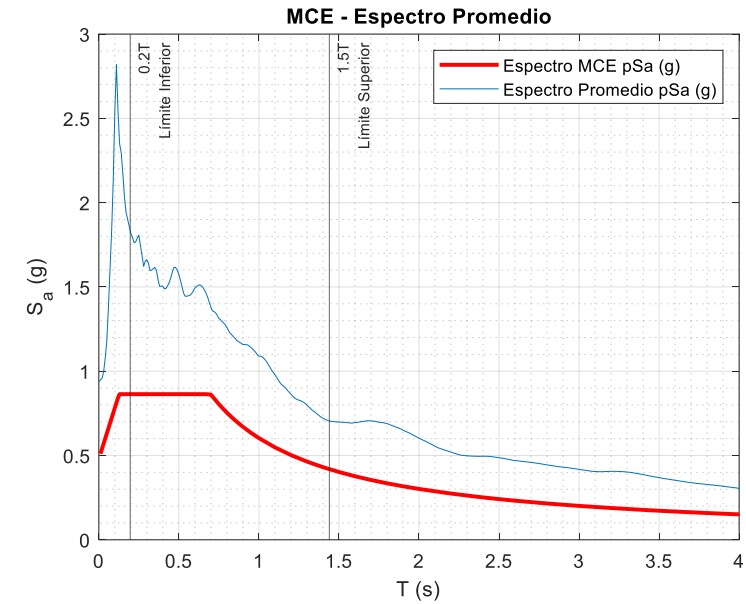
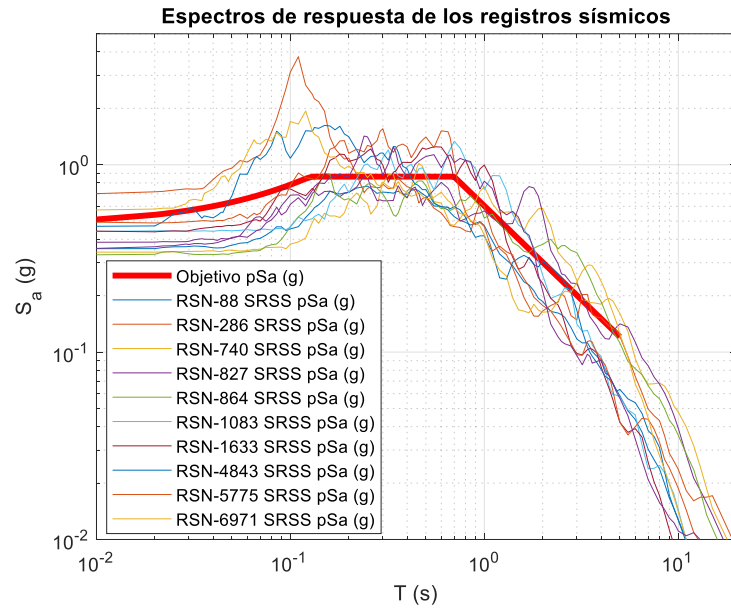
Zona de subducción



Suelo Tipo	D
Factor de zona (Z)	0.40
Fa	1.20
Fd	1.19
Fs	1.28
n	1.80
r	1.00
To	0.13
Tc	0.70

Estructura	Período Fundamental (s)	Aceleración espectral, S <sub>e</sub>	# Registros seleccionados
TE-1	0.98	0.603	11
TE-2	0.66	0.864	11
TE-1RF	0.42	0.864	11
TE-2RF	0.20	0.864	11

## MARCO TEÓRICO



- 11 pares de registros sísmicos
- 10 intensidades en función de PGA de cada registro
- 4 edificaciones tipo
- 880 análisis dinámicos no lineales

Registro sísmico	ID	Factor	Año	$M_w$	Tipo de falla
San Fernando	RSN-88	3.18	1971	6.61	Reverse
Irpinia_Italy-01	RSN-286	2.70	1980	6.90	Normal
Loma Prieta	RSN-740	3.53	1989	6.93	Reverse Oblique
Cape Mendocino	RSN-827	2.01	1992	7.01	Reverse
Landers	RSN-864	1.59	1992	7.28	strike slip
Northridge-01	RSN-1083	2.12	1994	6.69	Reverse
Manjil_Iran	RSN-1633	1.17	1990	7.37	strike slip
Chuetsu-oki_Japan	RSN-4843	1.82	2007	6.8	Reverse
Iwate_Japan	RSN-5775	1.56	2008	6.9	Reverse
Darfield_New Zealand	RSN-6971	1.71	2010	7.00	strike slip
Pedernales 16A	PED 16-A	1.26	2016	7.6	Reverse Oblique

# MARCO TEÓRICO

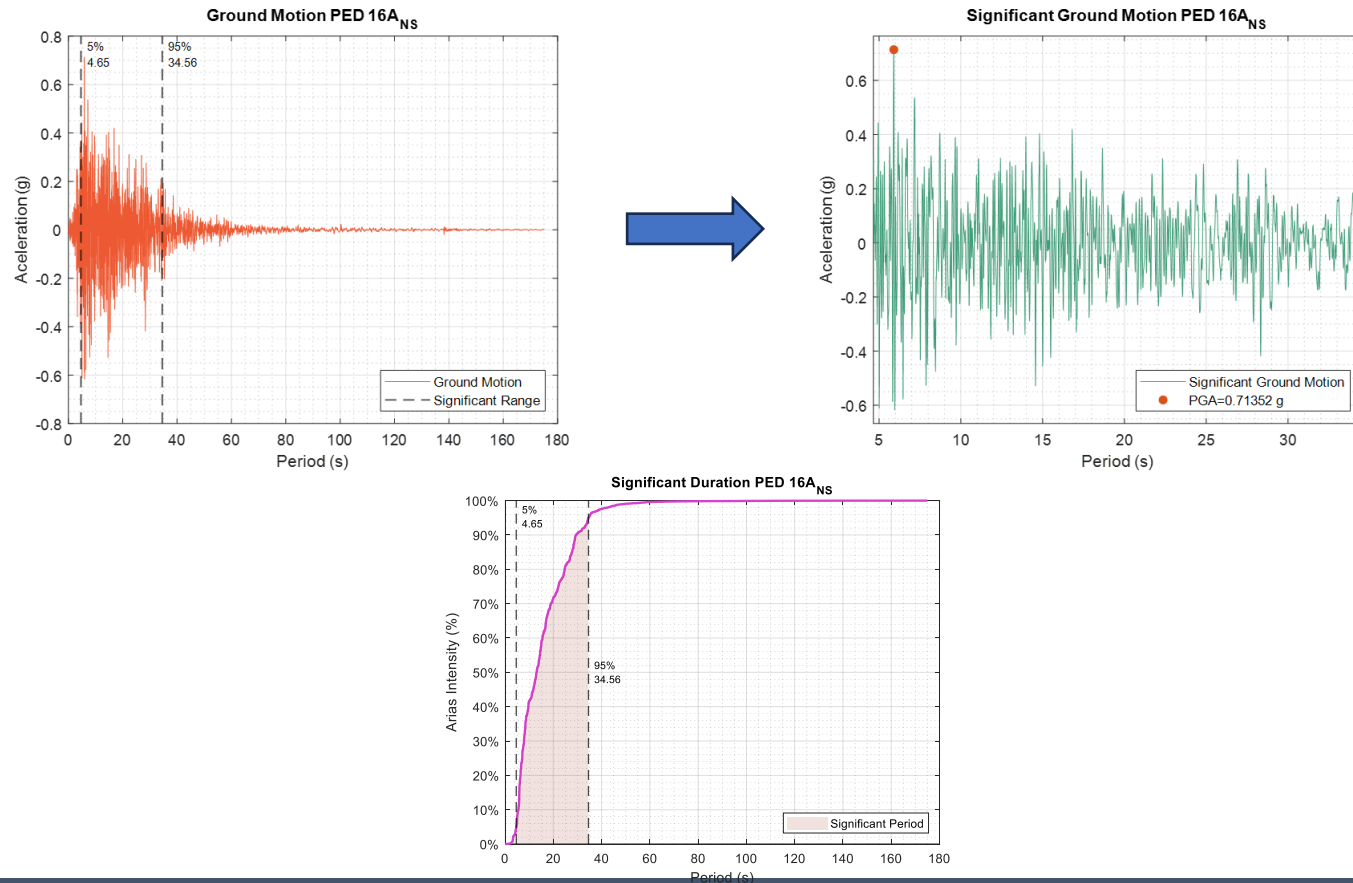
## Intensidad de Arias

Define duración significativa de un registro sísmico mediante la relación de la duración original del registro con la fase en la que se libera la máxima energía, generalmente se representa por instantes de tiempo cuando se alcanza un rango entre el 5% y 95% del valor de la intensidad de Arias

$$I_A = \frac{\pi}{2g} \int_0^{t_f} a^2(t) dt$$

Donde:

- $a(t)$ , registro tiempo-historia de aceleraciones.
- $t_f$ , tiempo total del registro



Registro sísmico	Duración (s)	Rango significativo (s)	Duración de análisis (s)
RSN-88	39.99	0.52 - 25.38	24.86
RSN-286	38.25	4.45 - 34.33	33.88
RSN-740	39.04	3.2 - 18.79	16.59
RSN-827	43.94	5.44 - 24.78	19.34
RSN-864	43.94	5.08 - 32.23	27.15
RSN-1083	29.96	3.77 - 20.25	16.48
RSN-1633	53.46	5.88 - 34.94	29.06
RSN-4843	59.97	19.04 - 39.06	20.02
RSN-5775	59.97	22.62 - 39.69	17.07
RSN-6971	139.99	9.29 - 32.185	22.9
PED 16-A	175.00	4.65 - 34.56	29.91

## MARCO TEÓRICO



**Operativo (OP):** el edificio continúa funcionando con daños insignificantes.



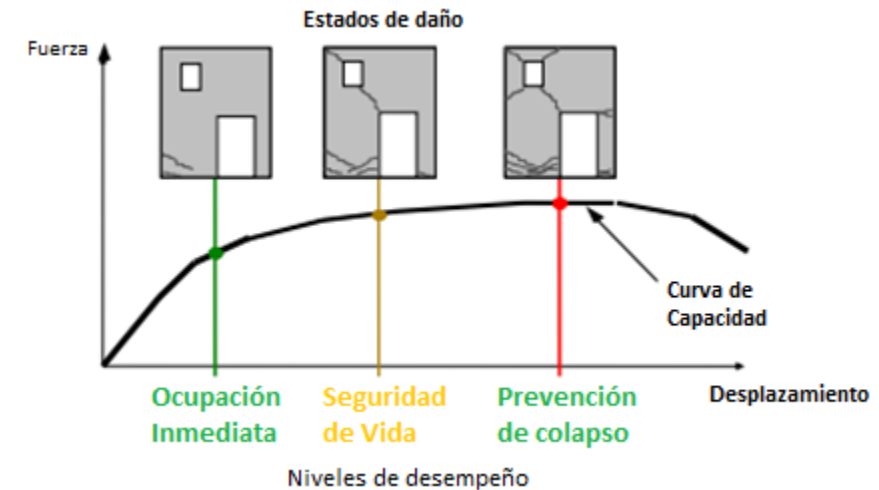
**Ocupación inmediata (IO):** el daño es relativamente limitado. La estructura conserva una parte significativa de su rigidez original y la mayor parte o la totalidad de su resistencia original.



**Seguridad de la vida (LS):** el daño es sustancial en la estructura y es probable que se haya reducido significativamente su rigidez original. Sin embargo, queda un margen sustancial para la deformación lateral adicional antes de que se produzca el colapso. En este sentido, la vida está protegida.



**Prevención de colapso (CP):** el edificio ha sufrido daños extremos. La vida corre peligro. Si se deforma lateralmente más allá de este punto debido a la acción posterior al terremoto, la estructura puede experimentar inestabilidad y colapso.





## 1. INTRODUCCIÓN



## 2. MARCO TEÓRICO



## 3. ANÁLISIS ESTRUCTURAL



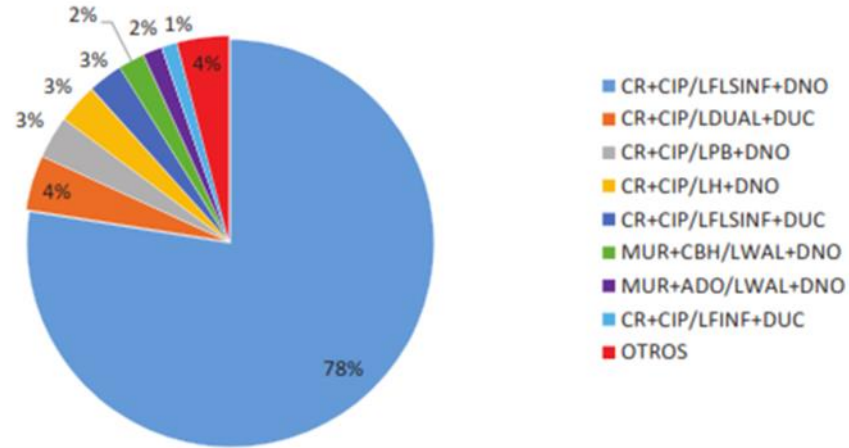
## 4. ANÁLISIS DE PÉRDIDAS



## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## ANÁLISIS ESTRUCTURAL

### Modelos de análisis



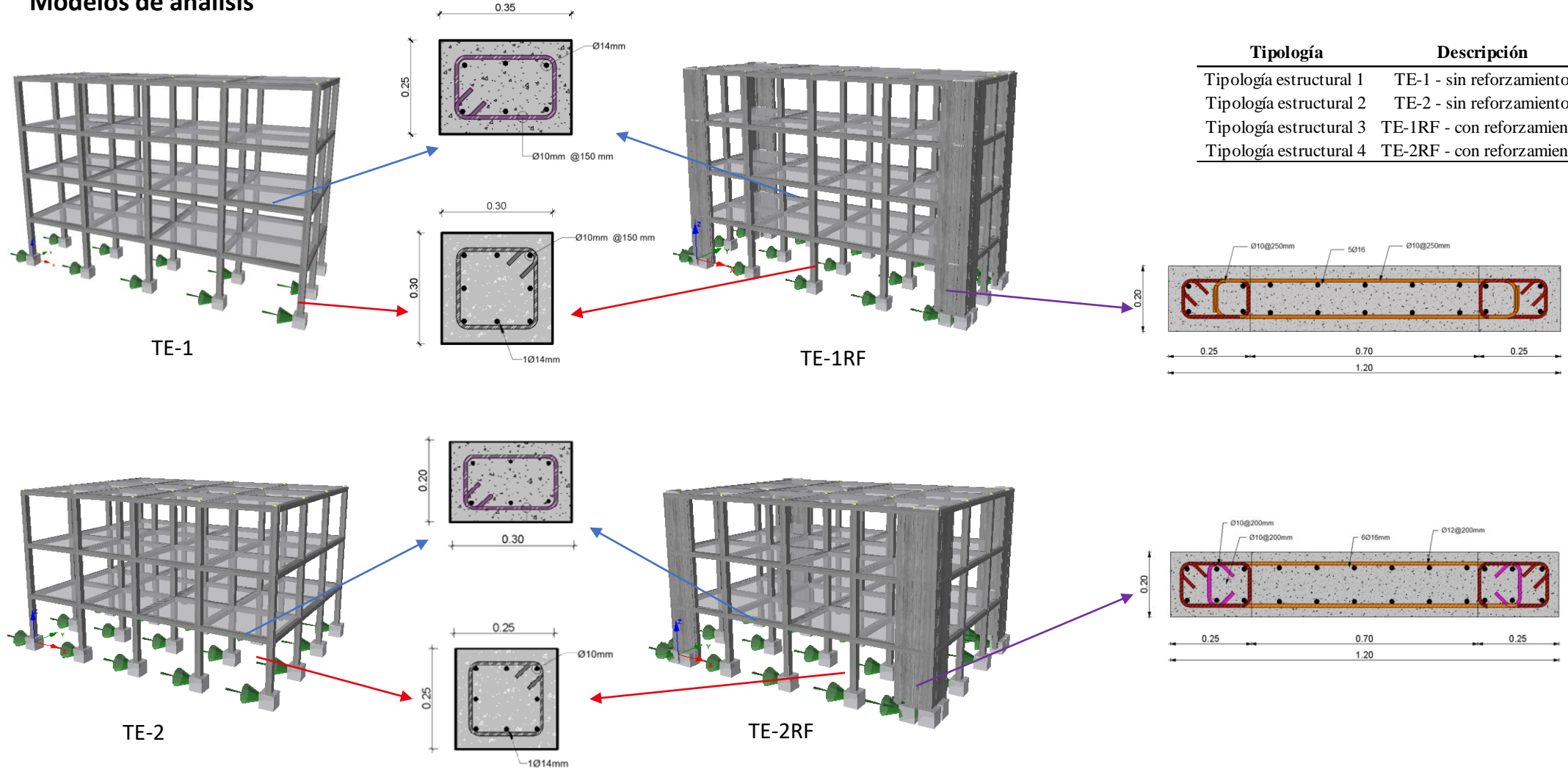
Sistema / Material+Tecnología / Ductilidad	# Edificios	ALTURA (Pisos)										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11-18
CR+CIP/LFLSINF+DNO	7753	15	43	32	8	1	0	0	0	0	0	0

- El South America Risk Assessment (SARA) → Global Earthquake Model (GEM) de las tipologías estructurales encontradas determinaron que un 77% corresponde a la tipología CR+CIP/LFLSINF+DNO (Figura 2) que significa: estructura de pórticos no dúctiles, con losa plana maciza o alivianada de hormigón mezclado en sitio.



# ANÁLISIS ESTRUCTURAL

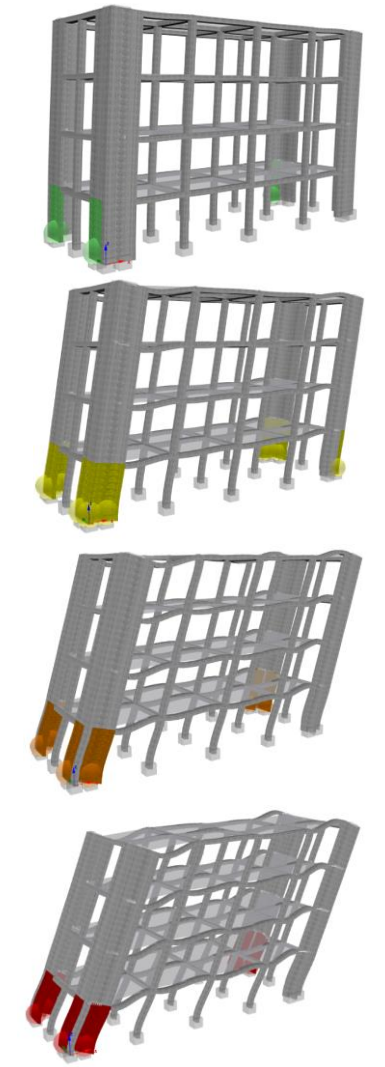
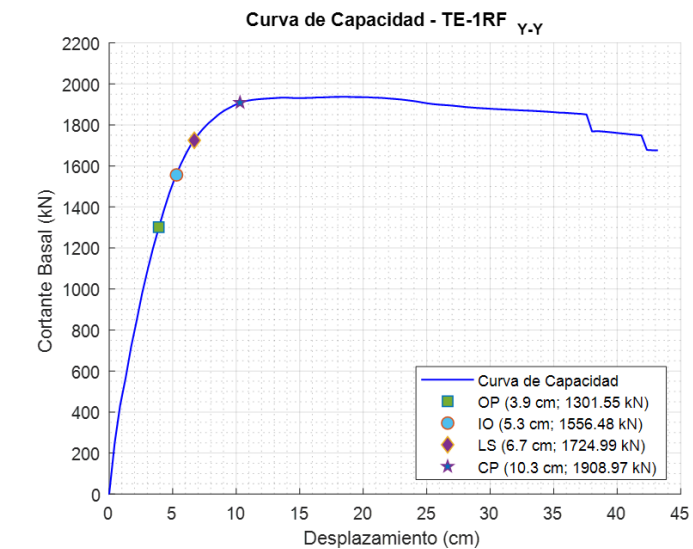
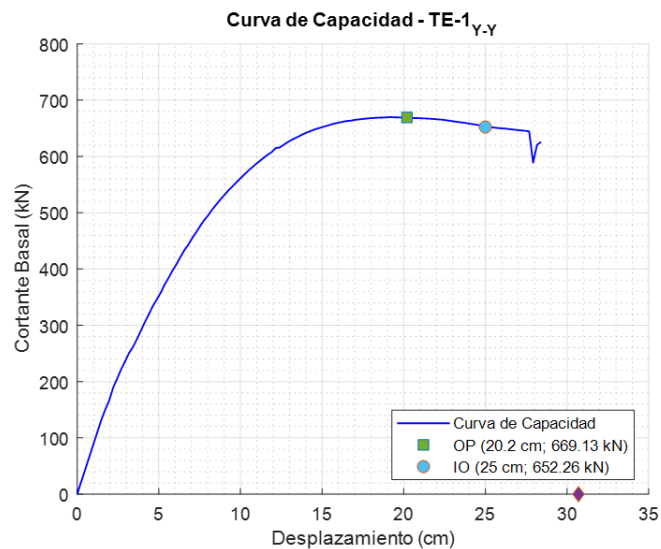
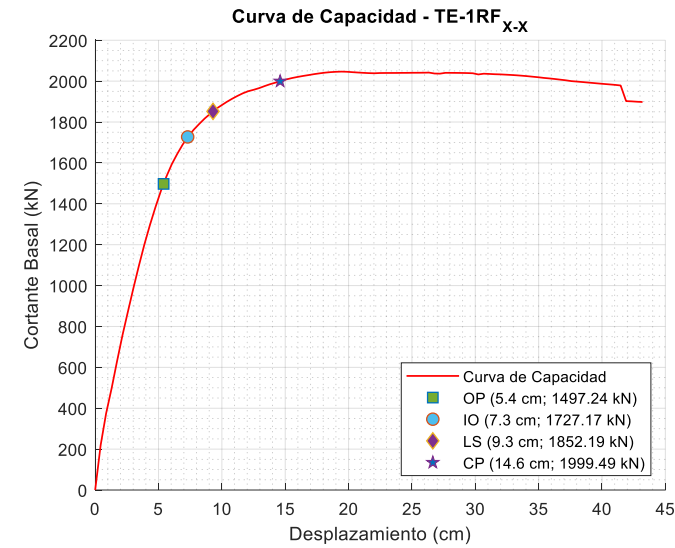
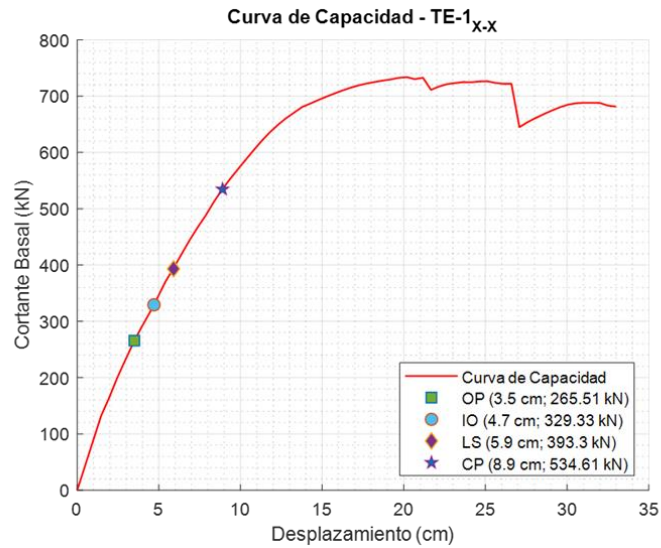
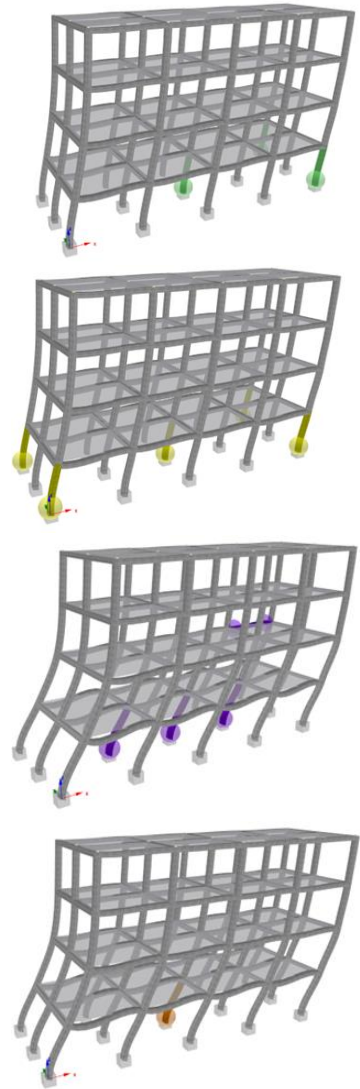
## Modelos de análisis



Tipología	Descripción
Tipología estructural 1	TE-1 - sin reforzamiento
Tipología estructural 2	TE-2 - sin reforzamiento
Tipología estructural 3	TE-1RF - con reforzamiento
Tipología estructural 4	TE-2RF - con reforzamiento

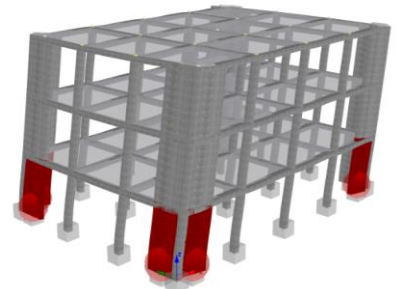
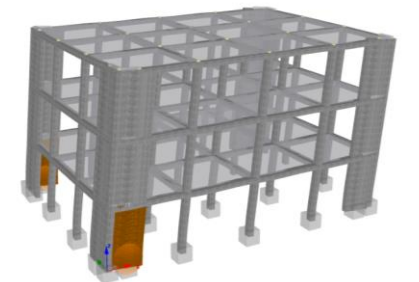
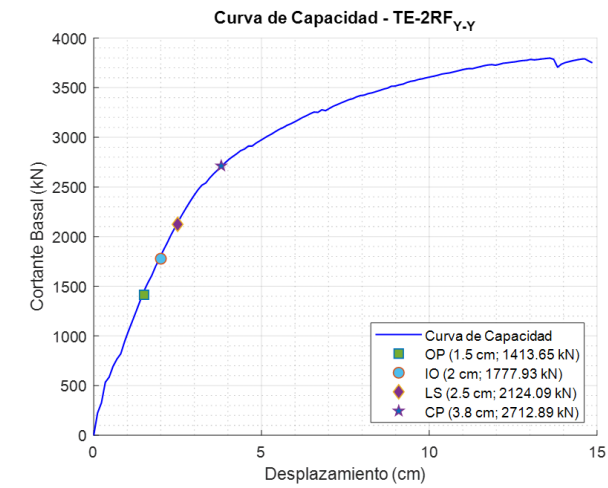
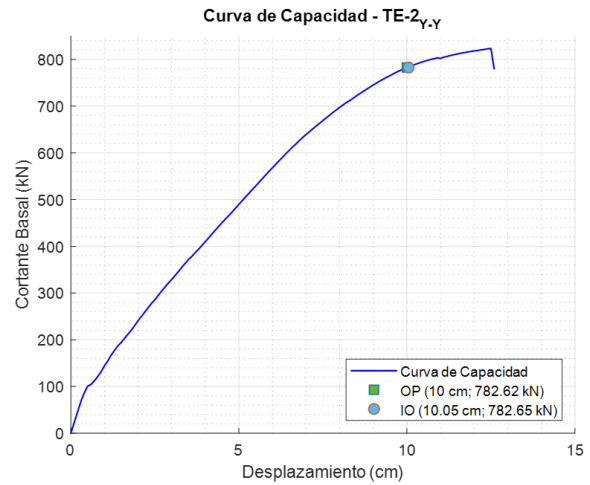
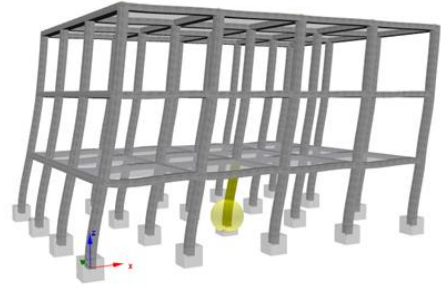
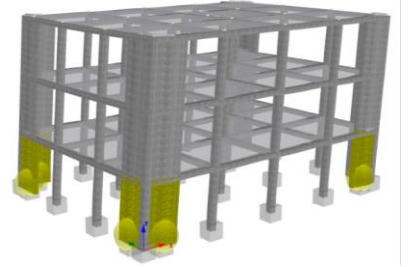
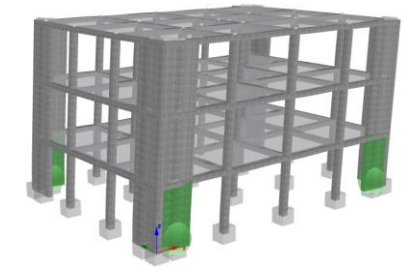
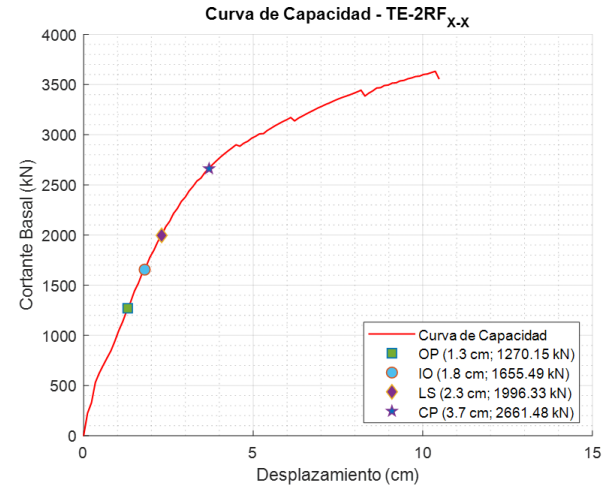
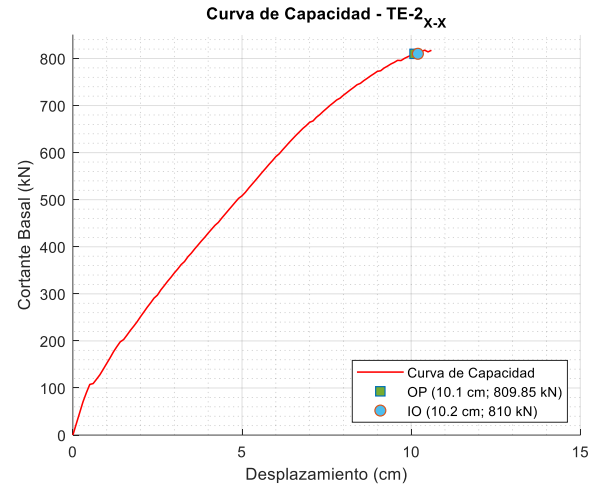
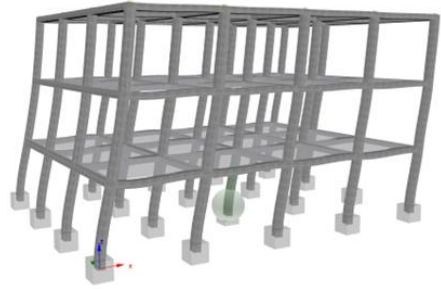


## ANÁLISIS ESTRUCTURAL PUSHOVER



# ANÁLISIS ESTRUCTURAL

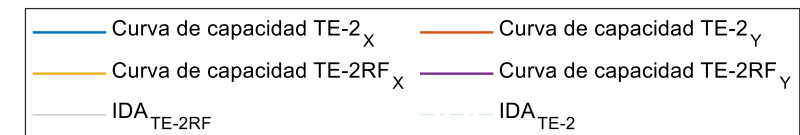
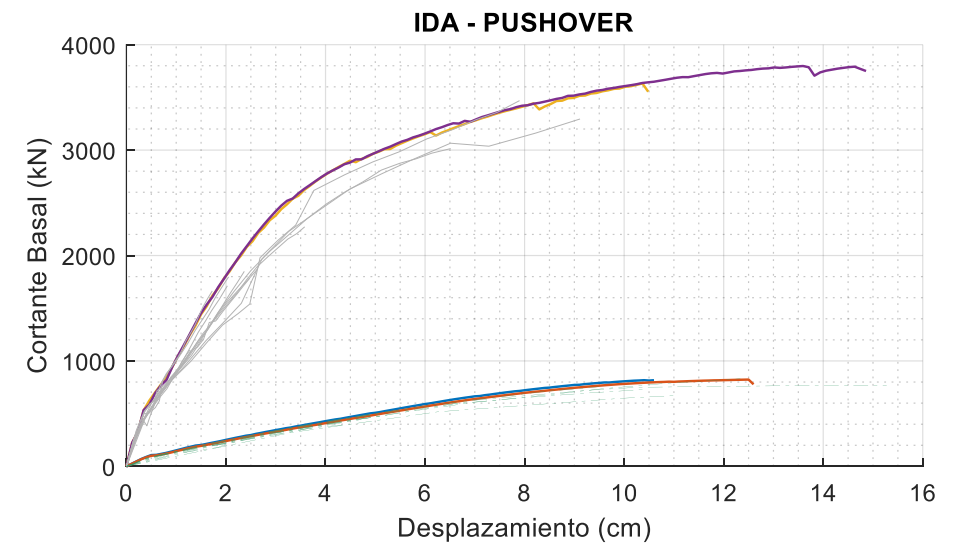
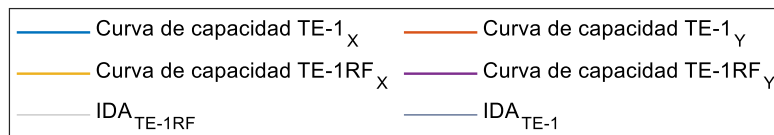
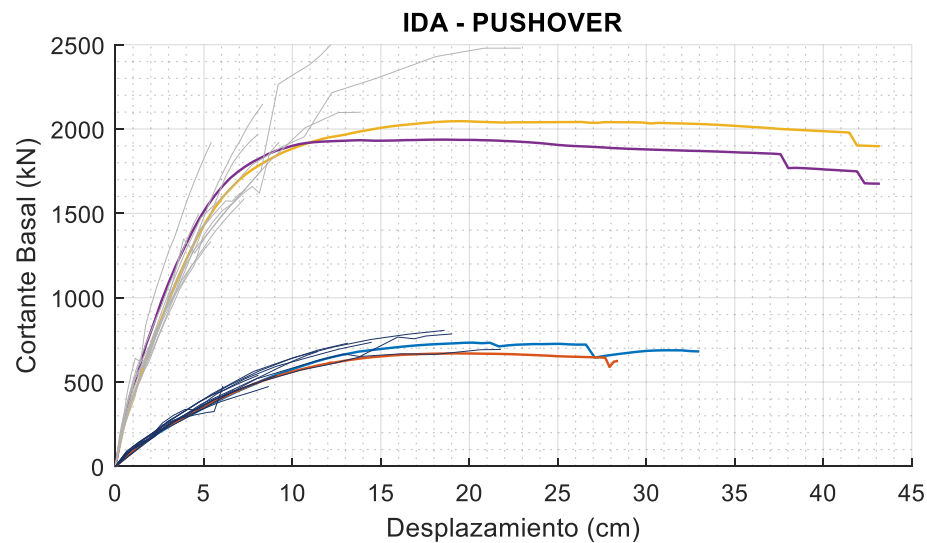
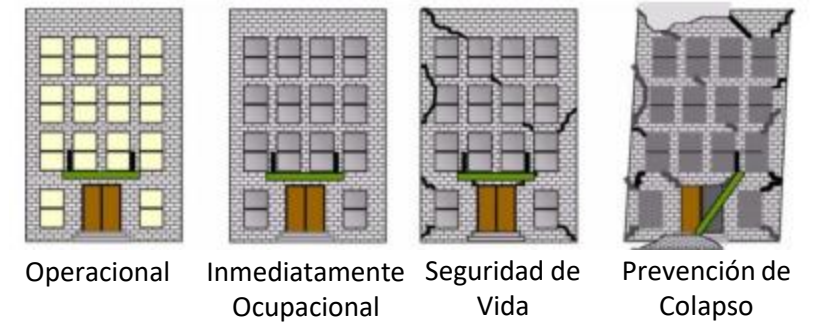
## PUSHOVER



# ANÁLISIS ESTRUCTURAL

## IDA

Sistema estructural	Operacional DS1	Inmediatamente ocupacional DS2	Seguridad de vida DS3	Prevencion de colapso DS4
Marcos ordinarios resistente a momento	0.20%	0.50%	1%	1%
Muros estructurales de HA	1%	2.20%	2.60%	3.60%



# ANÁLISIS ESTRUCTURAL

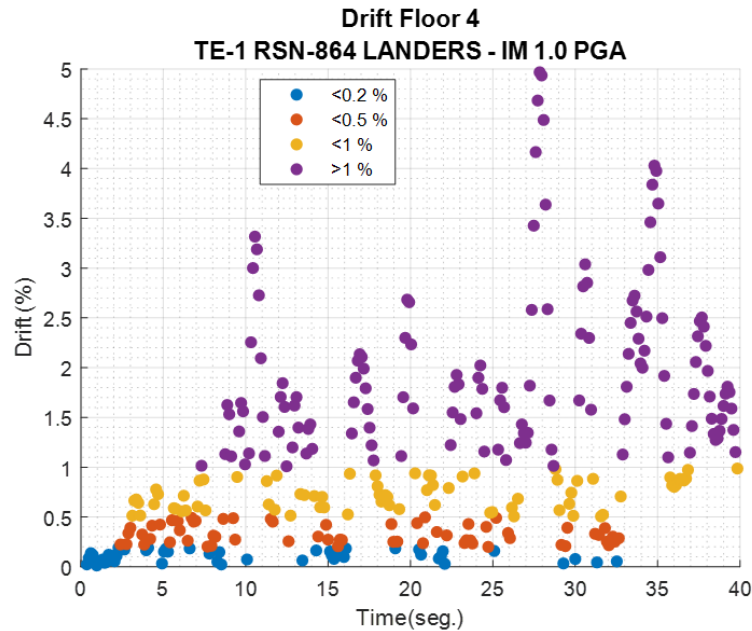
## Curvas de fragilidad

El reglamento FEMA P-58 recomienda emplear una función de distribución logarítmica normal que viene dada por la siguiente ecuación:

$$P(ED \geq ED_i/IS) = \Phi \left[ \frac{1}{\beta_{PE}} \ln \left( \frac{PE}{\theta} \right) \right]$$

Donde:

- $\theta$ , media del parámetro seleccionado para evaluar las estructuras.
- $\beta_{PE}$ , desviación estándar del parámetro seleccionado.
- $IS$ , intensidad sísmica.
- $ED_i$ , estado de daño según el punto discreto  $i$ .



$$\sum_{n=1}^{149} \ln PE_n = 85.81$$

$$\ln \theta = \frac{1}{n} \sum_{n=1}^n \ln PE_n$$

$$\ln \theta = \frac{1}{149} (85.81)$$

$$\ln \theta = 0.576$$

$$\theta = e^{0.576}$$

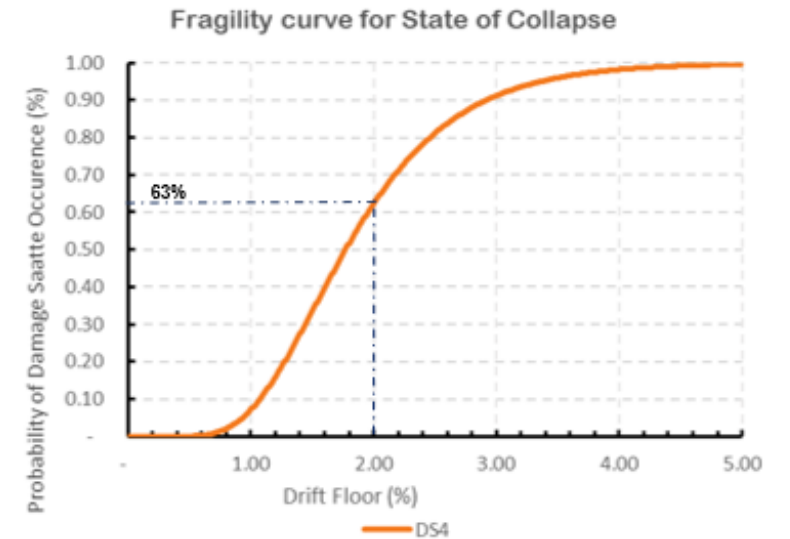
$$\theta = 1.778$$

$$\beta = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{n=1}^n \left( \ln \frac{PE_n}{\theta} \right)^2}$$

$$\beta = \sqrt{\frac{1}{149-1} \sum_{n=1}^{149} (\ln PE_n - 0.576)^2}$$

$$\beta = \sqrt{\frac{1}{149-1} 22.593}$$

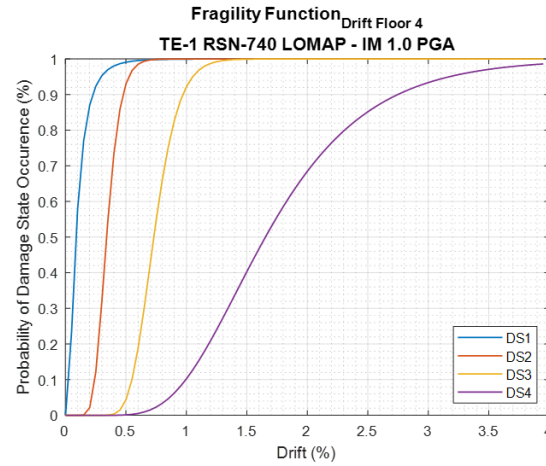
$$\beta = 0.39$$



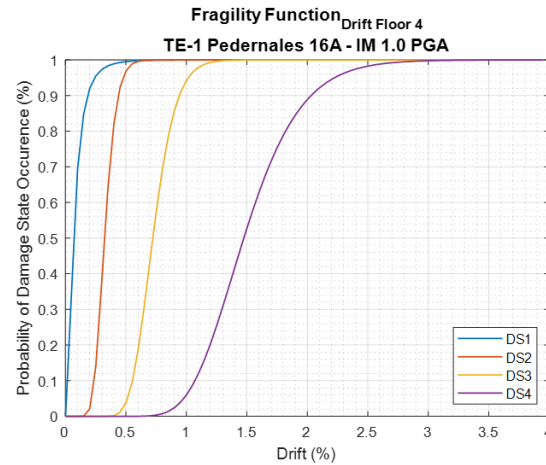


# ANÁLISIS ESTRUCTURAL

## Curvas de fragilidad – Sin reforzar

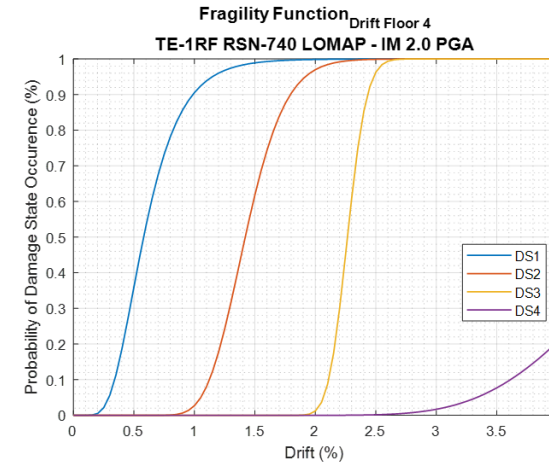


**Nivel de daño máximo alcanzado:**  
Prevencción de colapso  
**Probabilidad de ocurrencia: 68%**  
para deriva del 2%

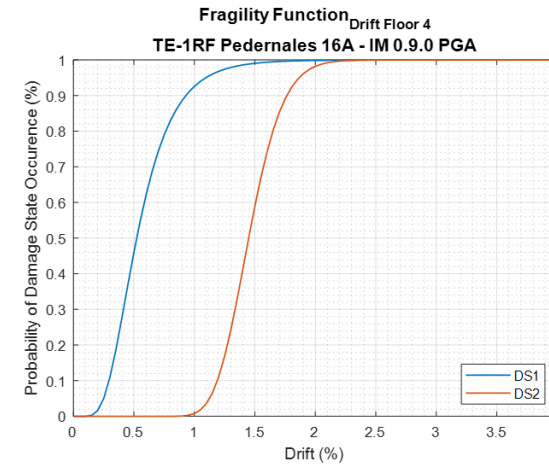


**Nivel de daño máximo alcanzado:**  
Prevencción de colapso  
**Probabilidad de ocurrencia: 89%**  
para deriva del 2%

## Curvas de fragilidad – Reforzada



**Nivel de daño máximo alcanzado:**  
Prevencción de colapso  
**Probabilidad de ocurrencia: 2%**  
para deriva del 3%



**Nivel de daño máximo alcanzado:**  
Inmediatamente ocupacional  
**Probabilidad de ocurrencia: 98%**  
para deriva del 2%



## 1. INTRODUCCIÓN



## 2. MARCO TEÓRICO



## 3. ANÁLISIS ESTRUCTURAL



## 4. ANÁLISIS DE PÉRDIDAS



## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



## ANÁLISIS DE PÉRDIDAS

### Costos de construcción

Costo directo (USD/m <sup>2</sup> )	\$ 406.33
Área construida	384.00
Costo por demolición	\$ 126,720.00

TE-1

Costo directo (USD/m <sup>2</sup> )	\$ 440.42
Área construida (m <sup>2</sup> )	384.00
Costo por demolición	\$ 126,720.00

TE-1RF

Costo directo (USD/m <sup>2</sup> )	\$ 434.81
Área construida	324.00
Costo por demolición	\$ 106,920.00

TE-2

Costo directo (USD/m <sup>2</sup> )	\$ 479.23
Área construida (m <sup>2</sup> )	324.00
Costo por demolición	\$ 106,920.00

TE-2RF

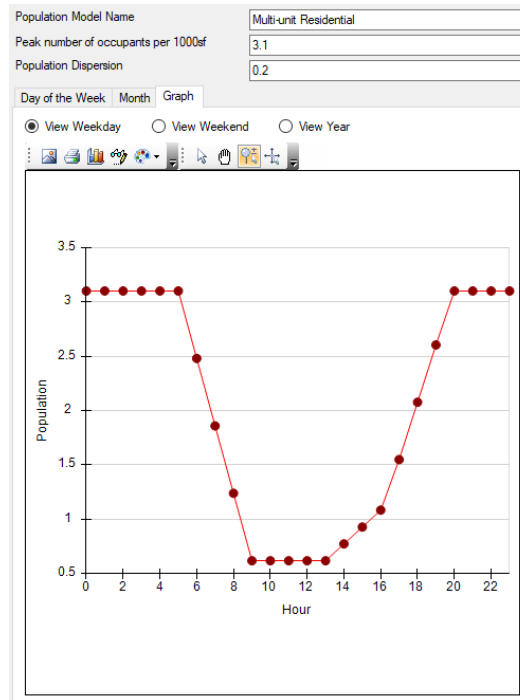
### Factor multiplicador de costo

ESTRUCTURA	COSTO /m2		FACTOR PACT
	ECUADOR	EE.UU.	
TE-1	\$ 406.33		0.38
TE-1RF	\$ 440.42	\$ 1,076.37	0.41
TE-2	\$ 434.81		0.40
TE-2RF	\$ 479.23		0.45



# ANÁLISIS DE PÉRDIDAS

## PACT – Parámetros



Modelo de población

BUILDING DEFINITION TABLE									
Floor Name	Floor #	Total Floor Area	Occupancy 1		Occupancy 2		Occupancy 3		SUM % AREA
			Type	% Area	Type	% Area	Type	% Area	
		( sf )							
Roof	5	1033.34	none	100%	none	0%	none	0%	100%
4th	4	1033.34	APARTMENT	100%	none	0%	none	0%	100%
3rd	3	1033.34	APARTMENT	100%	none	0%	none	0%	100%
2nd	2	1033.34	APARTMENT	100%	none	0%	none	0%	100%
1st	1	1033.34	APARTMENT	100%	none	0%	none	0%	100%

### Fragilidades para componentes no estructurales

No.	Component Type	Performance Group Quantities	Quantity Dispersion	Fragility Correlated	Population Model	Demand Parameters
B1041.061a	ACI 318 OMF with weak columns, Conc Col & Bm = ...	6.00	0.00	<input type="checkbox"/>	Multi-unit Residential	Story Drift Ratio
B1041.061b	ACI 318 OMF with weak columns, Conc Col & Bm = ...	9.00	0.00	<input type="checkbox"/>	Multi-unit Residential	Story Drift Ratio
B1051.001	Ordinary reinforced masonry walls with partially grout...	3.13	0.00	<input type="checkbox"/>	Multi-unit Residential	Story Drift Ratio
B2022.001	Curtain Walls - Generic Midrise Stick-Built Curtain wa...	5.17	0.60	<input type="checkbox"/>	Multi-unit Residential	Story Drift Ratio
C1011.001a	Wall Partition, Type: Gypsum with metal studs, Full H...	0.39	0.40	<input type="checkbox"/>	Multi-unit Residential	Story Drift Ratio
C2011.001b	Prefabricated steel stair with steel treads and landing...	0.12	0.10	<input type="checkbox"/>	Multi-unit Residential	Story Drift Ratio
C3011.002a	Wall Partition, Type: Gypsum + Ceramic Tile, Full Hei...	0.39	0.40	<input type="checkbox"/>	Multi-unit Residential	Story Drift Ratio

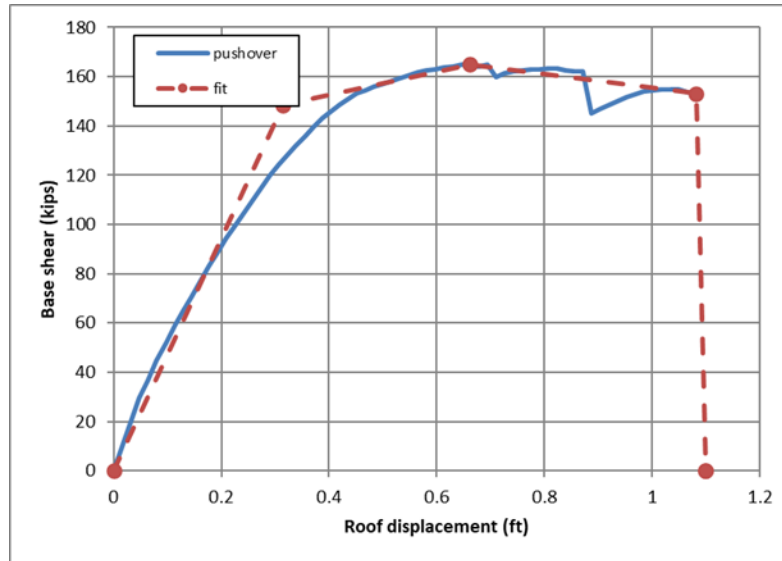
### Fragilidades para componentes estructurales

# ANÁLISIS DE PÉRDIDAS

## PACT – Probabilidad de colapso

Weight	680.7	kips
Height	35.43	ft
T1	0.98	sec

ingresar estos datos en SPO2IDA

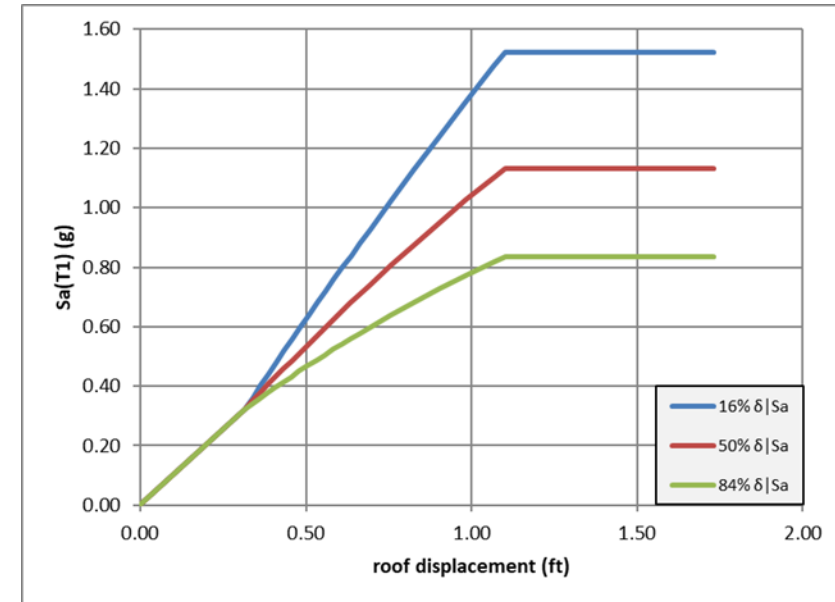


Segment	Vb (kips)	$\delta$ roof (ft)
(Point @ End of...)	0.00	0.00
Elastic	148.57	0.31
Hardening	164.94	0.66
Softening	153.18	1.08
Res. Plateau	0.00	1.10
Zero Strength	0	1.10

ESDOF Parameters		Check!
$\delta_y$	0.31 ft	
$f_y$	148.57 kips	
$\mu_c$	2.10	Ok
$a_h$	9.99%	Ok
$a_c$	-5.94%	Ok
$r_p$	0.00%	Ok
$m_f$	3.48	Ok
$S_{ay}$	0.3218 g	
T	0.98 sec	Ok

Roof displacement given Sa results						
Sa	$\delta_{16\%}$	$\delta_{50\%}$	$\delta_{84\%}$	mean $\delta$	mean CR	beta $\delta$
0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	1.00	-
0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	1.00	-
0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	1.00	-
0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	1.00	-
0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	1.00	-
0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	1.00	-
0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	1.00	-
0.24	0.23	0.23	0.23	0.23	1.00	-
0.27	0.26	0.26	0.26	0.26	1.00	-
0.28	0.27	0.27	0.27	0.27	1.00	-
1.13	0.83	1.10	1.14	1.14	1.03	0.28





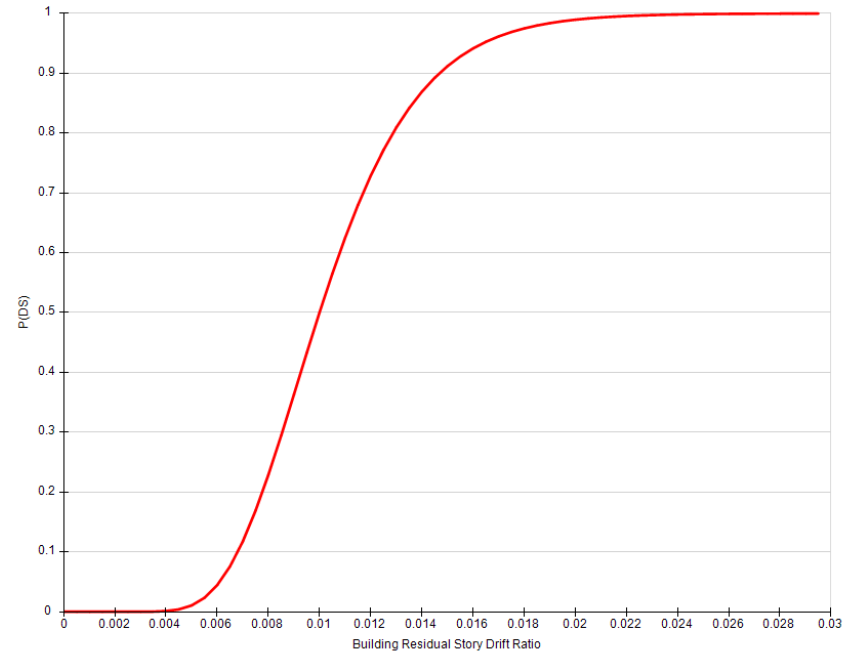
# ANÁLISIS DE PÉRDIDAS

## PACT – Deriva residual

$$\Delta_r = 0 \quad \text{para} \quad \Delta \leq \Delta_y$$

$$\Delta_r = 0.3(\Delta - \Delta_y) \quad \text{para} \quad \Delta_y \leq \Delta \leq 4\Delta_y$$

$$\Delta_r = (\Delta - 3\Delta_y) \quad \text{para} \quad \Delta \geq 4\Delta_y$$

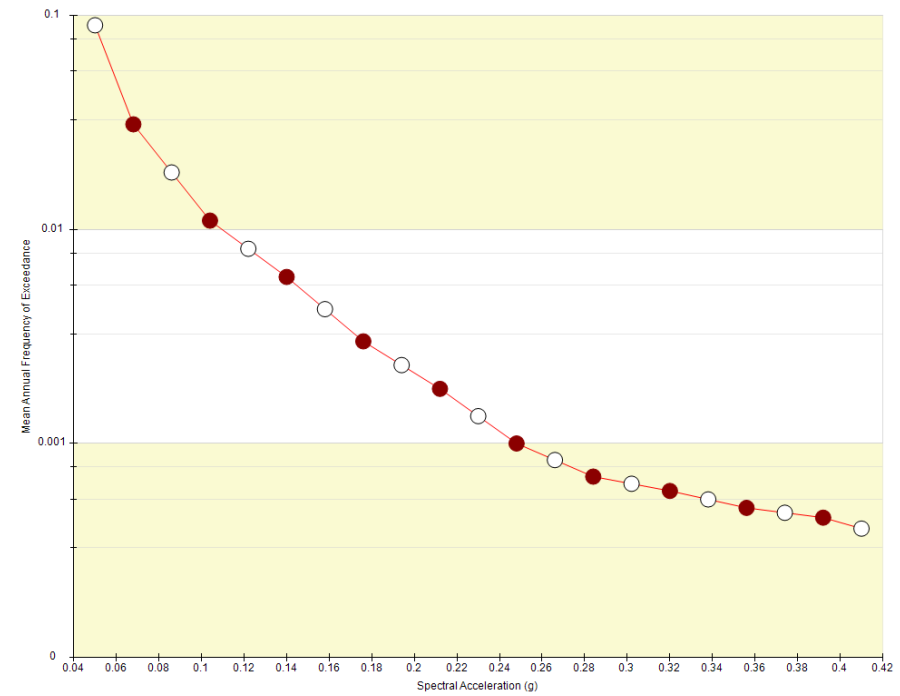


## Amenaza sísmica

	Sa (g)	MAFE
Sa Min Point	0.05	0.09
Sa Max Point	0.41	0.0004

RunName	Sa	MAFE
Int 1	0.068	0.031
Int 2	0.104	0.011
Int 3	0.14	0.006
Int 4	0.176	0.003
Int 5	0.212	0.0018
Int 6	0.248	0.001
Int 7	0.284	0.0007
Int 8	0.32	0.0006
Int 9	0.356	0.0005
Int 10	0.392	0.00045

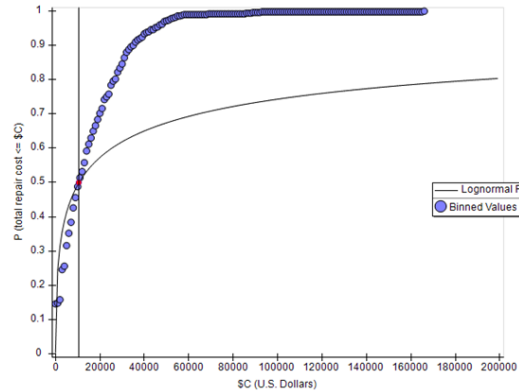




# ANÁLISIS DE PÉRDIDAS

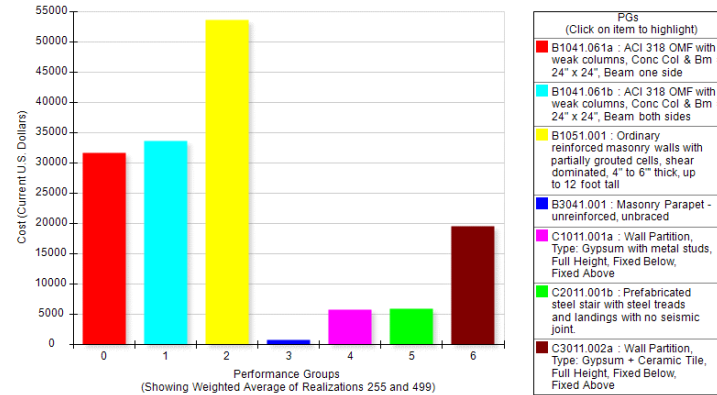
## TE-1

### Intensidad 1



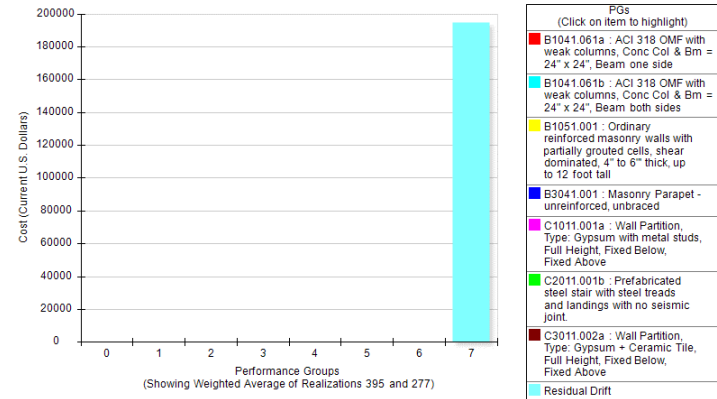
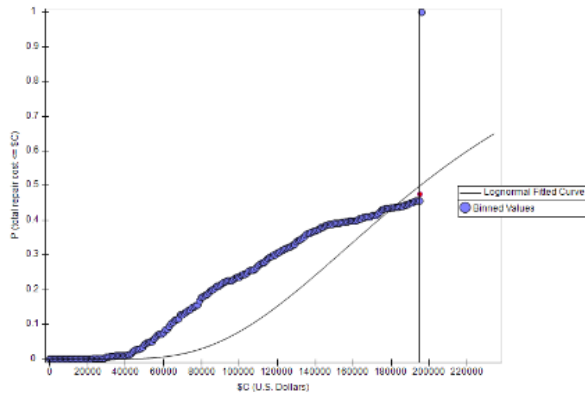
Costo 10,461.54 USD para el percentil 50. (0.068g)

### Costo por componentes antes del punto de colapso

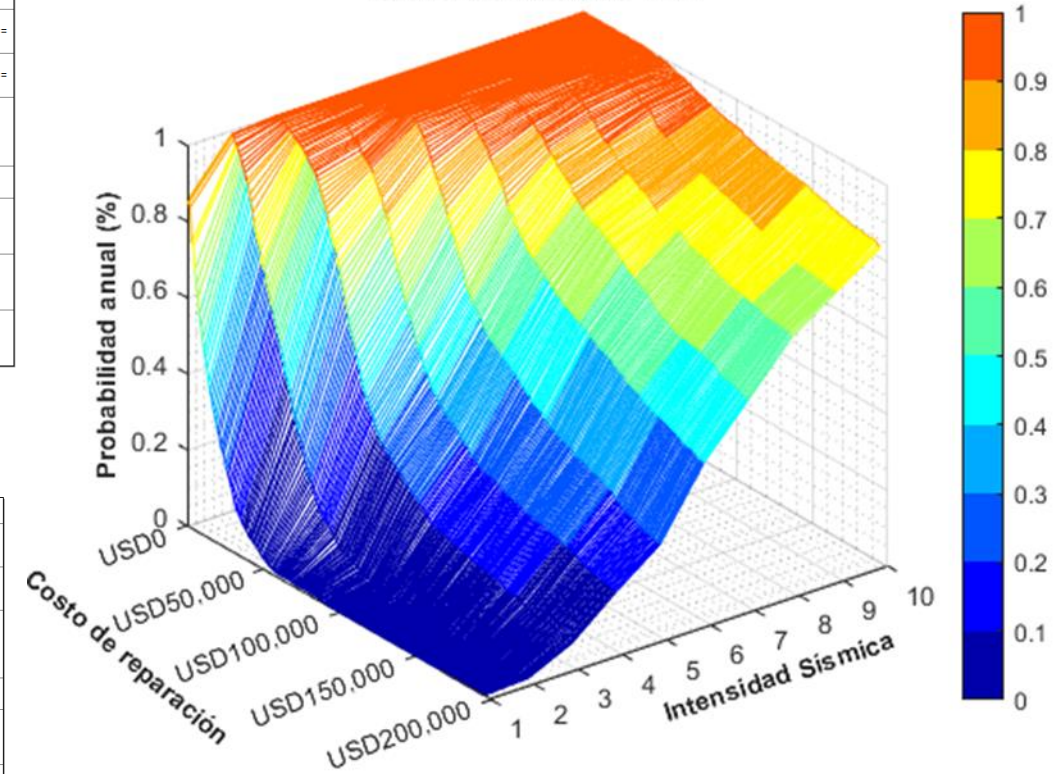


### Deriva residual, marca el escenario de colapso o pérdida total. (0.28g)

### Intensidad 7



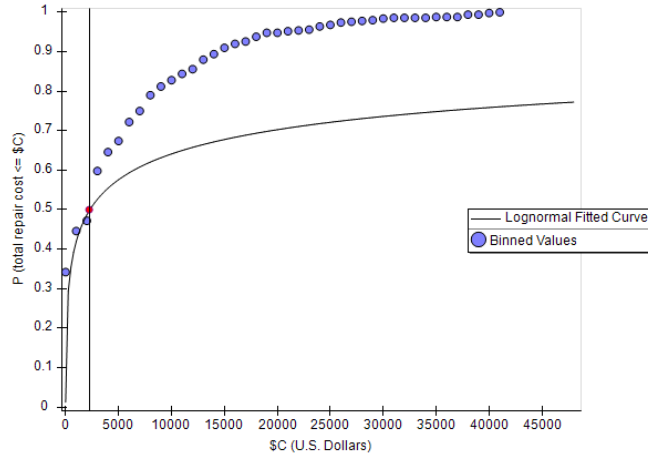
### Curva de Pérdidas TE-1



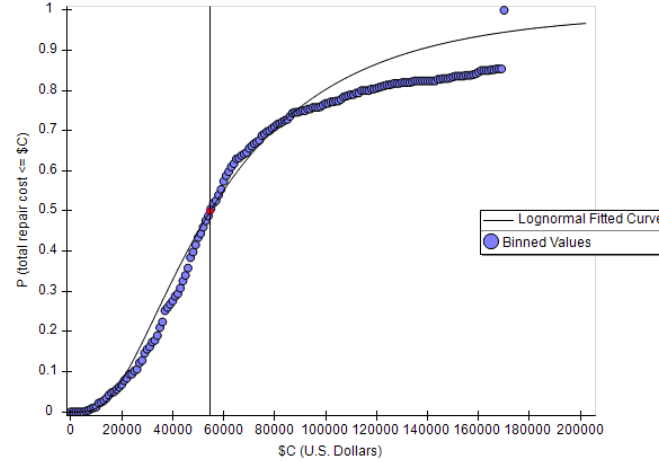
# ANÁLISIS DE PÉRDIDAS

## TE-1RF

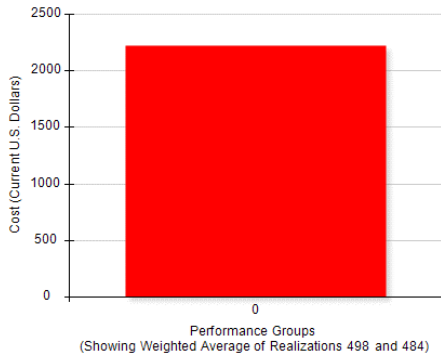
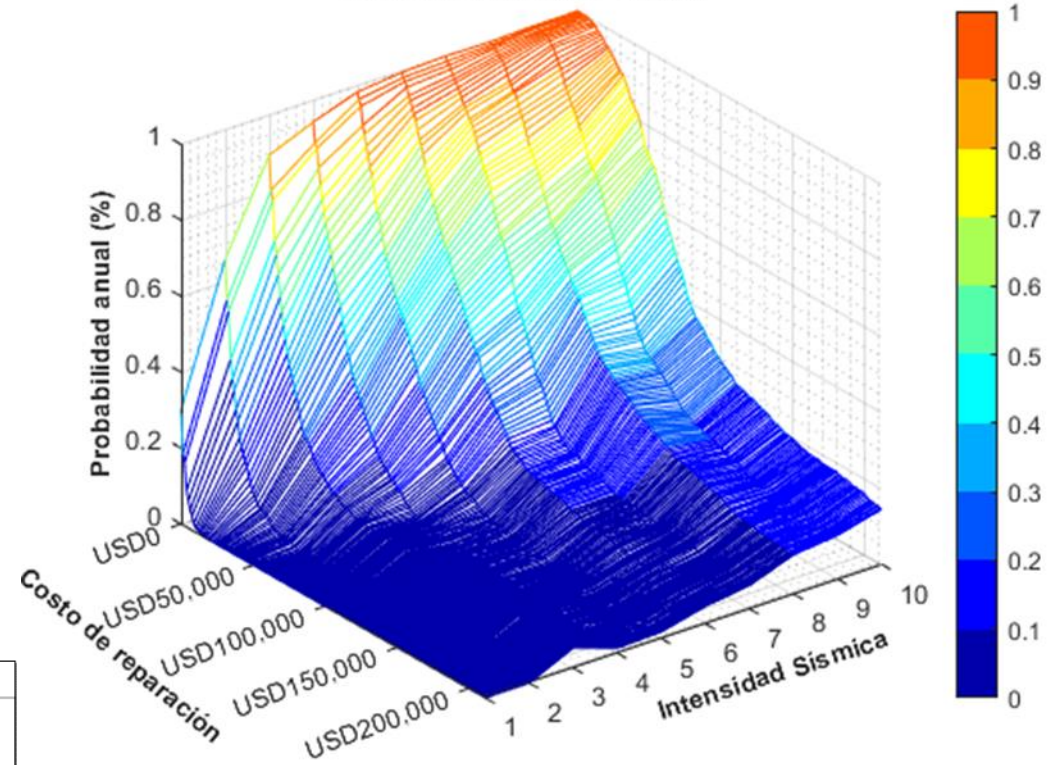
Intensidad 2 (0.077g)



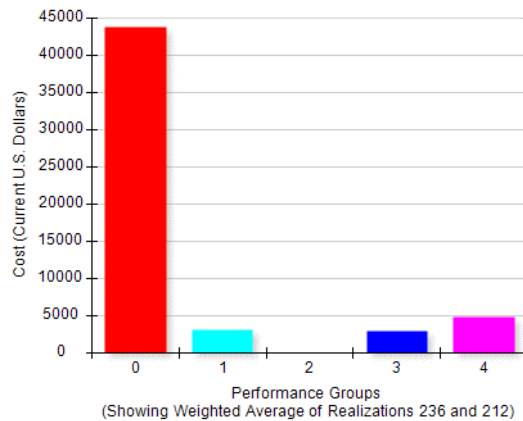
Intensidad 10 (0.221g)



Curva de Pérdidas TE-1RF



Costo 2,222.22 USD para el percentil 50.



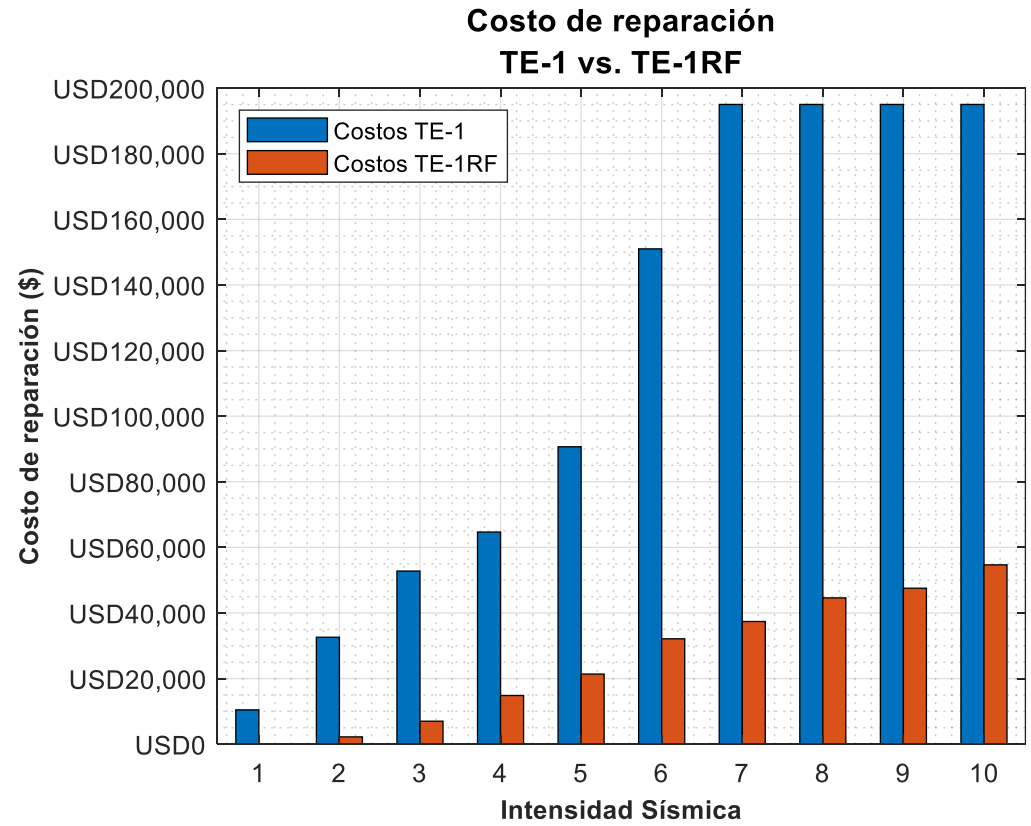
PGs (Click on item to highlight)	
<span style="color: red;">■</span>	B1051.001: Ordinary reinforced masonry walls with partially grouted cells, shear dominated, 4" to 6" thick, up to 12 foot tall
<span style="color: cyan;">■</span>	B3041.001: Masonry Parapet - unreinforced, unbraced
<span style="color: yellow;">■</span>	C1011.001a : Wall Partition, Type: Gypsum with metal studs, Full Height, Fixed Below, Fixed Above
<span style="color: blue;">■</span>	C2011.001b : Prefabricated steel stair with steel treads and landings with no seismic joint.
<span style="color: magenta;">■</span>	C3011.002a : Wall Partition, Type: Gypsum + Ceramic Tile, Full Height, Fixed Below, Fixed Above

PGs (Click on item to highlight)	
<span style="color: red;">■</span>	B1051.001 : Ordinary reinforced masonry walls with partially grouted cells, shear dominated, 4" to 6" thick, up to 12 foot tall

Costo 54,666.66 USD para el percentil 50.

# ANÁLISIS DE PÉRDIDAS

## COMPARACIÓN TE-1 vs. TE-RF



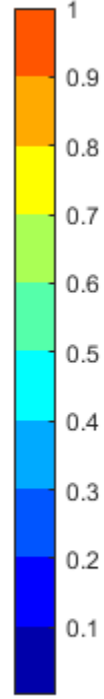
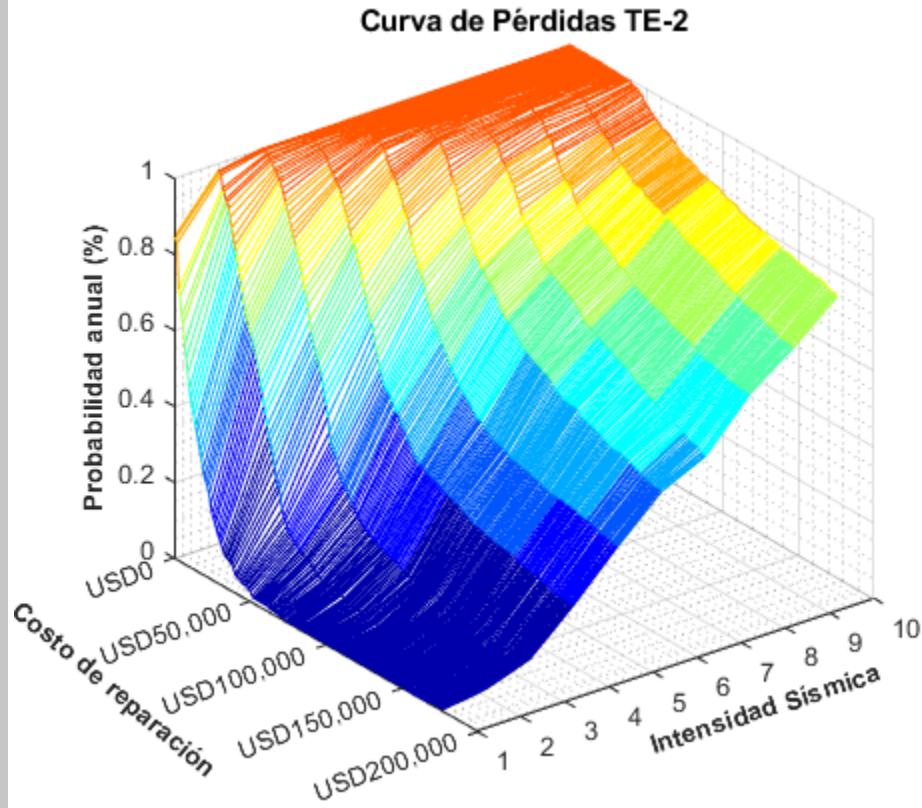
	TE-1	TE-1RF
<b>C.T. DE REEMPLAZO</b>	<b>\$ 195,036.03</b>	<b>\$ 211,401.93</b>
1	5.36%	0.00%
2	16.71%	1.05%
3	27.06%	3.31%
4	33.16%	7.02%
5	46.49%	10.11%
6	77.42%	15.20%
7	100.00%	17.69%
8	100.00%	21.10%
9	100.00%	22.49%
10	100.00%	25.86%





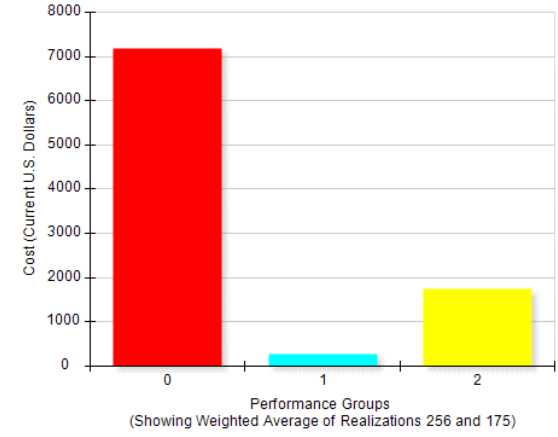
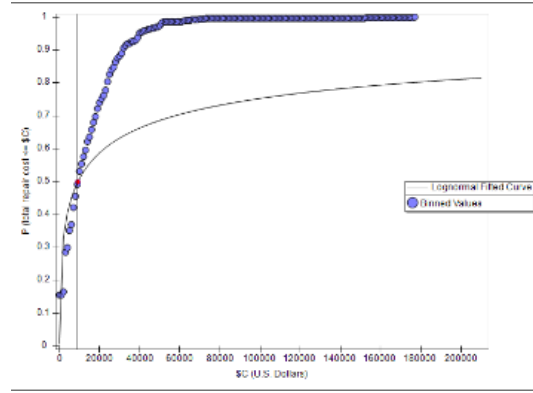
# ANÁLISIS DE PÉRDIDAS

TE-2



Intensidad 1 (0.07g)

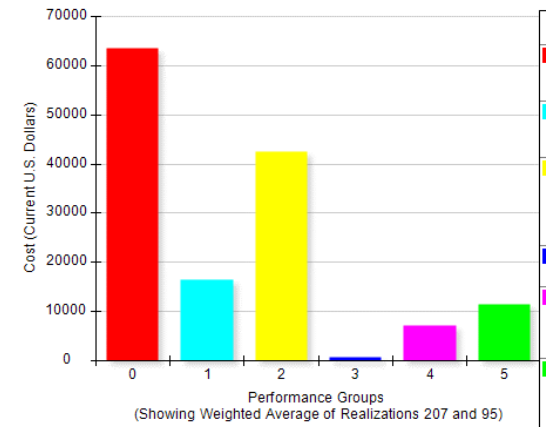
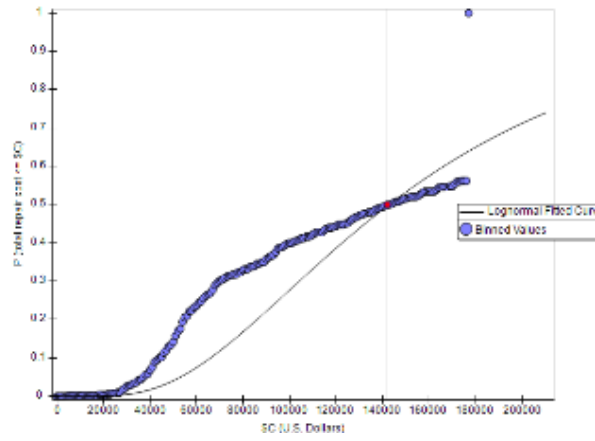
Costo 9,200.00 USD para el percentil 50.



- PGs  
(Click on item to highlight)
- B1051.001 : Ordinary reinforced masonry walls with partially grouted cells, shear dominated, 4" to 6" thick, up to 12 foot tall
  - B3041.001 : Masonry Parapet - unreinforced, unbraced
  - C3011.002a : Wall Partition, Type: Gypsum + Ceramic Tile, Full Height, Fixed Below, Fixed Above

Intensidad 7 (0.284 g)

Costo 142,000.00 USD para el percentil 50.



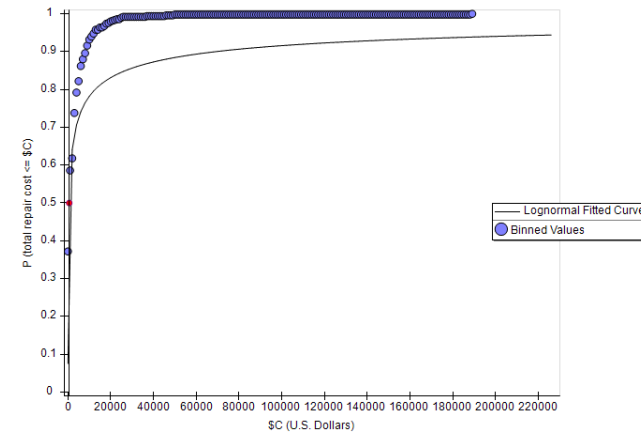
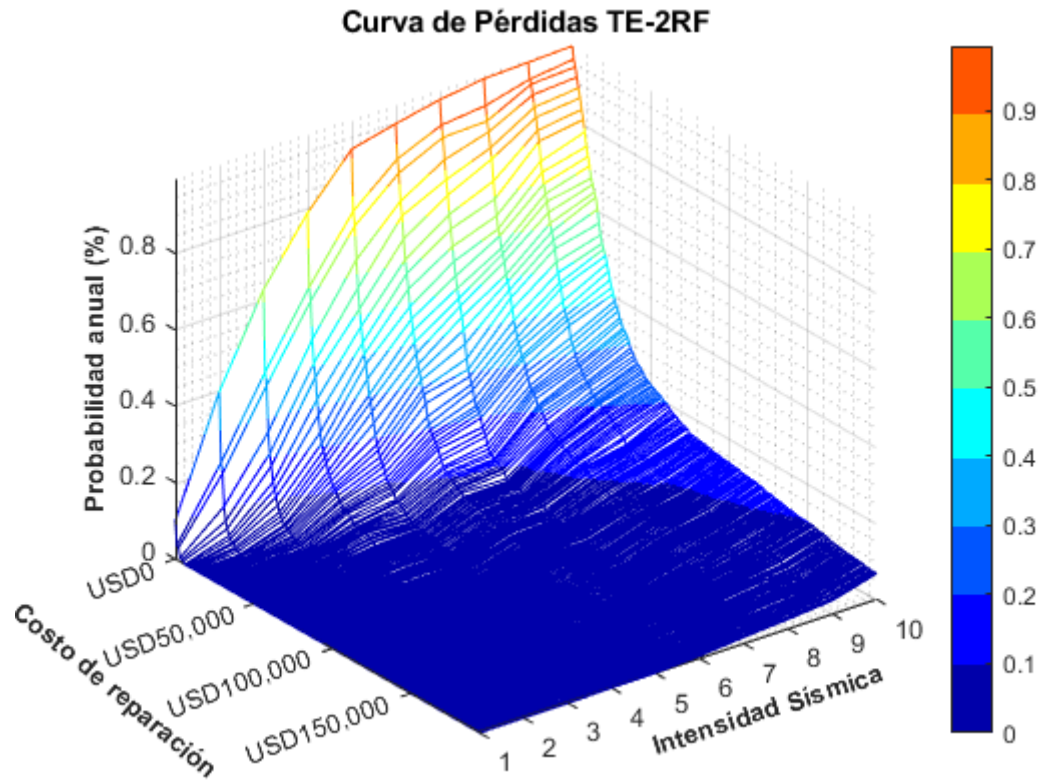
- PGs  
(Click on item to highlight)
- B1041.061a : ACI 318 OMF with weak columns, Conc Col & Bm = 24" x 24", Beam one side
  - B1041.061b : ACI 318 OMF with weak columns, Conc Col & Bm = 24" x 24", Beam both sides
  - B1051.001 : Ordinary reinforced masonry walls with partially grouted cells, shear dominated, 4" to 6" thick, up to 12 foot tall
  - B3041.001 : Masonry Parapet - unreinforced, unbraced
  - C1011.001a : Wall Partition, Type: Gypsum with metal studs, Full Height, Fixed Below, Fixed Above
  - C3011.002a : Wall Partition, Type: Gypsum + Ceramic Tile, Full Height, Fixed Below, Fixed Above





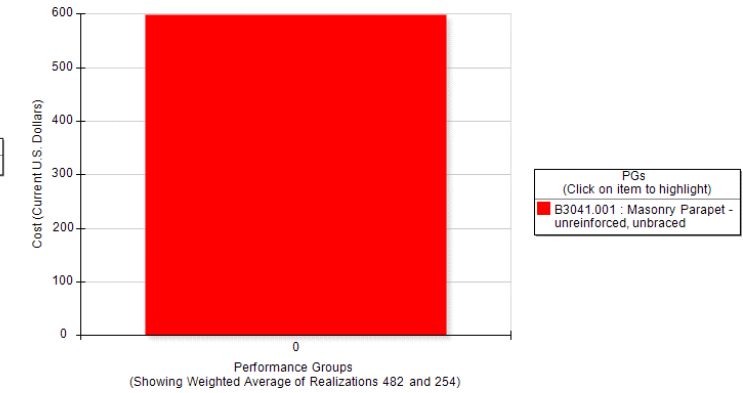
# ANÁLISIS DE PÉRDIDAS

TE-2RF

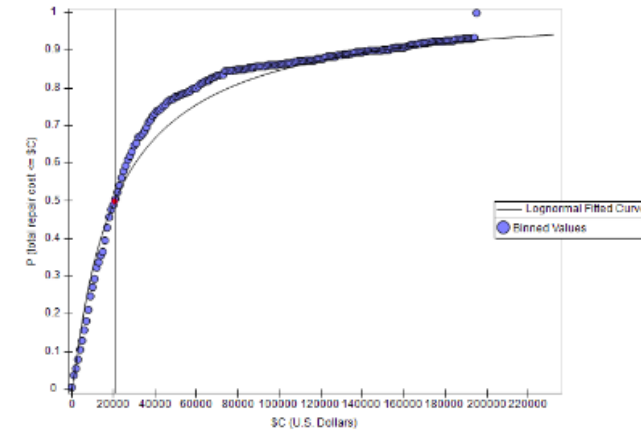


Intensidad 3 (0.1g)

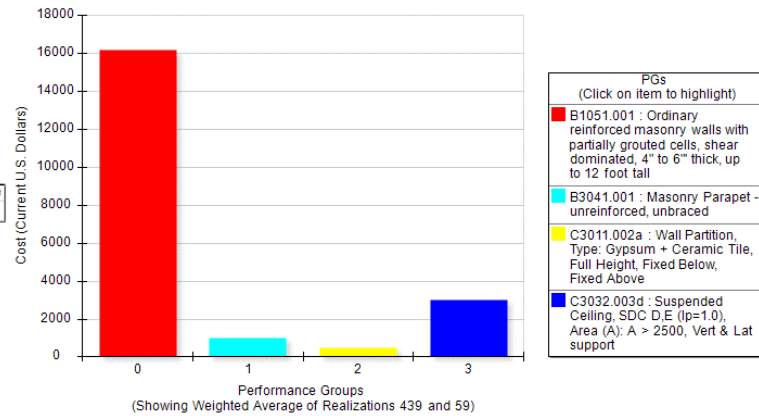
Costo 598.13 USD para el percentil 50.



Intensidad 10 (0.221g)



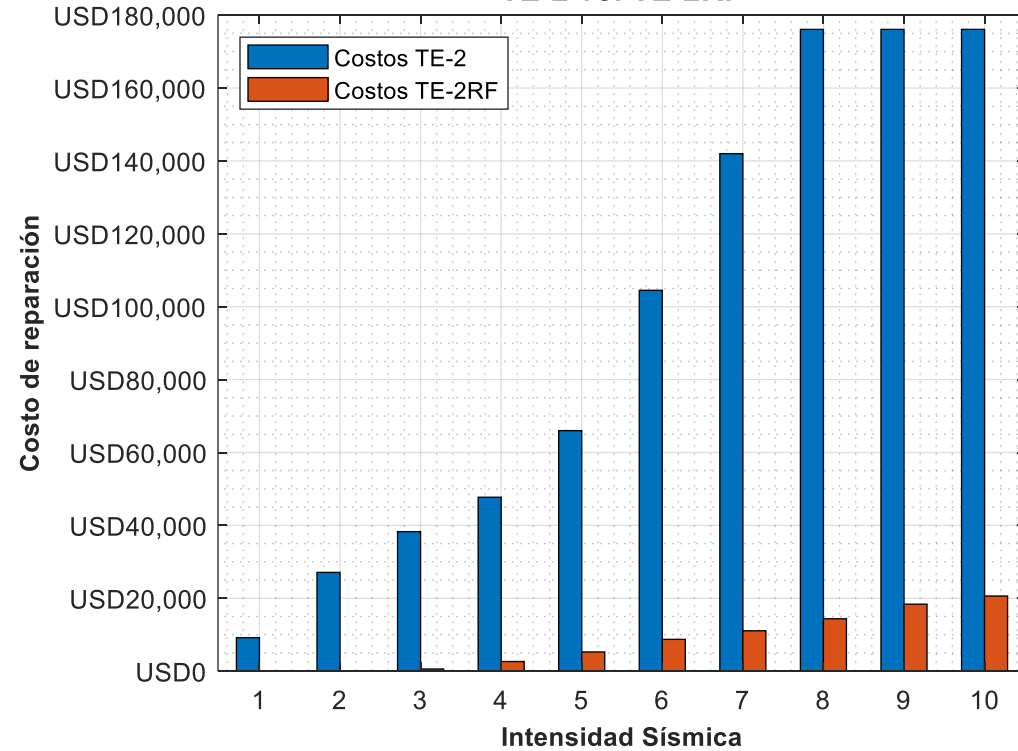
Costo 20,625.00 USD para el percentil 50.



## ANÁLISIS DE PÉRDIDAS

### COMPARACIÓN TE-1 vs. TE-RF

**Costo de reparación  
TE-2 vs. TE-2RF**



	TE-2	TE-2RF
<b>C.T. DE REEMPLAZO</b>	<b>\$ 176,097.96</b>	<b>\$ 194,086.95</b>
1	5.22%	0.00%
2	15.39%	0.00%
3	21.74%	0.31%
4	27.10%	1.37%
5	37.48%	2.72%
6	59.34%	4.50%
7	80.64%	5.71%
8	100.00%	7.41%
9	100.00%	9.47%
10	100.00%	10.63%



## 1. INTRODUCCIÓN



## 2. MARCO TEÓRICO



## 3. ANÁLISIS ESTRUCTURAL



## 4. ANÁLISIS DE PÉRDIDAS



## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Las curvas de fragilidad obtenidas para cada estructura muestran de manera probabilística el comportamiento que se espera frente a un evento sísmico, en el caso de la estructura TE-1 se calcularon probabilidades de entre el 63% al 100% de probabilidad de que la estructura sufra un daño considerable que la dejaría inutilizable.
- Para la tipología TE-1RF la probabilidad de colapso se reduce significativamente, tomando como límite la deriva del 2% de la NEC, se tiene probabilidades de hasta el 15% de que la estructura tenga un estado de daño severo (DS3), mejorando el desempeño sísmico y facilitando los trabajos de rehabilitación.
- En el caso de la tipología TE-2, que no tiene muros estructurales, la probabilidad de colapso para una deriva máxima del 2% se encuentra entre el 55% y 100%, además, mediante las curvas de fragilidad se puede identificar que los estados de daño severo (DS3) tienen una probabilidad de entre el 95% y 100% de presentarse en la estructura analizada.
- Similar al caso de la estructura TE-1RF, para TE-2RF la probabilidad de colapso disminuye considerablemente, se tiene porcentajes de alrededor del 95% de que se alcance el estado de daño DS2, lo que indica que la estructura podrá ser ocupada inmediatamente después del evento sísmico, la probabilidad de entrar al estado de daño DS3 para una deriva del 2% son inferiores al 10% para prácticamente todos los casos analizados.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Al comparar los sistemas tradicionales conformados únicamente por vigas y columnas, en términos de costos entre la estructura TE-1 vs. TE-1RF se tiene una reducción del 75% en cuanto al costo de reparación después de un evento sísmico, recalcando que en ningún momento se presenta daño en los elementos estructurales principales de la estructura reforzada.
- Para la tipología TE-2 con TE-2RF, de igual manera al caso anterior, se tiene una disminución del costo de reparación de 90%.
- Finalmente, se recomienda realizar más investigaciones para definir las fragilidades de los materiales propios de la región, de esta manera se podrá crear una base de datos específica de componentes estructurales y no estructurales para obtener resultados ajustados a la realidad del Ecuador.

# GRACIAS POR LA ATENCIÓN

Ing. Juan Patricio Chicaiza Fuentes

jpchicaiza@hotmail.com

patricio\_chicaiza@sedemi.com