



8ª JORNADA

COMISIÓN PERMANENTE

del Código Modelo Sísmico para
América Latina y El Caribe



www.codigomodelosismico.org

Resultados del Proyecto HOKYO en relación con la evaluación sísmica, diseño de reforzamiento sísmico y el control de calidad de construcción de obras de reforzamiento sísmico mediante manuales técnicos.

–Para promover ciudades sismorresistentes en El Salvador–

Jun Matsuo

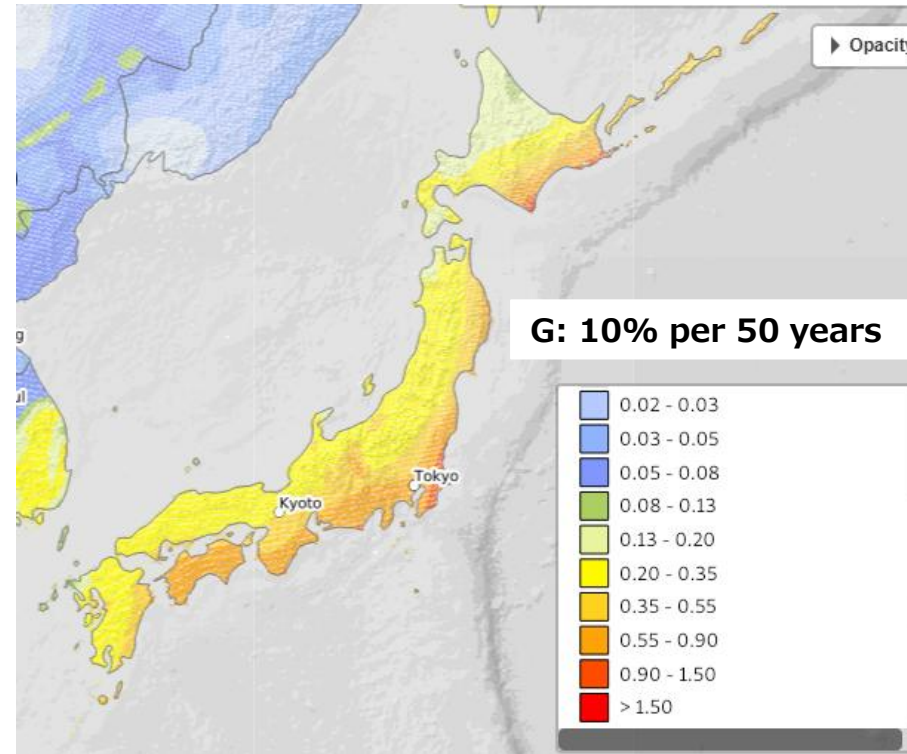
Lider del Proyecto HOKYO

San Salvador, El Salvador
08 de octubre de 2025

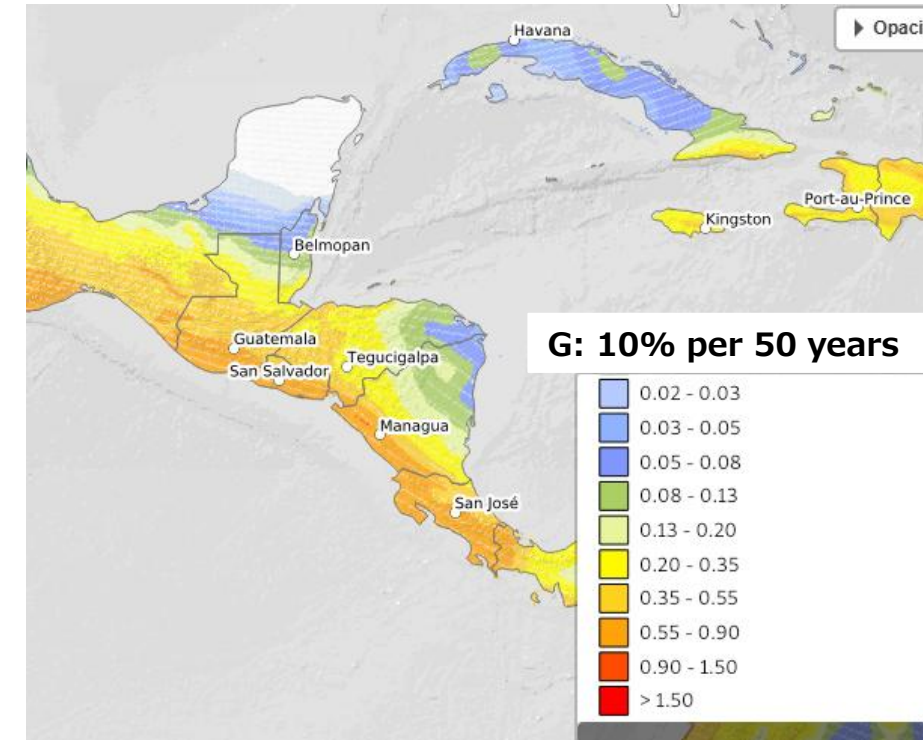


Riesgo sísmico en Japón y El Salvador

¿Por qué es necesaria la resiliencia sísmica en El Salvador ?



Fuente: <https://www.globalquakemodel.org/>



El riesgo sísmico en El Salvador es el mismo que en Japón

8ª Jornada de la Comisión Permanente del Código Modelo Sísmico para América Latina y El Caribe

Terremoto de 1986 – El Salvador

¿Por qué es necesaria la resiliencia sísmica en El Salvador ?



[Imágenes de la destrucción del centro de San Salvador por el terremoto del 10 de octubre de 1986 – Noticias de El Salvador](#)



[san salvador – nunca mas zapzap84: On October 10th 1986 in...](#)

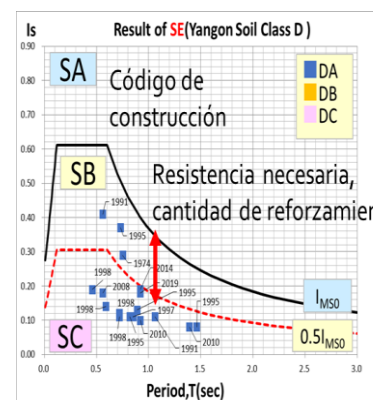


[31 años del terremoto de 1986 en El Salvador \(+Fotos\) – La Prensa Gráfica](#)



[30th anniversary of 1986 San Salvador earthquake](#)

8ª Jornada de la Comisión Permanente del Código Modelo Sísmico para América Latina y El Caribe



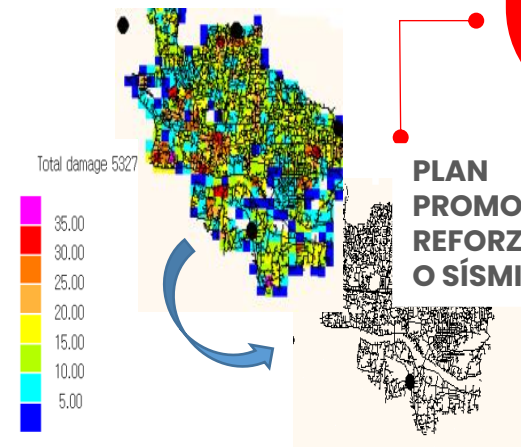
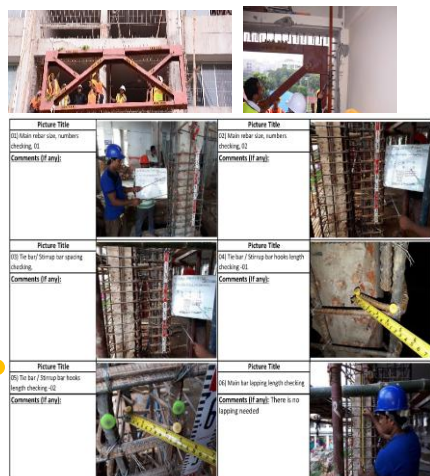
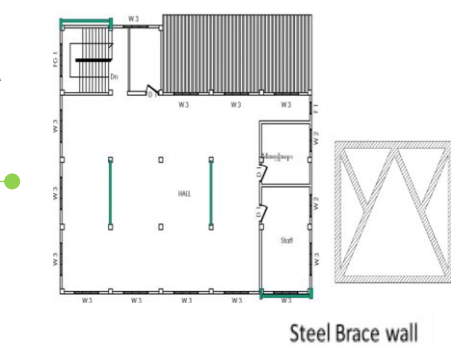
EVALUACIÓN SÍSMICA

DISEÑO DE REFORZAMIENTO SÍSMICO

Control de calidad de la construcción por OPAMSS

PLAN DE PROMOCIÓN DE REFORZAMIENTO O SÍSMICO

CONTROL DE CALIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN



Los daños del edificio pasan a ser "0"

Presentación del Proyecto HOKYO

Grupos de trabajo para la creación del "Plan de Promoción de Reforzamiento"



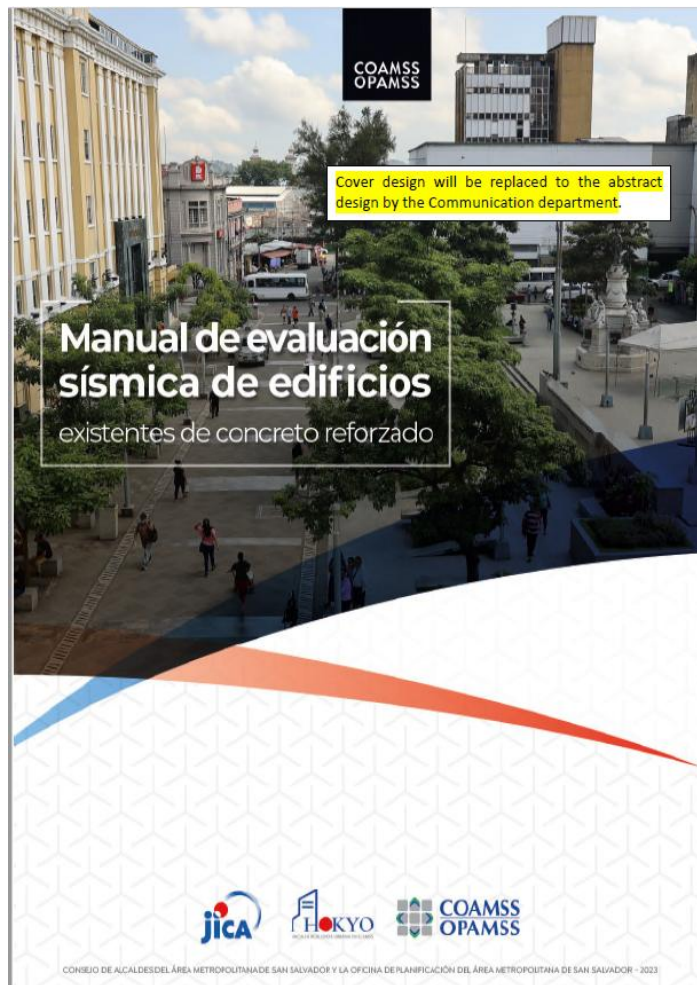
El Proyecto para el Desarrollo de Capacidades para la Evaluación y Reforzamiento Sísmico de Edificaciones en el Área Metropolitana de San Salvador

Objetivo general

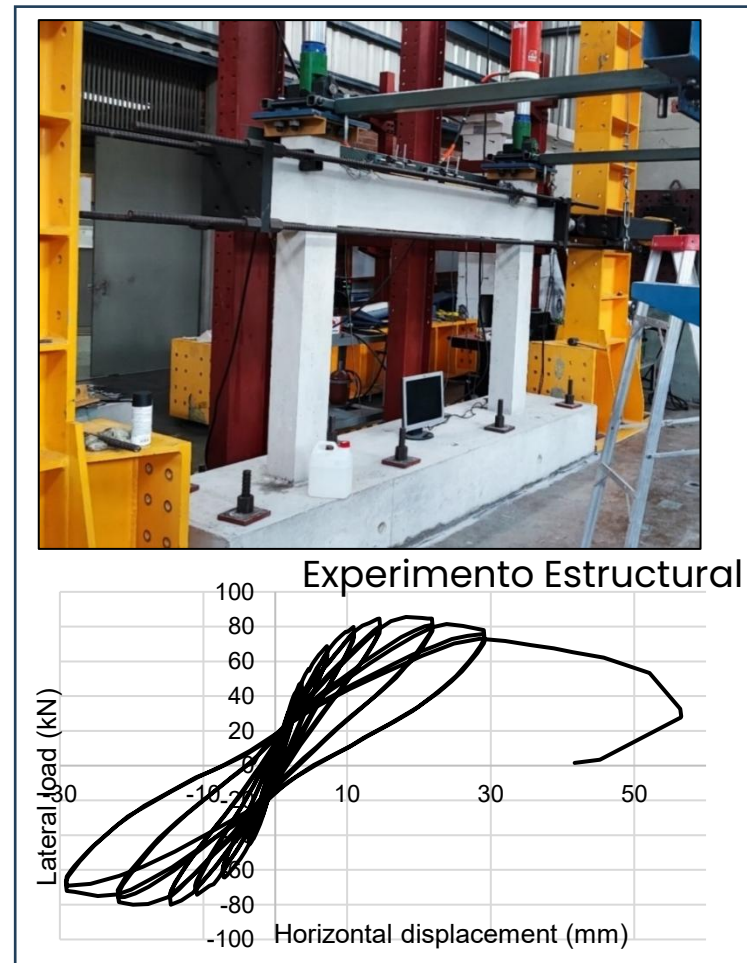
Reducción del riesgo de desastres sísmicos en las zonas urbanas. Mejora de la resiliencia urbana mediante la promoción del reforzamiento sísmica.

Objetivo del proyecto

Promoción de la evaluación sísmica adecuada, el diseño de reforzamiento sísmica y la supervisión de la construcción de obras de reforzamiento sísmico en los edificios públicos del AMSS.



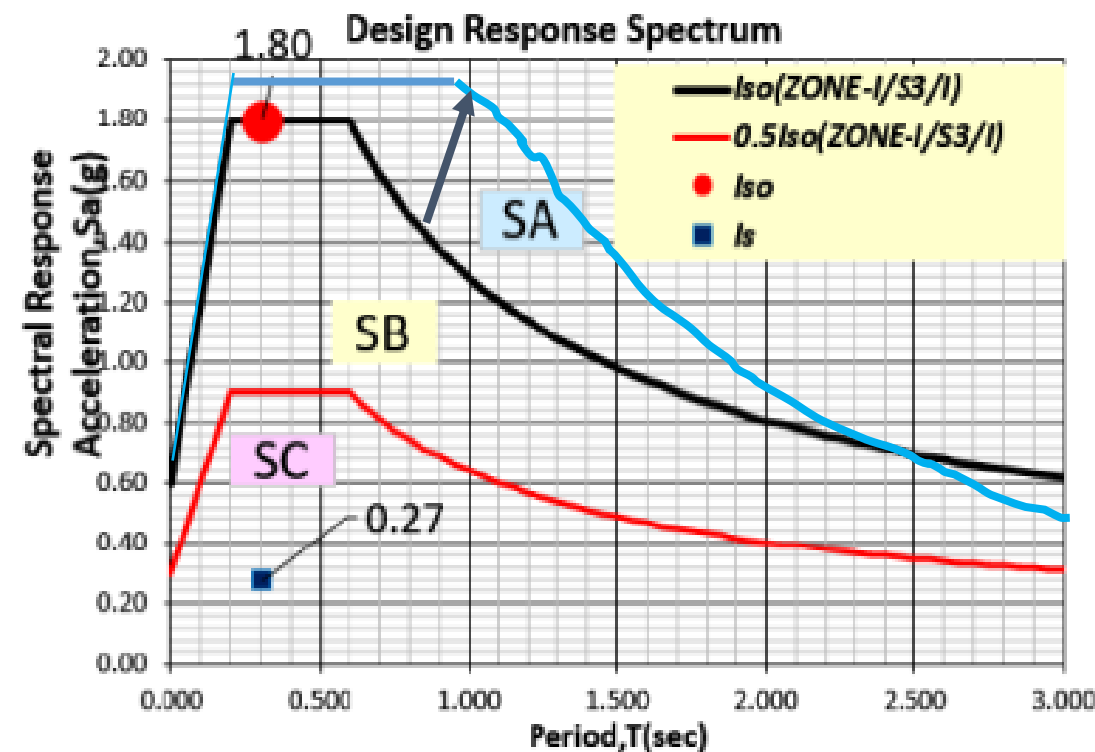
Borrador del manual



Comprensión de la capacidad de los edificios antes de NTDS 94

Muestra de Manual – Manual de Evaluación Sísmica

Presentación del Proyecto HOKYO

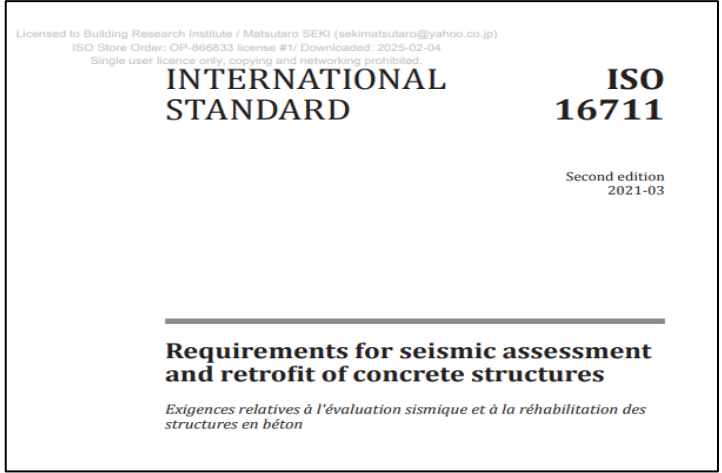


La curva en color negro representa la demanda sísmica de la actual NTDS 94. Uno de los resultados de la evaluación muestra que la capacidad es inferior a la mitad de la del NTDS 94. Por lo tanto, este edificio necesita ser reforzado. Tras la evaluación del reforzamiento, será más fácil comprender la capacidad del edificio.

Por otra parte, El Salvador está en la actualización de su código sísmico. Aunque aún no se ha decidido, si se estima que la curva en color azul es la demanda del nuevo código, el objetivo puede cambiar para la OPAMSS. La metodología de evaluación en sí misma sigue siendo la misma.

Tipo		Evaluación Sísmica		Norma de Desempeño Local	Norma Internacional de Referencia
Procedimiento Basado en el Índice Sísmico	I	Segundo Nivel	Tercer Nivel	JBDPA (Japan Building Disaster Prevention Association)	ISO 16711-2021【E】
	II	ASE (Advanced Simplified Evaluation)	DSE (detail Seismic Evaluation)	ASCE41 y parte de JBDA	ISO 16711-2021【E】
Procedimiento Basado en el Desempeño Sísmico		Categoría 2	Categoría 3	ASCE41 (American Society of Civil Engineers) FEMA 440	ISO 16711-2021【E】 Para Categoría 2 . Y estático no lineal para Categoría 3.
		Verificación de cada elemento según el código sísmico nacional vigente.	Análisis estático no lineal		

Manual de Evaluación Sísmica



En El Salvador no existen normas para reforzamiento sísmica, por lo que se recomienda adoptar la norma internacional ISO 1671. El manual describe los métodos para aplicar la norma ISO 16711.

El «Is» representa un índice para un edificio que nos permite comparar su vulnerabilidad basándonos en un criterio técnico.

ID	Estructura	Niveles	Is	Iso	Is/Iso
DA 010009	C/R	5	0.163	0.436	0.374
DA 010179	C/R	4	0.1088	0.48	0.227
DA 010112	C/R	1	1.224	0.422	2.900
DA 010869	C/R	6	0.289	0.436	0.663
DA 020145	C/R	5	0.2815	0.48	0.587
DA 010139	C/R	3	0.321	0.384	0.837
DA 020084	C/R	5	0.1652	0.48	0.344

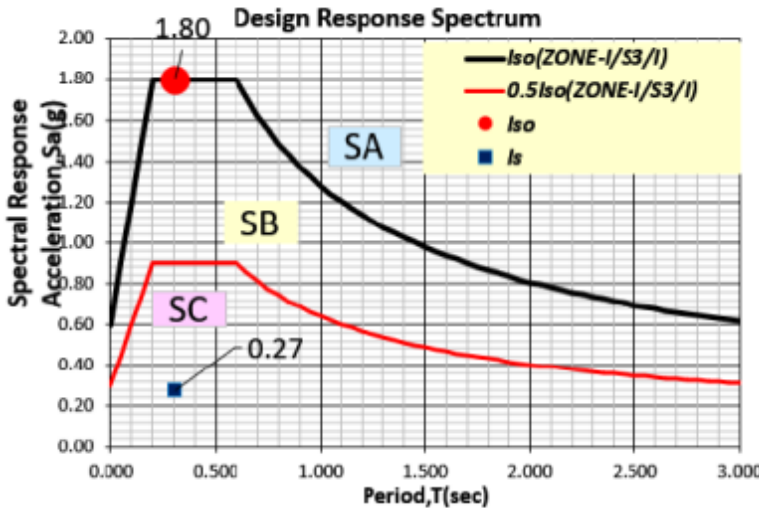
(Resistencia arriostramientos x N+ Resistencia Existente) / Peso sísmico

4	(2,142*4 + 1692)/9403	1.091
Arriostramientos		

Caso donde se han utilizado marcos de arriostramiento de acero.
Para más información, consultar Manual de Diseño de Reforzamiento Sísmico o Guía de Evaluación y Diseño de Reforzamiento Sísmico.

Beneficio del uso del Índice Sísmico I_s

(De entrenamiento de OPAMSS)



Resistencia requerida:

$$\Delta Q_i = \Delta C_i \times \Sigma W_i = \frac{n+i}{n+1} \times \frac{1}{F'} \times \left(\frac{I_s}{S'_D \cdot T'} - \frac{I_{si}}{S_D \cdot T} \right) \times \Sigma W_i$$

Donde:

ΔQ_i : Falta de índice de resistencia en el i – ésimo nivel.

ΔC_i : falta de resistencia cortante en el i – ésimo nivel.

ΣW_i : Peso sísmico total del edificio soportado en el i – ésimo nivel.

$\frac{n+i}{n+1}$: Inverso del factor de modificación de cortante por entrepiso.

F' : Índice de ductilidad previsto para el reforzamiento.

I_s : Índice sísmico objetivo de la estructura para el reforzamiento.

I_{si} : Índice sísmico de la estructura en el i – ésimo nivel antes de reforzamiento.

S_D : Índice de irregularidad de la estructura antes de reforzamiento.

S'_D : Índice de irregularidad de la estructura luego de reforzamiento.

T : Índice de tiempo de la estructura antes de reforzamiento.

T' : Índice de tiempo de la estructura después de reforzamiento.

La estimación de costos es más fácil gracias a la posibilidad de calcular la cantidad del reforzamiento utilizando la fórmula proporcionada anteriormente.

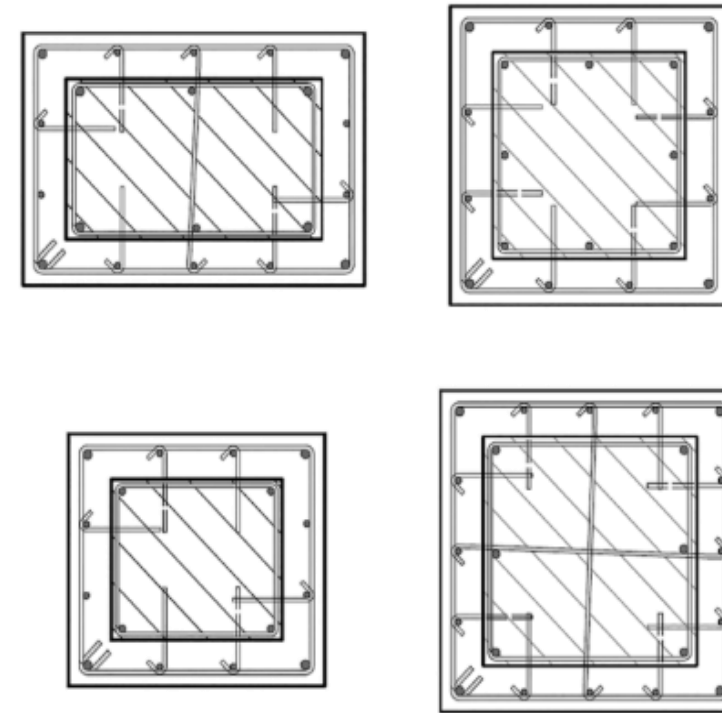
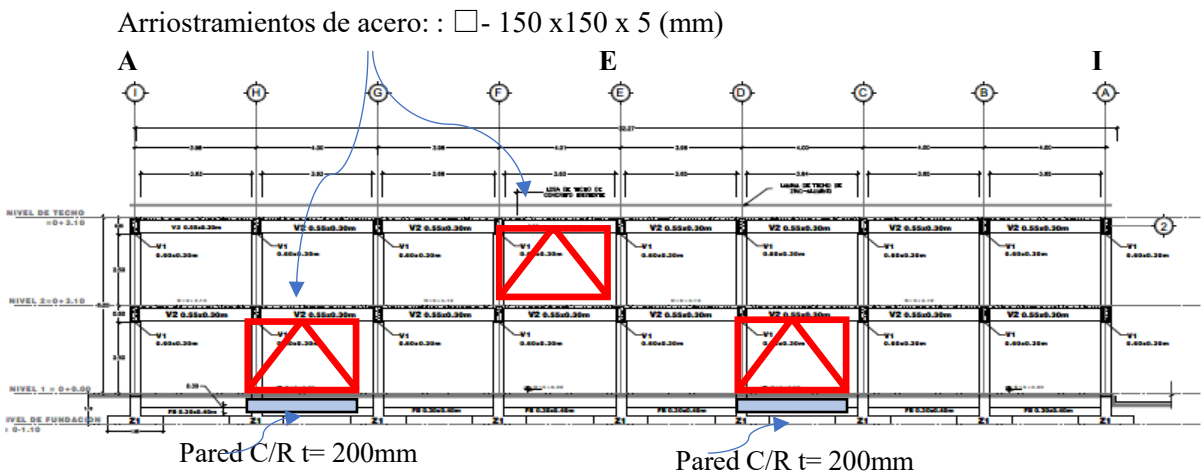
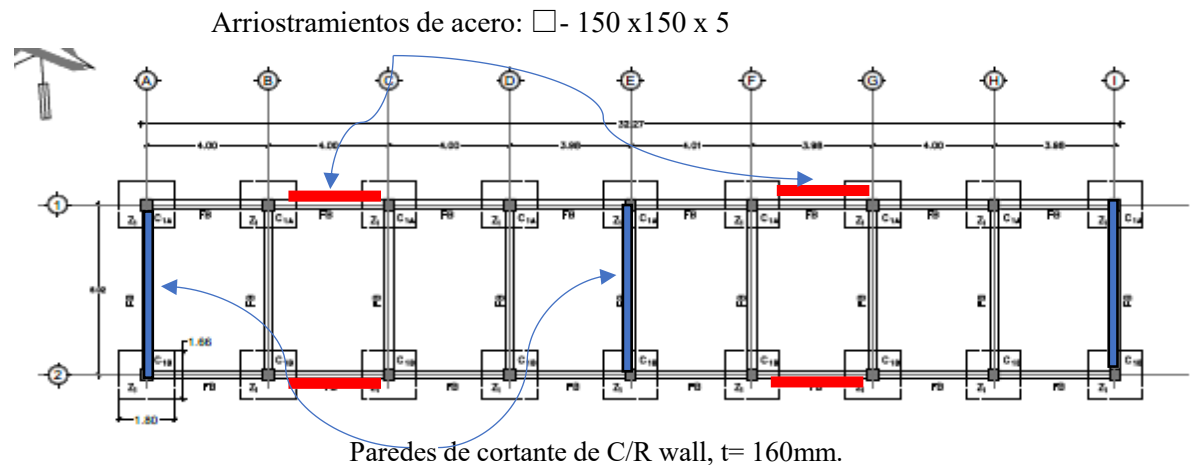


Figure 4.1 Typical cross sections of reinforced concrete jackets. Source: Stellos Antoniou.

Métodos Convencionales de Diseño de Reforzamiento Sísmico (Categoría 2)

Este método se utiliza para reforzar todos los componentes estructurales, es decir, columnas y vigas, lo que da lugar a costos de construcción casi idénticos a los de una nueva construcción. La construcción del edificio que aparece en la foto se encuentra actualmente paralizada debido a la escasez de presupuesto.

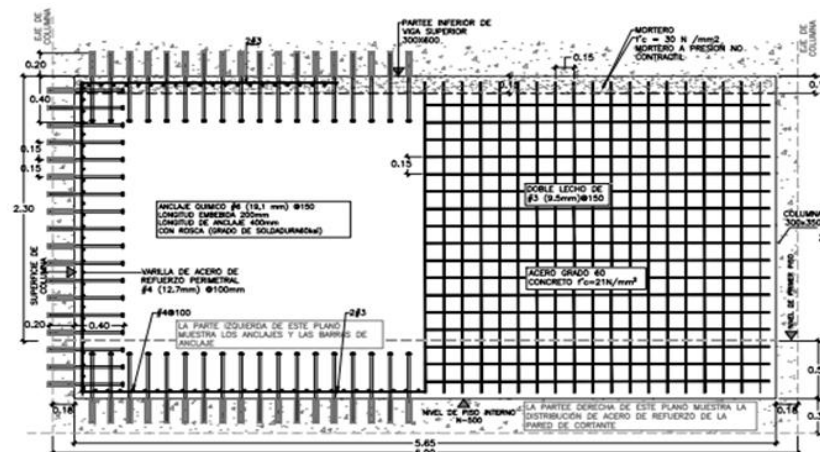
Proyecto Piloto en San Salvador



Presentación del Proyecto Piloto.

Nombre	Trabajos de reforzamiento sísmico de la estructura principal.	
Edificio	Año de construcción	1966
	Área en planta (m2)	525
	Número de niveles	2
	Sistema estructural	Marcos de concreto reforzado con paredes de relleno de mampostería
Normativa	NTDS 94	Código de Construcción
Uso	Escuela (Parvularia – 9º grado)	

Progreso actual – Pared de cortante de C/R



Control de Calidad
Resistencia a la compresión del
concreto

ENSIDAD Ton/m ²	CARGA (kg)	ESF. INDIV. (kg/cm ²) ^a	ESFUERZO (kg/cm ²) ^b
2.15	42,056	231.8	218
2.09	37,725	205.2	

Progreso actual – Juntas sísmicas



Daños en la columna exterior por efecto de columna corta (debido a paredes no estructurales adosadas). Dr. Fukuyama (BRI) Entrenamiento en Japón



Junta sísmica $e=2.5$ cm Selección de los materiales y proceso de sellado y acabado bajo la supervisión de la dirección de obra.



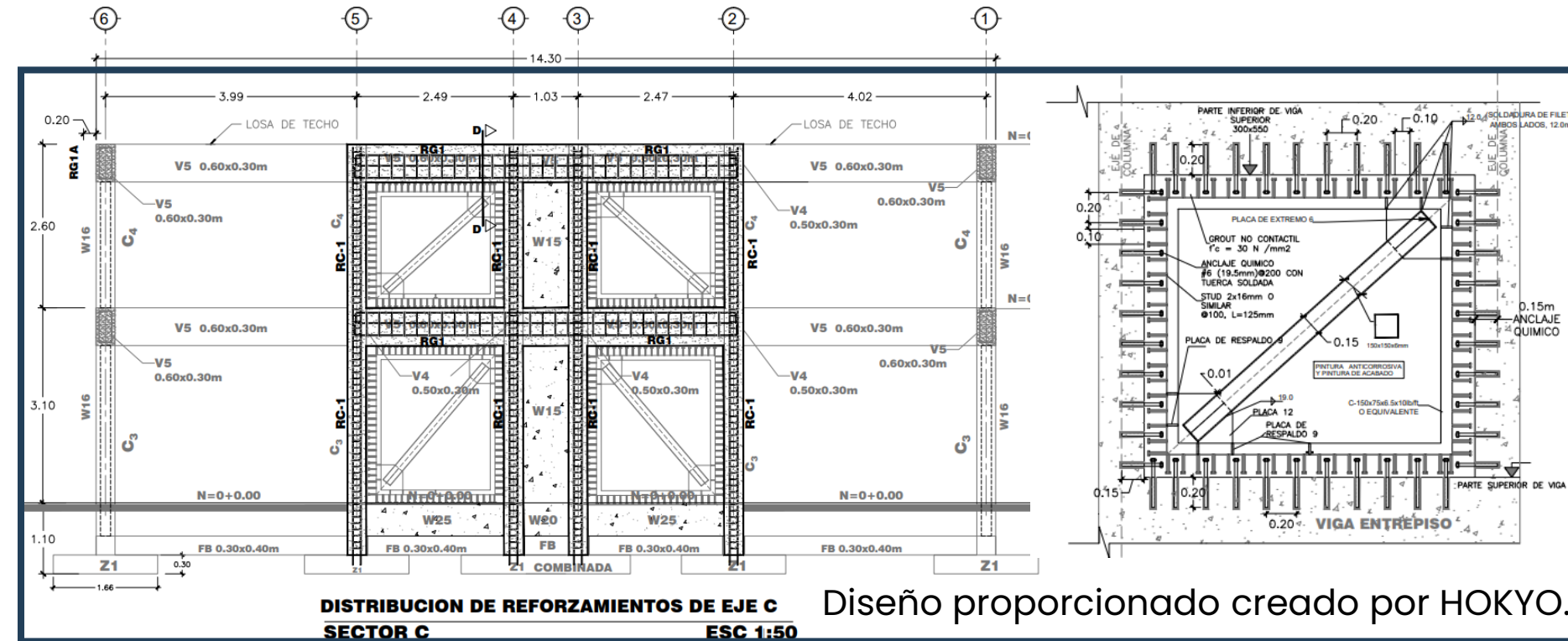
Fig. 3. 86
Final state of specimen SP-6 at a drift angle of 3.0%.

El impacto de las columnas cortas se confirmó mediante pruebas estructurales realizadas por HOKYO.

Participación en la reunión de las partes interesadas



Apoyo al Proyecto Piloto de MINED por parte de HOKYO



Instrucciones en sitio

HOKYO preparó un diseño de reforzamiento para otra escuela.

8ª Jornada de la Comisión Permanente del Código Modelo Sísmico para América Latina y El Caribe

Beneficio de Reforzamiento Sísmico

Para salvar la vida de los infantes

Por lo general, los edificios diseñados de conformidad con los códigos sísmicos están pensados para soportar terremotos con una probabilidad de ocurrencia del 10 % en un período de 50 años. Sin embargo, los resultados de las evaluaciones sísmicas muestran que, cuando la resistencia disponible es solo alrededor del 50 % del nivel requerido, se pueden esperar daños significativos durante un evento con un período de retorno de 50 años. Según el Manual técnico del modelo de riesgo sísmico de la FEMA (octubre de 2020), los cálculos para un terremoto con un intervalo de recurrencia de 50 años son los siguientes:

Ocupación: 200 estudiantes; nivel de riesgo: 10% de probabilidad de excedencia en 50 años.

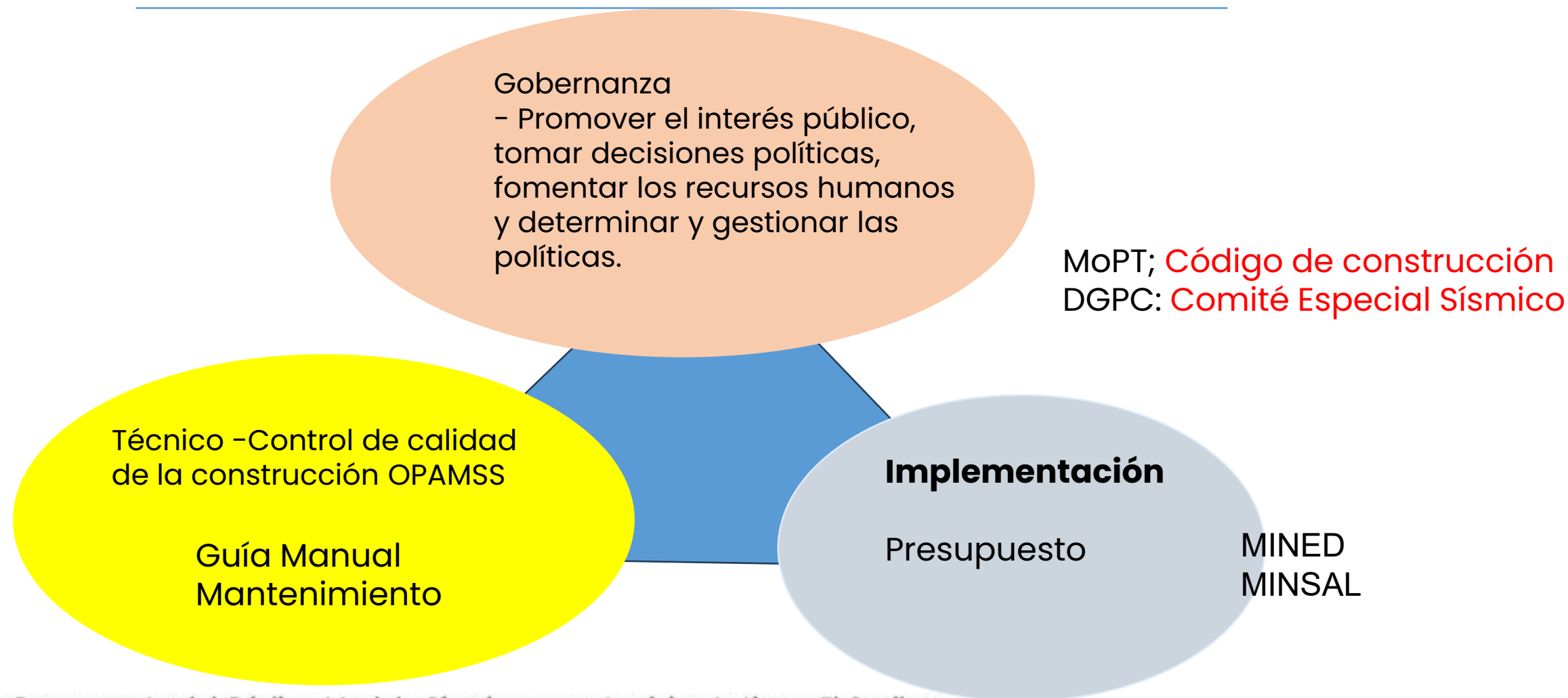
Condición	Nivel de daño	Pérdida estimada
Con reforzamiento	Daños estructurales menores	Menores a 10
Sin reforzamiento	Daño estructural completo (con derrumbe)	34,148,000

La superficie total construida es de 525 m², el costo es solo de la estructura.

Edificación	Costo total	Precio Unitario/por m²	Comentario
Construcción nueva	\$ 457,832.9	\$ 872.1/m²	Menos que el código de construcción
Reforzamiento A (Categoría 2)	\$ 257,452.45	\$ 490/m²	Encamisado de vigas y columnas
Reforzamiento B	\$ 114,914.97	\$ 219/m²	Recomendado por HOKYO

Es necesario coordinar los roles de seguridad de los edificios entre las organizaciones relacionadas.

Promoción de reforzamiento



No	Building Name	Institution	Construction year	Total floor area m ²	1 St Floor					2nd floor					3rd floor				
					IS		Iso	IS/Iso		IS		Iso	IS/ISO		IS		Iso	IS/ISO	
					X	Y	Io	X	Y	X	Y	Iso	X	Y	X	Y	Iso	X	Y
1	Teachers Education Center	MINED	1991-1992	2300	1.02	1.72	1.2	0.85	1.43	6.43	11.66	1.2	5.358	9.717					
2			1966		0.26	0.49	1.8	0.14	0.27	0.42	0.8	1.8	0.23	0.44					
3			1945	348.67															
4			Before 1994	462.23	0.22	0.28	1.2	0.18	0.23	0.31	0.55	1.2	0.258	0.458	0.43	0.7	1.2	0.358	0.583
5			Before 1994	313.66	0.44	0.27	1.2	1.63	0.23	1.66	2.11	1.2	1.383	1.758					
6				573.34	Irregular shape														
7			1959	1648.21	0.41	0.26	1.2	0.34	0.22	0.48	0.26	1.2	0.40	0.22	0.79	0.43	1.2	0.658	0.358
8			1993	1308	0.62	1.33	1.8	0.34	0.74	2.53	5.39	1.8	1.41	2.99					
9			1957		0.67	0.66	1.8	0.37	0.37	4.64	5.29	1.8	2.58	2.94					
10			1925	294	0.28	0.28	1.2	0.23	0.23	0.27	0.27	1.2	0.225	0.225	0.59	0.62	1.2	0.4917	0.5167
11			Before 1997	660	Irregular shape														
12			1930-1931		0.23	0.34	1.2	0.68	0.28	0.23	0.34	1.2	0.192	0.283					
13			1975	1395	0.59	0.91	1.8	0.65	0.51	1.05	0.72	1.8	0.583	0.400	2.88	3.92	1.8	1.60	2.18
14			1981	1602	0.37	0.66	1.8	0.56	0.37	0.46	0.82	1.8	0.256	0.456	1.75	2.69	1.8	0.97	1.49
15			1989-1991	612	0.84	1.25	1.8	0.67	0.69	1.68	2.48	1.8	0.932	1.378					
16			1965	1400															
17			1959	900															
18			1955	940.54	0.59	0.66	1.80	0.33	0.37	0.87	1.12	1.80	0.48	0.62					

Evaluación de edificios

El progreso de las escuelas reforzadas en Japón

Desde el terremoto de Kobe se han llevado a cabo obras de reforzamiento de escuelas

Daños sufridos por las escuelas en las grandes catástrofes de los últimos años

Categoría	2023
Escuelas primarias y secundarias	99.8%
Parvularia	98.3%

Terremoto	Fecha	Número de escuelas dañadas	Lesionados	Decesos	Progreso del reforzamiento
TOHOKU	11 de marzo de 2011	7.984	655	250	80%
Kumamoto	14 de abril de 2016	942	291	5	95%
Hokkaido	6 de septiembre de 2018	397	0	0	98%

Marco en El Salvador

La “Comisión Especial de Gestión de Riesgo Sísmico” fue establecida.

- Para que una ciudad sea resiliente frente a los terremotos, sus edificios e infraestructura deben fortalecerse contra eventos sísmicos. Esto incluye no solo escuelas, sino también hospitales y estaciones de bomberos.
- Sin embargo, los presupuestos disponibles para el gobierno y los ministerios son limitados, lo que hace difícil alcanzar la situación ideal, lo que a su vez requiere de un organismo coordinador.
- Es destacable el establecimiento de nuevas normas sísmicas bajo el MOPT y la formación de un comité especial bajo la DGPC, que promueve la colaboración entre ministerios para el reforzamiento sísmico.
- HOKYO tiene experiencia en medidas contra terremotos y, a través de este proyecto, se puede afirmar que ha logrado de manera suficiente su objetivo de difundir ese conocimiento especializado.
- Por otro lado, la forma de utilizar esa tecnología representa un desafío para el país, y se considera que las instituciones en El Salvador son más profesionales en este aspecto



COMISIÓN NACIONAL DE PROTECCIÓN CIVIL,
PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE DESASTRES
SESION EXTRAORDINARIA No 6
ACUERDOS: S.E. 5 DE SEPTIEMBRE 2023

El infrascrito Director General y Secretario Ejecutivo de la Comisión Nacional de Protección Civil, Prevención y Mitigación de Desastres, certifica que en el Libro de Actas que lleva la Comisión Nacional de Protección Civil, Prevención y Mitigación de Desastres, en el año 2023, se encuentra, el acta correspondiente a la Sesión Extraordinaria Número SEIS que la Comisión Nacional de Protección Civil, Prevención y Mitigación de Desastres, celebró el día cinco de septiembre las dieciséis horas con treinta minutos, en el cual consta en el romano IV) ACUERDOS: el acuerdo Único, que literalmente transcribo: "*****IV) ACUERDOS: "Aprobar la creación de la comisión especial de Gestión de Riesgo Sísmico con carácter permanente bajo la coordinación y conducción del Director General de Protección Civil e integrada por las siguientes direcciones e instituciones: a) Dirección General de Protección Civil, Prevención y Mitigación de Desastres, b) Dirección de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del MIGOBDT, c) Ministerio de Obras Públicas y Transporte, d) Ministerio de Vivienda, e) Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales, f) Ministerio de Hacienda, g) Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados, h) Oficina de Planificación del Área Metropolitana de San Salvador OPAMSS, i) Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador, j) Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Centroamericana "José Simeón Cañas", k) Asociación Salvadoreña de Ingenieros y Arquitectos ASIA, l) Cámara Salvadoreña de la Construcción CASALCO, m) Instituto Salvadoreño de la Construcción ISC, y n) Colegio de Arquitectos de El Salvador CADES. Al respecto la dirección general de protección civil deberá solicitar a cada titular de las anteriores instituciones, el nombramiento de dos representantes un propietario y un suplente para integrar dicha Comisión. Respecto a las competencias o funciones de dicha comisión deberán estar relacionadas con las acciones, estrategias y procesos dirigidos a reducir los impactos negativos de los terremotos o sismos en la comunidad, infraestructuras y recursos, por tal motivo la dirección general deberá presentar para aprobación de esta comisión un instructivo que describa las funciones, tareas o competencias dirigidas a cumplir con el propósito anterior.*****" y para constancia, extendiendo, firmo y sello la presente certificación a ocho días del mes de septiembre de dos mil veintitrés.


LIC. LUIS ALONSO AMAYA DURÁN
DIRECTOR GENERAL DE PROTECCIÓN CIVIL Y
SECRETARIO EJECUTIVO DE LA COMISIÓN NACIONAL DE PROTECCIÓN CIVIL,
PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE DESASTRES

www.proteccioncivil.gob.sv / @procivilsv
9a. Calle Poniente y 15 Avenida Norte, Centro de Gobierno, San Salvador
Teléfono 25112714

8ª Jornada de la Comisión Permanente del Código Modelo Sísmico para América Latina y El Caribe

どうもありがとうございます
Gracias por su atención



8ª JORNADA
**COMISIÓN
PERMANENTE**
del Código Modelo Sísmico para
América Latina y El Caribe

