



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

Resiliencia y gestión financiera del riesgo sísmico

TESIS

Que para obtener el título de

Ingeniero Civil

P R E S E N T A

José Manuel Arroyo Moreno

DIRECTOR DE TESIS

Dr. Eduardo Reinoso Angulo



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2023

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Universidad Nacional Autónoma de México que, a través de la Facultad de Ingeniería, me ha brindado una formación integral de excelencia académica con sentido ecológico, ético y humanista que siempre implementaré en mi trayectoria profesional y vida personal.

Agradezco al Instituto de Ingeniería de la UNAM por ser formador de nuevas generaciones de ingenieros e investigadores de alta calidad comprometidos con el país, especialmente por contribuir con mi desarrollo profesional desde que realicé mi servicio social y por el apoyo que me brindó con los recursos económicos y materiales que han hecho posible esta tesis.

Mi más sincero agradecimiento al Dr. Eduardo Reinoso Angulo por su apoyo académico-moral y por compartir conmigo sus consejos para la realización de esta tesis. Asimismo, agradezco el entusiasmo y la experiencia que transmite en cada una de sus investigaciones, las cuales son siempre una fuente de inspiración.

Agradezco al Dr. Eric Fernando Espinosa Cazarín por el tiempo, por la paciencia, por su ardua labor de revisión y por las críticas constructivas proporcionadas durante el desarrollo de esta tesis. También, agradezco la amistad y la motivación que me transmite al trabajar.

Agradezco la participación de la M. A. Laura Minerva Roldán Morales, el M. I. Octavio García Domínguez, el Dr. Mauro Pompeyo Niño Lázaro y el Dr. Miguel Ángel Jaimes Téllez por integrar el grupo de sinodales para esta tesis.

Finalmente, quiero agradecer lo que aprendí de mis compañeros y profesores, pues sus consejos, sin duda, ayudaron a forjar mi camino por la Facultad de Ingeniería.

DEDICATORIA

*Para José, Paula,
Jesús, Diego
y Diana*

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	v
ABSTRACT	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
ÍNDICE DE GRÁFICAS	ix
ÍNDICE DE TABLAS	xi
INTRODUCCIÓN	1
II. SISMICIDAD DE MÉXICO	4
II.1 Introducción	5
II.2 Placas tectónicas de México.....	5
II.3 Faja Volcánica Transmexicana	6
II.4 Límites de las placas	6
II.4.1 Límite divergente	6
II.4.2 Límite convergente.....	7
II.4.3 Límite transformante	8
II.5 Zona geotécnica.....	9
II.6 Fuentes sísmicas.....	10
II.7 Tipos de sismos	10
II.8 Magnitud e intensidad	10
II.9 Réplicas	11
III. PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE DESASTRES EN MÉXICO	12
III.1 Introducción	13
III.2 Servicio Sismológico Nacional	13
III.2.1 Red de Banda Ancha	14
III.2.2 Red del Valle de México.....	15
III.2.3 Red Sísmica del Tacaná	16
III.2.4 Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty Organization.....	17
III.3 Centro de Instrumentación y Registro Sísmico.....	19
III.3.1 Red Acelerográfica de la Ciudad de México.....	19
III.3.2 Sistema de Alerta Sísmica Mexicano.....	20
III.3.3 Sistema Acelerométrico Digital para Estructuras.....	21
III.4 Protección Civil.....	22
III.4.1 Tareas	22
III.4.2 Comité de Prevención de Seguridad Civil	23
III.4.3 Sistema Nacional de Protección Civil	23
III.5 Centro Nacional de Prevención de Desastres.....	23
III.5.1 Atlas Nacional de Riesgos.....	24
III.6 Programa 100 Ciudades Resilientes	25
III.6.1 Estrategia de resiliencia.....	25
III.6.2 Agencia de Resiliencia de la Ciudad de México	25
III.7 Fondo de Atención a los Desastres Naturales en la Ciudad de México	26
III.7.1 Reglas de operación	26
III.7.2 Beneficios.....	26
III.8 Centro de investigaciones de la UNAM.....	26
III.8.1 Instituto de Ingeniería.....	26

III.8.2	Instituto de Geofísica	27
III.8.3	Instituto de Geología	27
III.9	Evaluación de Riesgos Naturales	27
III.9.1	Software ERN	28
IV.	SISMOS DE SEPTIEMBRE DE 2017.....	29
IV.1	Introducción	30
IV.2	Sismología: periodo 1990-2022	30
IV.2.1	Años con la mayor frecuencia de eventos sísmicos	31
IV.2.2	Sismos de $M_w \geq 7.0$	32
IV.2.3	Sismicidad total de 2017	33
IV.2.4	Sismicidad de septiembre de 2017	34
IV.3	Sismo del 7 de septiembre de 2017	35
IV.3.1	Reporte de estaciones acelerográficas	36
IV.3.2	Análisis de daños.....	40
IV.3.2.1	Chiapas	40
IV.3.2.2	Ciudad de México	42
IV.3.2.3	Estado de México	42
IV.3.2.4	Oaxaca.....	43
IV.3.2.5	Puebla.....	44
IV.3.2.6	Tabasco.....	45
IV.4	Sismo 19 de septiembre de 2017.....	45
IV.4.1	Reporte de estaciones acelerográficas	46
IV.4.2	Análisis de daños.....	50
IV.4.2.1	Ciudad de México	51
IV.4.2.2	Estado de México	57
IV.4.2.3	Morelos.....	61
IV.4.2.4	Puebla.....	62
V.	GESTIÓN FINANCIERA PARA LA RECONSTRUCCIÓN DE LA CIUDAD DE MÉXICO	65
V.1	Introducción	66
V.2	Comisión para la Reconstrucción de la Ciudad de México.....	66
V.2.1	Principios.....	66
V.2.2	Directrices generales	67
V.2.3	Cobertura.....	68
V.2.4	Órganos colegiados y mesas de trabajo.....	68
V.2.5	Fideicomiso para la reconstrucción.....	72
V.2.5.1	Gasto comprometido	73
V.2.5.2	Saldo inicial y depósitos.....	73
V.2.5.3	Intereses acumulados.....	74
V.2.5.4	Aportaciones del Gobierno.....	75
V.2.5.5	Ingreso total.....	75
V.2.5.6	Gasto para la reconstrucción, rehabilitación y otros	76
V.2.5.7	Gasto para el apoyo a rentas.....	76
V.2.5.8	Gasto operativo y otros gastos.....	77
V.2.5.9	Gasto ejercido total.....	78
V.2.5.10	Saldo final	79

V.3	Fideicomiso Fuerza México	80
V.3.1	Fuerza México en la reconstrucción.....	81
V.3.2	Aportaciones por entidad federativa.....	81
V.3.3	Gasto de evaluación de daños	83
V.3.4	Apoyos parciales inmediatos.....	83
V.3.5	Gasto de la reconstrucción	84
V.3.6	Monto autorizado federal	85
V.3.7	Recursos federales y estatales	86
V.3.8	Monto ejercido	86
V.3.9	Comparativa de los recursos federales	87
V.3.10	Apoyos de emergencia	88
V.3.10.1	Gobiernos y organizaciones	89
V.3.10.2	Apoyo técnico	90
V.3.10.3	Donaciones en especie.....	90
V.3.11	Principales organizaciones y fundaciones.....	91
V.3.11.1	Cruz Roja Mexicana.....	91
V.3.11.2	UNICEF México	92
V.3.11.3	Fundación Carlos Slim	92
V.3.12	Donaciones de la banca nacional.....	95
V.3.12.1	Banorte	96
V.3.12.2	BBVA.....	96
V.3.12.3	Citibanamex	97
V.3.12.4	Santander	97
V.3.13	Empresas	98
V.3.13.1	Fundación Televisa.....	98
V.3.13.2	Fundación Azteca.....	99
VI.	RESILIENCIA FINANCIERA	100
VI.1	Introducción	101
VI.2	Resiliencia financiera.....	102
VI.3	Protección financiera ante sismos futuros.....	102
VI.3.1	Tipos de seguros.....	103
VI.3.2	Contratación general de un seguro	104
VI.3.3	Procedimiento general para el cobro de la póliza.....	104
VI.3.3.1	Cláusulas abusivas.....	105
VI.4	Aseguramiento de inmuebles en México	105
VI.4.1	Experiencia internacional	106
VI.5	Seguro paramétrico	107
VI.5.1	Índice detonante	107
VI.5.2	Tipos de índices detonantes.....	107
VI.5.3	Requisitos	108
VI.5.4	Operación	109
VI.5.5	Ventajas.....	109
VI.6	Seguro para temblor Súper.....	110
VI.6.1	Modo de operación.....	110
VI.6.2	Medición de la intensidad sísmica.....	110
VI.6.3	Método de contratación.....	111
VI.6.4	Beneficios.....	111

VI.6.5	Precio de la póliza	111
VI.6.6	Autorización del pago de la póliza	111
VI.6.7	Seguro Súper en los sismos de 2017	112
VI.7	Crédito hipotecario	113
VI.7.1	Seguro de daños asociado al crédito hipotecario.....	114
VI.7.1.1	Desventajas del seguro de daños	114
VI.8	Aseguramiento para ciudades.....	115
VI.8.1	Efectos positivos en la gestión integral de riesgos	115
VI.9	Bono catastrófico.....	116
VI.9.1	Implementación internacional	116
VI.9.1.1	Bono catastrófico “FONDEN 2017”	117
VI.9.1.2	Alianza del Pacífico.....	118
VI.9.1.3	Programa MultiCat	118
CONCLUSIONES		120
REFERENCIAS		123

RESUMEN

Este trabajo presenta las principales patologías estructurales clasificadas por Evaluación de Riesgos Naturales (ERN), derivadas de los sismos ocurridos en México durante septiembre de 2017 que afectaron gravemente a los inmuebles y que ocasionaron el colapso parcial o total de los mismos. Posteriormente, se desglosaron los costos de la gestión financiera a través de los fideicomisos administrados por la Comisión para la Reconstrucción de la Ciudad de México (CRCDMX) y por la plataforma Fuerza México, destinados a resarcir los daños en diferentes entidades federativas declaradas en estado de desastre y emergencia, como Chiapas, Ciudad de México (CDMX), Estado de México, Morelos, Oaxaca y Puebla. Finalmente, a través de la resiliencia financiera¹, se presentaron diferentes tipos de aseguramientos para inmuebles como una alternativa para mitigar las pérdidas económicas de la reconstrucción.

Los daños que presentaron los inmuebles, a raíz de los sismos de septiembre de 2017, se revisaron directamente de la base de datos de la plataforma Fuerza México. Esta base de datos se integra con información oficial proporcionada por el Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos (Banobras), el Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), la Secretaría de Cultura, la Secretaría de Gobernación, la Secretaría de Relaciones Exteriores (SRE) y la Secretaría de Salud. Asimismo, gracias a la base de datos publicada por ERN fue posible observar que los inmuebles unifamiliares y multifamiliares presentan el mayor número de patologías estructurales que ponen en peligro a sus ocupantes. Por lo tanto, se deben ejecutar líneas de acción que implementen instrumentos financieros como los seguros contra daños para el sector vivienda.

Al 30 de junio de 2022 el ingreso total del fideicomiso de la CRCDMX fue de \$8,218,569,020.95 pesos. La CRCDMX se comprometió a ejercer \$8,152,445,680.58 pesos para resarcir las afectaciones por el sismo del 19 de septiembre de 2017 en la Ciudad de México. El gasto ejercido, principalmente en viviendas unifamiliares y multifamiliares, fue de \$7,382,988,787.92 pesos y se aplicó en tres grandes grupos: 1) el apoyo a rentas por \$1,167,488,000.00 pesos; 2) la reconstrucción, rehabilitación, supervisión y demolición de inmuebles con \$6,205,081,425.96 pesos y 3) los gastos operativos por \$10,419,361.96 pesos.

Del fideicomiso administrado por la plataforma Fuerza México se ejercieron \$15,458,404,305.98 pesos distribuidos en distintos sectores afectados, considerando a los sismos del 7 y 19 de septiembre de 2017. El sector vivienda con \$7,265,008,648 pesos, el sector educativo con \$3,993,154,305 pesos y el sector carretero con \$1,486,775,450 pesos fueron los principales sectores que resultaron beneficiados por este fideicomiso.

Finalmente, el Gobierno Federal tiene por ley la obligación de asegurar su patrimonio, así como fomentar alternativas mediante la implementación de instrumentos financieros con el fin de concientizar a la población vulnerable sobre la tenencia de un seguro que proteja sus bienes. Para fomentar dichas alternativas se debe trabajar en el diseño e implementación de seguros tradicionales, seguros paramétricos y bonos catastróficos que permitan la obtención de elementos para el diseño de esquemas de protección de la infraestructura a cargo de los Estados.

¹ Capacidad que tiene una persona de afrontar los episodios de su vida que afectan negativamente a sus ingresos o activos (BBVA, 2020).

ABSTRACT

This paper presents the main structural pathologies classified by Natural Risk Assessment (abbreviated to ERN in Spanish), derived from the earthquakes that occurred in Mexico in September 2017 that seriously affected properties and caused their partial or total collapse. Subsequently, the costs of financial management were broken down through the trusts administered by the Commission for the Reconstruction of Mexico City (CRCDMX) and by the Fuerza México platform aimed at the compensation of the damages in different federal entities declared in a state of disaster and emergency, such as Chiapas, Mexico City (CDMX), State of Mexico, Morelos, Oaxaca and Puebla. Finally, through financial resilience¹, different types of insurance for real estate were presented as an alternative to mitigate the economic losses of reconstruction.

The damages presented by the properties, as a result of the September 2017 earthquakes, were reviewed directly from the database of the Fuerza México platform. This database is integrated with official information provided by the National Bank of Public Works and Services (abbreviated to Banobras in Spanish), the Mexican Social Security Institute (abbreviated to IMSS in Spanish), the Ministry of Culture, the Ministry of the Interior, the Ministry of Foreign Affairs (abbreviated to SRE in Spanish) and the Ministry of Health. Likewise, thanks to the database published by ERN, it was possible to observe that single-family and multi-family buildings present the highest number of structural pathologies that endanger their occupants. Therefore, lines of action should be taken to implement financial instruments such as damage insurance for the housing sector.

As of June 30, 2022, the total income of the CRCDMX trust was \$8,218,569,020.95 pesos. The CRCDMX committed to exercising \$8,152,445,680.58 pesos to compensate for the damages of the September 19, 2017 earthquake in Mexico City. The expenditure exercised, mainly in single-family and multi-family housing, was \$7,382,988,787.92 pesos and was applied in three major groups: 1) income support for \$1,167,488,000.00 pesos; 2) reconstruction, rehabilitation, supervision, and demolition of properties with \$6,205,081,425.96 pesos and 3) operating expenses for \$10,419,361.96 pesos.

From the trust administered by the Fuerza Mexico platform, \$15,458,404,305.98 pesos were distributed in different affected sectors, considering the earthquakes of September 7 and 19, 2017. The housing sector with \$7,265,008,648 pesos, the education sector with \$3,993,154,305 pesos, and the road sector with \$1,486,775,450 pesos were the main sectors that benefited from this trust.

Finally, the Federal Government has the obligation by law to insure its assets, as well as to promote alternatives through the implementation of financial instruments to raise awareness among the vulnerable population about holding insurance to protect their assets. In order to promote such alternatives, work must be done on the design and implementation of traditional insurance, parametric insurance and catastrophic bonds that will enable States to design infrastructure protection schemes.

¹ Capacity to cope with life episodes that negatively affect his or her income or assets (BBVA, 2020).

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura II.1. Placas tectónicas, regiones sísmicas y principales volcanes de México	5
Figura II.2. Movimiento de divergencia en las placas tectónicas.....	7
Figura II.3. Movimiento de convergencia en las placas tectónicas.....	7
Figura II.4. Movimiento transformante en las placas tectónicas.....	8
Figura II.5. Mapa de zonificación geotécnica de la Ciudad de México	9
Figura III.1. Entidades federativas con estaciones sismológicas autónomas (1910-1923)	14
Figura III.2. Estaciones de la Red de Banda Ancha.....	15
Figura III.3. Estaciones de la Red del Valle de México.....	16
Figura III.4. Estaciones de la Red del Tacaná.....	17
Figura III.5. Estaciones de la CTBTO.....	18
Figura III.6. Ubicación de las estaciones de la RACM	20
Figura III.7. Ubicación de los sensores en servicio y propuestos del SASMEX	21
Figura IV.1. Ubicación de los eventos sísmicos en todo septiembre de 2017	35
Figura IV.2. Estaciones sismo sensoras del SASMEX, sismo 07/09/17	36
Figura IV.3. Intensidad de la Aceleración Máxima del Suelo (PGA), sismo 07/09/17	37
Figura IV.4. Aceleraciones reportadas por las estaciones de la RACM	38
Figura IV.5. Acelerogramas registrados por la estación CT64, componente N-S, V y E-O; sismo del 07/09/17.....	39
Figura IV.6. Acelerogramas registrados por la estación TH35, componente N-S, V y E-O; sismo del 07/09/17.....	40
Figura IV.7. Iglesia de Santa Lucía en San Cristóbal de las Casas, Chiapas	42
Figura IV.8. Puente en construcción de la nueva autopista Pirámides-Texcoco.....	43
Figura IV.9. Palacio Municipal de Juchitán, Oaxaca	44
Figura IV.10. Templo San Vicente Ferrer, Juchitán, Oaxaca	44
Figura IV.11. Torre Zafiro en Villahermosa, Tabasco.....	45
Figura IV.12. Estaciones sismo sensoras del SASMEX, sismo 19/09/17.....	46
Figura IV.13. Mapa de Intensidad de la Aceleración Máxima del Suelo (PGA), sismo 19/09/17	47
Figura IV.14. Aceleraciones reportadas por las estaciones de la RACM	48
Figura IV.15. Acelerogramas registrados por la estación CT64, componente N-S, V y E-O, sismo del 19/09/17.....	49
Figura IV.16. Acelerogramas registrados por la estación CH84, componente N-S, V y E-O, sismo del 19/09/17.....	50
Figura IV.17. Inmuebles con colapso total en la CDMX, sismo 19/09/17	51

Figura IV.18. Departamentos en Edimburgo No. 4, CDMX	53
Figura IV.19. Departamentos en Escocia No. 4, CDMX	54
Figura IV.20. Colegio Rébsamen, CDMX	54
Figura IV.21. Comercio en Medellín No. 176, CDMX	55
Figura IV.22. Centro Quiropráctico Montaña, CDMX	56
Figura IV.23. Iglesia San Gregorio Magno, CDMX	57
Figura IV.24. Inmuebles con colapso total en el Estado de México, sismo 19/09/17	58
Figura IV.25. Casa habitación en Joquicingo, Estado de México	59
Figura IV.26. Casa habitación en Joquicingo, Estado de México	60
Figura IV.27. Primaria Generalísimo Morelos, Estado de México	61
Figura IV.28. HGRMF No. 7 de Cuautla, Morelos	62
Figura IV.29. Inmuebles con colapso total en Puebla, sismo 19/09/17	63
Figura IV.30. Casa habitación en Cohetzala, Puebla	64
Figura IV.31. Paletería Chietla, Puebla	64
Figura V.1. Principios de la CRCDMX	67
Figura V.2. Etapas del programa de reconstrucción	67
Figura V.3. La CDMX dividida por zonas para la cobertura de la CRCDMX	68
Figura V.4. Órganos colegiados y mesas de trabajo de la CRCDMX (a)	69
Figura V.5. Órganos colegiados y mesas de trabajo de la CRCDMX (b)	70
Figura V.6. Órganos colegiados y mesas de trabajo de la CRCDMX (c)	71
Figura V.7. Componentes de un fideicomiso	72
Figura V.8. Organismos que integran Fuerza México	80
Figura V.9. Entidades federativas con el número de escuelas entregadas por BBVA	96
Figura V.10. Viviendas entregadas por la Fundación Azteca en 2020	99
Figura VI.1. Principales tipos de seguros en México	103
Figura VI.2. Tipos de disparadores	108

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica IV.1. Años con el mayor número de sismos por intervalo de magnitud (1990-2022)	31
Gráfica IV.2. Los cinco años con la mayor cantidad de sismos en México, sin importar su magnitud (1990-2022).....	32
Gráfica IV.3. Total de sismos con $7.0 \leq M_w \leq 7.9$ y $8.0 \leq M_w \leq 8.9$ (1990–2022).....	33
Gráfica IV.4. Sismicidad total de 2017	33
Gráfica IV.5. Epicentros para septiembre de 2017 [%]	34
Gráfica IV.6. Tiempo de alertamiento preliminar, sismo 07/09/17	36
Gráfica IV.7. Estimación de daños por sector en Chiapas, sismo 07/09/17.....	41
Gráfica IV.8. Estimación de daños por sector en Oaxaca, sismo 07/09/17.....	43
Gráfica IV.9. Tiempo de alertamiento preliminar, sismo 19/09/17	46
Gráfica IV.10. Alcaldías de la CDMX considerando inmuebles con colapso total, sismo 19/09/17.....	52
Gráfica IV.11. Distribución de 41 inmuebles colapsados por uso en la CDMX, sismo 19/09/17	52
Gráfica IV.12. Estimación de daños por sector en el Estado de México, sismo 19/09/17	57
Gráfica IV.13. Estimación de daños por sector en Morelos, sismo 19/09/17	61
Gráfica IV.14. Estimación de daños por sector en Puebla, sismo 19/09/17.....	62
Gráfica V.1. Gasto comprometido por la CRCDMX [MXN]	73
Gráfica V.2. Depósitos (otros ingresos) de la CRCDMX [MXN]	74
Gráfica V.3. Intereses mensuales periodo 2019–2022 [MXN]	74
Gráfica V.4. Intereses anuales periodo 2019–2022 [MXN].....	75
Gráfica V.5. Aportación del Gobierno de la CDMX (FONDEN) [MXN].....	75
Gráfica V.6. Gasto ejercido rec/reh/otros [MXN].....	76
Gráfica V.7. Apoyo a renta mensual 2019–2022 [MXN]	77
Gráfica V.8. Apoyo a renta anual 2019–2022 [MXN].....	77
Gráfica V.9. Gasto operativo 2019–2022 [MXN].....	78
Gráfica V.10. Comisiones bancarias 2019–2022 [MXN]	78
Gráfica V.11. Gasto ejercido total 2019–2022 [MXN].....	79
Gráfica V.12. Comparativa entre el gasto comprometido y el ejercido 2019–2022 [MXN]	80
Gráfica V.13. Sectores apoyados por su respectiva entidad federativa, caso sismo 07/09/2017 [mdp]	81
Gráfica V.14. Sectores apoyados por su respectiva entidad federativa, caso sismo 19/09/2017 [mdp]	82
Gráfica V.15. Total de las aportaciones estatales para ambos sismos [MXN].....	83
Gráfica V.16. Gastos de evaluación de daños autorizados por estado [mdp]	83
Gráfica V.17. Apoyos parciales inmediatos autorizados por estado [MXN]	84
Gráfica V.18. Estados que autorizaron un monto para la reconstrucción por sector [mdp].....	85

Gráfica V.19. Monto ejercido por estado para cada sector [MXN]	87
Gráfica V.20. Comparativa de los recursos federales [MXN]	88
Gráfica V.21. Aportaciones internacionales [MXN].....	89
Gráfica V.22. Apoyos en especie para cada sismo [MXN].....	91
Gráfica V.23. Recursos asignados al 28 de febrero de 2022 [MXN].....	93
Gráfica V.24. Recursos acumulados al 28 de febrero de 2022 [MXN]	93
Gráfica V.25. Egresos a la fecha [MXN]	94
Gráfica V.26. Inversión egresada al 28/02/22.....	94
Gráfica V.27. Saldo mensual del Fondo México Unido 2017–2022 [MXN].....	95
Gráfica V.28. Alumnos beneficiarios del Programa de Reconstrucción de Escuelas 2017–2021 BBVA	97
Gráfica V.29. Viviendas donadas por Santander en 2019.....	98
Gráfica V.30. Viviendas entregadas por Santander durante 2018-2019	98
Gráfica V.31. Inversión realizada a los sectores beneficiarios por Televisa en 2019 [MXN]	99
Gráfica VI.1. Resiliencia sísmica.....	101
Gráfica VI.2. Número de quejas por concepto.....	105
Gráfica VI.3. Prima emitida por canal de venta o distribución [%]	106
Gráfica VI.4. Motivos por los que no se cuenta con seguro en México.....	106
Gráfica VI.5. Monto máximo anual o por sismo para pólizas con suma asegurada de \$500,000 pesos	112
Gráfica VI.6. Pérdidas de daños estimadas por aseguradoras [en mdd]	118

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla V.1. Pasos para la atención de los sismos de septiembre de 2017	89
Tabla V.2. Donativos en especie por país	90
Tabla VI.2. Detalle de cobertura del seguro para temblor Súper	112
Tabla VI.3. Escenarios hipotéticos de la cobertura del seguro Súper con pólizas de hasta \$500,000 pesos como pago máximo	113
Tabla VI.4. Cobertura y condiciones de MultiCat	118

INTRODUCCIÓN

A través de una investigación cuantitativa se identificarán los daños a la infraestructura derivados de los sismos ocurridos en México durante septiembre de 2017. Con ello, se revisará la gestión financiera de los fideicomisos destinados a la reconstrucción y recuperación de las entidades federativas declaradas en desastre y emergencia. Finalmente, a través de la resiliencia financiera se propondrán diferentes tipos de aseguramiento para inmuebles como una alternativa para mitigar las pérdidas económicas de la reconstrucción.

Objetivos específicos de este trabajo de tesis:

1. Recopilar los daños y las patologías estructurales de los inmuebles destinados al uso de escuelas, hospitales, locales comerciales, monumentos históricos y viviendas (unifamiliares y multifamiliares) que tuvieron afectaciones considerables durante los sismos de septiembre de 2017.
2. Revisar los fideicomisos administrados por la Comisión para la Reconstrucción de la Ciudad de México y por la plataforma Fuerza México, mismos que se implementaron desde noviembre de 2017 hasta junio de 2022.
3. Proponer y analizar las mejores estrategias encaminadas al fortalecimiento de la gestión financiera del riesgo¹ sísmico para inmuebles ubicados en zonas vulnerables. Se compararán líneas de acción: el aseguramiento tradicional, los seguros paramétricos, el seguro contra daños asociado al crédito hipotecario y el aseguramiento de ciudades mediante alianzas internacionales.

El aseguramiento de los inmuebles en México, a través de la contratación de un seguro contra daños sísmicos, es una alternativa poco implementada pero muy aceptada desde la perspectiva de la resiliencia financiera. Según la CONDUSEF (2018), en la Ciudad de México existen 2,453,770 inmuebles conformados entre viviendas unifamiliares y multifamiliares, de los cuales, únicamente 318,990 (13 %) cuentan con un seguro contra daños. No obstante, los beneficios de contar con pólizas de tales características son la reducción de la vulnerabilidad económica del asegurado, la accesibilidad para cualquier tipo de persona (ya sea física o moral) y, en algunos casos, la omisión de una evaluación estructural del inmueble a asegurar antes y después de la ocurrencia de un evento sísmico.

Con esta tesis se pretende que el aseguramiento de inmuebles, a través de la contratación de un seguro contra daños, logre trascender de manera positiva en la sociedad y que con ello se evite considerar al aseguramiento como algo costoso e innecesario. Se sostiene lo anterior con base en la encuesta que realizó la CONDUSEF (2017) sobre los principales motivos por los cuales no se contrata un seguro en México. Se destacan: 1) considera que una póliza resulta muy costosa (28 % de los encuestados); 2) desconoce los productos financieros o cómo funcionan (25 %); 3) considera que no es necesario (23 %).

Adicionalmente, en este trabajo de tesis se idealiza que la contratación de este tipo de pólizas logrará mitigar la mala e ineficiente gestión financiera de algunas entidades gubernamentales destinadas a resarcir los costos de la reconstrucción y recuperación del país tras los sismos de septiembre de 2017, pues esta alternativa actúa de manera excelente cuando la extensión y la severidad de los daños rebasan la capacidad de atención inmediata de las autoridades. Por lo tanto, la resiliencia financiera es indispensable, pues, con ella, los recursos se canalizarían a los sectores que requieren mayor prioridad. Esto se traduce en resarcir los daños, restablecer las condiciones de normalidad social y económica en las zonas afectadas. Finalmente, se deben establecer estrategias y programas enfocados en la prevención y la atención de amenazas naturales.

¹ Indicador probabilístico de los daños que pueden presentarse como consecuencia de la ocurrencia de los fenómenos naturales generados por las fuentes de amenazas naturales (Esteve, 2008).

Ahora bien, como señalan León y Ordaz (2021), es complicado integrar las pérdidas económicas ocasionadas por sismos teniendo como base únicamente a la información histórica. Esto es debido a la irregularidad de ocurrencia de los eventos catastróficos, la información relevante escasa y la complicada tarea de distinguir entre pérdidas directas e indirectas. No obstante, el Gobierno de México ha hecho un buen trabajo gracias a la creación de programas de atención y prevención ante las amenazas naturales desde el terremoto de 1985. En ese sentido, es necesario implementar la construcción de modelos de ingeniería para estimar las pérdidas indirectas.

Con los resultados de esta investigación, se pretende lograr un aumento del nivel de resiliencia financiera en las zonas de mayor riesgo. Finalmente, se busca proporcionar al lector una perspectiva informada para entender que el aseguramiento de los inmuebles debe ser una estrategia práctica y preventiva. Esto es debido a que la implementación de estas alternativas busca disminuir el tiempo de reactivación de las actividades y las pérdidas secundarias, especialmente para inmuebles destinados al uso de locales comerciales y viviendas, dado que, a raíz de los sismos ocurridos en México durante septiembre de 2017, según Ortiz y Reinoso (2020), estos dos sectores tuvieron pérdidas por interrupción en sus actividades.

La realización de esta tesis fue posible gracias a que se consultó la literatura necesaria por medios físicos y electrónicos, y a que actualmente se cuenta con la experiencia y el trabajo multidisciplinario de grandes investigadores como el Dr. Mario Ordaz Schroeder y el Dr. Eduardo Reinoso Angulo que realizaron estudios necesarios para evaluar riesgos en México. Las facilidades de obtención de datos de carácter confiable y con validez oficial fueron proporcionados por Evaluación de Riesgos Naturales, al contar con una amplia base de datos de inmuebles afectados tras varios sismos. Gracias a Super Seguros, Agente de Seguros, quienes brindaron la asesoría para la contratación de su póliza. También, agradecer a la red mexicana de la Alianza del Sector Privado para Sociedades Resilientes ante Desastres (ARISE MX), por compartir su más reciente investigación, a la fecha de publicación de esta tesis: “*Manual de mejores prácticas para los seguros paramétricos de atención de catástrofes: análisis de punta a punta*”. Finalmente, la recopilación de los datos para el fideicomiso del capítulo 5 se logró gracias a la publicación de datos abiertos por parte de la Comisión para la Reconstrucción de la Ciudad de México y a la plataforma Fuerza México.

Este trabajo de tesis se conforma por una estructura de siete capítulos:

- En el primer capítulo, *Introducción*, se establece el objetivo general y los objetivos específicos, el alcance y algunas limitaciones de la tesis.
- En el segundo capítulo, *Sismicidad de México*, se exhiben las causas principales de la sismicidad, los fundamentos del origen del peligro y las amenazas naturales de tipo geológicas de nuestro país.
- En el tercer capítulo, *Prevención y atención de desastres en México*, se describen los programas, las actividades y estrategias de instituciones gubernamentales, no gubernamentales y académicas; encaminadas al fortalecimiento de la prevención ante las amenazas naturales en México.
- En el cuarto capítulo, *Sismos de septiembre de 2017*, se abordan algunas estadísticas desde el punto de vista de la sismología, se realiza un análisis de daños a los inmuebles ubicados en algunos estados que presentaron afectaciones tras los eventos sísmicos ocurridos durante el mes de septiembre de 2017 en México.
- En el quinto capítulo, *Gestión financiera para la reconstrucción de la Ciudad de México*, se examinan los fideicomisos administrados financieramente por la Comisión para la Reconstrucción de la Ciudad de México y la plataforma Fuerza México.
- En el sexto capítulo, *Resiliencia financiera*, se proponen alternativas a través de la opción de seguros contra daños a los inmuebles.
- En el séptimo capítulo se reflexiona puntualmente y se exponen las conclusiones.

II. SISMICIDAD DE MÉXICO

II.1 Introducción

Este capítulo se desarrollará a través de un enfoque sistémico, permitiendo exhibir las causas principales de la sismicidad. Por lo tanto, el objetivo es conocer los fundamentos del origen del peligro y las amenazas naturales, principalmente geológicas, de nuestro país; puesto que es necesario evaluar estos dos aspectos para una mejor toma de decisiones encaminadas hacia la cultura de la prevención.

II.2 Placas tectónicas de México

México es un referente para los países que deseen realizar estudios con el fin de proponer, mejorar y brindar soluciones para la atención y prevención de amenazas naturales; especialmente ante un evento sísmico. No es de extrañarse que históricamente la sociedad ha sido víctima de innumerables catástrofes derivadas de los movimientos telúricos, puesto que en el país convergen varias placas tectónicas (Figura II.1), las cuales son: la placa Norteamericana; que abarca la mayor extensión del territorio nacional, la placa del Pacífico, la placa de Rivera, la placa del Caribe y la placa de Cocos.

Las placas tectónicas se mueven de manera discontinua, separándose una centésima de milímetro al año a causa de movimientos lentos en algunas zonas y 10 centímetros al año debido a movimientos rápidos en otras (Servicio Geológico Mexicano, 2017b). En la Figura II.1 se aprecian las principales regiones sísmicas, mismas que guardan una relación con los límites de las placas, así como con la posición de las cadenas montañosas y volcánicas.

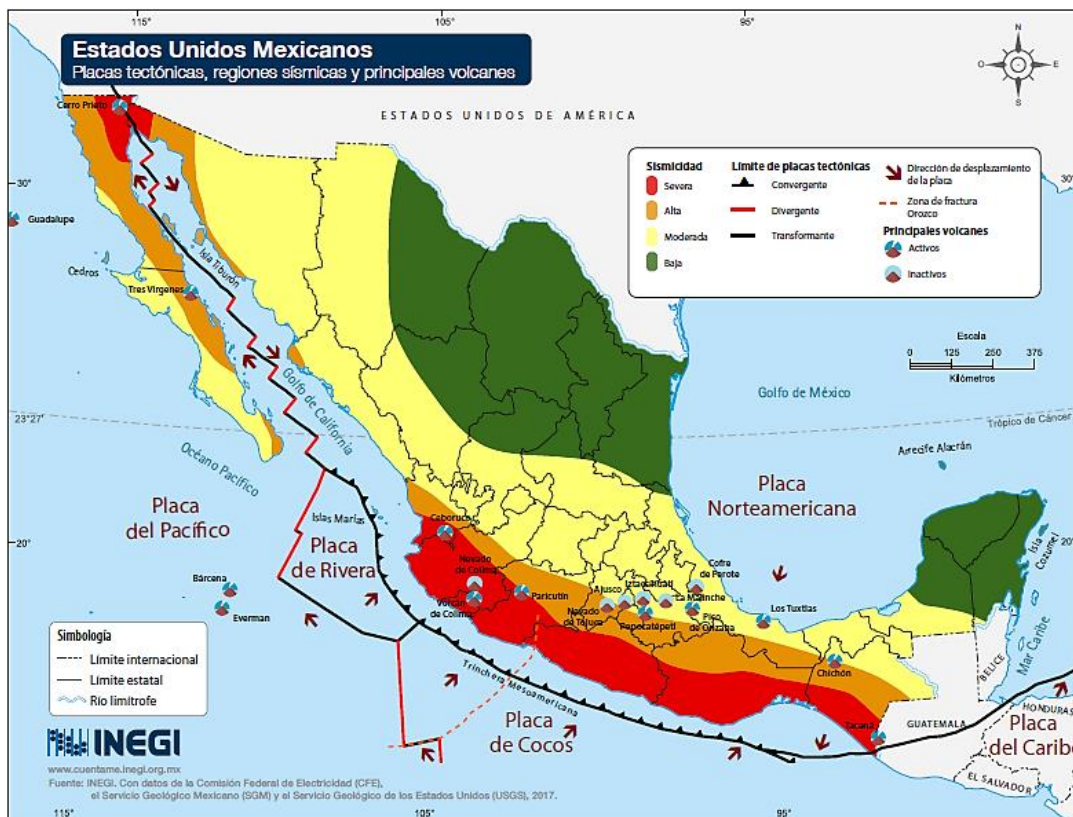


Figura II.1. Placas tectónicas, regiones sísmicas y principales volcanes de México

(INEGI, 2017)

Una zona de sismicidad severa es la que presenta sismos con mayor frecuencia, intensidad y magnitud. De acuerdo con la Figura II.1, los estados de la república que comprenden dicha zona sísmica son: Baja California, Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero, Oaxaca y Chiapas. En la zona de sismicidad baja existen sismos que por lo regular no llegan a percibirse y no son considerados una amenaza.

II.3 Faja Volcánica Transmexicana

Los movimientos tectónicos debidos a la interacción entre las placas producen deformaciones en los límites. Estos movimientos pueden ser divergentes, convergentes o deslizamientos laterales, lo cual permite que los límites de las placas conformen una gran parte de la actividad volcánica y sísmica del país. Es gracias al movimiento tectónico de las placas por el cual México cuenta con colinas, cordilleras, expansión de océanos, fallas geológicas, formación de plegamientos, montañas, montes y volcanes, así como un sinfín de características geográficas y geológicas (características que se relacionan con un suelo¹ muy accidentado).

Teniendo lo anterior presente, la creación de la mayoría de los volcanes y sismos de México está asociada a la zona de subducción. En esta zona, los límites de las placas tectónicas de Rivera y Cocos convergen con la placa de Norteamérica para formar la Faja Volcánica Transmexicana, misma que es parte del Cinturón de Fuego del Pacífico (conocido por su gran actividad sísmica).

II.4 Límites de las placas

Los límites de las placas tectónicas tienden a chocar y a rozarse entre sí. El resultado de la interacción de las zonas inestables son los sismos; algunos de mayor magnitud en comparación a otros. Los sismos de gran magnitud ocurren por el movimiento súbito entre dos placas. La fricción generada es tal, que permite una ruptura violenta mediante la liberación de energía que se propaga a través de la corteza terrestre.

Como señala Rodríguez (2005), existen tres tipos principales de límites en las placas tectónicas; la diferencia entre ellos depende del tipo de movimiento que exhiben.

II.4.1 Límite divergente

La divergencia se presenta cuando las placas se separan debido al movimiento de la corteza terrestre (ver Figura II.2) y a que el magma ascendente (procedente del manto) traspasa de manera vertical a la corteza y forma fracturas a la vez que fluye por el suelo marino². Cuando el magma por fin llega a la superficie, ocurre el proceso de transformación y así se origina una nueva corteza oceánica.

A medida que las placas continúan separándose, la nueva corteza oceánica es obligada a expandirse. Esta acción otorga el espacio suficiente para que el material del manto ascienda. El manto, al ser un material caliente y menos denso, por equilibrio de temperatura, transfiere parte de su calor al material que lo rodea; sin considerar la superficie. El empuje del material permite que existan elevaciones considerables sobre el nivel medio del mar llamadas cordilleras oceánicas.

¹ Agregado no cementado de granos minerales y materia orgánica descompuesta (partículas sólidas) con líquido y gas en los espacios vacíos entre las partículas sólidas (Braja, 2013).

² Los suelos marinos son arenas, limos y arcillas depositados en agua salada o salobre (Budhu, 2010).

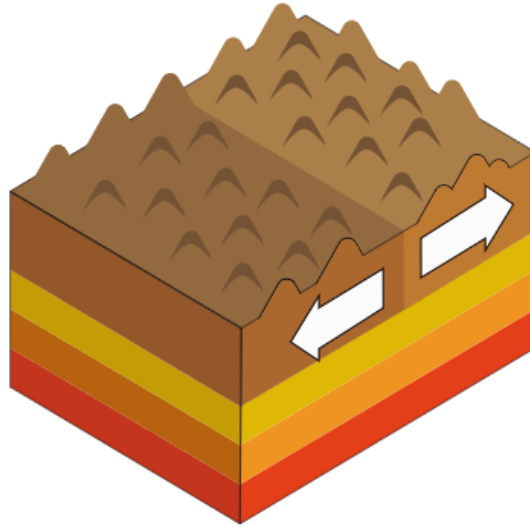


Figura II.2. Movimiento de divergencia en las placas tectónicas (modificada de Rodríguez, 2005)

II.4.2 Límite convergente

Cuando dos placas se impactan debido al movimiento en sentido opuesto (Figura II.3), la placa de mayor densidad se hundirá y permitirá que la placa de menor densidad sobresalga, formando así una zona de subducción. La placa que desciende se introduce en el manto, aumenta su temperatura y posteriormente se derrite parcialmente. La zona de subducción deforma a la corteza, permite la formación de cordilleras y el incremento en la actividad sísmica y volcánica, así como la formación de grandes depósitos minerales.

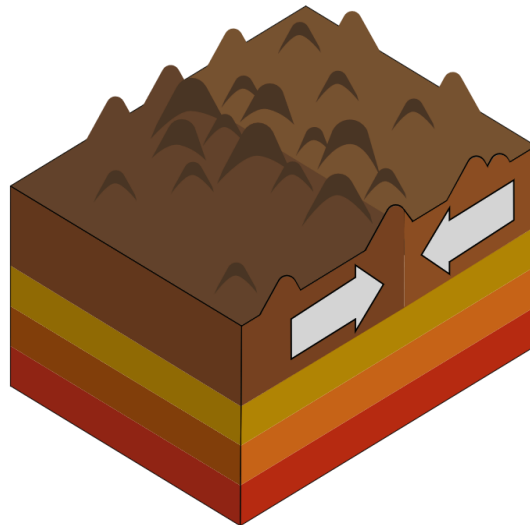


Figura II.3. Movimiento de convergencia en las placas tectónicas (modificada de Rodríguez, 2005)

Existen tres modelos dentro de este tipo de límite que dependen de la composición e interacción de las placas (Servicio Geológico Mexicano, 2017b); los cuales son:

- **Oceánico - oceánico**

Se presenta cuando dos placas oceánicas (una de menor densidad y otra de mayor densidad) colisionan. Esta colisión provoca el fenómeno de subducción, deformaciones en el borde no subducido y, finalmente, la aparición de una fosa oceánica. El Monte Everest, las islas de Japón y Filipinas son algunos ejemplos de este modelo.

- **Oceánico - continental**

La corteza oceánica de mayor densidad se subduce en la corteza continental. Posteriormente, vuelve al manto, donde aumenta su temperatura hasta su fundición. Existen fuerzas de fricción causadas por la fuerza de compresión aplicada al contacto entre las dos placas, uniéndolas temporalmente. Lo anterior implica que las placas no puedan deslizarse suavemente, mucho menos de manera continua una sobre otra. El movimiento relativo provoca una deformación permanente por pliegues. Este efecto es evidente en la formación de cadenas volcánicas. Algunos ejemplos de este modelo son la Faja Volcánica Transmexicana y los Andes.

- **Continental – continental**

Una colisión de esta naturaleza se distingue de los modelos anteriores debido a que ambas placas poseen menor densidad que el manto. El movimiento debe absorberse de cierto modo y esto se logra con la deformación de manera ortogonal al plano de las dos placas. La unión resultante de este proceso se denomina zona de sutura. En ella se experimentan sismos y la creación de cordilleras montañosas. Los Montes Urales y el Himalaya son las cadenas montañosas de mayor altura en la Tierra que surgieron a partir de este modelo.

II.4.3 Límite transformante

En la Figura II.4 se representan dos placas que se deslizan en sentido opuesto y paralelo a la dirección del movimiento. Este límite considera una conexión que transforma abruptamente un tipo de límite tectónico a otro. También, se caracteriza por no crear ni destruir corteza. Ejemplos de áreas sensibles a la actividad de fricción superficial sísmica son la falla de San Andrés, California; la falla de Anatolia, Turquía; la falla de Jordania, Medio Oriente y la falla Alpina, Nueva Zelanda.

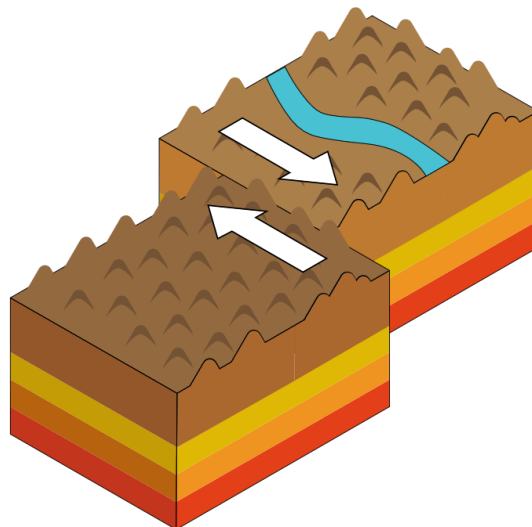


Figura II.4. Movimiento transformante en las placas tectónicas (modificada de Rodríguez, 2005)

II.5 Zona geotécnica

La cuenca del Valle de México es endorreica³ y se ubica dentro del Eje Neovolcánico. Se extiende en dirección este-oeste por la zona centro de la República Mexicana. Rodeada por altas montañas, limitada al norte por las sierras de Guadalupe, Pachuca, Patlachique, Tepotzotlán y Tepozán. Al sur, limitada por la sierra de Chichinautzin. Al este limita con la sierra Nevada, con sus picos Iztaccíhuatl y Popocatepetl. Al oeste limita con las sierras de Monte Alto y las Cruces (Díaz, 2006).

En la Figura II.5 se presenta la zonificación con ligeras modificaciones en las Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Cimentaciones de la Ciudad de México (NTC-DCC 2017). Destaca la división de la Ciudad de México en tres zonas principales: Zona I, Lomas; Zona II, Transición; y Zona III, exLago (Instituto de Ingeniería, 2020).

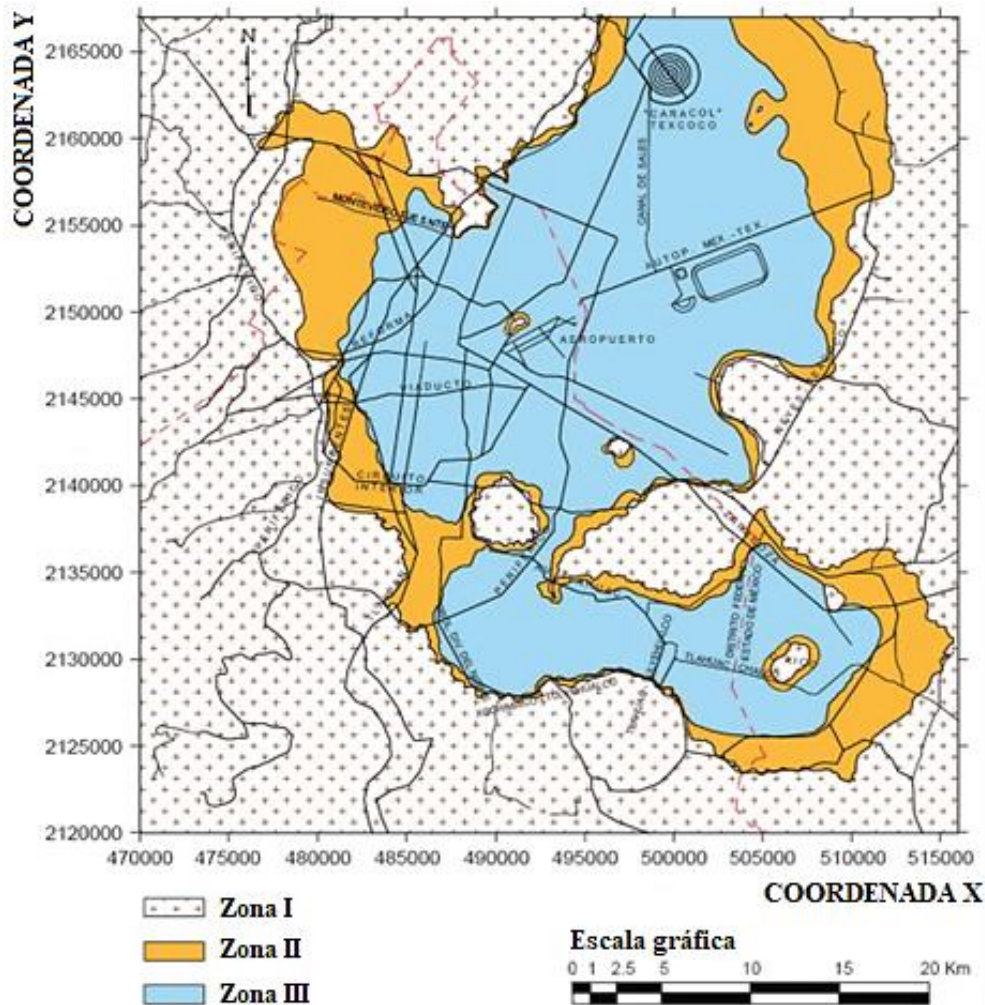


Figura II.5. Mapa de zonificación geotécnica de la Ciudad de México (modificado de Instituto de Ingeniería, 2020)

³ La cuenca endorreica se caracteriza por tener el punto de salida dentro de los límites de esta; generalmente es un lago (Aparicio, 2015).

II.6 Fuentes sísmicas

De acuerdo con Reinoso (2009), el peligro sísmico de la Ciudad de México se debe a tres fuentes, las cuales son: subducción, profundidad intermedia y continentales (locales).

- **Sismos de subducción**
Son el tipo de sismo más frecuente. Causan los movimientos más violentos en el Valle de México, principalmente por el tipo de ondas que producen, las cuales son ricas en periodos largos que sufren menos atenuación y gran amplificación en la zona del exLago.
- **Sismos de profundidad intermedia**
Localizados al interior de las placas, con magnitudes de momento (M_w) ocasionalmente mayores a 7.0. La ocurrencia de este tipo de sismos es de menor frecuencia que el caso anterior. No obstante, representan un peligro muy alto para la población de la Ciudad de México debido a su proximidad.
- **Los sismos locales o continentales**
Son considerados como las fuentes que podrían producir las aceleraciones en campo libre más grandes, sobre todo en terreno firme. El peligro sísmico que representan es muy bajo debido a su gran periodo de recurrencia (mayor a 1,000 años).

II.7 Tipos de sismos

Según Rosenblueth *et al.*, (1987) existen diversos tipos de temblores que se presentan en nuestro país, los principales cuatro se clasifican en:

- **Temblores locales**
Son aquellos que su $M_w \leq 5.5$ y se originan dentro o en las cercanías de la cuenca.
- **Temblores de profundidad intermedia de falla normal**
Causados por el rompimiento de la placa de Cocos, alcanzando una $M_w = 6.5$.
- **Temblores tipo Acambay**
Originados en el resto de la placa de Norteamérica, su $M_w \leq 7.0$.
- **Temblores de subducción**
Ocasionan sismos de gran magnitud, llegando a tener una $M_w \leq 8.2$.

II.8 Magnitud e intensidad

La magnitud es un índice de la energía que libera un temblor (Rosenblueth *et al.*, 1992). Se pueden utilizar diferentes escalas de magnitud que dependerán de los registros que se hayan empleado para obtener esta cantidad. La magnitud de momento (M_w), se relaciona con la energía liberada por ser una función lineal del logaritmo de esta energía. En principio, la escala podría ir de menos a más infinito, lo que indica que está abierta en ambos extremos.

Para la magnitud por ondas superficiales (M_s) no pueden reportarse valores mucho mayores que 9.0, debido a que la escala se satura. A partir del registro de ondas superficiales es como se calcula M_s . Las máximas magnitudes que se han registrado en todo el mundo no han sobrepasado 9.0 en la escala de M_s ni 9.5 en la escala de M_w , tampoco se ha encontrado evidencia geológica de que alguna vez se hayan sobrepasado estos valores (Rosenblueth *et al.*, 1992).

La intensidad es una medida de la capacidad de destrucción sísmica local. La escala de intensidades más usada en nuestro continente es la de Mercalli Modificada (MM), va de 0 al grado XII (destrucción total). La intensidad varía en función de los diferentes sitios reportados para un mismo evento sísmico, de las características geológicas, del material subyacente del sitio donde se registra, de la distancia de la falla donde se produjo el sismo, de la energía del terremoto, de la forma como las ondas llegan al sitio en que se registra, etc.

II.9 Réplicas

Inmediatamente después de que ocurre un gran temblor, éste es seguido por temblores de menor magnitud llamados réplicas, que ocurren en las vecindades del foco del temblor principal. Las réplicas pueden ocurrir minutos, días y hasta años después del evento principal. El número de réplicas puede variar desde unos cuantos sismos hasta cientos de eventos (Servicio Geológico Mexicano, 2017a).

Dado que estos sismos tienden a presentarse en la zona de falla del sismo principal, su ocurrencia puede atribuirse a la corrección mecánica de la zona afectada, que no vuelve al equilibrio inmediatamente después del sismo principal. La frecuencia de ocurrencia es alta, pero disminuye gradualmente con el tiempo. Gracias al estudio de las réplicas es posible estimar las dimensiones de la zona de falla mediante los registros históricos, de modo que es indispensable contar con una base de datos extensa para prevenir a la sociedad de los eventos sísmicos; siempre tener en cuenta el ser preventivos antes que correctivos.

III. PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE DESASTRES EN MÉXICO

III.1 Introducción

La presencia constante de los fenómenos naturales, el asentamiento humano en zonas de alto peligro, así como las condiciones geográficas y geológicas; propician un escenario perfecto para que México sea un país vulnerable. El historial de amenazas naturales de nuestro país demuestra que existen algunas que por su magnitud y alcance pueden atenderse fácilmente. No obstante, cuando la extensión y la severidad de los daños rebasan la capacidad de atención inmediata de las autoridades, es necesario involucrar a los distintos niveles de gobierno y a la sociedad a través de programas para la prevención y atención de amenazas naturales.

El objetivo de este capítulo es describir las diferentes líneas de acción, tales como programas, actividades y estrategias de instituciones gubernamentales, no gubernamentales y académicas; encaminadas al fortalecimiento de la prevención ante las amenazas naturales en México. Estas líneas de acción son indispensables de aplicar en el ámbito nacional, estatal, municipal y comunitario para mitigar oportunamente los riesgos a través del diseño y mejoramiento de normas, así como para preparar e informar a la población sobre el buen actuar antes, durante y después de una contingencia.

III.2 Servicio Sismológico Nacional

De acuerdo con el Servicio Sismológico Nacional (2022b), con el propósito de crear la Asociación Sismológica Internacional, el primero de abril de 1904 se reunieron en Francia 18 países, entre ellos México; el objetivo propuesto era mejorar la instrumentación sísmica a nivel mundial. El gobierno mexicano inició la instalación de una red sismológica en la República Mexicana para cumplir con los compromisos planteados en esa reunión.

La primera estación sismológica de la red se inauguró el 5 de septiembre de 1910 en Tacubaya, Ciudad de México, con el Instituto Geológico Nacional (IGN), dependiente de la Secretaría de Minería y Fomento, a cargo del proyecto. Se instalaron en total nueve estaciones sismológicas mecánicas autónomas durante el periodo de 1910 y 1923. La central, instalada en Tacubaya, Ciudad de México y las foráneas, instaladas en las ciudades de Mazatlán, Oaxaca, Mérida, Chihuahua, Veracruz, Guadalajara, Monterrey y Zacatecas (ver Figura III.1).

Desde 1929, el Servicio Sismológico Nacional (SSN) forma parte de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y desde 1948 queda adscrito al Instituto de Geofísica de la UNAM. El SSN contó con los instrumentos más modernos de la época. Sin embargo, a principios de la década de 1960 se comenzó la instalación de sismógrafos electromagnéticos¹, llegando a tener aproximadamente 20 instrumentos autónomos con grabación de señales sísmicas en papel ahumado y fotográfico.

A mediados de la década de 1960, la instalación de la Red Sísmica de Apertura Continental (RESMARC) inició en la UNAM, el objetivo era tener estaciones telemétricas digitales en todo el territorio nacional. En esta red, la transmisión de las señales se realizaba por medio de enlaces de microondas proporcionados por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT). Para las operaciones de detección y captura de eventos sísmicos se utilizaba una computadora PDP11-40.

¹ El sismógrafo electromagnético fue desarrollado por Boris Borisovich Galitzin. Mediante un galvanómetro; el movimiento de la plumilla que efectuaba el trazo era debido a la corriente eléctrica de inducción (Ponomarev y Sidorin, 2012).



Figura III.1. Entidades federativas con estaciones sismológicas autónomas (1910-1923) modificado de Servicio Sismológico Nacional, (2022a)

RESMARC pasó a formar parte del SSN en agosto de 1986, integrándose las dos redes de cobertura nacional, se mejoró el monitoreo sísmico en el país y, por primera vez, permitió al SSN contar con registros en tiempo real desde diferentes puntos de la República Mexicana. Sin embargo, la cobertura nacional aún era insuficiente. La Red Telemétrica del SSN se amplió en 1988 al recibir apoyo de Petróleos Mexicanos (PEMEX), lo cual facilitó canales de su red de microondas para la transmisión de los datos.

El Departamento de Instrumentación del Instituto de Geofísica, al inicio de la década de 1990 comenzó a desarrollar un sistema de adquisición y procesamiento automático de datos y a instrumentar estaciones telemétricas digitales. Es hasta 1992 que con apoyo presupuestal de la Secretaría de Gobernación y de la UNAM se inició la modernización de la Red Sismológica Nacional con la instalación de equipos actualizados, obteniendo la red de Observatorios Sismológicos de Banda Ancha.

El Servicio Sismológico Nacional informa de manera oportuna y precisa sobre las características de los sismos ocurridos en México, proporciona la fecha y hora de origen, así como sus parámetros principales: coordenadas geográficas del epicentro, localización, magnitud y profundidad. El SSN cuenta con estaciones sismológicas distribuidas prácticamente en toda la República Mexicana.

III.2.1 Red de Banda Ancha

La Figura III.2 se realizó a partir de los datos proporcionados por el SSN. Actualmente, la Red de Banda Ancha del SNN (integrada por 61 observatorios sismológicos estándar) tiene presencia en toda la República Mexicana, logrando monitorear de manera continua a los eventos sísmicos. Las estaciones cuentan con un sismómetro de tres componentes con respuesta plana de 120 o 240 Hz hasta 50 Hz y un acelerómetro de tres componentes, además de un digitalizador de 24 o 26 bits que permite almacenar de manera local la información generada, así como enviarla a través de los distintos medios de comunicación utilizados.

De igual forma, la red cuenta con 43 sistemas GNSS (*Global Navigation Satellite System*) para el monitoreo del desplazamiento (Servicio Sismológico Nacional, 2022b). Como se aprecia en la Figura III.2, la

mayor cantidad de observatorios sismológicos se ubican principalmente en las costas del Océano Pacífico, en el Golfo de México y en el Eje Neovolcánico.

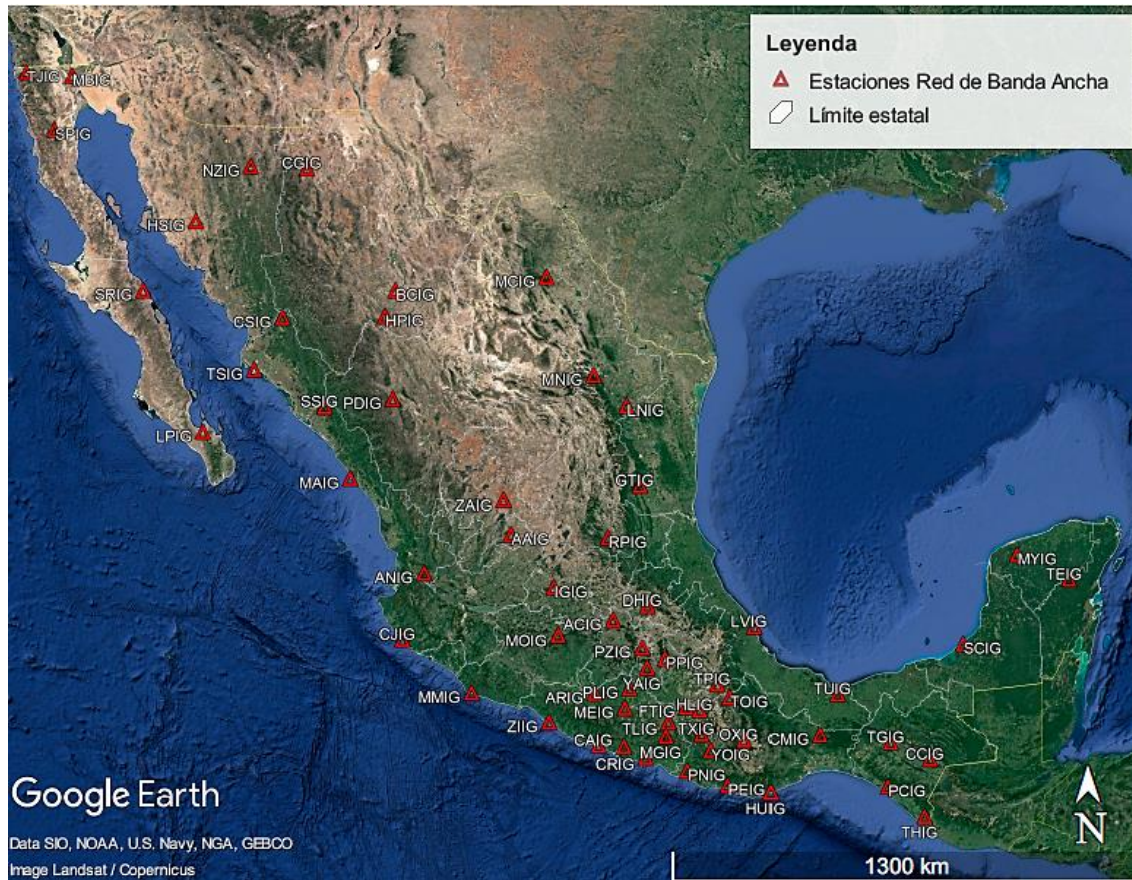


Figura III.2. Estaciones de la Red de Banda Ancha

III.2.2 Red del Valle de México

Esta red de 30 estaciones de monitoreo sísmico se localiza dentro de la cuenca de México. Se compone de dos redes: la Red del Valle de México (RVM), integrada por 14 estaciones en el Estado de México y en la Ciudad de México; y la Red Delegacional (RD), que cuenta con 16 estaciones, una en cada alcaldía de la CDMX. En la Figura III.3 se representan en color azul las estaciones de la RVM utilizando los datos disponibles del Servicio Sismológico Nacional (2022a).

A finales de 2007, la RVM comenzaba a funcionar mediante equipos digitales: sismómetros de banda ancha con respuesta de 30 segundos instalados en pequeñas casetas sobre un pilar de concreto y paredes de doble tabique que proporcionan una temperatura estable y aislamiento del viento, todas con telemetría hasta las instalaciones del SSN con el uso de radios inalámbricos, líneas dedicadas e internet. Se utilizan sismómetros con digitalizador integrado y un sistema de posicionamiento global (GPS, por sus siglas en inglés) de 24 bits y transmisión serial RS-232C, cuya alimentación va de los 12 a los 30 volts. También, se utilizan baterías y paneles solares en sitios donde no se cuenta con energía eléctrica.

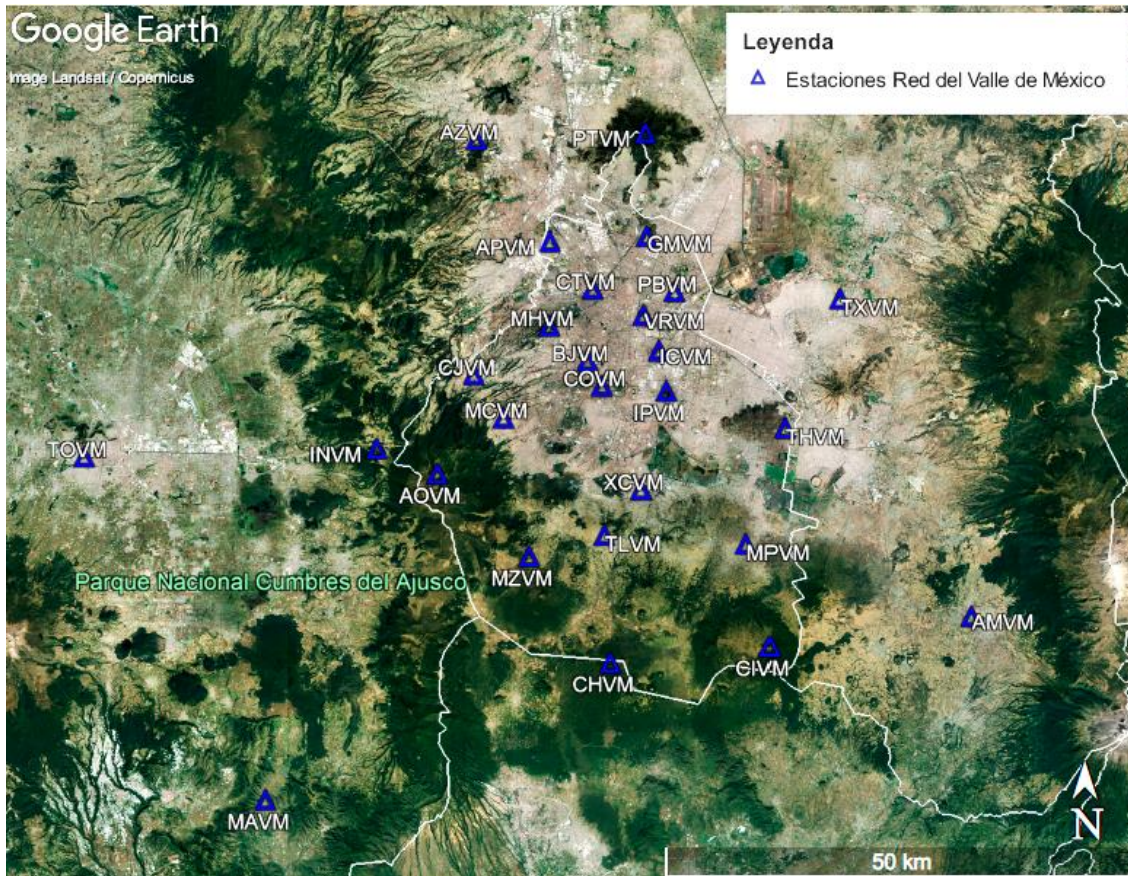


Figura III.3. Estaciones de la Red del Valle de México

Los equipos de la RVM son sismómetros con respuesta a 60 segundos y un digitalizador de seis canales, con antena GPS y transmisión de internet. En 2015 se incorporó para cada estación un sensor de aceleración con respuesta desde DC a 200 Hz, 0.5G. Tanto en la RVM y en la RD, los equipos cuentan con batería y almacenamiento independiente de transmisión de datos, de forma que, al ocurrir una falla eléctrica, los datos sísmicos son grabados en sus respectivas memorias.

III.2.3 Red Sísmica del Tacaná

Esta red sísmica se ubica en el estado de Chiapas. En la Figura III.4, se aprecia la composición de esta red, conformada por tres estaciones (representadas en color verde) que cuentan con un reloj y GPS, el cual permite obtener una referencia de tiempo con precisión.

Las estaciones disponen de sensores triaxiales que muestrean de manera continua 100 registros por segundo para registrar las ondas sísmicas en una amplia banda de frecuencias con respuesta plana a la velocidad del suelo entre 0.03 y 50 Hz. Una vez obtenidos los datos de las estaciones, se transmiten por radio frecuencia al Observatorio Sismológico de Tapachula. Posteriormente, son transmitidos a través de un enlace satelital.



Figura III.4. Estaciones de la Red del Tacaná

III.2.4 Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty Organization

Creada el 19 de noviembre de 1996, con sede en el Centro Internacional de Viena, Austria, la Comisión Preparatoria para la Organización del Tratado de Prohibición Completa de los Ensayos Nucleares (CTBTO, *Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty Organization*) es el organismo encargado de vigilar el cumplimiento del Tratado para la Prohibición Completa de Ensayos Nucleares (TPCEN). La CTBTO tiene a su cargo el Sistema Internacional de Vigilancia (IMS, *International Monitoring System*), el cual mantiene una red de 50 estaciones sismológicas primarias y 120 secundarias que permiten distinguir una explosión nuclear de los sismos que ocurren en el planeta. Adicionalmente, la CTBTO cuenta con una red de 11 estaciones hidroacústicas, 60 de infrasonido y 80 de radionúclidos².

El 24 de septiembre de 1996, México firmó el TPCEN y el 5 de octubre de 1999 adquirió el compromiso de instalar y operar una pequeña red de estaciones hidroacústicas por ser el país número 51 en ratificar el Tratado. La red, a su vez, forma parte de la red hidroacústica del IMS. Para contribuir a la Red Auxiliar del IMS, el SSN le proporciona datos de su red de banda ancha. Las estaciones se localizan en los estados de Oaxaca, Baja California Sur y Quintana Roo.

México también opera una estación de radionúclidos ubicada en Guerrero Negro, Baja California Sur. Dicha estación puede detectar elementos químicos radiactivos arrojados a la atmósfera por explosiones

² Isótopos con un núcleo inestable que pierden su exceso de energía emitiendo radiación en forma de partículas u ondas electromagnéticas (CTBTO, 2008).

nucleares. En Isla Socorro, Colima, a 700 kilómetros (km) de Manzanillo se localiza la red de la CTBTO y es operada por el SSN. En la Figura III.5, se aprecia la ubicación de las tres estaciones hidroacústicas representadas en color morado. Ubicadas al norte, sur y este de Isla Socorro, dos estaciones cuentan con un sismómetro de velocidad triaxial de banda ancha. La otra estación cuenta con tres sismómetros uniaxiales de periodo corto.

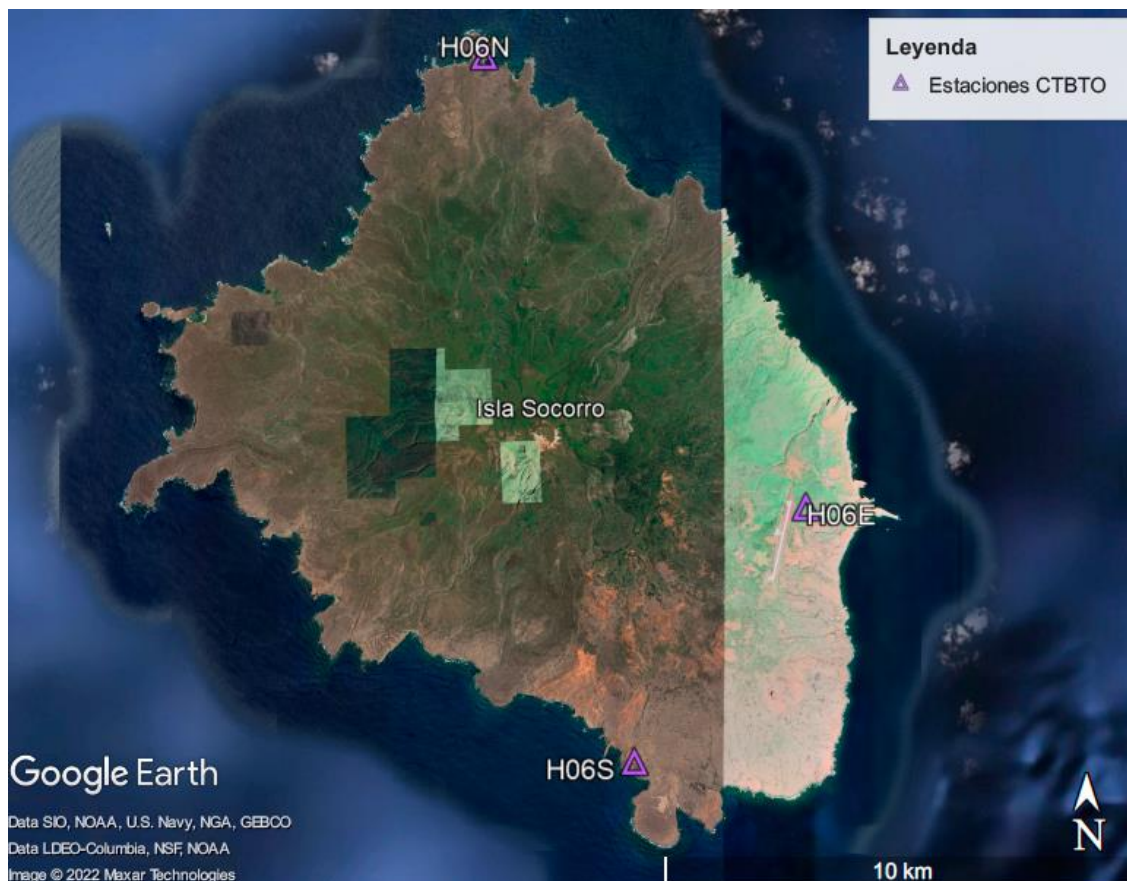


Figura III.5. Estaciones de la CTBTO

El sistema de adquisición de datos de estas estaciones tiene la capacidad de digitalizar y enviar los datos sísmicos por medio de enlace satelital al Centro de Monitoreo del SSN de la Ciudad de México. Posteriormente, son transmitidos a las instalaciones del CTBTO ubicadas en Viena, Austria. Las ondas acústicas o de sonido son generadas cuando ocurre un sismo, erupción volcánica o explosión nuclear en el mar. A un kilómetro de profundidad y bajo condiciones de presión, temperatura y salinidad, las ondas se propagan eficientemente por el agua del mar. Cuando las ondas llegan a Isla Socorro viajan en la roca de la que está hecha, convertidas en ondas sísmicas detectables por los sismómetros. Cuando estas ondas hidroacústicas fueron descubiertas en el siglo XX, se les dio el nombre de fases T (terciarias) porque llegaban después de las ondas P^3 (primarias) y S^4 (secundarias) generadas por todos los sismos (Servicio Sismológico Nacional, 2022b).

³ Se transmiten cuando las partículas del medio se desplazan en la dirección de propagación, produciendo compresiones y dilataciones (Nava, 1998).

⁴ Ondas en las cuales las partículas del medio se desplazan perpendicularmente a la dirección de propagación (Nava, 1998).

III.3 Centro de Instrumentación y Registro Sísmico

En junio de 1986 se funda el Centro de Instrumentación y Registro Sísmico (CIRES), un centro dedicado a la investigación científica y a promover el desarrollo de tecnología aplicada a la instrumentación sísmica a través de un sistema de alerta temprana para sismos como medio útil para mitigar el riesgo sísmico.

El CIRES difunde y comparte experiencias mediante publicaciones avaladas y reconocidas por la comunidad científica mundial a través de libros y revistas relacionados con la ingeniería sísmica, así como en diversas conferencias, congresos, cursos, eventos nacionales e internacionales, foros, seminarios y talleres. Al mismo tiempo, colabora y pertenece a instituciones especializadas nacionales como miembro del Registro Nacional de Instituciones Científicas y Tecnológicas del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT). En el sector internacional, posee vínculos con instituciones tales como *United States Geological Survey*, (USGS). Además, a través de su Sistema de Alerta Sísmica Mexicano (SASMEX), ha sido nominado y reconocido por realizar investigación para salvar vidas (CIRES, 2022a).

III.3.1 Red Acelerográfica de la Ciudad de México

En 1987, el CIRES realizó la primera instalación de la Red Acelerográfica de la Ciudad de México (RACM). Se logró registrar un sismo local el 12 de marzo del mismo año y así se obtuvo el primer registro acelerográfico completo de un sismo⁵. La RACM aportó 81 estaciones acelerográficas (Figura III.6) a la Red Sísmica de la Ciudad de México en julio de 2021, integrando 165 estaciones en total. Las instituciones que participaron en esta red son la UNAM a través del Instituto de Ingeniería y Geofísica, la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM), el SSN y el Centro Nacional de Prevención de Desastres, (CENAPRED).

La RACM es de suma importancia porque contribuye con la formación de una base de datos, mediante el registro sísmico y la generación de software (un mapa interactivo) para el procesamiento y análisis de los acelerogramas obtenidos por la red. Así logra informar a las autoridades para mitigar el riesgo sísmico, aumentando la protección de los bienes y la vida de las personas.

La interfaz gráfica de la RACM permite consultar información gratuita de los sismos registrados a partir de 1989 y conocer las intensidades de los sismos registrados a través de las estaciones en los diferentes tipos de suelo del Valle de México. También, es posible visualizar la zona, la ubicación, las aceleraciones asociadas, las fotografías de la estación y el acelerograma correspondiente al sitio de interés. Los datos de aceleración obtenidos por la RACM son referencia fundamental para la elaboración de Normas de Construcción de la Ciudad de México al tener la posibilidad de consultar los tipos de suelo y sus aceleraciones registradas, pues proveen información para ser utilizada en el diseño de edificaciones sísmo resistentes y apoyan estudios sobre el conocimiento del tipo de fuerzas sísmicas que deben resistir las estructuras en las diversas zonas del Valle de México.

⁵ El registro acelerográfico mostró por primera vez las fases completas de las ondas sísmicas en la historia del registro sísmico de la CDMX (CIRES, 2022b).

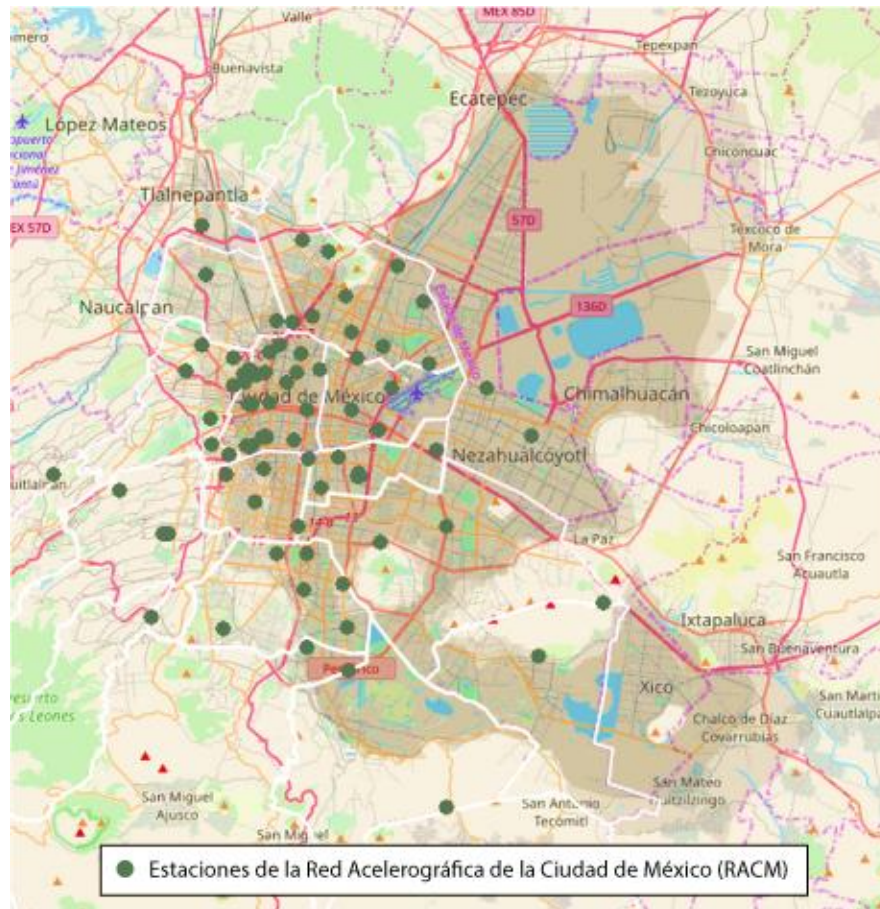


Figura III.6. Ubicación de las estaciones de la RACM (CIRES, 2022b)

Una vez obtenidos los registros, la RACM envía un reporte escrito en menos de 24 horas al Instituto para la Seguridad de las Construcciones de la Ciudad de México (ISC). Para informar a la población, elabora bimestralmente un reporte de las actividades que realiza en las estaciones con la información acelerométrica que haya sido obtenida durante ese período.

III.3.2 Sistema de Alerta Sísmica Mexicano

En 1989 el CIRES desarrolló la herramienta de prevención sísmica llamada Sistema de Alerta Sísmica (SAS) de la Ciudad de México con la finalidad de alertar de manera oportuna a la población en caso de sismo. En el año 2000 inició el desarrollo del Sistema de Alerta Sísmica de Oaxaca, (SASO), mismo que inició operaciones en 2003. El Sistema de Alerta Sísmica Mexicano (SASMEX), nace en 2012 a partir de la integración de los sistemas SAS y SASO. Además, se realizó la ampliación de la cobertura del peligro sísmico abarcando las costas de los estados de Colima, Guerrero, Jalisco, Michoacán, Oaxaca y Puebla para hacer eficientes los avisos de Alerta Sísmica ante eventos sísmicos que pudieran generar daño (CIRES, 2022c).

El SASMEX cumple con los cuatro elementos que precisa la Organización de las Naciones Unidas (ONU) para conformar un sistema de alerta temprana para sismos: conocimiento del riesgo, sistema de monitoreo y alerta, difusión y comunicación y capacidad de respuesta. Dispone de 97 sensores en la región sísmica más activa del país (Figura III.7), a lo largo del océano Pacífico en la zona de subducción

de la Placa de Cocos y Placa de Norteamérica, en los estados de Jalisco, Colima, Michoacán Guerrero, Oaxaca y Puebla.



Figura III.7. Ubicación de los sensores en servicio y propuestos del SASMEX (CIRES, 2018)

Los sensores del SASMEX monitorean las zonas de peligro y reconocen sismos en un radio próximo a 90 km. El tiempo de anticipación dependerá de la distancia entre el sitio donde inicie el sismo y la ciudad a alertar (Acapulco, Chilpancingo, Ciudad de México, Morelia, Morelos, Oaxaca, Puebla y Toluca). El tiempo de oportunidad que el SASMEX brinda para realizar actividades de prevención será eficaz si la población en riesgo conoce las acciones que debe llevar a cabo al escuchar el aviso de alerta sísmica.

De acuerdo con el CIRES (2022c), la alerta sísmica se activará si en los primeros segundos de la detección sísmica al menos dos estaciones rebasan los niveles de energía preestablecida. Esto dependerá de la estimación de energía del sismo, la magnitud estimada y la distancia a la ciudad a alertar. La alerta deberá activarse cuando:

- $M > 5$ y ocurra a no más de 250 km.
- $M > 6$ y ocurra a más de 350 km.
- $M > 5.5$ y ocurra a no más de 350 km.

La alerta sísmica no se activará cuando un sismo ocurra lejos de la zona de cobertura de detección del SASMEX, cuando está muy lejos de la ciudad a alertar o cuando las estimaciones de la energía del sismo no rebasan los niveles establecidos. En la Ciudad de México, los avisos se emiten mediante el uso de altoparlantes del sistema de sonorización del Centro de Comando, Control, Cómputo, Comunicaciones y Contacto Ciudadano de la Ciudad de México (C5). También, se emiten en la mayoría de las estaciones de radio y televisión y a través de receptores EAS-SAME (*Emergency Alert System-Specific Area Message Encoding*). Por ello, se trata de una herramienta eficiente y práctica que necesita ampliar su cobertura a los estados de Chiapas, Noreste de Oaxaca y Veracruz.

III.3.3 Sistema Acelerométrico Digital para Estructuras

El Sistema Acelerométrico Digital para Estructuras (SADE) es un sistema de medición y registro accesible que permite conocer la duración del movimiento sísmico en el sitio y los valores de aceleración

máxima a los que ha sido sometida la edificación a través de los registros obtenidos en los acelerogramas. El SADE registra el efecto de sismos fuertes en puntos seleccionados de la estructura de un edificio. Adicionalmente, es capaz de captar efectos de vibración causada por viento y ruido urbano. La información es utilizada para que el responsable de la obra determine la salud estructural del edificio antes y después de un sismo; posteriormente se dictamina la seguridad y confiabilidad del inmueble (CIRES, 2020).

La instrumentación en obras civiles permite comprender el comportamiento dinámico de una estructura expuesta a fuerzas sísmicas con datos básicos para caracterizar su respuesta en frecuencia y definición de parámetros aplicables en el diseño sísmico de edificios. Durante el efecto de un sismo, los registros obtenidos con el SADE indican la duración del movimiento en el sitio y los valores de aceleración máxima medidos en la estructura. Así, el especialista podrá determinar si existe un posible riesgo causado por la fuerza del sismo.

El registro inicia cuando la aceleración sísmica supera un nivel preestablecido o cuando capte una señal de activación externa (puede ser generada por el SASMEX). Los acelerogramas captados por el SADE durante un sismo se archivan en su memoria local, instalada en la Central de Registro y Control (CRC) en el inmueble, punto al que los sensores envían sus datos a través de una red de internet. Los acelerogramas captados en la CRC del SADE muestran en forma simultánea el comportamiento dinámico del edificio. Eventualmente, esta información muestra la pérdida de rigidez de un inmueble, parámetro relacionado con alteraciones en su salud estructural.

Mediante este sistema acelerométrico es posible registrar los movimientos de aceleración durante un evento sísmico, además de obtener la distribución y nivel de energía asociada a cada frecuencia. El conocer y analizar la respuesta dinámica de la estructura permite realizar comparaciones en la evolución de su comportamiento. Conocer los posibles cambios en rigidez (si las fuerzas sísmicas superan la resistencia del edificio) y enviar automáticamente los resultados a expertos y responsables de la seguridad estructural para decidir sobre la conveniencia de continuar habitando el inmueble o iniciar la evacuación para inspeccionar a mayor detalle las condiciones de integridad del edificio.

III.4 Protección Civil

El 12 de agosto de 1949 nace la Protección Civil, en el Protocolo I adicional al Tratado de Ginebra “Protección a las víctimas de los conflictos armados internacionales”, que es una de las disposiciones otorgadas para complementar el trabajo de la Cruz Roja. La Ley General de Protección Civil publicada en el Diario Oficial de la Federación el 12 de mayo del año 2000 define a la Protección Civil como “un conjunto de disposiciones, medidas y acciones destinadas a la prevención, auxilio y recuperación de la población ante la eventualidad de un desastre”. El postulado básico de la Protección Civil es la salvaguarda de la vida de las personas, sus bienes y el entorno (Protección Civil, 2021).

III.4.1 Tareas

Existen organismos de la Protección Civil destinados y dedicados exclusivamente a realizar cualquiera de las tareas mencionadas a continuación: asistencia para la preservación de los bienes esenciales para la supervivencia, ayuda en caso de urgencia para el restablecimiento y el mantenimiento del orden en zonas damnificadas, descontaminación, detección y señalamiento de zonas peligrosas, evacuación, habilitación y organización de refugios, lucha contra incendios, medidas de urgencia para el restablecimiento de los servicios públicos indispensables, provisión de alojamiento, salvamento, servicio de alarma, servicios funerarios de urgencia, servicios sanitarios, etc.

III.4.2 Comité de Prevención de Seguridad Civil

Es posible afirmar que el deber primordial del Estado es proteger la vida, la libertad y los bienes materiales de los ciudadanos al mantener en permanente estado de operación las funciones esenciales de la sociedad. Resulta, pues, indispensable establecer sistemas y programas que permitan su cumplimiento. Por ello, a raíz de los daños causados por el sismo del 19 de septiembre de 1985, el 9 de octubre del mismo año se creó el Comité de Prevención de Seguridad Civil; se encargaría de estudiar y proponer acciones relativas a la seguridad, la participación y la coordinación ciudadana en caso de desastre. También, debía llevar a cabo estudios, análisis e investigaciones con base en la tecnología disponible y en las experiencias obtenidas, mismas que le permitieran planear, organizar y establecer un Sistema Nacional de Protección Civil (SINAPROC).

El Comité de Prevención de Seguridad Civil acordó la creación de nueve subcomités con la intención de abrir la participación a asociaciones, colegios de profesionales especialistas en las distintas disciplinas relacionadas con la seguridad civil, institutos de investigación y docencia, organismos públicos, sociales y privados, partidos políticos y, en general, a la ciudadanía. Estos subcomités se crearon para que dieran lo mejor de sus conocimientos y así, tener la forma de sentar las bases sobre las cuales pudiera apoyarse la conformación del SINAPROC (Secretaría de Gobernación, 1986).

III.4.3 Sistema Nacional de Protección Civil

El 6 de mayo de 1986, el expresidente Miguel de la Madrid aprobó las bases para el establecimiento del SINAPROC. Este sistema mitiga los daños ocasionados por las amenazas naturales mediante un conjunto organizado y sistemático de estructuras y acciones que realizan los sectores público, social y privado.

Para su creación, la UNAM aportó el terreno para construir las instalaciones, proporcionó personal académico y técnico especializado, e impulsó decididamente los estudios relacionados con la reducción de desastres en el país. Al mismo tiempo, se contó con el apoyo económico y técnico del Gobierno de Japón, quien contribuyó en la construcción y el equipamiento de las instalaciones, brindó capacitación a los especialistas nacionales a fin de mejorar los conocimientos y la organización en lo relativo a los desastres sísmicos (*Japan International Cooperation Agency*, 2020).

La estructura institucional del SINAPROC se apoya en un marco conceptual y de planeación, el cual contempla que en distintos niveles de operación asigna responsabilidades puntuales para todas las instituciones participantes. En resumen, las bases para el establecimiento del SINAPROC son producto de las acciones de conceptualización y planeación realizadas por los miembros del Comité de Prevención de Seguridad Civil y del secretariado técnico.

III.5 Centro Nacional de Prevención de Desastres

El CENAPRED fue creado el 20 de septiembre de 1988 por decreto presidencial de Miguel de la Madrid como un órgano administrativo que fungiría como apoyo técnico para el SINAPROC y que tendría como misión promover acciones de política pública para prever, reducir y controlar el riesgo de desastres con base en la investigación, monitoreo y análisis de peligros y vulnerabilidades de los sistemas expuestos, la capacitación y profesionalización; así como el desarrollo de la cultura de la gestión integral del riesgo de desastres, a fin de contribuir al bienestar y el desarrollo de una sociedad segura y sostenible (CENAPRED, 2016). Casi dos años después fueron inauguradas sus instalaciones en Ciudad Universitaria, el 11 de mayo de 1990 (CENAPRED, 2020).

III.5.1 Atlas Nacional de Riesgos

El Atlas Nacional de Riesgos (ANR) es un sistema integral de información sobre los agentes perturbadores y daños esperados, resultado de un análisis espacial y temporal sobre la interacción entre los peligros, la vulnerabilidad⁶ y el grado de exposición de los agentes afectables (CENAPRED, 2018). Esta herramienta facilita la simulación de escenarios de riesgos y estimaciones del sistema expuesto ante cualquier fenómeno perturbador para la oportuna toma de decisiones en las medidas de prevención, mitigación y la gestión adecuada del territorio.

En 1991 la Secretaría de Gobernación publicó una primera versión general del ANR y más recientemente el “Diagnóstico de Peligros e Identificación de Riesgos de Desastres en la República Mexicana” elaborado por el CENAPRED (Guevara *et al.*, 2006). En los últimos años, varias entidades federativas han elaborado sus respectivos atlas y otros se encuentran en desarrollo.

En el ANR se puede encontrar información referente a mapas de peligros a nivel estatal y municipal para los distintos fenómenos que se desglosan en la Ley General de Protección Civil (LGPC), tales como los astronómicos, geológicos, hidrometeorológicos, químico-tecnológicos, sanitario-ecológico y socio-organizacionales. Un beneficio considerable del ANR es que permite conocer el sistema expuesto mediante un análisis de probables escenarios y el monitoreo de fenómenos en tiempo real.

Según Guevara *et al.*, (2006), el ANR debe considerar etapas para el ciclo de la prevención, las cuales son:

- **Identificación de riesgos**
Consiste en identificar los peligros y amenazas a los que se está expuesto. Es indispensable estudiar y conocer los fenómenos perturbadores para identificar dónde, cuándo y cómo nos afectan.
- **Mitigación y prevención**
Se proponen acciones y programas para mitigar y reducir el impacto de los desastres antes de que éstos ocurran. Implementar medidas estructurales y no estructurales para la reducción de la vulnerabilidad con la que impacta un fenómeno mediante la planeación del uso de suelo, aplicación de códigos de construcción, obras de protección, educación y capacitación a la población, elaboración de planes operativos de protección civil y manuales de procedimientos, implementación de sistemas de monitoreo y de alerta temprana, investigación y desarrollo de nuevas tecnologías de mitigación y preparación para la atención de emergencias.
- **Atención de emergencias**
Con el fin de minimizar la pérdida de vidas humanas, sus bienes y la planta productiva, así como preservar los servicios públicos y el medio ambiente, sin olvidar la atención prioritaria y apoyo a los damnificados, se deben tomar acciones inmediatamente antes, durante y después de un desastre.
- **Recuperación y reconstrucción**
Esta etapa incluye la reconstrucción y mejoramiento de infraestructura y servicios dañados o destruidos mediante acciones orientadas al restablecimiento y vuelta a la normalidad del sistema afectado.

⁶ Niveles probables de daños, expresados en función de un indicador de la intensidad del fenómeno natural (Esteve, 2008).

- **Evaluación del impacto e incorporación de la experiencia**

La etapa final consiste en realizar una valoración del impacto económico y social, incluyendo daños directos e indirectos. Las ventajas de realizar esta evaluación son determinar la capacidad del Gobierno para enfrentar la reconstrucción, establecer prioridades y determinar los requerimientos de apoyo y financiamiento, retroalimentar el diagnóstico de riesgos con información de las regiones más vulnerables y de mayor impacto histórico y calcular la relación costo-beneficio de inversión en acciones de mitigación.

El objetivo de las etapas del ciclo de la prevención es aplicarlas para redefinir políticas de planeación, mitigación y reducción de vulnerabilidades, y evitar la reconstrucción del riesgo, es decir que un mismo fenómeno vuelva a impactar en el futuro de manera semejante.

III.6 Programa 100 Ciudades Resilientes

El programa de 100 Ciudades Resilientes (100RC), nace en 2014 con motivo del centenario de la Fundación Rockefeller para ayudar a las ciudades a desarrollar resiliencia ante los desafíos físicos, sociales y económicos. El programa adopta e incorpora una visión de resiliencia que toma en cuenta eventos catastróficos como terremotos, inundaciones, brotes de enfermedades, o riesgos derivados del clima; tensiones que debilitan la estructura de una ciudad diariamente o de forma cíclica (Gobierno de la CDMX y Fundación Rockefeller, 2018).

Después de un proceso competitivo que incluyó a más de mil ciudades candidatas, la Ciudad de México es aceptada en 2014 como miembro del programa 100RC. Los beneficios principales de ser miembro son el apoyo financiero para la creación de una agencia de resiliencia, la asistencia técnica para el desarrollo de una estrategia de resiliencia y una membresía para compartir e intercambiar experiencias y buenas prácticas con otras ciudades miembro.

III.6.1 Estrategia de resiliencia

La estrategia de resiliencia de la Ciudad de México se publicó el 16 de febrero de 2018 en la Gaceta Oficial de la Ciudad de México con la intención de contar con una guía para el Gobierno, el sector privado, la sociedad civil y la comunidad científica para entender los principales riesgos y vulnerabilidades que enfrenta la ciudad. En ella se proponen soluciones mediante acciones concretas para incrementar la capacidad de respuesta a escenarios de riesgo dinámicos, de origen social o natural, sin comprometer la competitividad económica o el desarrollo sostenible de la urbe.

De acuerdo con Matus *et al.*, (2019), el párrafo anterior es posible si se realiza a través de una visión transversal, integral y en múltiples escalas. Para fomentar la coordinación regional, impulsar la resiliencia hídrica en la cuenca de México, planear para la resiliencia urbana y territorial, mejorar la movilidad a través de un sistema integrado, seguro y sustentable, así como desarrollar la innovación y capacidad adaptativa.

III.6.2 Agencia de Resiliencia de la Ciudad de México

La Agencia de Resiliencia de la Ciudad de México (ARCDMX) fue creada mediante un decreto publicado en la Gaceta Oficial de la Ciudad de México el 18 de septiembre del 2017 como un órgano desconcentrado de la Secretaría de Medio Ambiente con autonomía de gestión. Tiene la misión de guiar, coordinar e innovar en acciones para la construcción de resiliencia al basarse en el desarrollo incluyente y sostenible, el bienestar social y el interés común. También, realiza evaluaciones a políticas públicas y encabeza diversos proyectos para incrementar la resiliencia de la ciudad con la colaboración de múltiples actores (Gobierno de la CDMX y Fundación Rockefeller, 2018).

III.7 Fondo de Atención a los Desastres Naturales en la Ciudad de México

Según el Gobierno de la Ciudad de México (2015), el día 22 de diciembre de 2014 la Asamblea Legislativa de la Ciudad de México emitió un decreto por el entonces Jefe de Gobierno Miguel Ángel Mancera para la creación del Fondo de Atención a los Desastres Naturales en la Ciudad de México (FONADEN) con el objetivo de estabilizar los recursos presupuestales de las Alcaldías, Dependencias, Entidades y Órganos el cual se destinó a la atención de contingencias, emergencias epidemiológicas y amenazas naturales y al mejoramiento del balance fiscal (Asamblea Legislativa del Distrito Federal, 2014).

III.7.1 Reglas de operación

La Secretaría de Finanzas de la Ciudad de México publicó el 10 de junio de 2015 en la Gaceta Oficial de la CDMX las “Reglas del Fondo para Estabilizar los Recursos Presupuestales de la Administración Pública del Distrito Federal”. Las reglas establecen con mayor claridad el objetivo del FONADEN y su ámbito de aplicación indican el apoyo adicional que se le otorga a la población de bajos ingresos para contribuir a restituir su patrimonio familiar y productivo.

Las reglas de operación del FONADEN representan un esfuerzo solidario y un uso redistributivo de los recursos públicos. De esta manera, se demuestra la dedicación de prevención y atención de las amenazas naturales que el gobierno realiza para restablecer las condiciones de normalidad en beneficio de la población y de la actividad económica en las regiones afectadas.

III.7.2 Beneficios

La Ciudad de México contará con un mecanismo para hacer frente a las emergencias. Asimismo, podrá ser utilizado ante una contingencia económica o un desbalance fiscal. De esta manera, ante cualquiera de estos eventos se contará con recursos que podrán ser canalizados inmediatamente a las necesidades más apremiantes. El FONADEN permitirá de una forma ágil y oportuna continuar operando los programas y funciones prioritarias del Gobierno ante una caída de ingresos o ante la disminución de participaciones en ingresos federales.

III.8 Centro de investigaciones de la UNAM

III.8.1 Instituto de Ingeniería

La necesidad de poseer infraestructura para el país motivó la organización de los ingenieros como Javier Barros Sierra, Nabor Carrillo, Bernardo Quintana y otros para hacer dichas construcciones. Por ello, en 1956 el Instituto de Ingeniería (IINGEN) ya era una realidad (Instituto de Ingeniería, 2022). Es a través de la investigación en ingeniería fundamental y aplicada, dirigida a la solución de problemas de interés nacional, la formación de recursos humanos y de la vinculación con la sociedad que el IINGEN contribuye con el desarrollo y bienestar del país.

Dentro del IINGEN se desarrollaron diversas coordinaciones. De acuerdo con Aguirre (2010), la Coordinación de Ingeniería Sismológica se creó el 31 de mayo de 1994 al reunir a investigadores y técnicos especializados tanto en la observación, análisis y modelado de terremotos, como en la evaluación del riesgo sísmico para reducir el peligro sísmico en lugares donde hay asentamientos humanos.

Además, esta coordinación es fundamental para prevenir a la población mediante las siguientes líneas de investigación:

- Análisis y modelado de los fenómenos dinámicos asociados a las fuentes sísmicas.
- Comportamiento de contenidos de edificios durante sismos y huracanes.

- Espectros de diseño y microzonificación sísmica.
- Estimación determinista de escenarios sísmicos.
- Modelado de la propagación de ondas usando métodos numéricos.
- Monitoreo sísmico para la generación de mapas de aceleración máxima, evaluación de fallas locales, efectos de sitio y estudios geotérmicos.
- Pérdidas esperadas por sismo en edificios e infraestructura urbana e industrial.
- Registro y análisis de sismos fuertes, réplicas de sismos grandes o sismicidad inducida.

La Coordinación de Ingeniería Sismológica tiene la tarea de mantener, reforzar y modernizar la red acelerográfica del IINGEN, a fin de dar cumplimiento al convenio de colaboración celebrado con la Secretaría de Gobernación en materia de Protección Civil enmarcado en el proyecto de la Red Sísmica Mexicana.

III.8.2 Instituto de Geofísica

El Ing. Ricardo Monges López presentó la iniciativa para la creación del Instituto de Geofísica (IGEF) en 1934. El proyecto se autorizó por acuerdo del Consejo Universitario el 21 de febrero de 1945. Debido a la falta de recursos, sus operaciones comenzaron formalmente cuatro años después, hasta el 7 de febrero de 1949 (Morelos y Espíndola, 2022).

El objetivo del IGEF es llevar a cabo estudios físicos de la Tierra con la finalidad de colaborar con el Gobierno mexicano en la resolución de los problemas de interés nacional por medio de estudios e investigaciones científicas y así operar servicios que proporcionen información confiable y oportuna para la toma de decisiones sobre fenómenos naturales que puedan implicar riesgos a la seguridad de la sociedad.

Para realizar el objetivo anterior, el IGEF cuenta con el Departamento de Sismología. Las líneas clásicas de investigación que principalmente aborda son la propagación de ondas en el territorio mexicano, la determinación de la estructura y anisotropía litosféricas, el estudio de la sismicidad cortical en la zona de subducción y la tomografía de la cinemática y la dinámica de la fuente sísmica (Instituto de Geofísica, 2022).

III.8.3 Instituto de Geología

El Instituto de Geología (IGI) pertenece al Subsistema de la Investigación Científica (SIC). Contar con el apoyo del IGI para la prevención de desastres resulta indispensable, debido a que es capaz de generar conocimiento sobre la Tierra (sus procesos y recursos) para el beneficio de la sociedad y el cuidado del medio ambiente. El IGI realiza investigación y genera conocimientos nuevos en los distintos campos de las Ciencias Geológicas, así como el desarrollo de la infraestructura analítica y de nuevas tecnologías de servicio en el ámbito de las Ciencias de la Tierra que contribuyen a la solución de problemas nacionales (Instituto de Geología, 2022).

III.9 Evaluación de Riesgos Naturales

En el sector privado latinoamericano se tiene la fortuna de contar con Evaluación de Riesgos Naturales (ERN), una empresa líder que inicia con la especialidad en Ingeniería Sísmica en 1996 y poco a poco evoluciona para consolidarse en la valoración de fenómenos naturales y fenómenos originados por el hombre que repercuten en la sociedad y en la infraestructura.

La misión de ERN es brindar soluciones a las necesidades mediante la realización de estudios y proyectos en distintas partes del mundo mediante productos y servicios vanguardistas, resultado de un equipo humano experimentado, así como de otorgar conocimientos y la mejor tecnología para el entendimiento y la evaluación de los riesgos naturales con el fin de proponer medidas para mitigar las posibles pérdidas

humanas y materiales ante los eventos analizados. Los modelos de ERN han sido empleados en proyectos a nivel mundial financiados por el Banco Mundial y el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) como plataforma estándar para el análisis y la gestión de riesgos (Evaluación de Riesgos Naturales, 2018).

III.9.1 Software ERN

El software principal que implementa ERN para realizar evaluaciones de riesgos es PRODEP, R-CRISIS, R-HEALTH, RMS (ONE), R-OASIS, R-PLUS, R-REGULATOR y R-TOUCHSTONE. Un ejemplo del modelo de trabajo que ERN desarrolló es el sistema R-PLUS: un software para la estimación de riesgos por fenómenos naturales de edificaciones e infraestructura y una óptima gestión del riesgo financiero. Con este sistema es posible obtener, entre otras características, la pérdida máxima probable, la pérdida ante cualquier periodo de retorno y la prima pura de riesgo. Además, calcula pérdidas económicas de edificaciones, contenidos e infraestructura ante fenómenos naturales para riesgos individuales o carteras.

Asimismo, ERN desarrolló aplicaciones móviles como “*Quakerisk*” y “*Warning*” y plataformas de uso libre como *Calcula tu Riesgo* y *Visualizador de daños* (Evaluación de Riesgos Naturales, 2015), los cuales se describen a continuación.

- **Quakerisk**
Estima el riesgo sísmico de edificios en Latinoamérica con la posibilidad de incluir información del edificio a evaluar como número de pisos, tipo de construcción, etc. Esta aplicación considera los efectos de sitio debidos al suelo arcilloso de los antiguos lagos de la Ciudad de México.
- **Warning**
Es una aplicación móvil que permite recibir notificaciones en caso de algún fenómeno natural. Muestra información abierta y actualizada sobre zonas de riesgos.
- **Calcula tu Riesgo**
Calcula el riesgo aproximado que presenta un inmueble de acuerdo con las configuraciones de vulnerabilidad y localización geográfica ante eventos históricos.
- **Visualizador de daños**
Despliega y visualiza información contenida en bases de datos con información geográfica en una plataforma de cómputo, otorgando una visión global del alcance de eventos naturales de alto riesgo y el estado de afectación de los inmuebles.

IV.SISMOS DE SEPTIEMBRE DE 2017

IV.1 Introducción

La Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica (2020) menciona que el estudio de los sismos es tan antiguo como la humanidad misma. Bajo esta premisa, este capítulo tiene la finalidad de abordar algunas estadísticas desde el punto de vista de la Sismología¹, así como realizar un análisis de daños que se presentaron en algunos estados tras los eventos sísmicos (considerados una amenaza natural²) ocurridos durante el mes de septiembre de 2017 en México.

Mediante el análisis realizado a las bases de datos sismológicas, se pretende demostrar la importancia de su implementación para reducir el riesgo. Dado que, al contar con una buena base de datos, es posible estimar la vulnerabilidad e identificar el tamaño de las afectaciones para diseñar políticas públicas en materia de estrategias de reconstrucción y de mitigación de riesgos, entonces podemos combatir las deficiencias en la velocidad y capacidad de reacción en distintos niveles de las autoridades correspondientes.

IV.2 Sismología: periodo 1990-2022

El objetivo de este subtema es conocer el número máximo de eventos sísmicos que ocurren en cada intervalo de magnitud, analizar su frecuencia y clasificar aquellos que cumplan con una magnitud de momento (M_w) ≥ 7.0 para dar paso a los sismos ocurridos en septiembre de 2017.

Para la elaboración de la Gráfica IV.1 se consideraron las estadísticas de los sismos reportados durante el periodo de 1990 al 2022 por el SSN en la actualización publicada a las 08:30:00 del 15 de julio de 2022 con tiempo del centro de México. Se dividió la M_w en rangos de 0 - 2.9, 3 - 3.9, 4 - 4.9, 5 - 5.9, 6 - 6.9, 7 - 7.9 y 8 - 8.9.

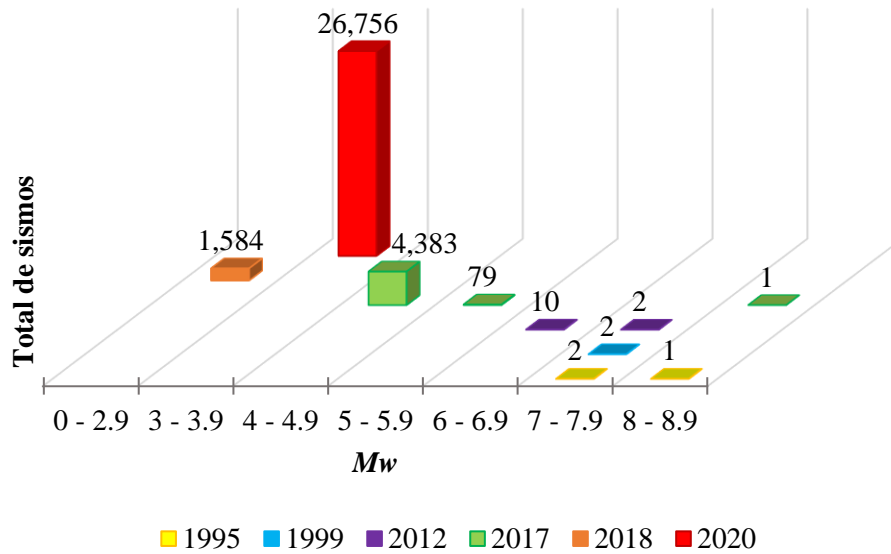
Para algunos eventos sísmicos considerados “pequeños” no es posible establecer con precisión la magnitud con los datos disponibles hasta el momento, por lo que no se consideraron para el análisis estadístico. También, se consideró que el número de sismos puede variar respecto de los mapas de sismicidad anual dado que el SSN revisa sismogramas históricos y recibe continuamente nuevos datos de sus estaciones sismológicas para mejorar la precisión en los parámetros reportados en caso necesario (Servicio Sismológico Nacional *et al.*, 2022).

El análisis de los datos reportados por el SSN indica que existen seis años dentro del periodo analizado que poseen la cantidad máxima de eventos sísmicos (ver Gráfica IV.1) que dependen de su intervalo de magnitud. La mayor cantidad de sismos para el intervalo de 0 - 2.9 es para el año 1995, con 1,584 eventos; ocurrieron 26,756 sismos que tenían una magnitud entre 3 - 3.9 durante el año 2020.

En 2017 registró un total de 4,383 sismos de magnitud 4 - 4.9 y 79 eventos sísmicos para el intervalo de 5 - 5.9. En el 2012 ocurrieron 10 sismos en el rango de magnitud 6 - 6.9. Existe un triple empate para los años 1995, 1999 y 2012 cuando la magnitud oscila entre 7 - 7.9 con dos eventos sísmicos de tal naturaleza para cada uno de esos años. Finalmente, para el intervalo de 8 - 8.9, la cantidad máxima de sismos ocurridos es uno; durante los años de 1995 y 2017.

¹ Rama de la Geología que se encarga del estudio de terremotos y la propagación de las ondas elásticas que estos generan por el interior y por la superficie de la Tierra (Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica, 2020).

² Posibilidad de generación de un fenómeno natural capaz de causar daños a un sistema expuesto: personas, bienes y entorno (Esteva, 2008).



Gráfica IV.1. Años con el mayor número de sismos por intervalo de magnitud (1990-2022)

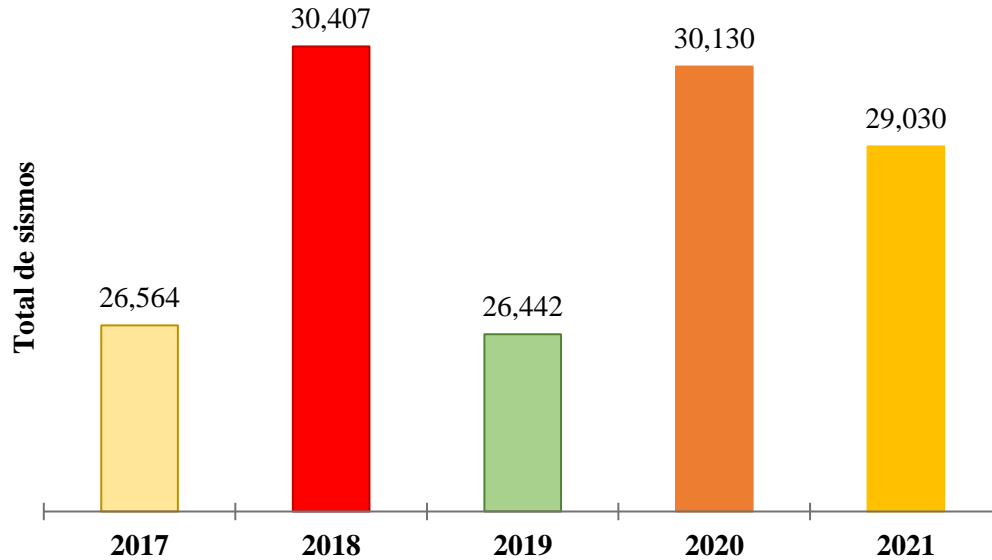
La distribución del número máximo de eventos sísmicos de la Gráfica IV.1 indica que, afortunadamente la gran mayoría de sismos que ocurrieron en México durante el periodo de 1990 al 2022 tienen una $M_w < 5.0$. Lo pertinente sería preocuparse por los sismos que superan dicho intervalo de magnitud, dado que basta con la ocurrencia de un solo sismo, entre otros factores, para que se generen daños considerables a la infraestructura.

No obstante, en el sentido del quehacer de la prevención y mitigación de desastres, se debe considerar el efecto acumulado en las estructuras debido a temblores pequeños o moderados. Tal y como menciona Rosenblueth (1998), los métodos de análisis para cuantificar los efectos acumulados de temblores sucesivos en las estructuras, así como los procedimientos para tomar decisiones respecto a la evacuación, apuntalamiento y reparación de estructuras derivados de un temblor no se han desarrollado lo suficiente. Lo anterior ocasiona que no sea posible realizar grandes acciones con el conocimiento obtenido acerca de las distribuciones de probabilidades de los tiempos entre temblores, pequeños o moderados, que ocurren en intervalos sumamente breves.

IV.2.1 Años con la mayor frecuencia de eventos sísmicos

Continuando con el análisis estadístico, se realizó una comparativa de los cinco años con la mayor frecuencia de eventos sísmicos ocurridos, considerando todos los intervalos de magnitud. El resultado de esta comparativa es un tanto curioso, puesto que los años que obtuvieron los primeros cinco lugares resultan ser los “más actuales³” al año de publicación de esta tesis, aunque no en orden cronológico. Como se aprecia en la Gráfica IV.2, el año con más eventos sísmicos registrados durante el periodo de 1990 al 2022 es el 2018, con un total de 30,407 sismos; le sigue el 2020 con 30,130 sismos ocurridos el 2021 alcanzó los 29,030 sismos; 26,564 sismos durante el 2017 y 26,442 ocurridos en 2019.

³ El aumento del registro sísmico se debe a que actualmente la tecnología de las estaciones sismológicas se actualiza periódicamente y a un aumento en la instalación de equipos.



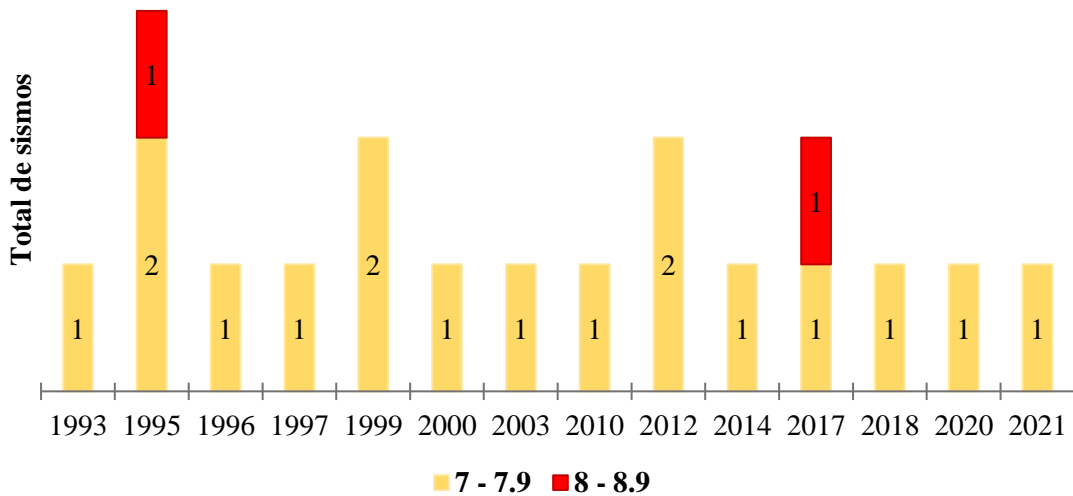
Gráfica IV.2. Los cinco años con la mayor cantidad de sismos en México, sin importar su magnitud (1990-2022)

Es importante concentrarse principalmente en eventos que tienen un periodo de retorno mucho mayor como el caso de eventos sísmicos con $M_w \geq 7.0$. Por ello, los especialistas consideran siempre los casos más desfavorables para llevar a cabo un diseño seguro, confiable y que no comprometa a las estructuras en un futuro debido a que la probabilidad indica que llegará el día en que ocurran dichos eventos.

IV.2.2 Sismos de $M_w \geq 7.0$

A continuación, se analizarán eventos sísmicos bajo la condición de $M_w \geq 7.0$ del periodo de 1990 al 2022. De los 33 años del periodo analizado, 19 años no contaron con la presencia de sismos que cumplan con la condición establecida. Por otro lado, los 14 años restantes sí registraron eventos sísmicos con la condición deseada.

De los años que sí cumplen con la condición propuesta, se presentan los años que contienen datos de sismos con intervalos de magnitud 7 – 7.9 y 8 – 8.9 en la Gráfica IV.3. No debe olvidarse que el periodo analizado es de 1990 al 2022; por lo tanto, los años sin registros no aparecen en la gráfica. Con la Gráfica IV.3 es evidente que el periodo de retorno de los eventos sísmicos de magnitud severa (8 – 8.9) no es distante. Tan solo para los 33 años analizados, existe una diferencia de 22 años desde que ocurrió un evento con estas características en 1995 hasta el 2017.

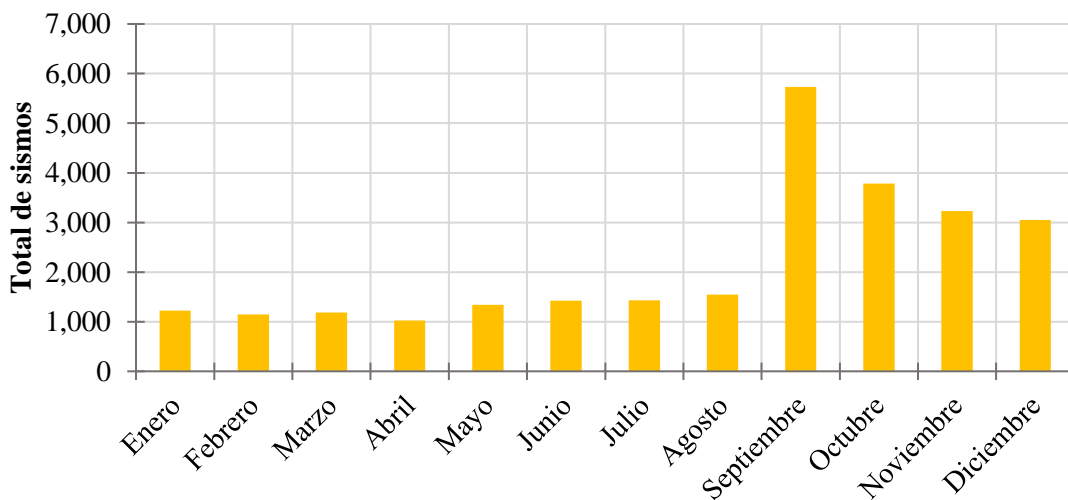


Gráfica IV.3. Total de sismos con $7.0 \leq Mw \leq 7.9$ y $8.0 \leq Mw \leq 8.9$ (1990–2022)

Rosenblueth (1998) indica que, para eventos sísmicos de gran magnitud, la diferencia temporal entre ellos puede ser larga. Si las estructuras se ven afectadas principalmente por los grandes sismos que se originan en una sola falla o en un número pequeño de ellas, especialmente cuando hay correlación espaciotemporal entre sus eventos, importa reconocer que las consecuencias a corto plazo suelen tener apreciablemente mayor importancia actual que las que ocurren en un futuro lejano. Además, estos eventos sísmicos ocurren de manera casi periódica en cada falla geológica. En tales circunstancias es obligado el cálculo de las distribuciones de probabilidades de los tiempos entre grandes temblores.

IV.2.3 Sismicidad total de 2017

Con los resultados presentados en la Gráfica IV.3, se analizará la sismicidad del año 2017 puesto que en dicho año ocurren dos eventos sísmicos considerables. El resumen mensual de sismicidad proporcionado por el SSN indica que, para el año 2017, el mes con la mayor cantidad de eventos sísmicos es septiembre (Gráfica IV.4).



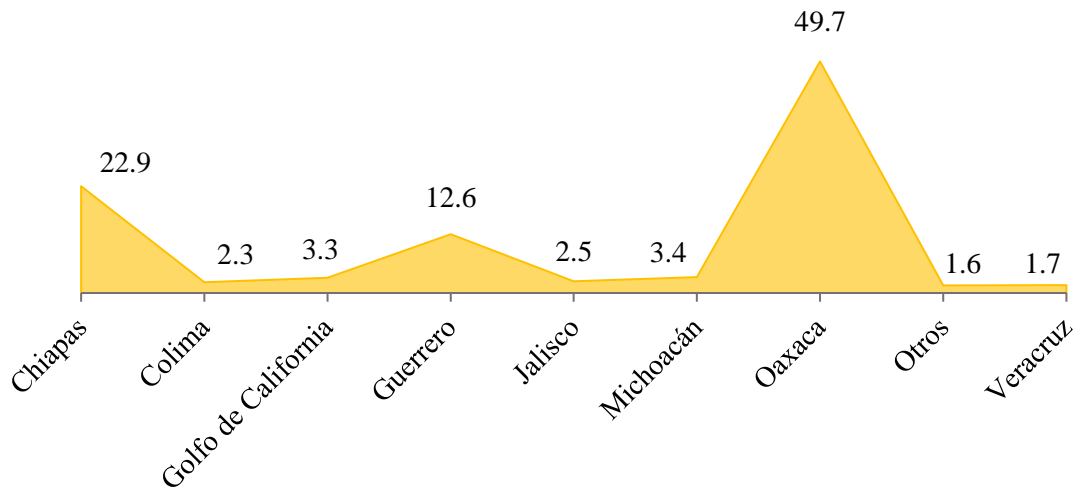
Gráfica IV.4. Sismicidad total de 2017

Comúnmente se asocia al mes de septiembre con el inicio de una “temporada sísmica” pese a que septiembre, efectivamente, es el mes más sísmico de 2017, este hecho no es motivo suficiente para considerar que anualmente inicie una temporada sísmica en este mes.

IV.2.4 Sismicidad de septiembre de 2017

Durante el mes de septiembre de 2017 ocurrieron 5,735 sismos con los intervalos de magnitud que van desde 1.3 hasta 8.2, según datos del catálogo de sismos del SSN. La Gráfica IV.5 contiene el porcentaje de epicentros de todo el mes. Oaxaca, Chiapas y Guerrero fueron las entidades federativas con el mayor número de epicentros registrados. El peligro sísmico de estas regiones es muy grande, puesto que constantemente se registra una actividad sísmica elevada y muchos de los eventos sísmicos han dejado evidencias de los daños provocados, principalmente en viviendas de adobe⁴.

Por citar un ejemplo: el 20 de marzo de 2012 se registró un sismo con $M_w = 7.4$ localizado en las cercanías de Ometepec, Guerrero y Pinotepa Nacional, Oaxaca. Cifras oficiales preliminares reportaron aproximadamente más de 1,000 viviendas con diversos tipos de daños; las más afectadas fueron las viviendas de adobe (Catalán *et al.*, 2007).



Gráfica IV.5. Epicentros para septiembre de 2017 [%]

Para acotar los registros del mes más sísmico de 2017, únicamente se consideraron los eventos que tienen $5.0 \leq M_w \leq 8.9$ para todas las profundidades y que ocurrieron en todo el país del primero al 30 de septiembre del 2017. Bajo estas nuevas condiciones, se tiene un total de 41 eventos que cumplen con lo propuesto. Con la Figura IV.1 es posible observar que la mayoría de los sismos se localizan en el sureste del país. Se realizó una revisión a los 41 eventos sísmicos, para determinar en qué entidades federativas se localizan los de $7.0 \leq M_w \leq 8.9$. La gran mayoría de los 41 eventos clasificados tienen una M_w entre 5.0–5.8, el resto se compone de un sismo de $M_w = 6.1, 7.1$ y 8.2 respectivamente.

⁴ De acuerdo con Arroyo *et al.*, (2009), el 85 % de los edificios a nivel mundial se conforman por edificaciones de mampostería. Un gran número de las pérdidas humanas se asocian con eventos producidos por fallas estructurales en este tipo de edificaciones con refuerzo inapropiado (nivel de sismo-resistencia mínimo o prácticamente nulo) y a la implementación de materiales como tabiques de arcilla recocida, adobe o bloques de concreto, ocasionando que la mayoría de estas edificaciones no cumplan con lo establecido por la normatividad sísmica actual.



Figura IV.1. Ubicación de los eventos sísmicos en todo septiembre de 2017

De manera particular, se realizará una revisión cronológica al sismo de $M_w = 8.2$ y al sismo de $M_w = 7.1$ para desarrollar los siguientes subtemas.

IV.3 Sismo del 7 de septiembre de 2017

A las 23:49:17 horas (tiempo del centro de México) del día 7 de septiembre de 2017, el SSN reportó un sismo con $M_w = 8.2$ ($M_o = 4.35 \times 10^{28} \text{ dyn} - \text{cm}$). El mecanismo focal del sismo muestra una falla de tipo normal (rumbo = 311° , echado = 84.4° , desplazamiento = -94.7°), la cual es característica de un sismo interplaca en el Golfo de Tehuantepec⁵ (Aguado, 2017a). El sismo ocurrió a 133 km al suroeste de Pijjiapan (en esta región la placa de Cocos subduce por debajo de la placa de Norteamérica y Caribe). El reporte del SSN indica que las coordenadas hipocentrales son 14.761° latitud N y -94.103° longitud W, con una profundidad de 45 km. El sismo fue sentido en el sur y centro del país (Servicio Sismológico Nacional, 2017).

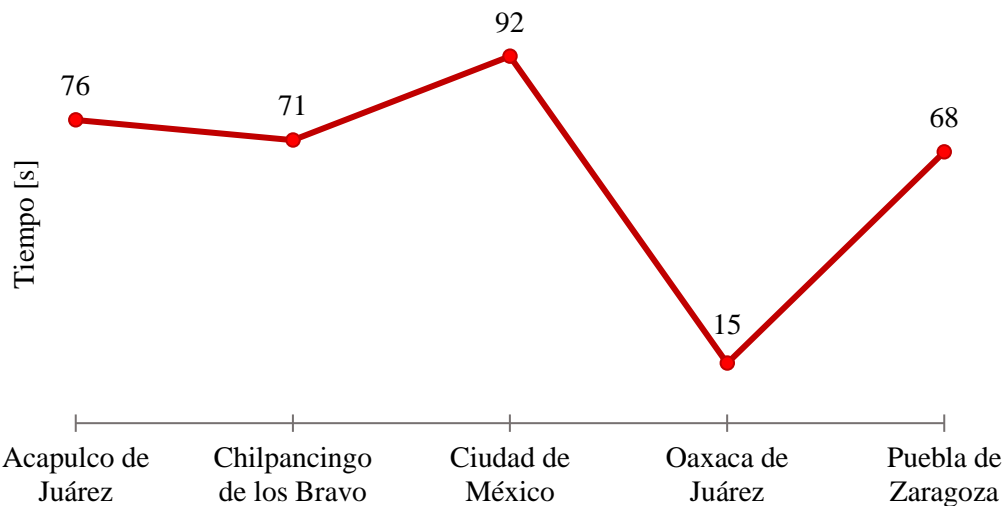
El SASMEX detectó el sismo en 73 estaciones sismo sensoras (ver Figura IV.2), posteriormente, se generó un aviso de alerta sísmica en cinco ciudades de la república debido a que la energía sísmica que se desarrolló permitió pronosticar posibles efectos fuertes en las ciudades alertadas (CIRES, 2017c).

⁵ Las zonas de quietud de Michoacán y Tehuantepec son asísmicas o tienen periodos de recurrencia anómalamente grandes (Singh et al., 1980).



Figura IV.2. Estaciones sismo sensoras del SASMEX, sismo 07/09/17 (CIRES, 2017b)

El tiempo de alertamiento preliminar⁶ de las ciudades que cuentan con el SASMEX, se presenta en la Gráfica IV.6.



Gráfica IV.6. Tiempo de alertamiento preliminar, sismo 07/09/17

IV.3.1 Reporte de estaciones acelerográficas

Para la elaboración de la Figura IV.3 se utilizó la información proporcionada por la Unidad de Instrumentación Sísmica y Coordinación de Ingeniería Sísmológica, (2017).

⁶ Tiempo anticipado desde la activación de la alerta hasta el arribo de las ondas sísmicas que podrían generar movimientos notables o daños en la ciudad a alertar (CIRES, 2017c).

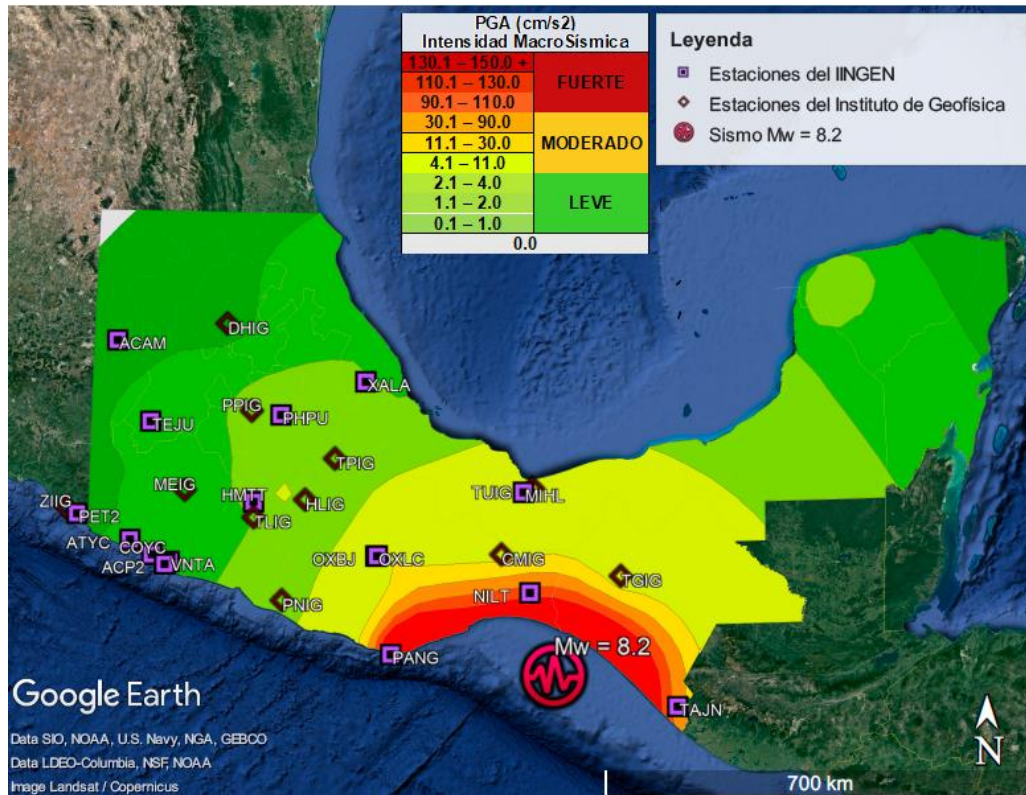


Figura IV.3. Intensidad de la Aceleración Máxima del Suelo (PGA), sismo 07/09/17

La estación Niltepec (NILT), ubicada a una distancia epicentral de 197 km registró una aceleración máxima (PGA) del orden de 500 cm/s^2 . Los valores máximos de velocidad (PGV) fueron obtenidos integrando la señal de aceleración, corrigiendo por línea base y aplicando un filtro pasabanda (entre 0.1-10 Hz). Estos valores máximos de la aceleración y velocidad del suelo fueron registrados por la Red Acelerográfica de Movimientos Fuertes del IINGEN y del Instituto de Geofísica de la UNAM. Por su parte, la RACM registró las aceleraciones del sismo en 73 de sus 81 estaciones acelerométricas (Figura IV.4).

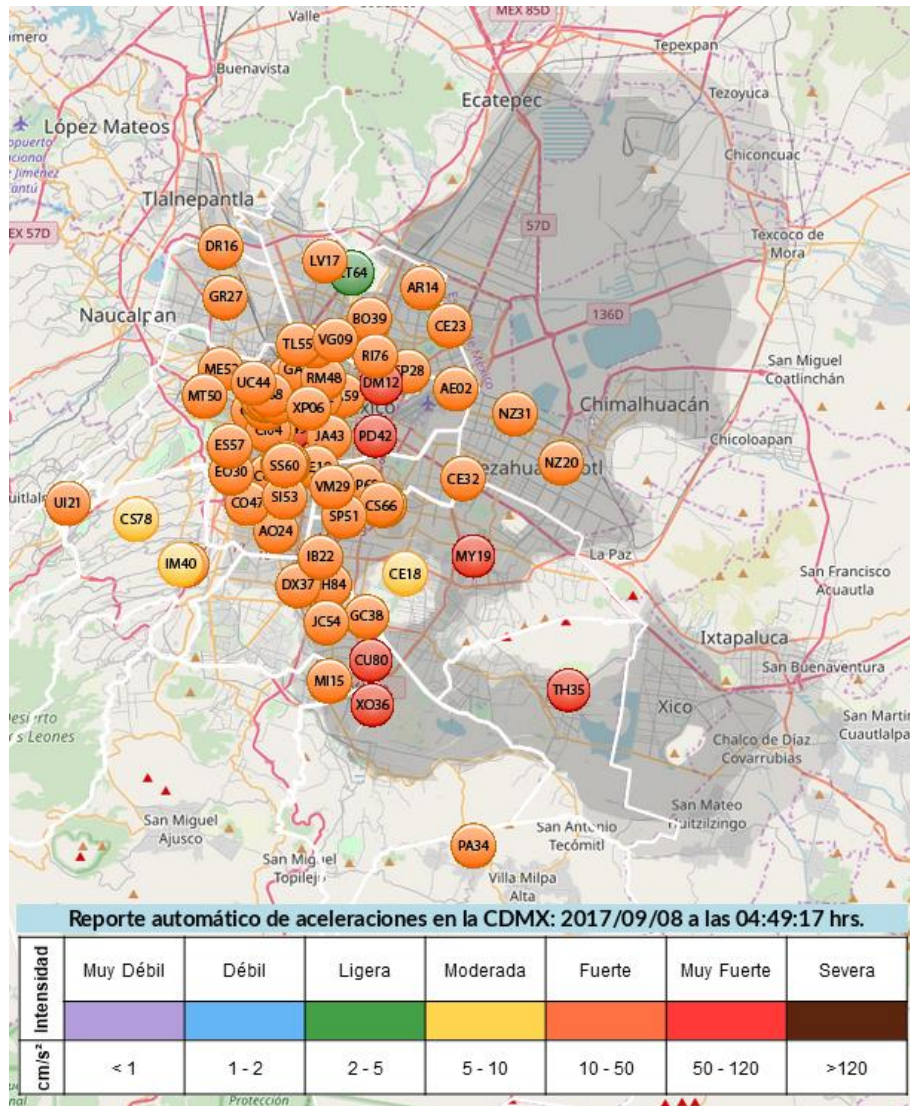


Figura IV.4. Aceleraciones reportadas por las estaciones de la RACM (CIRES, 2017a)

La aceleración máxima que reportó la estación con clave CT64, ubicada en M. Salas y Cantera, Cerro del Tepeyac (Zona de Lomas) fue la menos intensa de las 73 estaciones (ver Figura IV.5), con una $A_{M\acute{a}x} Abs_{N-s} = 3.25 \text{ cm/s}^2$, $A_{M\acute{a}x} Abs_{Vertical} = 2.04 \text{ cm/s}^2$ y $A_{M\acute{a}x} Abs_{E-o} = 3.54 \text{ cm/s}^2$.

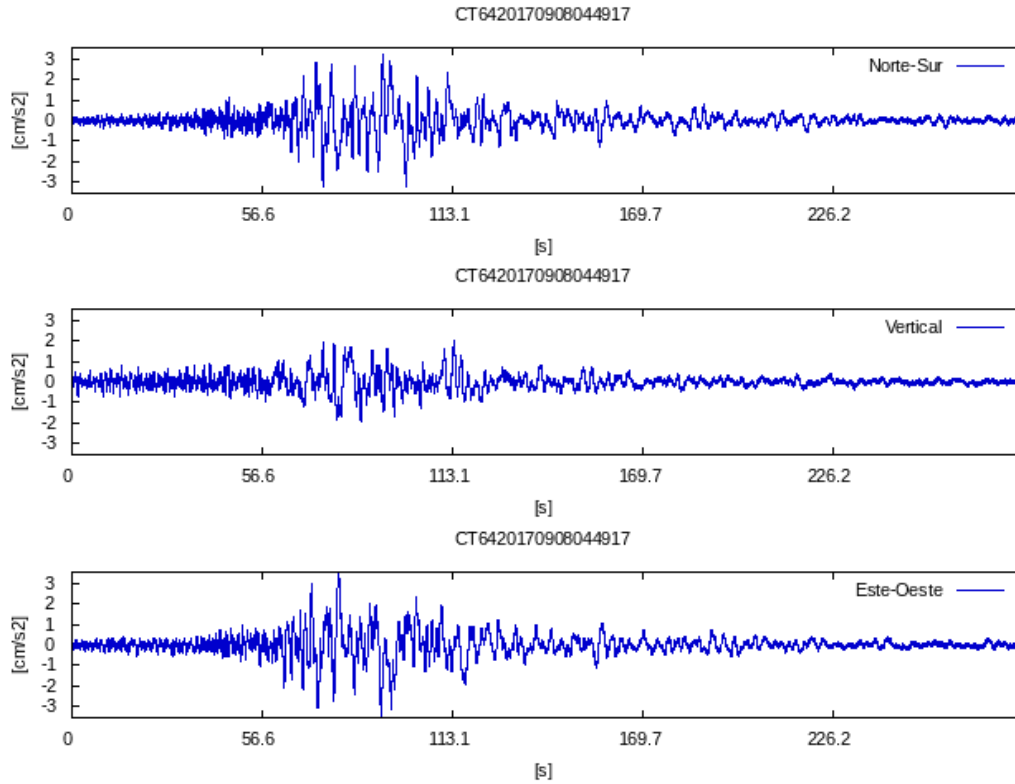


Figura IV.5. Acelerogramas registrados por la estación CT64, componente N-S, V y E-O; sismo del 07/09/17 (CIRES, 2017c)

De todas las 73 estaciones, la aceleración máxima se registró en la estación TH35 (ver Figura IV.6), localizada en la Escuela Primaria Antonio Caso, Tláhuac (Zona del exLago) con una $A_{Máx} Abs_{N-S} = 39.26 \text{ cm/s}^2$, $A_{Máx} Abs_{Vertical} = 12.88 \text{ cm/s}^2$ y $A_{Máx} Abs_{E-O} = 62.22 \text{ cm/s}^2$.

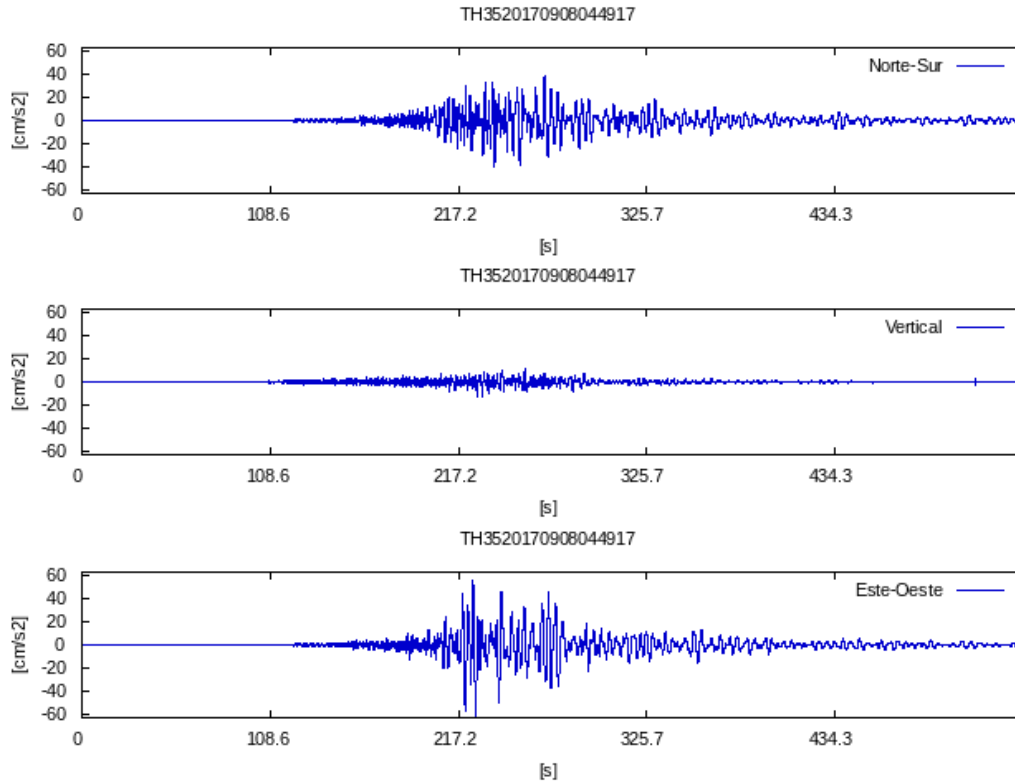


Figura IV.6. Acelerogramas registrados por la estación TH35, componente N-S, V y E-O; sismo del 07/09/17 (CIRES, 2017c)

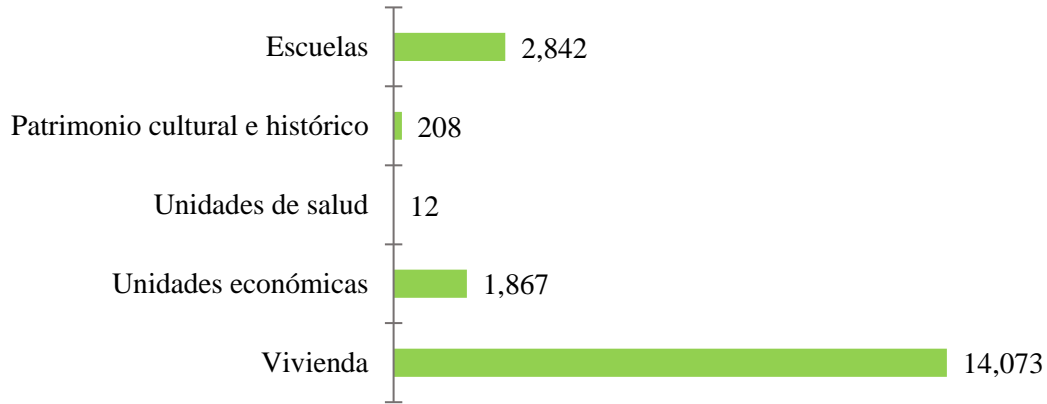
IV.3.2 Análisis de daños

El sismo del 7 de septiembre de 2017 causó la muerte de 96 personas en distintas entidades del país (Aguado, 2017a). Más de 42,000 viviendas de los estados de Oaxaca y Chiapas presentaron daños totales.

Existen múltiples causas que propiciaron las condiciones ideales para que lo anterior sucediera. Las acciones sísmicas se amplificaron especialmente para los monumentos coloniales que se encontraban en zonas próximas al epicentro (Oaxaca y Chiapas), debido a que los períodos de las estructuras y del terreno de apoyo pueden ser similares, por lo que las construcciones de este tipo resultan vulnerables ante estas acciones (Sánchez *et al.*, 1998). A continuación, se presentan los daños más significativos que afectaron a las entidades federativas del país.

IV.3.2.1 Chiapas

En Chiapas se estiman 16 defunciones y 187,092 personas damnificadas tras el sismo. Se declararon 97 municipios en desastre y 118 municipios en emergencia extraordinaria. Pijijiapan, San Cristóbal de las Casas, Tapachula y Tonalá fueron los municipios con mayores afectaciones del estado. En la Gráfica IV.7 se observan los sectores principales que presentaron daños en toda la entidad federativa.



Gráfica IV.7. Estimación de daños por sector en Chiapas, sismo 07/09/17

Hospitales

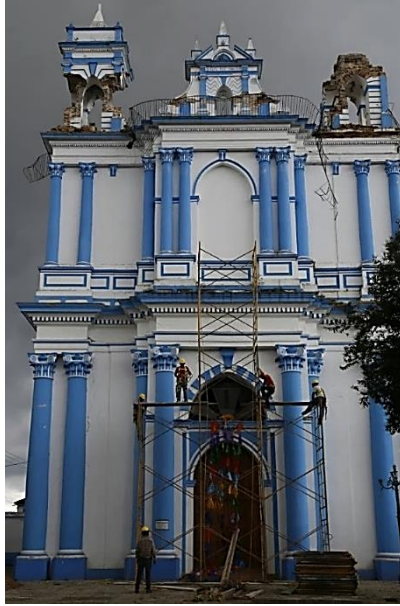
El Hospital General Belisario Domínguez, ubicado en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, reubicó a 70 pacientes debido a que sufrió daños estructurales. Asimismo, la Clínica 25 del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) suspendió actividades por seguridad, debido a caída de plafones, agrietamientos y vidrios rotos.

Monumentos históricos

Los templos y monumentos coloniales sufrieron daños, la Iglesia de Santa Lucía en San Cristóbal de las Casas fue una de las más afectadas (ver Figura IV.7). De acuerdo con Sánchez *et al.*, (1998), el sistema estructural que presentan este tipo de construcciones se describe como un sistema de gravedad en el que las acciones externas (peso propio, viento y sismo) se transmiten por esfuerzos de compresión hacia las columnas, muros y contrafuertes. Por lo tanto, las excitaciones sísmicas y los hundimientos diferenciales son las sollicitaciones que más afectan la seguridad estructural de estos monumentos.

Los elementos estructurales más vulnerables de la Figura IV.7, son las partes altas de las torres y campanarios, la fachada y los apéndices. La nave principal se comportó adecuadamente, no obstante, la fachada sufrió daños graves en campanarios y espadaña⁷, los cuales colapsaron debido a desplazamientos considerables. También, se presentaron daños en los arcos interiores de la nave, se observaron contrafuertes exteriores con agrietamientos diagonales y desprendimientos de aplanados de muros perimetrales.

⁷ Estructura mural de un edificio que se prolonga verticalmente y acaba en punta, con huecos para colocar las campanas.



**Figura IV.7. Iglesia de Santa Lucía en San Cristóbal de las Casas, Chiapas
(De la Madrid, 2017)**

IV.3.2.2 Ciudad de México

En la Ciudad de México se observaron algunos daños de transformadores con cortos circuitos que dejaron amplias zonas de la ciudad sin servicio de energía eléctrica. Lo anterior no se tenía previsto para un sismo ocurrido a una distancia considerable ni para el nivel de intensidad observado en la ciudad.

Edificios de departamentos

Uno de los edificios con mayores daños en la Ciudad de México se ubicaba en la colonia Doctores. Los daños más relevantes se concentraron en los pisos⁸ siete a 13, puesto que los muros del cubo de las escaleras se separaron y se desprendieron las losetas de los escalones.

IV.3.2.3 Estado de México

En Texcoco, estado de México se desplomó una sección de puente en construcción de la nueva autopista Pirámides-Texcoco hacia el Nuevo Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México (Figura IV.8). Al no estar terminado, varias travesaños presforzados de 40 metros de longitud perdieron el apoyo y se destruyeron al caer.

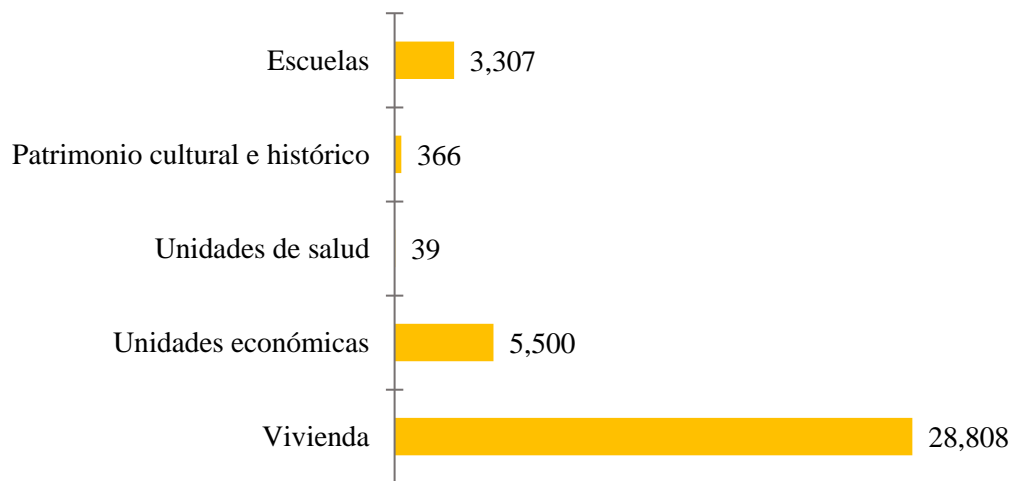
⁸ Es posible estimar el comportamiento de un edificio ante un sismo en función del número de pisos (sin contar sótanos). Es falso que entre más alto sea un edificio será más vulnerable ante un terremoto; edificios muy altos son poco vulnerables a los sismos.



Figura IV.8. Puente en construcción de la nueva autopista Pirámides-Texcoco (La Jornada, 2017)

IV.3.2.4 Oaxaca

En Oaxaca, un total de 41 municipios fueron declarados en emergencia extraordinaria al dejar un saldo de 79 defunciones. Más de 28,000 viviendas presentaron daño total, afectando a 262,536 personas (Gráfica IV.8).



Gráfica IV.8. Estimación de daños por sector en Oaxaca, sismo 07/09/17

En Juchitán, Oaxaca, el Palacio Municipal, construido principalmente con piezas de adobe⁹ cerca de 1860, fue destruido (ver Figura IV.9). Edificaciones importantes como la Casa de Cultura de Juchitán y

⁹ Según Arroyo *et al.*, (2010), el adobe se considera uno de los materiales y técnicas más antiguos utilizados para la construcción de viviendas en todo el mundo; también es el más vulnerable a terremotos. Las viviendas de adobe son muy comunes en la mayoría de las zonas propensas a los desastres sísmicos, principalmente en países en Latinoamérica, África, Asia, Medio Oriente y algunas zonas en el sur y el este de Europa.

muchas capillas presentaron severas afectaciones, especialmente el templo de San Vicente Ferrer (ver Figura IV.10).



**Figura IV.9. Palacio Municipal de Juchitán, Oaxaca
(Franco, 2017)**



**Figura IV.10. Templo San Vicente Ferrer, Juchitán, Oaxaca
(Velásquez, 2017)**

La Secretaría de Educación Pública (SEP) reportó escuelas con daños menores. El Centro Escolar Juchitán fue el más afectado al colapsar en su parte central. Algunos hospitales presentaron daños menores o fallas de energía eléctrica que fueron rápidamente solucionados. El Hospital Regional Presidente Juárez, reubicó a sus pacientes debido a que presentó fisuras en paredes.

IV.3.2.5 Puebla

Se presentaron daños menores en el Hospital San Alejandro del IMSS, se trataron de daños en fachadas y acabados, causando pánico y la evacuación del inmueble.

IV.3.2.6 Tabasco

Se registraron 163 edificios dañados en Villahermosa, Tabasco. Destaca la Torre Zafiro, un conjunto habitacional que presentó daños en muros, techos, ventanas y fachadas. Como se observa en la Figura IV.11, existe una gran irregularidad en elevación¹⁰ a partir del quinto nivel. Adicionalmente, la zona donde se ubicaba el inmueble es considerada de baja sismicidad, por lo que los requerimientos de diseño son muy bajos; cosa que propició daños a la estructura.



Figura IV.11. Torre Zafiro en Villahermosa, Tabasco (Arias, 2017)

IV.4 Sismo 19 de septiembre de 2017

A las 13:14:39 horas (tiempo del centro de México) del día 19 de septiembre de 2017, el SSN reportó un sismo tipo falla normal¹¹ (Aguado, 2017b) localizado en el límite entre los estados de Morelos y Puebla, a 12 km al sureste de Axochiapan, Morelos y 120 km de la Ciudad de México. Con una $M_w = 7.1$ ($M_o = 4.31 \times 10^{26} \text{ dyn} - \text{cm}$). El reporte del SSN indica que las coordenadas del hipocentro son 18.3297° latitud N y -98.6712° longitud W, con profundidad intermedia de 51 km. Fue sentido en el centro y sur del país (Servicio Sismológico Nacional, 2017).

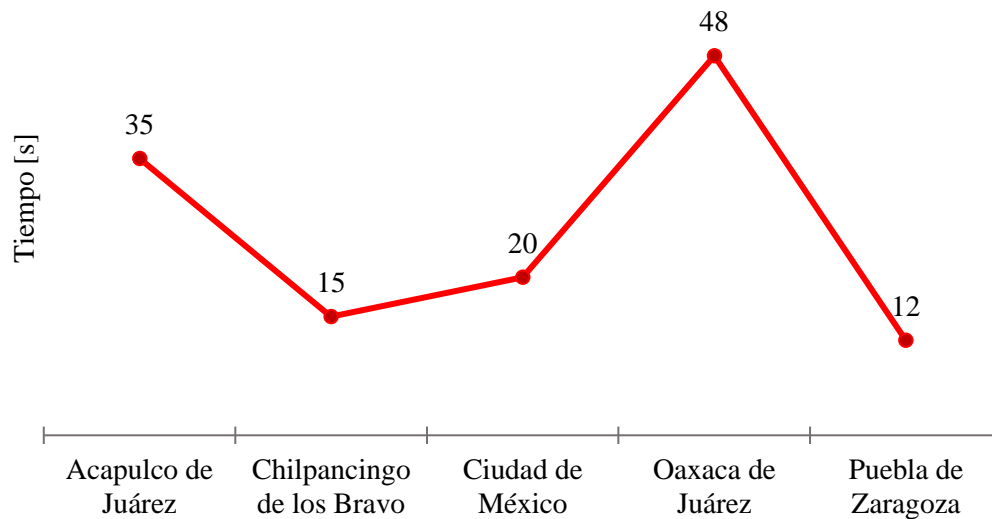
El SASMEX detectó el sismo en 75 estaciones sismo sensoras (Figura IV.12) que generaron un aviso de alerta sísmica en cinco ciudades (Gráfica IV.9).

¹⁰ Se debe considerar la eliminación o mitigación de las irregularidades de rigidez, resistencia y masa que causan un desempeño sísmico inadecuado. Los efectos de las irregularidades y discontinuidades se manifiestan en la distribución de desplazamientos, así como en los cocientes de demanda a capacidad.

¹¹ Debido a la ubicación y mecanismo de este sismo, no se generó ningún tsunami (Jaimes, 2017).



Figura IV.12. Estaciones sismo sensoras del SASMEX, sismo 19/09/17 (CIRES, 2017d)



Gráfica IV.9. Tiempo de alertamiento preliminar, sismo 19/09/17

IV.4.1 Reporte de estaciones acelerográficas

El 19 de septiembre de 2017, 18 estaciones de la Red Acelerográfica de Movimientos Fuertes del IINGEN y 10 estaciones del Instituto de Geofísica de la UNAM registraron las aceleraciones del sismo (Figura IV.13).

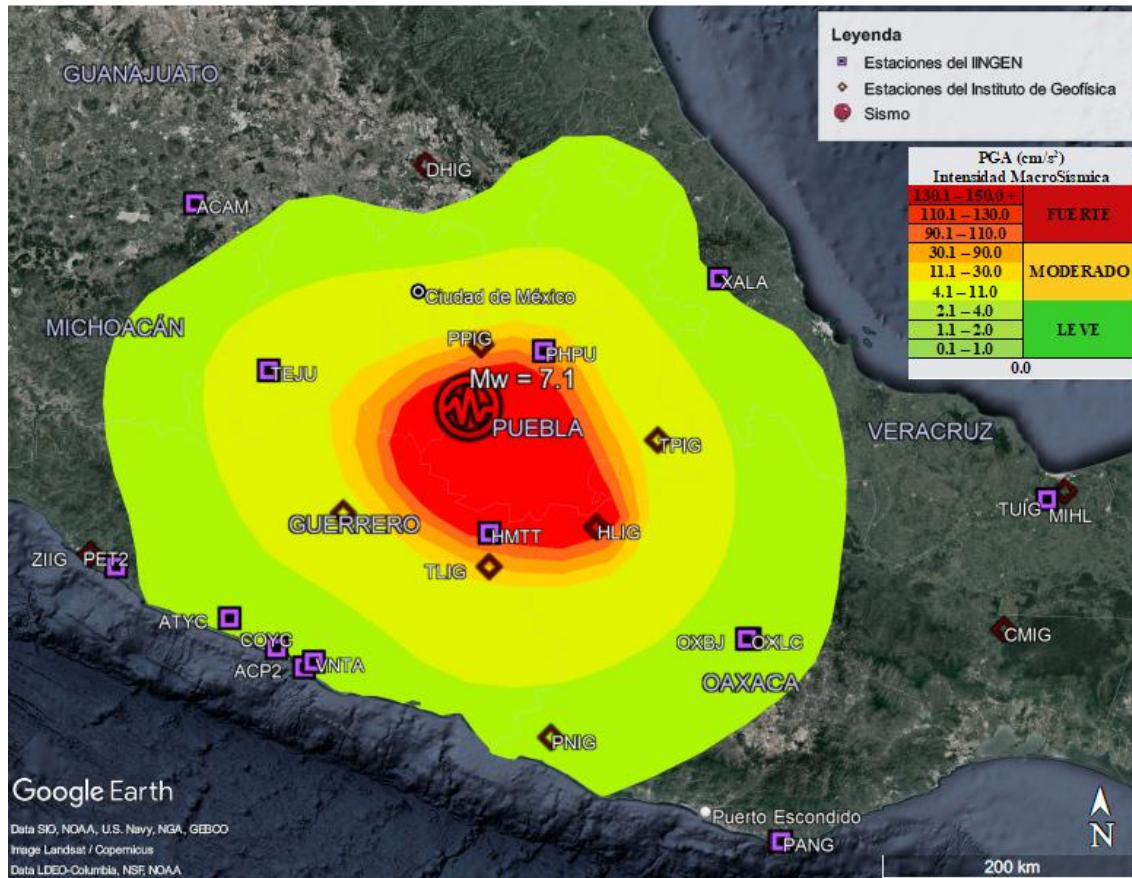


Figura IV.13. Mapa de Intensidad de la Aceleración Máxima del Suelo (PGA), sismo 19/09/17

Por su parte, la RACM registró las aceleraciones del sismo en 73 de sus 81 estaciones acelerométricas (Figura IV.14).

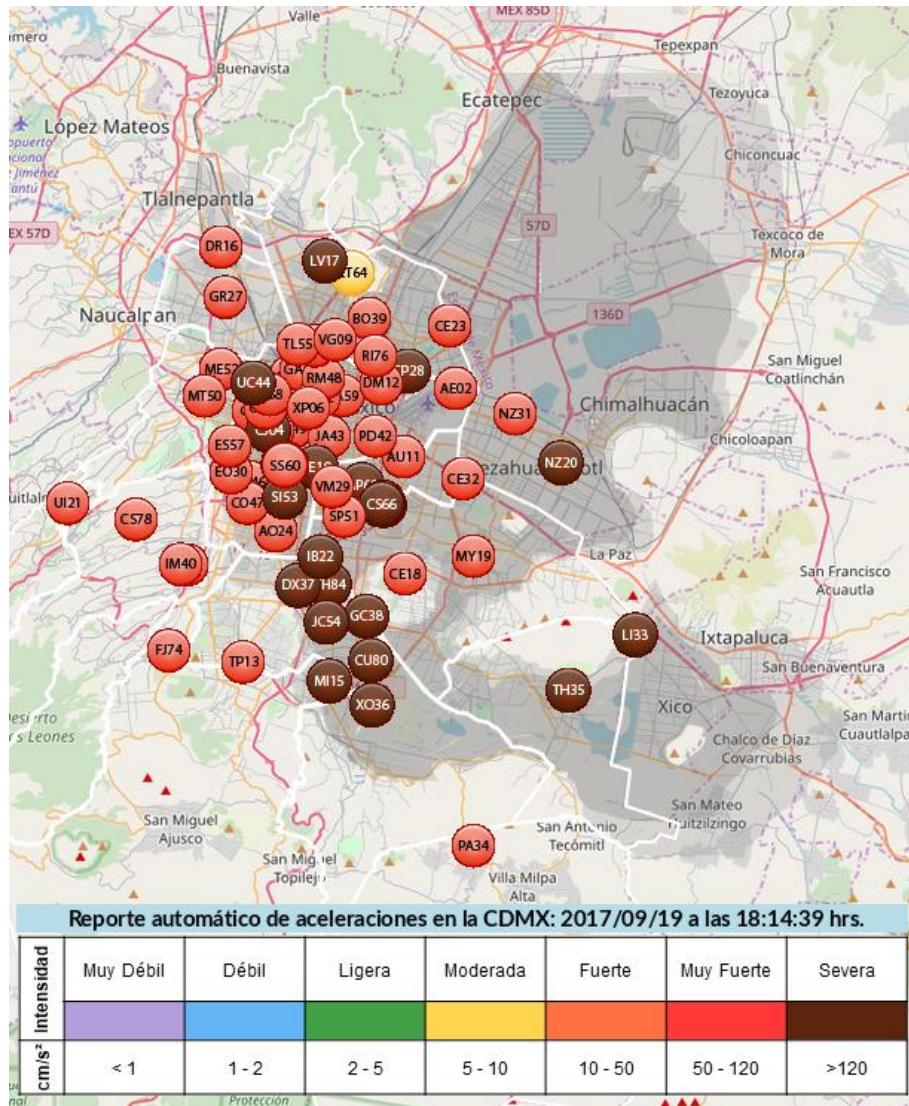


Figura IV.14. Aceleraciones reportadas por las estaciones de la RACM (CIRES, 2017b)

La aceleración máxima que reportó la estación con clave CT64, ubicada en M. Salas y Cantera, Cerro del Tepeyac (Zona de Lomas), fue la más baja de las 73 estaciones (Figura IV.15), con una $A_{Máx} Abs_{N-s} = 4.52 \text{ cm/s}^2$, $A_{Máx} Abs_{Vertical} = 6.54 \text{ cm/s}^2$ y $A_{Máx} Abs_{E-o} = 5.32 \text{ cm/s}^2$.

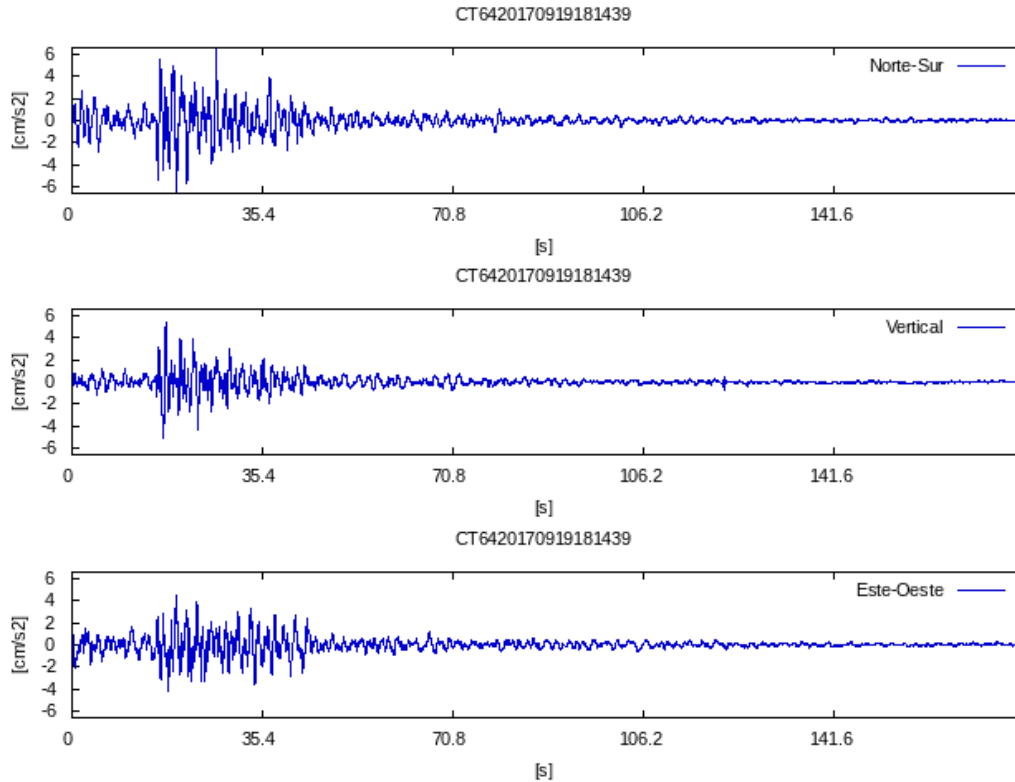


Figura IV.15. Acelerogramas registrados por la estación CT64, componente N-S, V y E-O, sismo del 19/09/17 (CIRES, 2017c)

La estación CH84 reportó la aceleración máxima¹² de todas las estaciones (Figura IV.16), localizada en la Esc. Prim. L. Portillo W., Culhuacán (Zona del exLago) con una $A_{M\acute{a}x} Abs_{N-S} = 148.96 \text{ cm/s}^2$, $A_{M\acute{a}x} Abs_{Vertical} = 83.81 \text{ cm/s}^2$ y $A_{M\acute{a}x} Abs_{E-O} = 225.6 \text{ cm/s}^2$.

¹² La aceleración máxima del suelo (PGA) del sismo del 19 de septiembre de 2017, en terreno firme, es casi dos veces la aceleración máxima del sismo de subducción del 19 de septiembre de 1985.

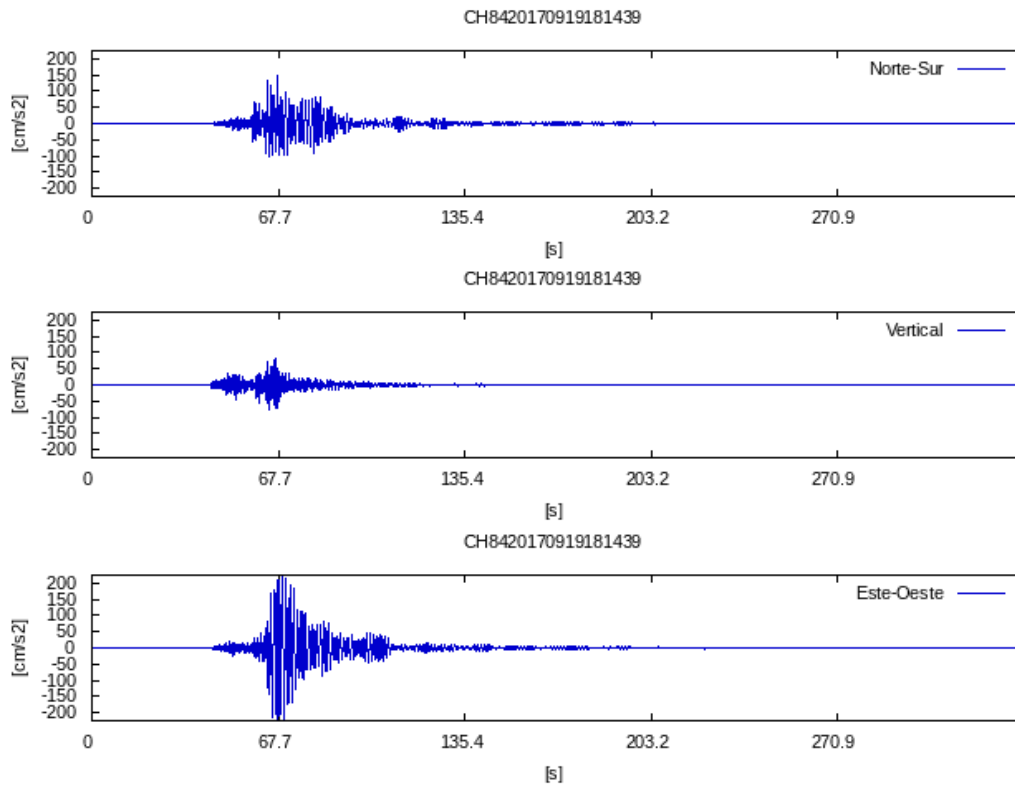


Figura IV.16. Acelerogramas registrados por la estación CH84, componente N-S, V y E-O, sismo del 19/09/17 (CIRES, 2017c)

IV.4.2 Análisis de daños

El sismo del 19 de septiembre de 2017 fue uno de los más catastróficos en la historia moderna de México, dado que muchas estructuras resultaron dañadas y colapsadas (Buendía y Reinoso, 2019). Según Ortiz y Reinoso (2020), después del sismo, una gran cantidad de negocios establecidos en la Ciudad de México dejaron de operar temporalmente e incluso de forma definitiva.

Los datos analizados a continuación se recopilaron principalmente de Evaluación de Riesgos Naturales, (2016) y Fuerza México, (2022). Este sismo afectó principalmente a las edificaciones de baja a mediana altura destinadas a viviendas. Los tipos estructurales que resultaron con daños son los que están compuestos con muros, debido a la poca ductilidad con la que cuentan estas estructuras.

Desde el punto de vista de los colapsos, estructuras construidas con losas planas en la CDMX y estructuras de mampostería sin confinar fueron las más afectadas. En cuanto a los factores agravantes de daño, se observa que los efectos de torsión causados por efectos de esquina¹³ e irregularidades geométricas contribuyeron con los daños observados. Por otro lado, efectos como el golpeteo¹⁴ y la planta baja débil fueron factores adicionales que contribuyeron de igual manera a que muchas estructuras colapsaran.

¹³ Los edificios con dos fachadas son más propensos a la torsión durante un sismo.

¹⁴ Debe considerarse la rigidización de la estructura para evitar el golpeteo con las estructuras adyacentes. Si la separación es mínima, se evaluará la posibilidad de unirlos, de modo que respondan como una unidad estructural.

IV.4.2.1 Ciudad de México

En la Ciudad de México, 16 alcaldías fueron declaradas en emergencia y desastre por la Secretaría de Gobernación. Este sismo ocasionó 228 defunciones y afectó a 59,248 personas, considerando únicamente a la población con inmuebles afectados. Según datos de Evaluación de Riesgos Naturales (2016), 41 inmuebles colapsaron totalmente debido al daño estructural (Figura IV.17).

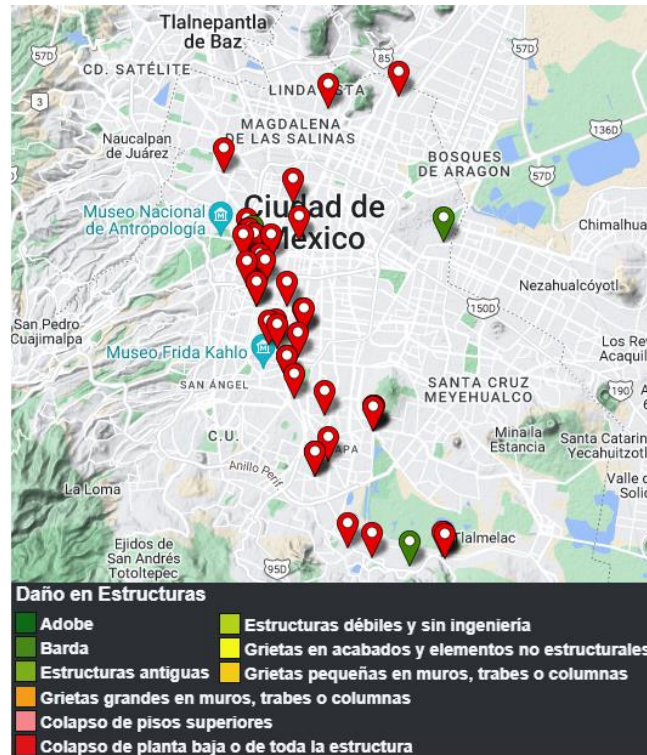
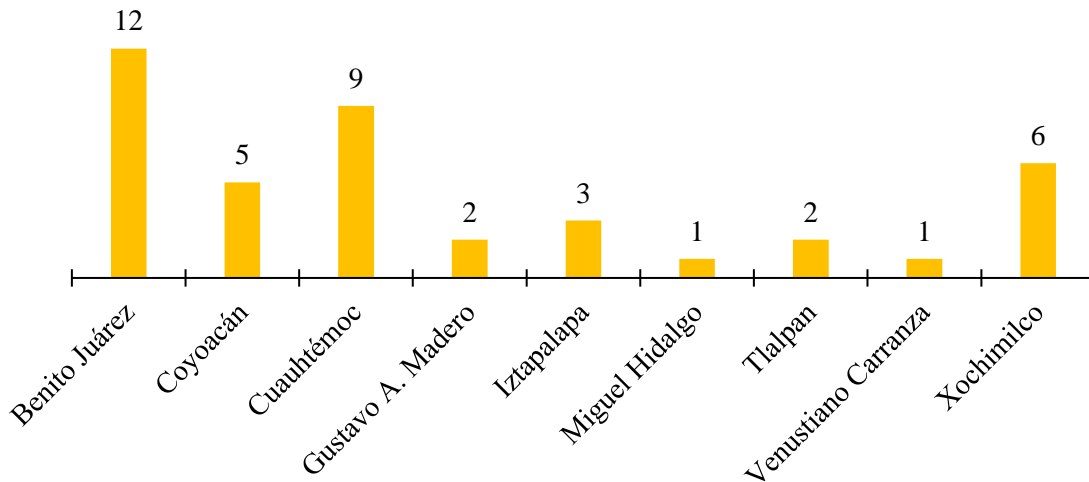
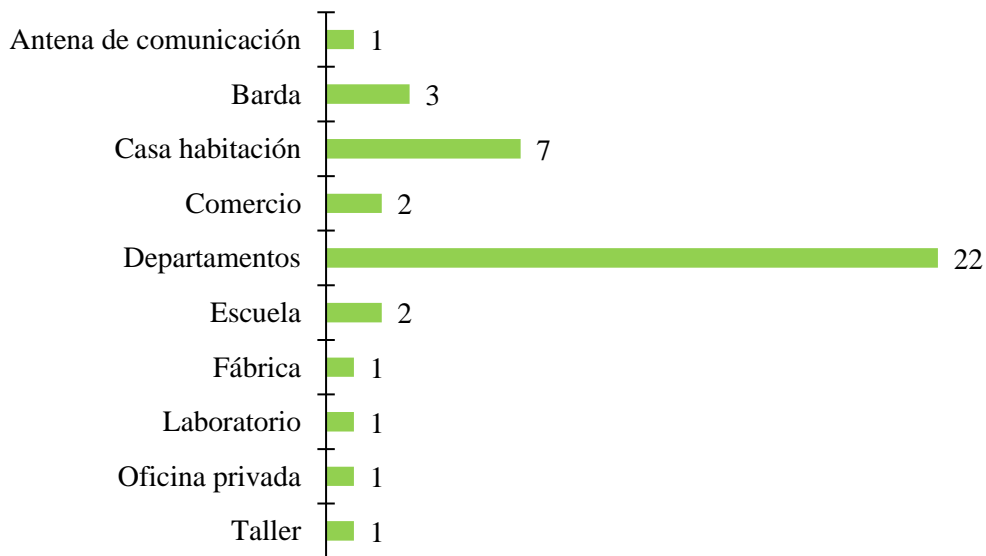


Figura IV.17. Inmuebles con colapso total en la CDMX, sismo 19/09/17 (modificado de ERN, 2017)

En la Gráfica IV.10 se tiene la distribución de los 41 inmuebles que presentaron colapso total, ordenados por alcaldía de la CDMX. Destacan las alcaldías Benito Juárez y Cuauhtémoc por el número de inmuebles colapsados. De los 41 inmuebles registrados, se pretende realizar una clasificación de acuerdo con su uso en la Gráfica IV.11.



Gráfica IV.10. Alcaldías de la CDMX considerando inmuebles con colapso total, sismo 19/09/17



Gráfica IV.11. Distribución de 41 inmuebles colapsados por uso en la CDMX, sismo 19/09/17

En la Gráfica IV.11 se observa que los departamentos y las casas habitación fueron los tipos de inmuebles que tuvieron más afectaciones.

A continuación, se realiza un análisis específico por sector para comprender los principales tipos de daños que se presentaron a raíz del sismo del 19 de septiembre de 2017.

Edificios de departamentos

Uno de los 22 inmuebles destinados al uso de departamentos que presentó colapso total de la estructura se ubicaba en Edimburgo No. 4, Del Valle, Benito Juárez (Figura IV.18). Se estima que su construcción

inició¹⁵ en el año 1975. Su sistema estructural se basaba en marcos de concreto con muros de mampostería que alcanzaba un total de nueve pisos. El colapso total de la estructura se presentó debido a una combinación de distintas patologías, tales como efecto de columna corta, efecto de esquina, golpeteo, irregularidad en planta y planta baja débil. El periodo estimado de la estructura es $T_e = 0.75$ s, el periodo estimado del suelo es $T_s = 1.1$ s y el cociente $T_e/T_s = 0.68$. Los periodos y las aceleraciones fueron obtenidos de ERN, (2017).

$$A_{m\acute{a}x} Estructura = 381.2 \frac{cm}{s^2}; \quad A_{m\acute{a}x} Suelo = 92.2 \frac{cm}{s^2}$$



a) *Antes del sismo, modificada de Google Earth, (2017)*



b) *Después del sismo, modificada de ERN, (2017)*

Figura IV.18. Departamentos en Edimburgo No. 4, CDMX

Un ejemplo más de los 22 inmuebles destinados al uso de departamentos que presentó el colapso de todas las plantas superiores se ubicaba en Escocia No. 4, del Valle Centro, Benito Juárez (ver Figura IV.19). Se estima que su construcción inició en el año 1977; su sistema estructural se basaba en columnas y losa plana de concreto que alcanzaba un total de siete pisos.

El colapso total de la estructura se presentó debido a la combinación de patologías, tales como efecto de esquina, golpeteo e irregularidad vertical (irregularidad en altura). El periodo estimado de la estructura es $T_e = 0.87$ s, el periodo estimado del suelo es $T_s = 1.1$ s y el cociente $T_e/T_s = 0.79$. Los periodos y las aceleraciones fueron obtenidos de ERN, (2017).

$$A_{m\acute{a}x} Estructura = 429.2 \frac{cm}{s^2}; \quad A_{m\acute{a}x} Suelo = 92.2 \frac{cm}{s^2}$$

¹⁵ La fecha de construcción está ligada al Reglamento de Construcciones con el que se diseñó el edificio. Los reglamentos modernos brindan mejores criterios sismorresistentes.



a) Antes del sismo, modificada de Google Earth, (2017)



b) Después del sismo, modificada de ERN, (2017)

Figura IV.19. Departamentos en Escocia No. 4, CDMX

Escuelas

El Colegio Rébsamen fue un inmueble de cuatro pisos que presentó colapso total en la CDMX. Ubicado en Rancho Tamporeo No. 11, Nueva Oriental Coapa, Tlalpan (Figura IV.20). Su construcción se inició en el año 1980. El sistema estructural de este inmueble se basaba en columnas y losas planas de concreto.

$$A_{m\acute{a}x} Estructura = 441.8 \frac{cm}{s^2}; \quad A_{m\acute{a}x} Suelo = 176.6 \frac{cm}{s^2}$$



a) Antes del sismo, modificada de Google Earth, (2017)



b) Después del sismo, modificada de Esquivel, (2017)

Figura IV.20. Colegio Rébsamen, CDMX

El colapso total de los dos pisos inferiores de la estructura se presentó debido al golpeteo y la planta baja débil. El periodo estimado de la estructura por es $T_e = 0.53$ s, el periodo estimado del suelo es $T_s = 1.0$ s y el cociente $T_e/T_s = 0.53$. Los periodos y las aceleraciones fueron obtenidos de ERN, (2017).

Comercio

Dos inmuebles destinados al uso de comercio presentaron colapso total en la CDMX. Uno de ellos se ubicaba en Medellín No. 176, Roma Norte, Cuauhtémoc (Figura IV.21). Se estima que su construcción inició en el año 1975. Su sistema estructural se basaba en columnas y losa plana de concreto que alcanzaba un total de seis pisos. El colapso total de la estructura se presentó debido al efecto de esquina, golpeteo, irregularidad vertical y planta baja débil. La falta de muros en la planta baja, aunado a las grandes demandas de torsión, pudo haber contribuido considerablemente al colapso. El periodo estimado de la estructura es $T_e = 0.76$ s, el periodo estimado del suelo es $T_s = 1.7$ s y el cociente $T_e/T_s = 0.44$. Los periodos y las aceleraciones fueron obtenidos de ERN, (2017).

$$A_{m\acute{a}x} Estructura = 298.0 \frac{cm}{s^2}; \quad A_{m\acute{a}x} Suelo = 137.1 \frac{cm}{s^2}$$



a) Antes del sismo, modificada de Google Earth, (2017)



b) Después del sismo, modificada de ERN, (2017)

Figura IV.21. Comercio en Medellín No. 176, CDMX

Hospital

Un inmueble de cinco pisos destinado al uso de hospitales que presentó colapso parcial de su estructura fue el Centro Quiropráctico Montaña. Se ubicaba en Álvaro Obregón No. 284, Roma Norte, Cuauhtémoc (ver Figura IV.22). Se estima que su fecha de construcción inició en el año 1975. Su sistema estructural se basaba en columnas y losa plana de concreto. El colapso parcial, el agrietamiento y derrumbe de muros de mampostería de la estructura se presentaron debido al golpeteo y a la planta baja débil. El periodo estimado de la estructura por ERN, (2017) es $T_e = 0.64$ s, el periodo estimado del suelo es $T_s = 1.7$ s y el cociente $T_e/T_s = 0.37$.

$$A_{m\acute{a}x} Estructura = 273.7 \frac{cm}{s^2}; \quad A_{m\acute{a}x} Suelo = 137.1 \frac{cm}{s^2}$$



a) Antes del sismo, modificada de Google Earth, (2017)



b) Después del sismo, modificada de (Sobse, 2018)

Figura IV.22. Centro Quiropráctico Montaña, CDMX

Monumentos históricos

De acuerdo con Sánchez *et al.*, (1998), la mayoría de los monumentos construidos en la Ciudad de México no se ven afectados de manera importante por las solicitaciones sísmicas debido a que son construcciones masivas y rígidas, apoyadas sobre un suelo compresible como la arcilla. Una forma de comprender el comportamiento favorable de estas construcciones es considerando que los periodos de relación tanto de la estructura como del terreno de apoyo no son del mismo orden. En general, el periodo de vibración de estas construcciones suele ser considerablemente menor que el del terreno.

La Iglesia San Gregorio Magno, ubicada en San Gregorio Atlapulco, Xochimilco (ver Figura IV.23); construida en 1559 mediante mampostería histórica como sistema estructural presentó daños graves. Principalmente el colapso del campanario y de una estructura de techo metálico que no era parte de la estructura. Lo anterior, se debe a la irregularidad vertical y en planta, así como a la presencia de apéndices.

El periodo estimado de la estructura es $T_e = 0.08$ s, el periodo estimado del suelo es $T_s = 0.6$ s y el cociente: $T_e/T_s = 0.13$. Los periodos y las aceleraciones fueron obtenidos de ERN, (2017).

$$A_{m\acute{a}xEstructura} = 81.5 \frac{cm}{s^2}; \quad A_{m\acute{a}xSuelo} = 69.8 \frac{cm}{s^2}$$



a) Antes del sismo, modificada de ERN, (2016)

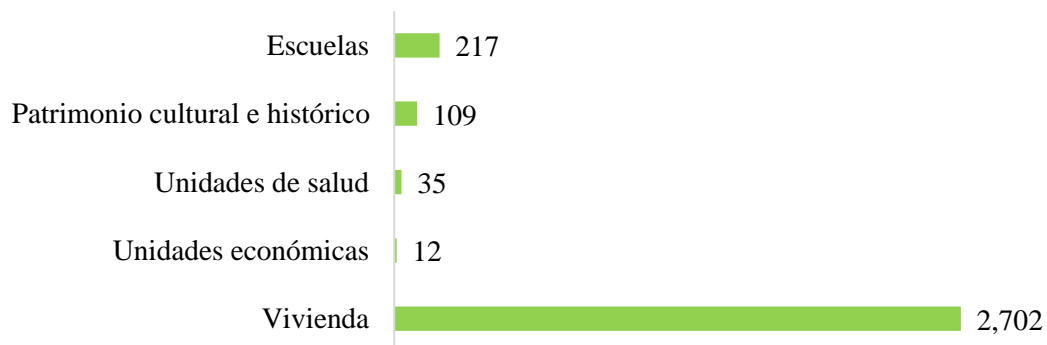
b) Después del sismo, modificada de ERN, (2017)

Figura IV.23. Iglesia San Gregorio Magno, CDMX

Se observa que para la CDMX los edificios de entre uno y 10 niveles fueron los más afectados, mientras que para otros estados fueron los edificios entre uno y dos niveles, coincidiendo con la altura típica de edificaciones en las zonas afectadas. El efecto de resonancia sobre las estructuras, para el caso de la CDMX, no fue un factor determinante en los daños observados, ya que las relaciones entre el periodo de la estructura y el suelo resultan menores que la unidad. Además, existen en la zona de daños miles de estructuras similares a las dañadas que no sufrieron daño, por lo que las fallas no pueden ser atribuidas a la resonancia.

IV.4.2.2 Estado de México

En el Estado de México resultaron afectados 12 de 125 municipios, los cuales fueron declarados en desastre por la Secretaría de Gobernación (Administración Pública de la Ciudad de México, 2017a). Se reportan 15 defunciones y 24,240 personas damnificadas. El sector vivienda resultó ser el más dañado (Gráfica IV.12).



Gráfica IV.12. Estimación de daños por sector en el Estado de México, sismo 19/09/17

Los municipios más afectados del Estado de México fueron los que se ubican en las cercanías al Popocatepetl, en donde convergen los estados de México, Morelos y Puebla. En todos ellos, las mayores afectaciones se dieron en 24 inmuebles con colapso total (Figura IV.24) principalmente en bardas, escuelas, iglesias coloniales y viviendas construidas con adobe.



Figura IV.24. Inmuebles con colapso total en el Estado de México, sismo 19/09/17 (modificada de ERN, 2017)

Casa habitación

Un total de 10 inmuebles destinados al uso de casa habitación presentaron colapso total en el Estado de México. Uno de ellos se ubicaba en León Guzmán S/N, Joquicingo (ver Figura IV.25). El sistema estructural de la vivienda se basaba en muros de mampostería confinada que alcanzaba un total de dos pisos.

El colapso total de la construcción, el fallo en columnas, traveses, la caída de la barda perimetral, así como la falla total de la planta baja se atribuyen a la combinación de patologías, tales como autoconstrucción / ampliaciones, efecto de columna corta¹⁶, efecto de esquina, irregularidad vertical y planta baja débil. El periodo estimado de la estructura por ERN, (2017) es $T_e = 0.16 s$.

¹⁶ La contribución de los muros no estructurales a la rigidez lateral de la edificación es perjudicial en casos donde el muro se extendió parcialmente en la altura del entrepiso, reduciendo la longitud libre de la columna, incrementando su rigidez lateral y atrayendo más fuerza cortante para la cual la columna no había sido diseñada.



a) Antes del sismo, modificada de Google Earth, (2017)



b) Después del sismo, modificada de ERN, (2017)

Figura IV.25. Casa habitación en Joquicingo, Estado de México

Otro de los 10 inmuebles destinados al uso de casa habitación que presentó colapso total en el Estado de México se ubicaba en León Guzmán S/N, Joquicingo (ver Figura IV.26). El sistema estructural de la vivienda de un solo piso se basaba en muros de mampostería de adobe.



a) Antes del sismo, modificada de Google Earth, (2017)



b) Después del sismo, modificada de ERN, (2017)

Figura IV.26. Casa habitación en Joquicingo, Estado de México

El colapso total de la estructura se presentó debido a la autoconstrucción / ampliaciones. El periodo estimado de la estructura por ERN, (2017) es $T_e = 0.08$ s.

Escuelas

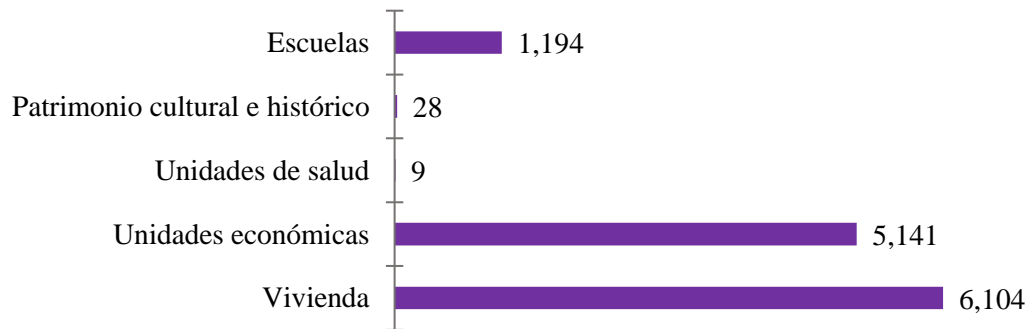
Un total de tres inmuebles destinados al uso de escuelas resultaron con daños graves. La Primaria Generalísimo Morelos fue uno de ellos. Se ubicaba en Carlos Hank González S/N, Barrio San Pedrito, Tenancingo (ver Figura IV.27). El sistema estructural de la escuela se basaba en marcos de concreto con muros de mampostería. La ruptura en muros y el daño en las columnas de la estructura se debieron al efecto de columna corta. El periodo estimado de la estructura $T_e = 0.14$ s.



Figura IV.27. Primaria Generalísimo Morelos, Estado de México (modificada de ERN, 2017)

IV.4.2.3 Morelos

De los 36 municipios del estado de Morelos, 33 fueron declarados en emergencia y desastre (63,204 personas damnificadas) por la Secretaría de Gobernación. Se reportó un total de 74 personas fallecidas. Dado que el epicentro es cercano al estado de Morelos, los daños ocasionados por el sismo son considerables (Gráfica IV.13). El sismo afectó a edificaciones destinadas al uso de vivienda, escuelas y de carácter emblemático; como las construcciones centenarias.



Gráfica IV.13. Estimación de daños por sector en Morelos, sismo 19/09/17

Hospitales

El Hospital General Regional con Medicina Familiar (HGRMF) No. 7; ubicado en Cuautla, Morelos (ver Figura IV.28), presentó fallas por corte¹⁷ en los muros de mampostería del área de nutrición, así como el desprendimiento de acabados. Se intervino mediante la rehabilitación estructural y la reparación de su fachada.

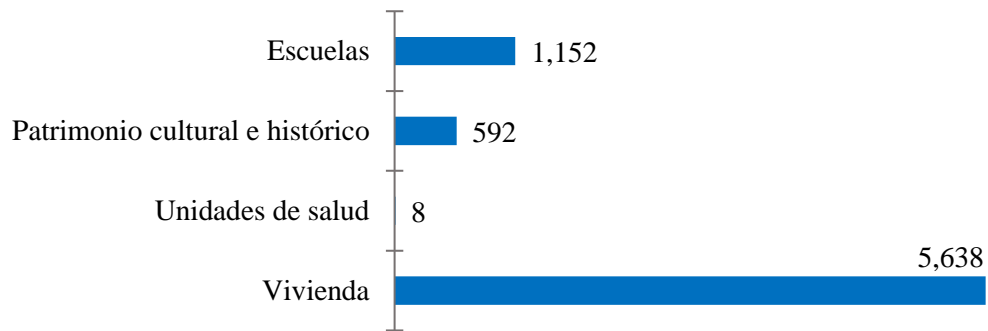
¹⁷ Se presentan en muros robustos de mampostería sujetos a cargas laterales. La tensión diagonal inducida en el muro por las cargas laterales resulta en la formación de grietas diagonales que cruzan piezas de mampostería y en las juntas de mortero (Espinosa, 2013).



Figura IV.28. HGRMF No. 7 de Cautla, Morelos (Fuerza México, 2022)

IV.4.2.4 Puebla

En el estado de Puebla resultaron afectados 122 municipios, los cuales fueron declarados en emergencia y desastre por la Secretaría de Gobernación. El sismo ocasionó 45 defunciones y afectó a 113,380 personas. En la Gráfica IV.14 se tienen los principales sectores afectados de Puebla.



Gráfica IV.14. Estimación de daños por sector en Puebla, sismo 19/09/17 (Fuerza México, 2022)

Las mayores afectaciones se dan en 32 inmuebles con colapso total (Figura IV.29), principalmente en bardas, escuelas, iglesias coloniales y viviendas construidas con adobe.

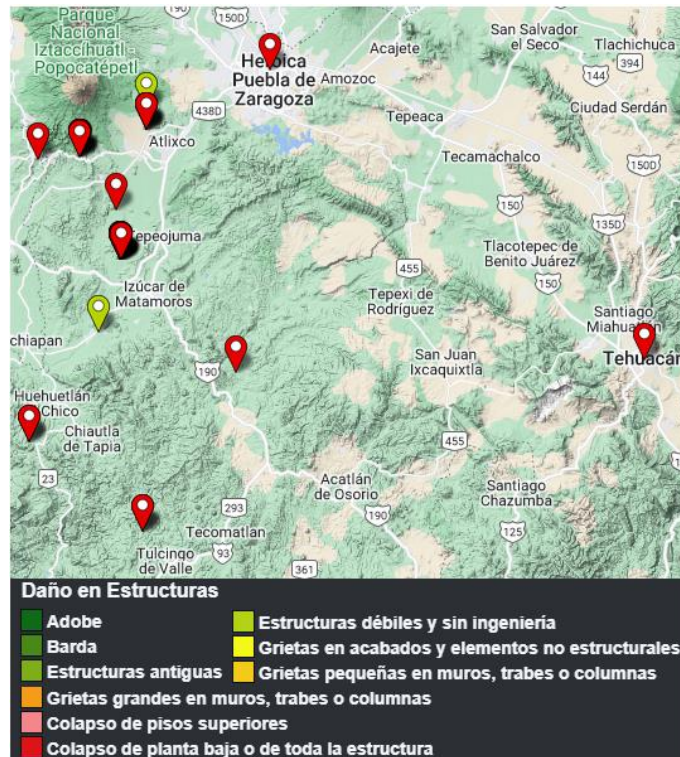


Figura IV.29. Inmuebles con colapso total en Puebla, sismo 19/09/17 (modificada de ERN, 2017)

Casa habitación

De los 27 inmuebles destinados al uso de casa habitación que presentaron colapso total de la estructura, uno de ellos se ubicaba en San José el Platanar, Cohetzala (ver Figura IV.30). El sistema estructural de la vivienda se basaba en muros de mampostería de adobe que alcanzaba un total de un piso. El colapso de la planta baja de toda la vivienda se presentó debido a la autoconstrucción / ampliaciones y al efecto de esquina. El periodo estimado de la estructura por ERN, (2017) es $T_e = 0.08$ s.



a) Antes del sismo, modificada de Google Earth, (2017)



b) Después del sismo, modificada de ERN, (2017)
Figura IV.30. Casa habitación en Cohetzala, Puebla

Comercio

Son tres los inmuebles destinados al uso de comercio que presentaron colapso total en el estado de México. Uno de ellos fue la Paletería Chietla Centro (Figura IV.31). Se ubicaba en Jiménez Portal No. 3, Centro, Chietla, Puebla. Su sistema estructural se basaba en muros de mampostería no confinada.

El colapso total del comercio se presentó debido a la autoconstrucción / ampliaciones y al efecto de esquina. El periodo estimado de la estructura por ERN, (2017) es $T_e = 0.08$ s.



Antes del sismo, modificada de Google Earth, (2017)



Después del sismo, modificada de ERN, (2017)

Figura IV.31. Paletería Chietla, Puebla

**V. GESTIÓN FINANCIERA PARA LA RECONSTRUCCIÓN DE LA
CIUDAD DE MÉXICO**

V.1 Introducción

A partir del fenómeno sísmico ocurrido el día 19 de septiembre de 2017, la Secretaría de Protección Civil de la Ciudad de México emitió un informe a la Administración Pública de la Ciudad de México (APCDMX) especificando que el evento sísmico ocasionó daños que rebasaron la capacidad de recuperación de las alcaldías. El sismo causó afectaciones a la estructura productiva, la infraestructura vial y de servicios, que alteraron las condiciones ordinarias de vida y que pusieron en riesgo la paz pública, el orden y la estructura social. Al recibir el informe, el Gobierno de la CDMX expidió la declaratoria de desastre el día 21 de septiembre de 2017 (Administración Pública de la Ciudad de México, 2017a).

La declaratoria de desastre se emitió para que las Alcaldías, Dependencias, Entidades y Órganos Desconcentrados llevaran a cabo acciones pertinentes para cubrir las necesidades básicas (como la protección de la vida, la salud y la integridad física de las personas). Al mismo tiempo, se estableció que las acciones de atención se debían cubrir con cargo a los recursos del FONADEN para atender las zonas de desastre afectadas en la CDMX.

Por lo tanto, este capítulo tiene la finalidad de examinar los fideicomisos gestionados financieramente por la CRCDMX y la plataforma Fuerza México, realizar un desglose de la estimación de los gastos autorizados y ejercidos, así como señalar los apoyos de emergencia que donaron países y organizaciones nacionales e internacionales.

V.2 Comisión para la Reconstrucción de la Ciudad de México

Los daños causados a la infraestructura del país debidos al sismo del 19 de septiembre de 2017 no se solucionaron inmediatamente. Fue necesario contar con una unidad encomendada para coordinar los trabajos de reconstrucción, apegándose fielmente a la Gestión Integral de Riesgos (GIR) y que tuviera líneas de acción en coordinación con otros órganos de gobierno, particulares, instituciones educativas y organizaciones civiles.

Por ello, el 26 de septiembre de 2017 se expide el decreto para la creación de la CRCDMX; como una unidad administrativa de la APCDMX (Administración Pública de la Ciudad de México, 2017b). A través de la responsabilidad, transparencia, rendición de cuentas, compromiso, colaboración y solidaridad, esta unidad se comprometió a implementar los mecanismos y acciones necesarios para que ningún proceso de reconstrucción de inmuebles afectados se suspenda durante todo el proceso de reconstrucción de sus viviendas (Comisión para la Reconstrucción, 2018a).

V.2.1 Principios

Los principios de la CRCDMX (Figura V.1) son el soporte de la misión, visión y estrategias que permiten orientar y regular las normas para el óptimo funcionamiento del Plan Integral para la Reconstrucción de la CDMX.

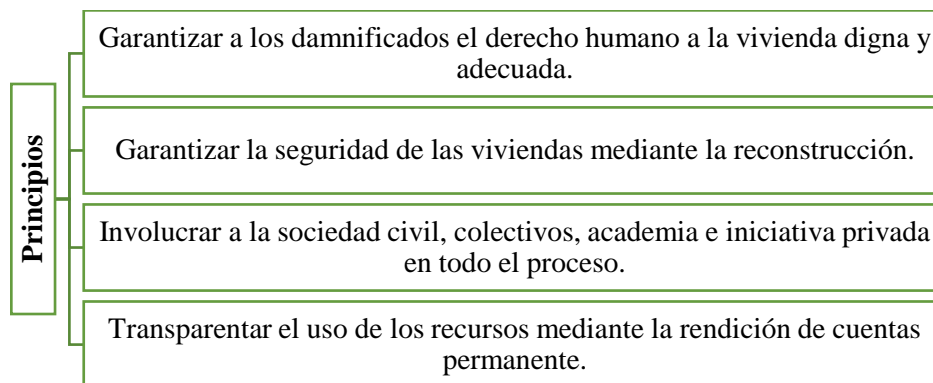


Figura V.1. Principios de la CRCDMX

V.2.2 Directrices generales

De acuerdo con la Comisión para la Reconstrucción, (2018b), las directrices permiten sentar las bases para el desarrollo del programa de reconstrucción. En ellas se plantea lo siguiente:

- I. Centrar la reconstrucción en los derechos de las personas.
- II. Generar acciones extraordinarias ante una situación extraordinaria.
- III. Reconocer los límites físicos de la ciudad: reconciliación de la ciudad con la sustentabilidad hídrica.
- IV. La reconstrucción heredará una ciudad más segura que la existente el 18 de septiembre.
- V. Una reconstrucción para igualar las condiciones sociales y económicas en la CDMX.
- VI. Modernización radical de los servicios vitales de la CDMX.
- VII. Proceso participativo y transparente.

Las siguientes etapas (Figura V.2) corresponden al programa de reconstrucción. Al inicio del diagrama de flujo se contemplan los instrumentos básicos que engloban el marco de la legalidad, participación y certeza jurídica; avanzando por etapas que preparan, definen y gestionan el financiamiento de la reconstrucción con el objetivo de tener una ciudad más segura y resiliente que la que se tenía anteriormente.

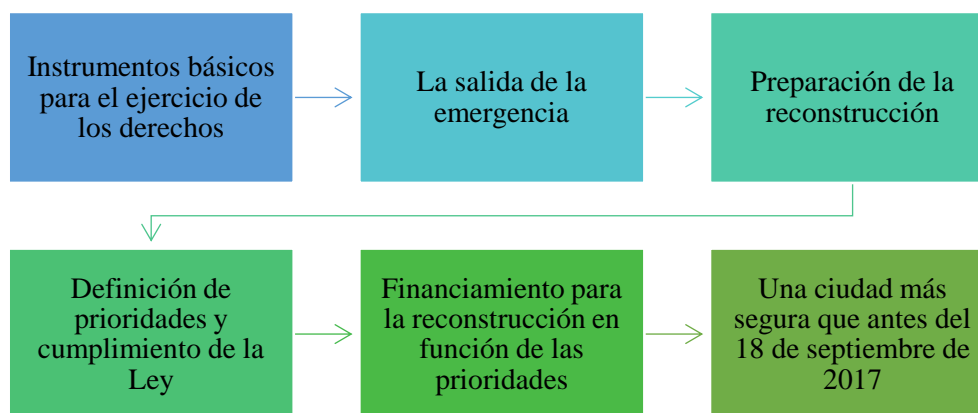


Figura V.2. Etapas del programa de reconstrucción (Comisión para la Reconstrucción, 2018)

V.2.3 Cobertura

La CRCDMX tiene presencia en todas las alcaldías de la Ciudad de México. Como se aprecia en la Figura V.3, la CDMX se divide en seis zonas para que el personal capacitado atienda a los damnificados mediante módulos instalados en las colonias de mayor afectación.

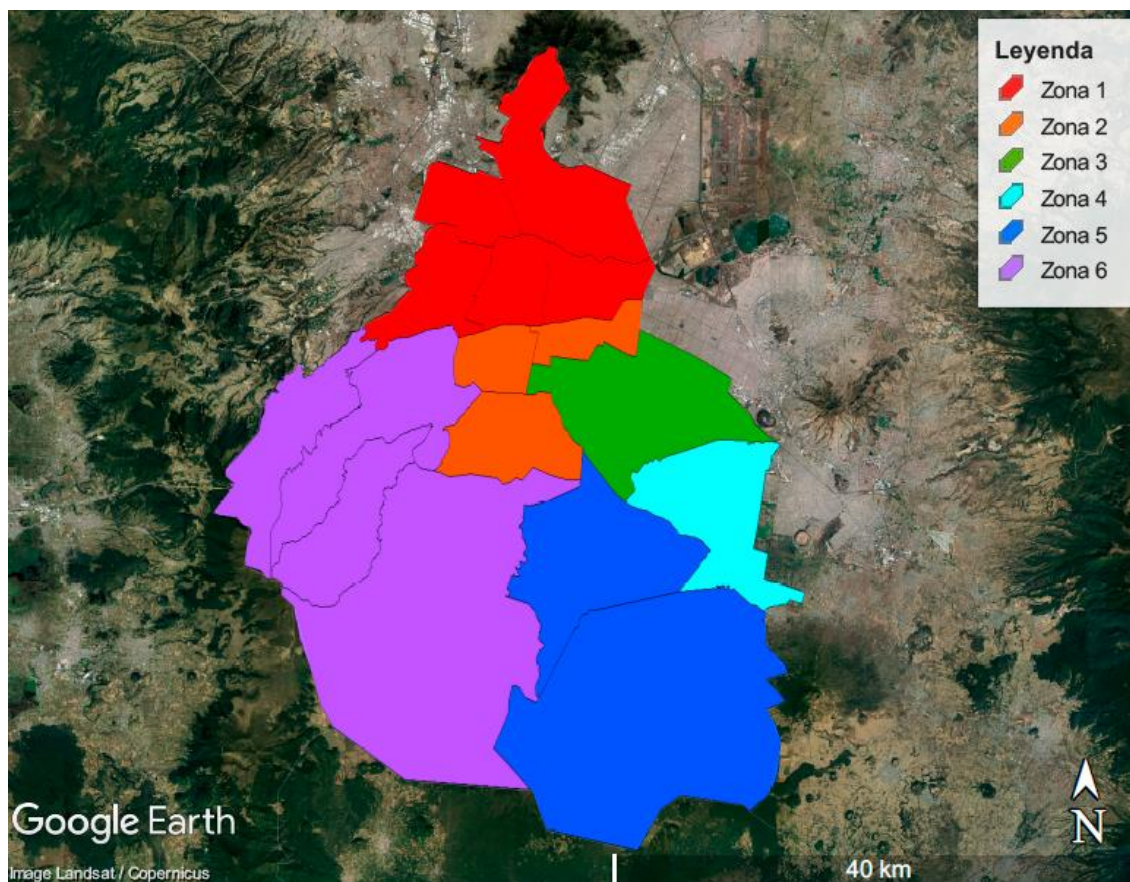


Figura V.3. La CDMX dividida por zonas para la cobertura de la CRCDMX

V.2.4 Órganos colegiados y mesas de trabajo

En esta sección se encuentran los diferentes órganos colegiados y mesas de apoyo relacionados con la toma de decisiones definidas en el marco de la Ley para la Reconstrucción Integral de la Ciudad de México y del Plan Integral para la Reconstrucción de la Ciudad de México. La Figura V.4, Figura V.5 y Figura V.6 se elaboraron a partir de información recabada en (Comisión para la Reconstrucción, 2019).

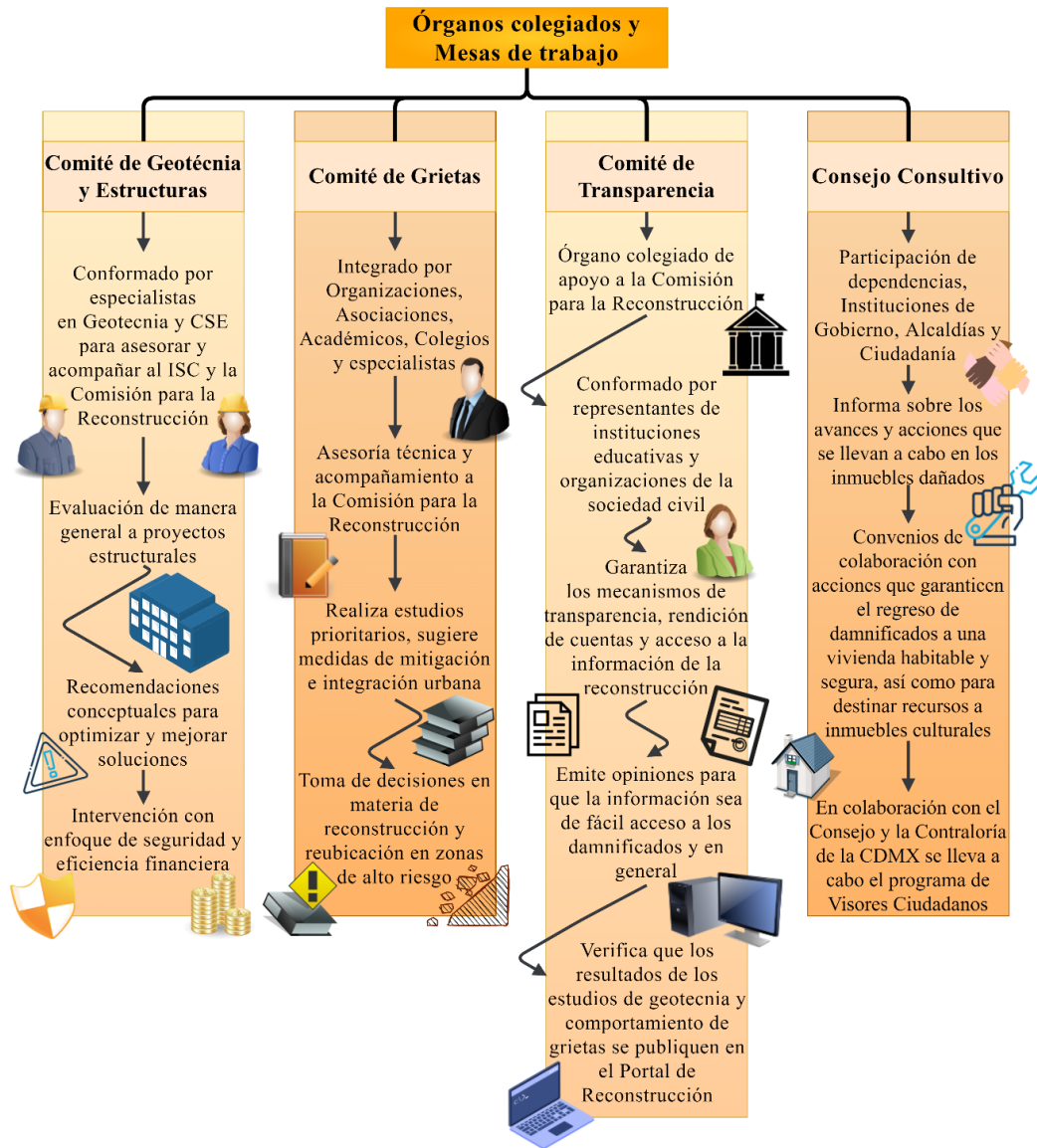


Figura V.4. Órganos colegiados y mesas de trabajo de la CRCDMX (a)

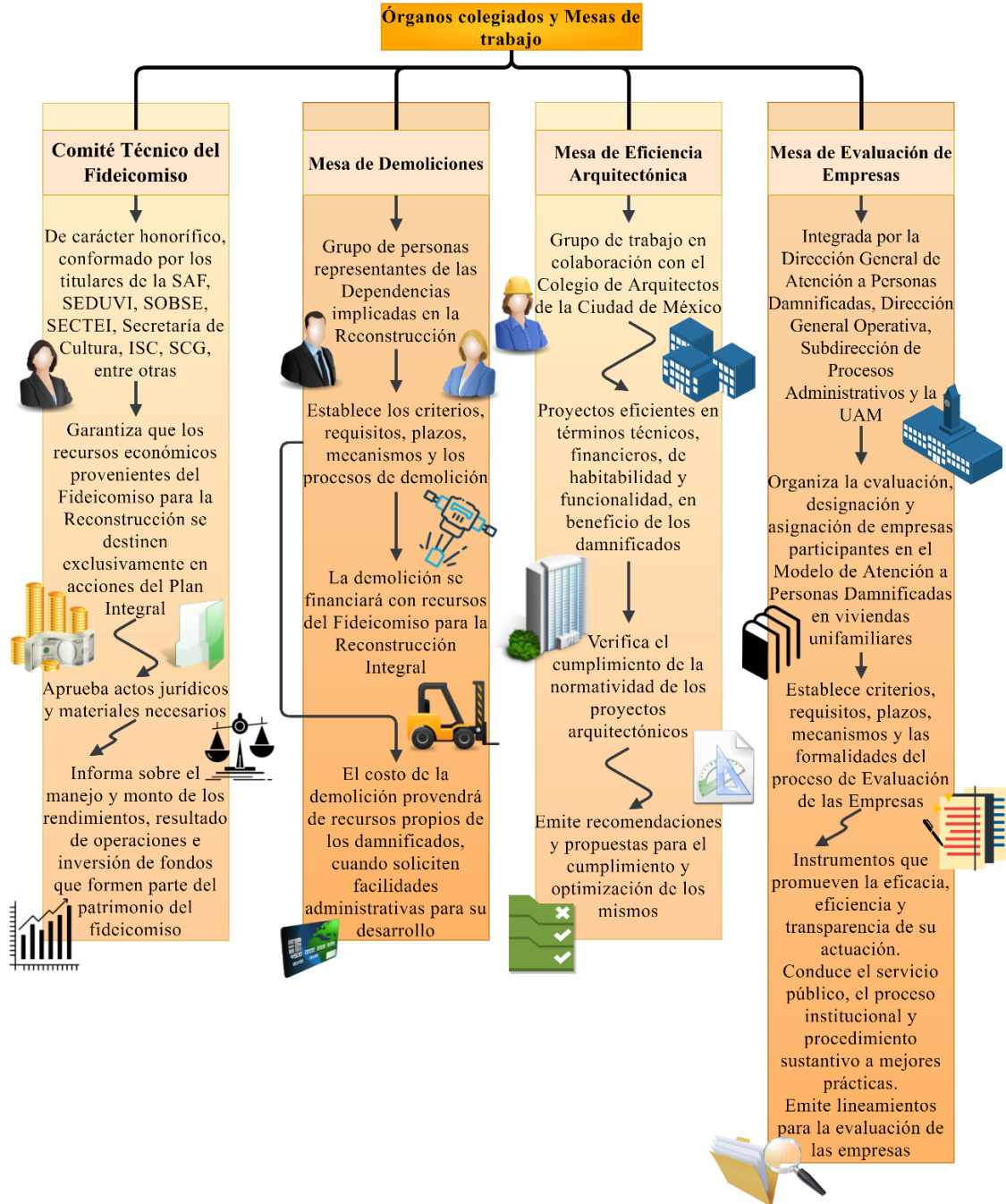


Figura V.5. Órganos colegiados y mesas de trabajo de la CRCDMX (b)

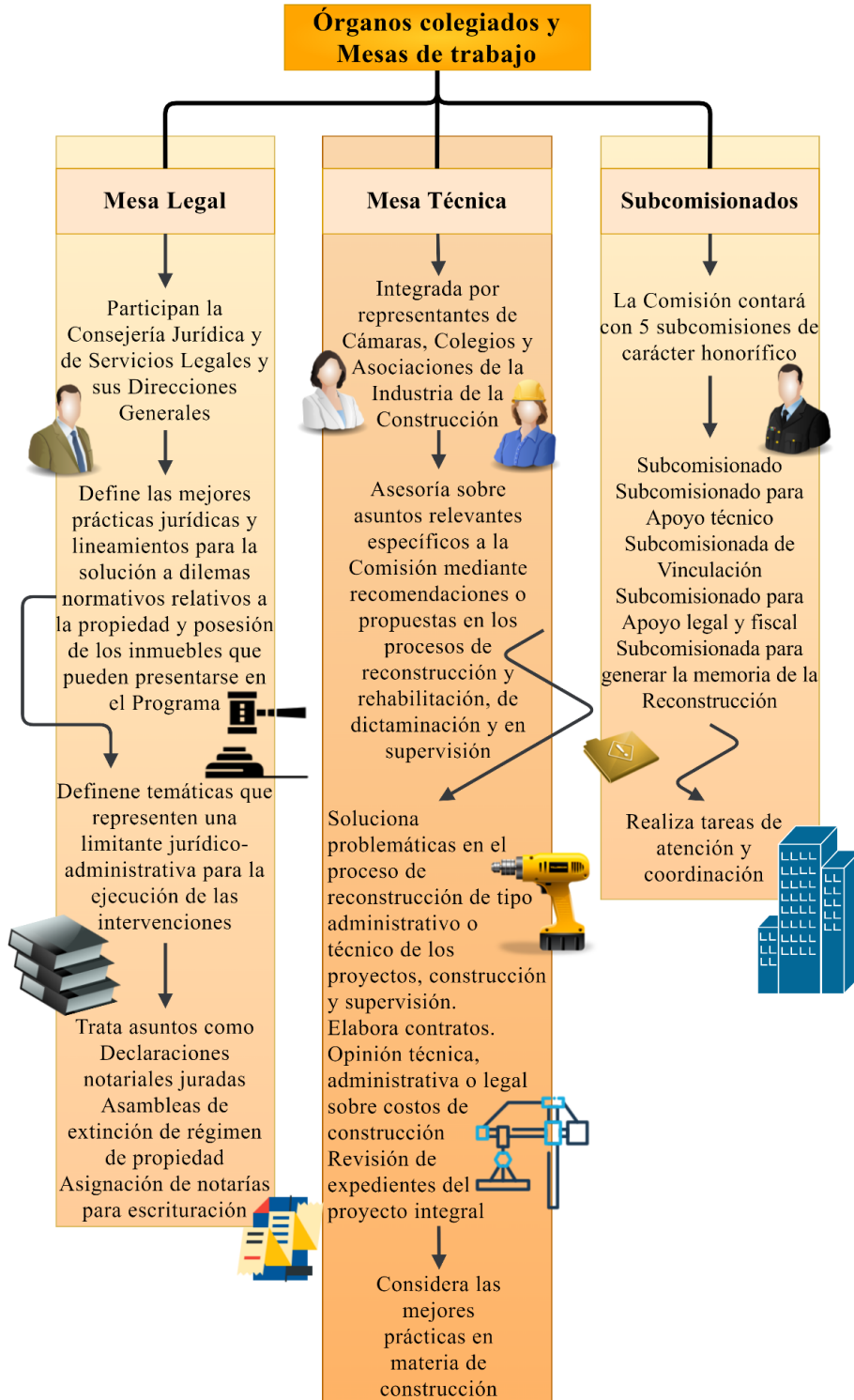


Figura V.6. Órganos colegiados y mesas de trabajo de la CRCDMX (c)

V.2.5 Fideicomiso para la reconstrucción

Para entender los siguientes puntos es necesario describir qué es un fideicomiso. De acuerdo con BBVA, (2019), se trata de un contrato en el que cualquier tipo de persona (física o moral) afecta ciertos bienes inmuebles, recursos en efectivo, valores, derechos de pólizas de seguro, acciones, o derechos para un fin lícito y determinado en beneficio propio o de un tercero, encomendando la realización de dicho fin a una institución fiduciaria.

Con la Figura V.7 se pretende ejemplificar algunas características importantes que posee un fideicomiso. Las responsabilidades de este recaen siempre sólo entre quienes lo celebran: fideicomitente, fideicomisario y fiduciario (Congreso de la Unión, 2018).

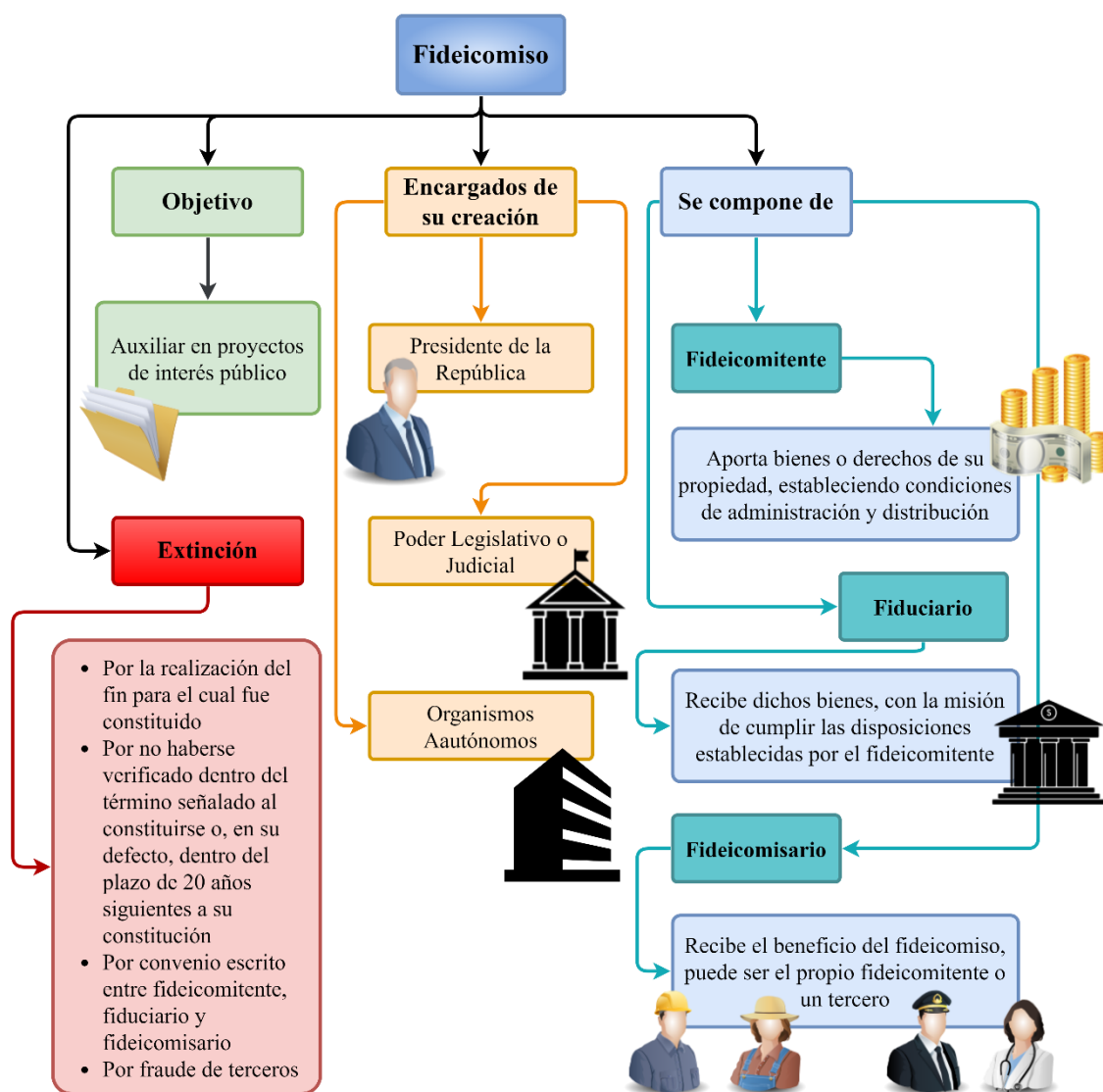


Figura V.7. Componentes de un fideicomiso

Es importante no perder de vista lo postulado en el Artículo 134 de la Constitución Mexicana, el cual establece que: “Los recursos económicos que dispongan la Federación, las entidades federativas, los

Municipios y las demarcaciones territoriales de la Ciudad de México se administrarán con eficiencia, eficacia, economía, transparencia y honradez para satisfacer los objetivos a los que estén destinados”.

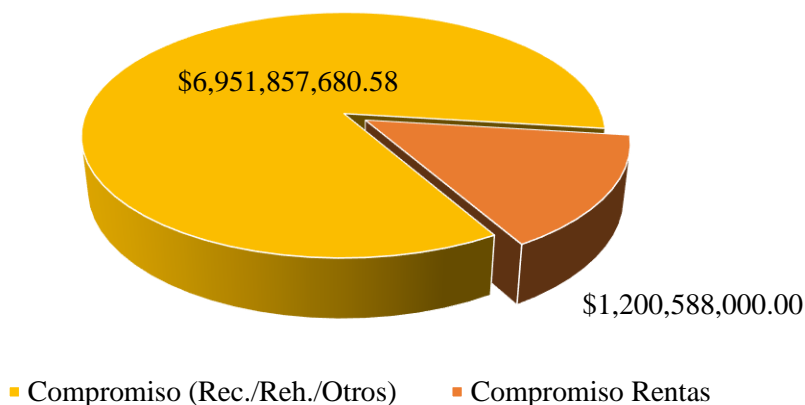
Debido a que la CRCDMX no cuenta con recursos propios, fue necesario que la Secretaría de Finanzas proporcionara un fideicomiso para las labores de reconstrucción y rehabilitación de los inmuebles afectados por el sismo del 19 de septiembre de 2017. El fideicomiso se ejerce del recurso público que se propone en el Presupuesto de Egresos de la Ciudad de México.

Los gastos del fideicomiso fueron obtenidos de la Comisión para la Reconstrucción, (2022b) con fecha de corte al 30 de junio de 2022. Se dividen en gasto comprometido y gasto ejercido. Para visualizar el desglose de ambos costos, es necesario empezar por el gasto comprometido, para finalmente analizar la información de lo que realmente se ejerce hasta la fecha de corte.

V.2.5.1 Gasto comprometido

La CRCDMX tiene el compromiso de invertir \$8,152,445,680.58 pesos de los fondos del fideicomiso, de los cuales se compromete a ejercer en el apoyo a rentas, reconstrucción, rehabilitación, supervisión y demolición de inmuebles afectados por el sismo, así como la restauración y preservación del patrimonio histórico y cultural.

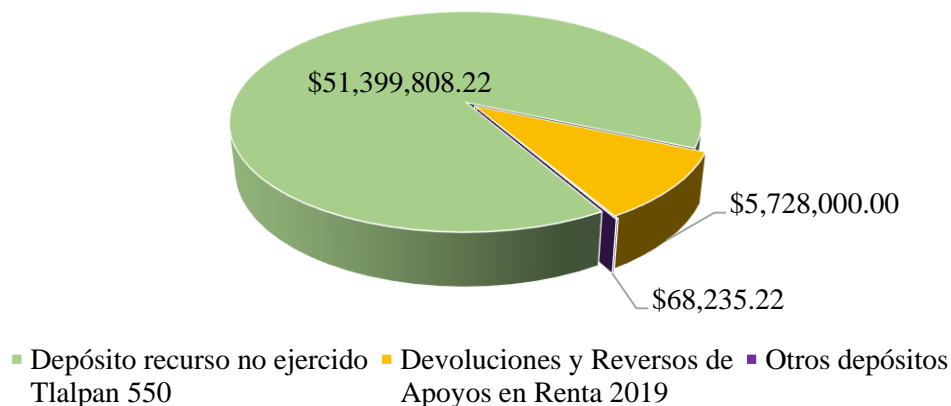
En la Gráfica V.1 se presenta la división del gasto comprometido. Se divide principalmente en la inversión a la reconstrucción, rehabilitación, supervisión, demolición, estudios/proyecto ejecutivo y en el compromiso de apoyo a la renta.



Gráfica V.1. Gasto comprometido por la CRCDMX [MXN]

V.2.5.2 Saldo inicial y depósitos

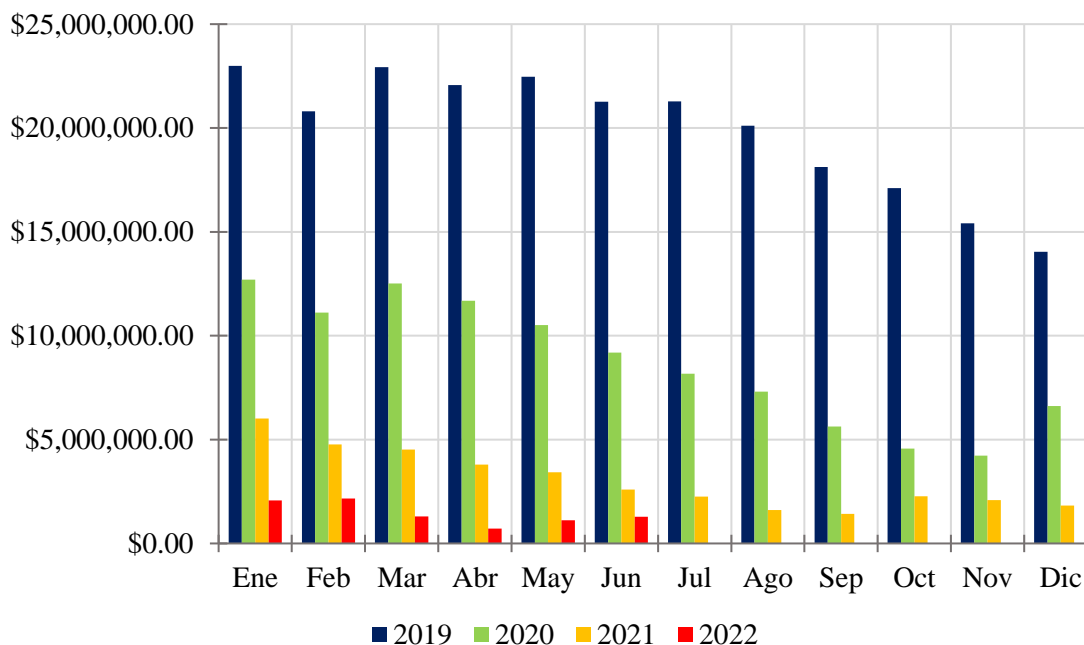
Durante los siguientes puntos se presentará el desglose completo para obtener el gasto ejercicio total y el saldo final, desde el primero de enero de 2019 al 30 de junio de 2022. El saldo inicial de la CRCDMX fue de \$3,715,021,175.81 pesos. A este concepto se añaden los depósitos del periodo enero 2020 - junio 2022. En la Gráfica V.2 se contemplan tres conceptos que, sumados, dan la cantidad de \$57,196,043.44 pesos.



Gráfica V.2. Depósitos (otros ingresos) de la CRCDMX [MXN]

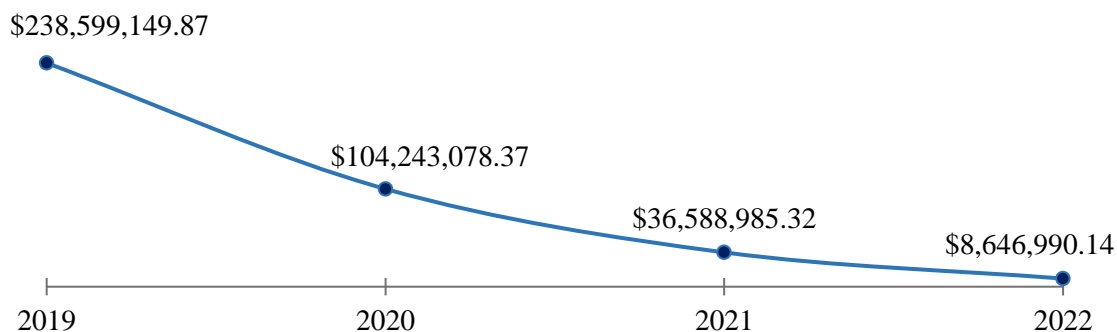
V.2.5.3 Intereses acumulados

Los intereses distribuidos durante el periodo 2019–2022 se presentan en la Gráfica V.3. En ella, se observa que, durante los años 2019, 2020 y 2021, enero fue el mes que registró la mayor cantidad de intereses: \$22,988,250.59, \$12,702,946.90 y \$6,010,992.37 pesos, respectivamente.



Gráfica V.3. Intereses mensuales periodo 2019–2022 [MXN]

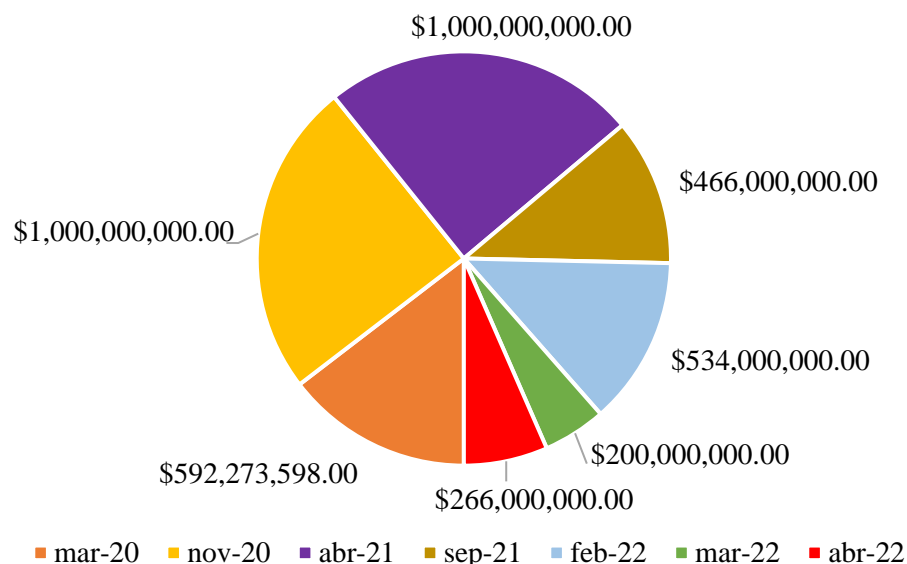
En la Gráfica V.3 se aprecia que conforme transcurre el tiempo, los intereses acumulados mensuales disminuyen un hecho que se confirma en la Gráfica V.4, donde el total de intereses acumulados anualmente para el periodo 2019–2022 es de \$388,078,203.70 pesos.



Gráfica V.4. Intereses anuales periodo 2019–2022 [MXN]

V.2.5.4 Aportaciones del Gobierno

El Gobierno de la Ciudad de México realizó aportaciones a través del FONADEN (Gráfica V.5) desde marzo de 2020 hasta abril de 2022; en total son \$4,058,273,598.00 pesos.



Gráfica V.5. Aportación del Gobierno de la CDMX (FONDEN) [MXN]

V.2.5.5 Ingreso total

Con los conceptos anteriores presentados, es posible obtener el ingreso total, en MXN, del primero de enero de 2019 al 30 de junio de 2022. La Ecuación V.1 queda de la siguiente manera:

$$I_T = S_i + D + I_a + A_{Gob} \quad (V.1)$$

Donde:

- I_T : Ingreso total.
- S_i : Saldo inicial.
- D : Depósitos.
- I_a : Intereses acumulados.
- A_{Gob} : Aportación del Gobierno (FONDEN).

Sustituyendo los valores en la Ecuación V.1, se tiene:

$$I_T = \$3,715,021,175.81 \text{ pesos} + \$57,196,043.44 \text{ pesos} + \dots \\ \dots + \$388,078,203.70 \text{ pesos} + \$4,058,273,598.00 \text{ pesos}$$

$$\text{Ingreso Total} = \$8,218,569,020.95 \text{ pesos}$$

V.2.5.6 Gasto para la reconstrucción, rehabilitación y otros

Como se indicó anteriormente, la CRCDMX tiene el deber de ejercer correctamente el gasto comprometido. En los siguientes puntos, se analizará el avance del gasto ejercicio hasta la fecha de corte, el cual se compone de tres tipos de gastos: reconstrucción, rehabilitación y otros, apoyo a rentas y operativos (Comisión para la Reconstrucción, 2022).

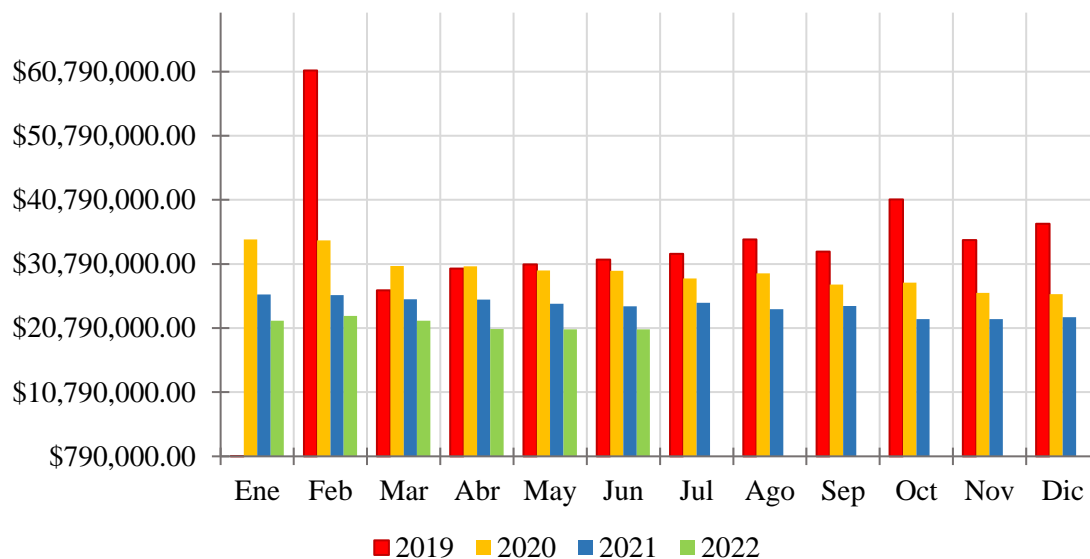
En la Gráfica V.6 se presenta un resumen del gasto correspondiente a esta primera categoría, con un total de \$6,205,081,425.96 pesos. Los tres conceptos que recibieron el mayor gasto ejercido son multifamiliar, unifamiliar y patrimonio cultural.



Gráfica V.6. Gasto ejercido rec/reh/otros [MXN]

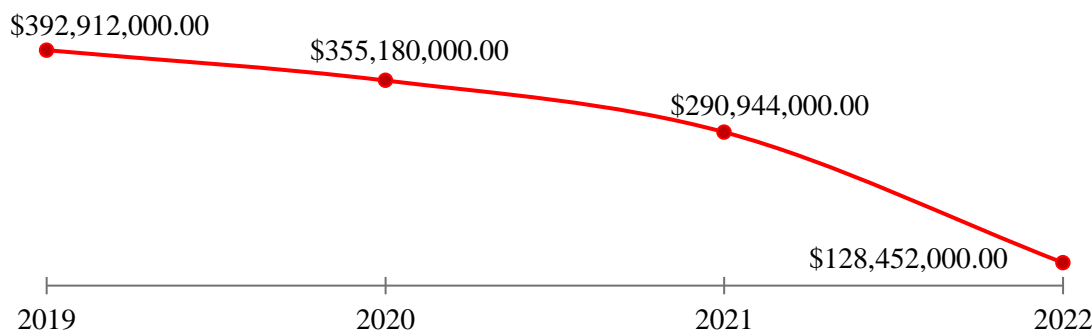
V.2.5.7 Gasto para el apoyo a rentas

Según la Comisión para la Reconstrucción, (2022a), el apoyo a la renta es una ayuda económica de \$4,000 pesos mensuales que el Plan para la Reconstrucción Integral brinda a los damnificados como consecuencia del colapso de sus viviendas o de los daños derivados por el evento sísmico. Los damnificados deben retirarse de las viviendas afectadas durante el tiempo que dure el proceso de reconstrucción, reparación o reforzamiento. En la Gráfica V.7 se representa el importe de apoyo a la renta asignado a cada mes durante todo el periodo 2019–2022. El mes de febrero de 2019 alcanza los \$60,976,000.00 pesos, el valor máximo para el 2020 es de \$34,612,000.00 pesos \$26,024,000.00 pesos para el 2021 y \$22,680,000.00 pesos para lo que va del año 2022.



Gráfica V.7. Apoyo a renta mensual 2019–2022 [MXN]

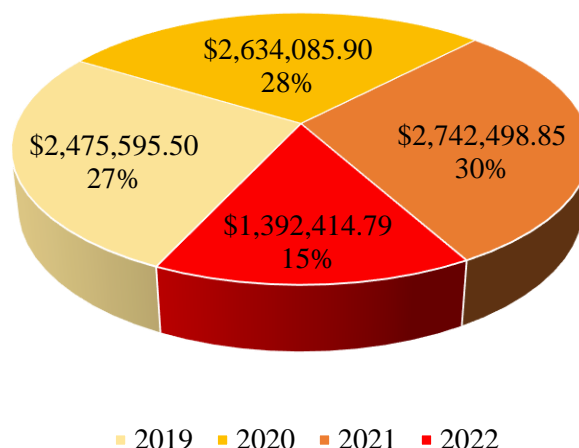
En el 2019 el apoyo a la renta tenía un crecimiento que alcanzó los \$37,044,000.00 pesos para el mes de diciembre. Posteriormente, el importe asignado disminuye año con año por los avances en la reconstrucción y rehabilitación que la Comisión para la Reconstrucción desempeñó. En la Gráfica V.8 se considera el apoyo acumulado anual para obtener un total general de \$1,167,488,000.00 pesos para este gasto ejercido.



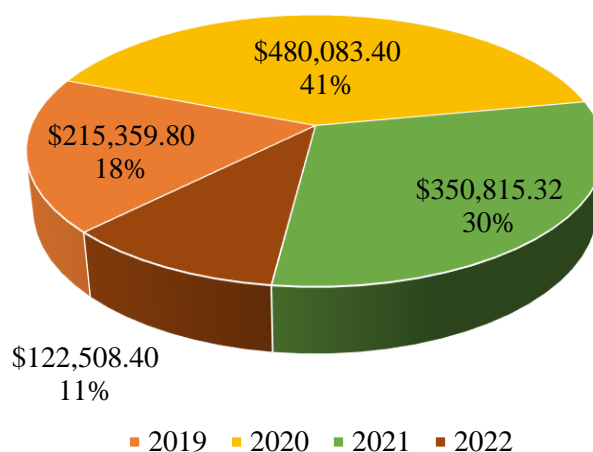
Gráfica V.8. Apoyo a renta anual 2019–2022 [MXN]

V.2.5.8 Gasto operativo y otros gastos

La categoría de gastos operativos ejercidos se integra por los gastos operativos, las comisiones bancarias y el poder notarial. El gasto operativo 2019–2022 es de \$9,244,595.04 pesos y se representa en la Gráfica V.9. Las comisiones bancarias durante el mismo periodo alcanzan la cifra de \$1,168,766.92 pesos (ver Gráfica V.10).



Gráfica V.9. Gasto operativo 2019–2022 [MXN]



Gráfica V.10. Comisiones bancarias 2019–2022 [MXN]

El monto del poder notarial 2019 es de \$6,000.00 pesos. Por lo tanto, el gasto operativo total es de \$10,419,361.96 pesos.

V.2.5.9 Gasto ejercido total

Finalmente, con los conceptos desglosados anteriormente, el gasto ejercido total de la CRCDMX con fecha de corte del 30 de junio de 2022 (Gráfica V.11) se obtuvo a partir de la Ecuación V.2.

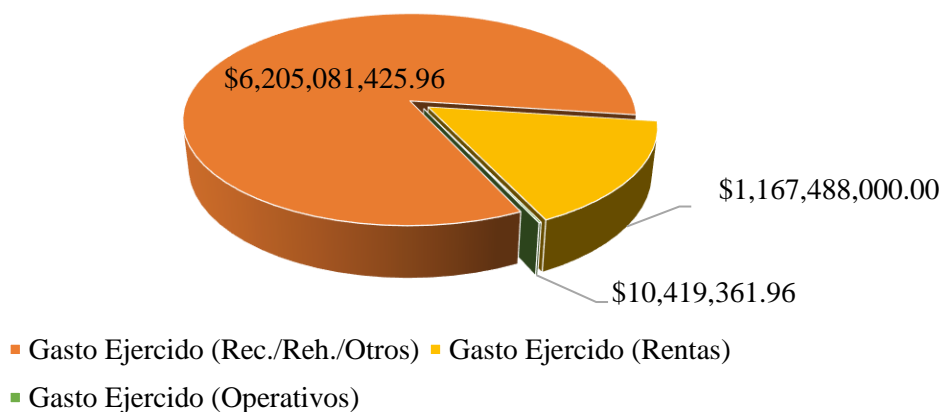
$$G_{ET} = G_{Rec/Reh/Otros} + G_R + G_O \quad (V.2)$$

Donde:

- | | | | |
|-----------------------|--|---------|-------------------------------------|
| G_{ET} : | Gasto ejercido total. | G_R : | Gasto ejercido en rentas. |
| $G_{Rec/Reh/Otros}$: | Gasto ejercido en la reconstrucción, rehabilitación y otros. | G_O : | Gasto ejercido en operativos total. |

$$G_{ET} = \$6,205,081,425.96 \text{ pesos} + \$1,167,488,000.00 \text{ pesos} + \$10,419,361.96 \text{ pesos}$$

Gasto ejercido total = \$7,382,988,787.92 pesos



Gráfica V.11. Gasto ejercido total 2019–2022 [MXN]

V.2.5.10 Saldo final

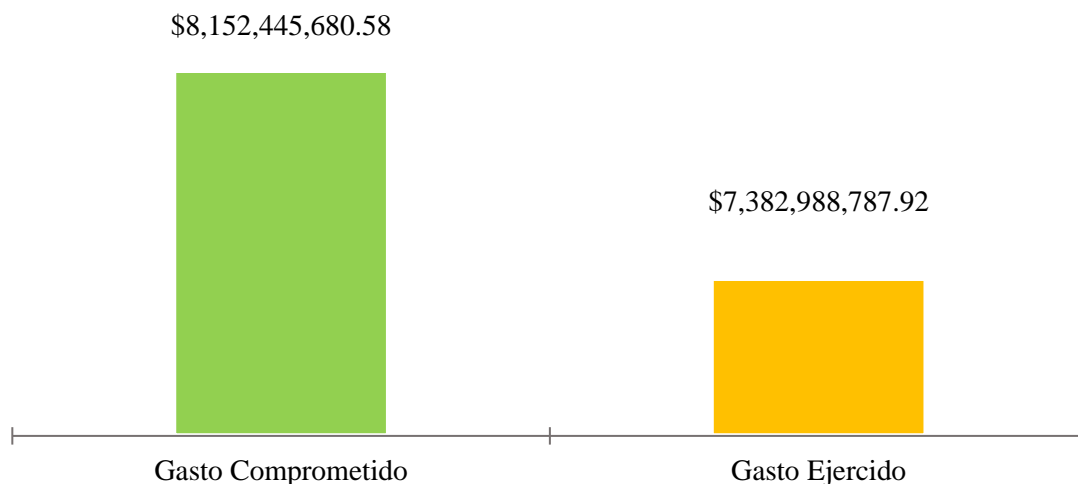
El saldo final es aquel que la CRCDMX dispone para lograr culminar con el objetivo de ejercer el gasto comprometido, el cual se obtiene a partir de la Ecuación V.3.

$$\text{Saldo final} = \text{Ingreso total} - \text{Gasto ejercido total} \quad (\text{V.3})$$

$$\text{Saldo final} = \$8,218,569,020.95 \text{ pesos} - \$7,382,988,787.92 \text{ pesos}$$

Saldo final = \$835,580,233.03 pesos

Una vez obtenidos los montos finales para el gasto comprometido y el ejercido (Gráfica V.12), la diferencia entre ambos conceptos es de \$769,456,892.66 pesos. Se concluye que la Comisión para la Reconstrucción todavía necesita invertir más recursos para cumplir con la encomienda asignada.



Gráfica V.12. Comparativa entre el gasto comprometido y el ejercido 2019–2022 [MXN]

V.3 Fideicomiso Fuerza México

El Fideicomiso Fuerza México se integra por un Comité Técnico encargado de la toma de decisiones de inversión (ver Figura V.8). Un conjunto de organismos sin fines de lucro que sirve para recibir y destinar donativos de manera transparente a los damnificados por los sismos del 7 y 19 de septiembre de 2017. Según Fuerza México, (2019), al patrimonio del fideicomiso se le sumarían los donativos en especie y aportaciones económicas que realicen terceros, así como los rendimientos, intereses y/o ganancias.



Figura V.8. Organismos que integran Fuerza México

Las donaciones que llegaban al fideicomiso se destinaban para apoyos asistenciales, culturales y económicos; principalmente para la construcción y reconstrucción de viviendas, restauración y recuperación del patrimonio cultural de la Nación, construcción, reconstrucción, rehabilitación y equipamiento de la infraestructura que determine el Comité Técnico, y apoyar a donatarias autorizadas que tengan el mismo fin.

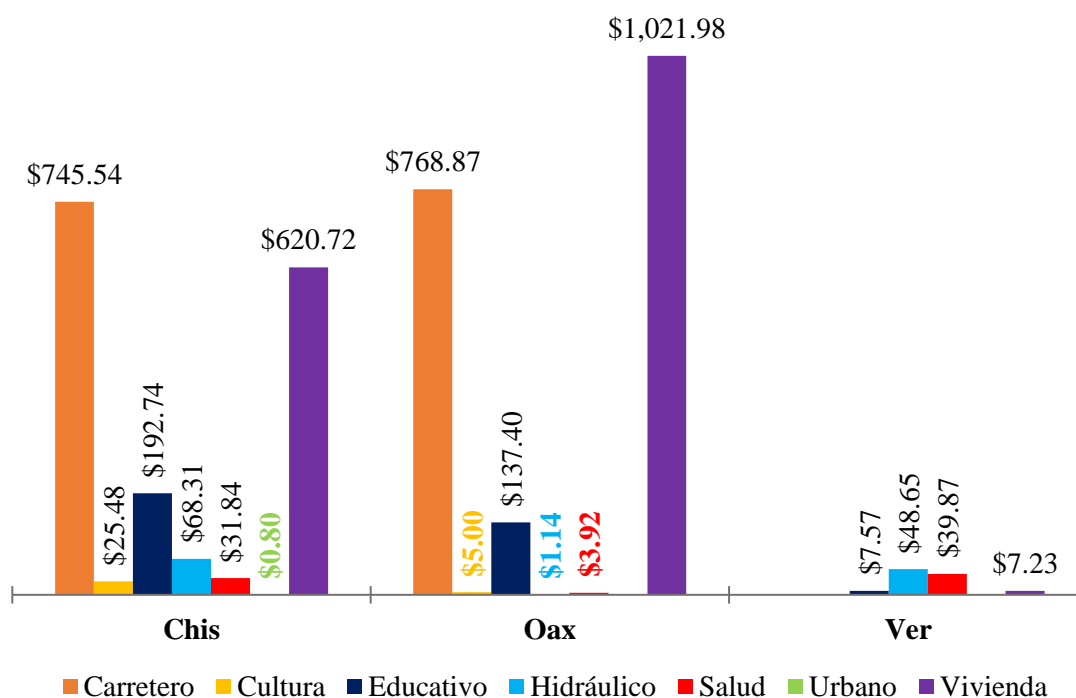
V.3.1 Fuerza México en la reconstrucción

En los siguientes puntos se realizará un análisis a los recursos utilizados para la reconstrucción. Se cuenta con gráficas para dar una mejor visualización a las acciones de la reconstrucción en infraestructura educativa, monumentos y sitios históricos, salud, entre otros sectores.

V.3.2 Aportaciones por entidad federativa

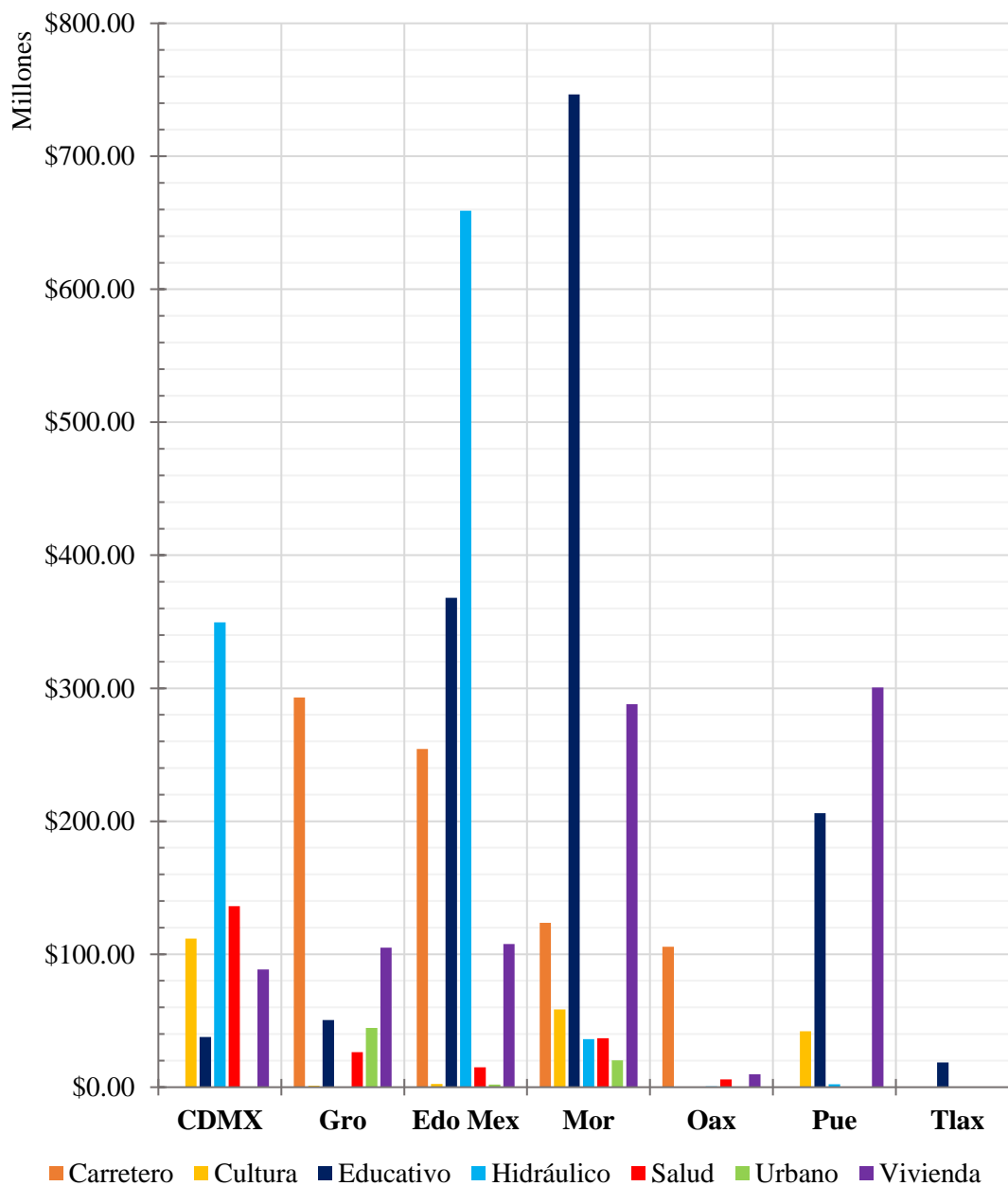
La primera fuente de financiamiento que se desglosará es la de las aportaciones estatales con fecha de corte del 14 de septiembre de 2018 (Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos, 2018), las cuales son obras y acciones con cargo de la entidad federativa conforme a los convenios de colaboración que presentan como resultado de la evaluación de daños. Conforme al artículo 22 de las Reglas de Operación del FONADEN. La aportación estatal es responsabilidad de las entidades federativas, así como la aplicación de los recursos y la rendición de cuentas sobre ellos.

En la Gráfica V.13 se presentan los montos por sector de operación de las entidades federativas para el sismo del 7 de septiembre de 2017. Chiapas y Oaxaca destinaron más recursos a los sectores carretero y vivienda. En el caso de Chiapas, la aportación al sector carretero alcanzó los \$745,544,800.00 pesos, mientras que Oaxaca destinó \$1,021,976,986.00 pesos para la vivienda. El monto total, considerando todas las aportaciones, fue de \$3,727,070,692.55 pesos.



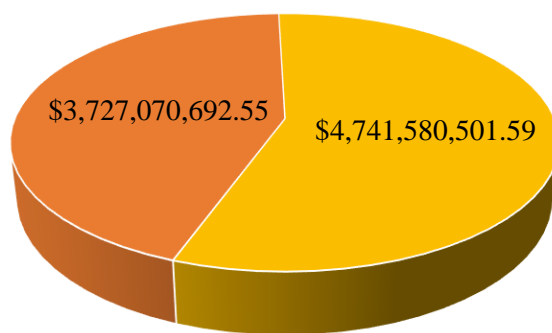
Gráfica V.13. Sectores apoyados por su respectiva entidad federativa, caso sismo 07/09/2017 [mdp]

En la Gráfica V.14 se tiene el caso para el sismo del 19 septiembre de 2017 destaca Morelos por destinar recursos a todos los sectores. Para este evento sísmico, todas las aportaciones estatales lograron un monto de \$4,741,580,501.59 pesos.



Gráfica V.14. Sectores apoyados por su respectiva entidad federativa, caso sismo 19/09/2017 [mdp]

Finalmente, con los dos casos ya desglosados, es posible cuantificar el total de las aportaciones estatales. En la Gráfica V.15, el 44 % de las aportaciones corresponde al sismo del 7 de septiembre de 2017, mientras que el 56 % de las aportaciones se destinó al sismo del 19 de septiembre de 2017. El monto total de los sectores apoyados es de \$8,468,651,194.14 pesos.

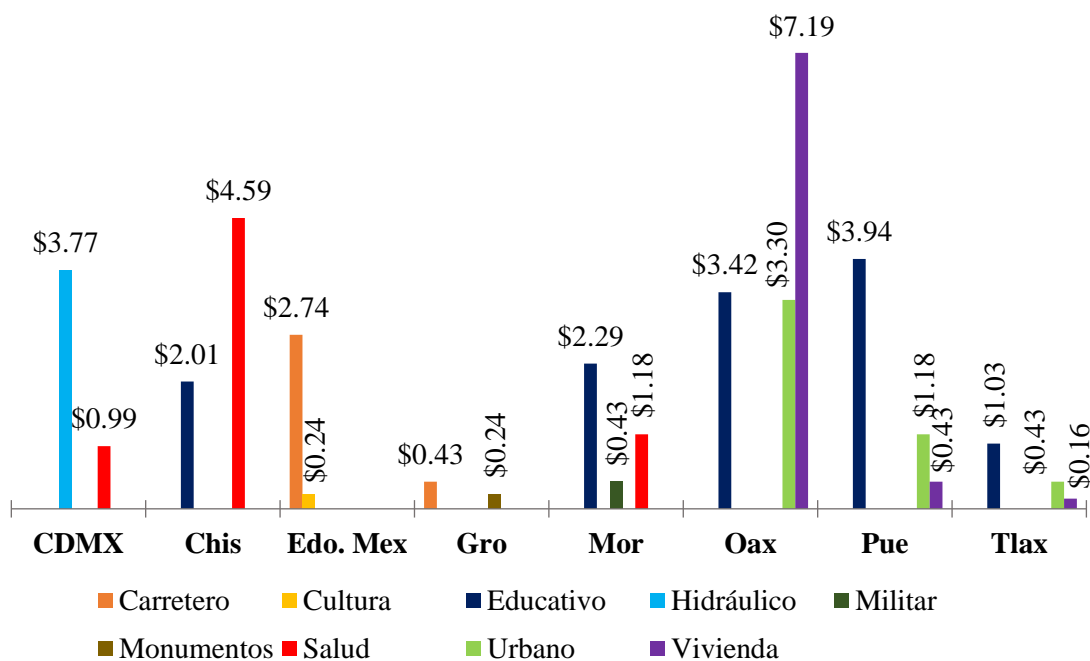


■ 7/9/2017 ■ 19/9/2017

Gráfica V.15. Total de las aportaciones estatales para ambos sismos [MXN]

V.3.3 Gasto de evaluación de daños

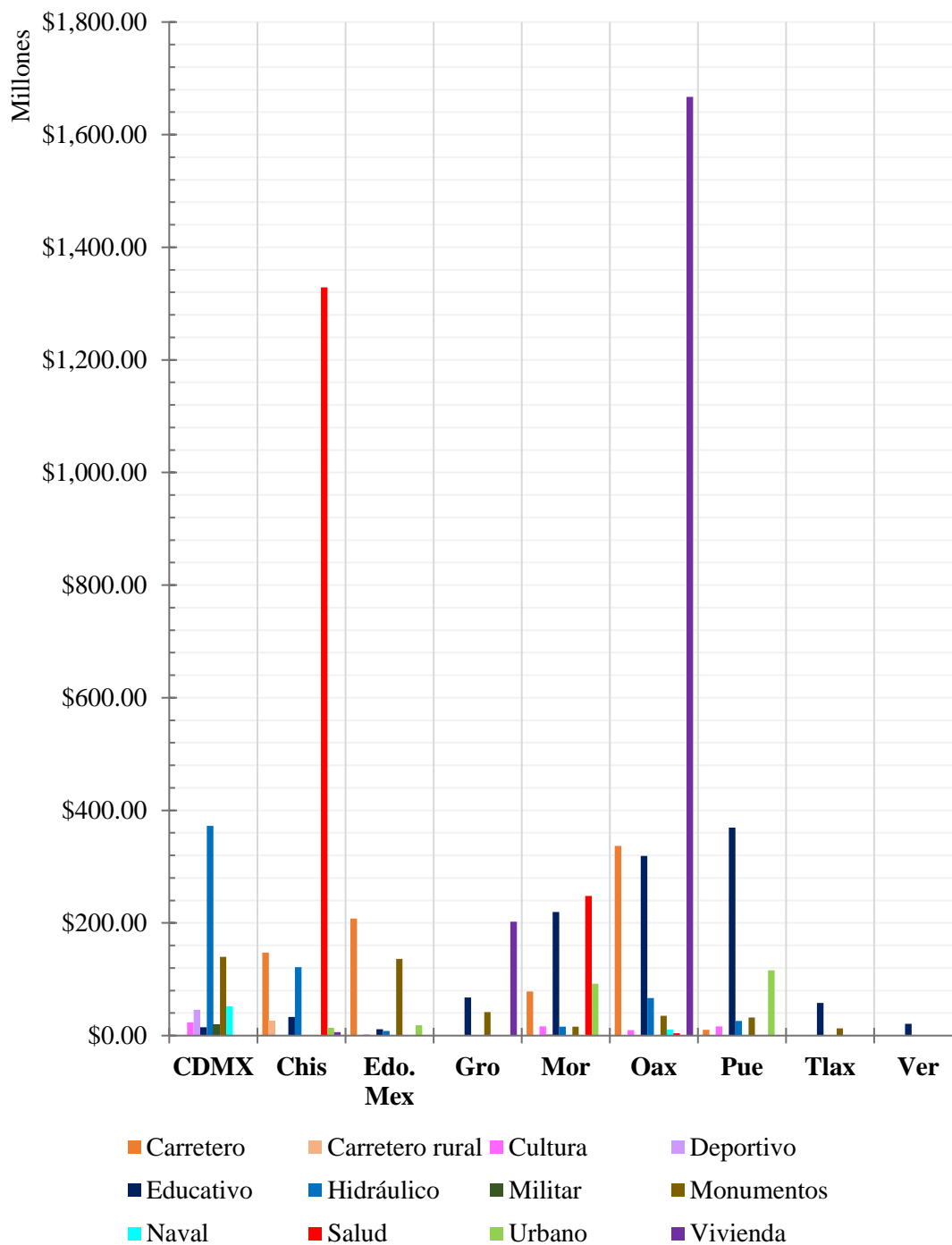
En este punto se abordará el caso de los gastos de evaluación de daños autorizados por su respectiva competencia Federal o Estatal con fecha de corte del 26 de septiembre de 2019 para atender a los sectores con base en el tipo de actividades que realizan o servicios que prestan, dependiendo de cada entidad federativa y considerando el ciclo 2017 (ver Gráfica V.16). El monto total del gasto para la evaluación de daños es de \$39,960,092.79 pesos.



Gráfica V.16. Gastos de evaluación de daños autorizados por estado [mdp]

V.3.4 Apoyos parciales inmediatos

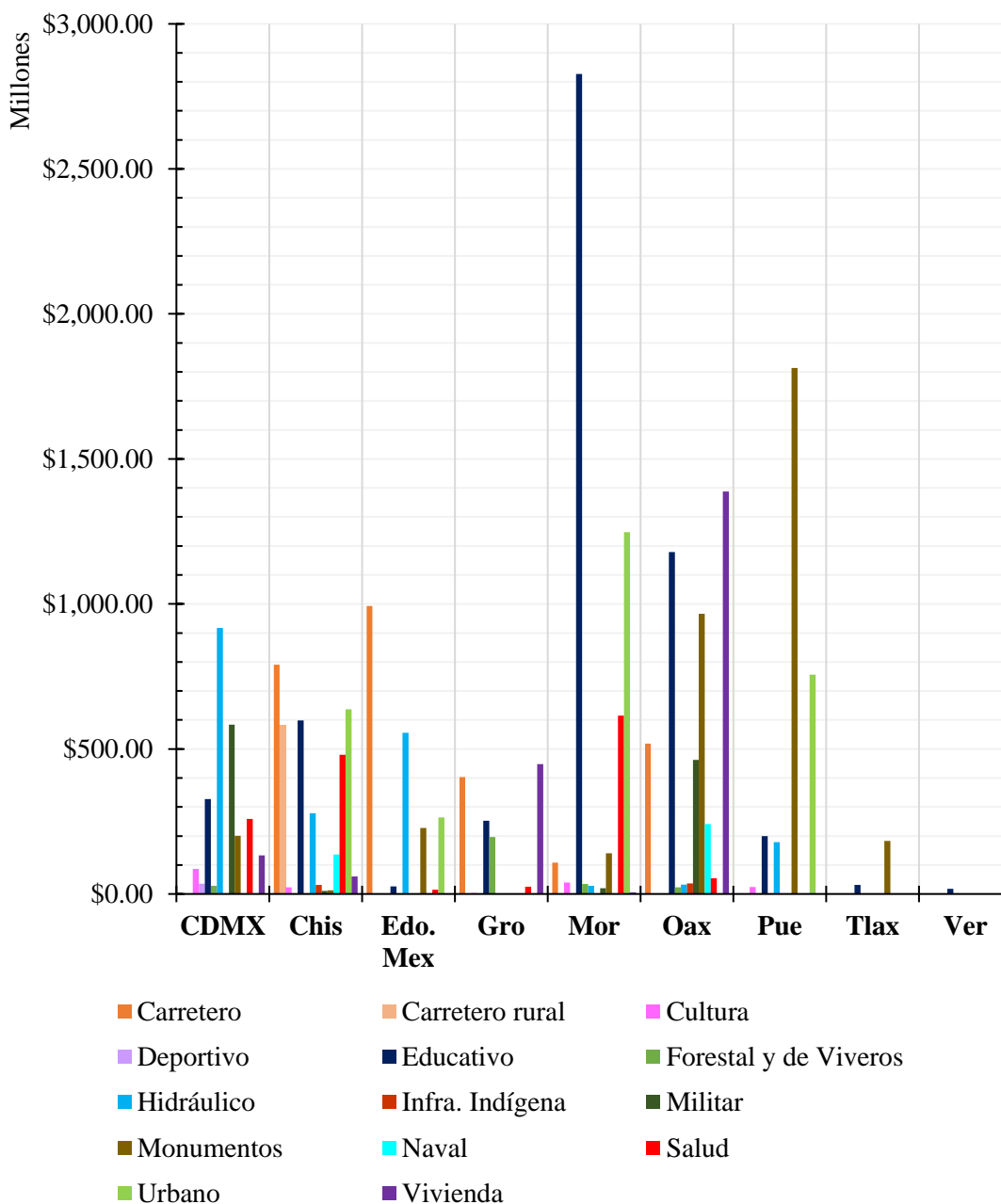
Se consideró el día 26 de septiembre de 2019 como la última fecha en la que estos datos se actualizaron en Fuerza México, (2022). El monto autorizado para cada sector a través del esquema de Apoyos Parciales Inmediatos fue de \$6,844,389,946.29 pesos (Gráfica V.17).



Gráfica V.17. Apoyos parciales inmediatos autorizados por estado [MXN]

V.3.5 Gasto de la reconstrucción

El monto para la reconstrucción se refiere al monto máximo de los recursos aprobados para cada sector a cargo del FONDEN o del patrimonio del Fideicomiso FONDEN por la Unidad de Política y Control Presupuestario de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (ver Gráfica V.18). Este monto se actualizó hasta el día 26 de septiembre de 2019 (Fuerza México, 2022), el cual resulta de \$22,810,342,754.82 pesos.



Gráfica V.18. Estados que autorizaron un monto para la reconstrucción por sector [mdp]

V.3.6 Monto autorizado federal

El monto que se autorizó a nivel federal (Ecuación V.4) se obtiene al realizar una suma de la Ecuación V.1, Ecuación V.2 y Ecuación V.3.

$$M_{Af} = GED_a + API_a + G_{Rec} \quad (V.4)$$

Donde:

<p>M_{AF}: Monto autorizado federal.</p> <p>GED_a: Gasto de evaluación de daños autorizado.</p>	<p>API_a: Apoyos parciales inmediatos autorizados.</p> <p>G_{Rec}: Gasto de reconstrucción.</p>
---	---

$$M_{AF} = \$39,960,092.79 \text{ pesos} + \$6,844,389,946.29 \text{ pesos} + \$22,810,342,754.82 \text{ pesos}$$

Monto autorizado federal = \$29,694,692,793.90 pesos

V.3.7 Recursos federales y estatales

El total de los recursos federales y estatales (Ecuación V.5) se obtuvo considerando lo siguiente:

$$R_{F,E} = A_E + M_{AF} \tag{V.5}$$

Donde:

$R_{F,E}$: Recursos federales y estatales.	M_{AF} : Monto autorizado federal.
A_E : Aportaciones estatales.	

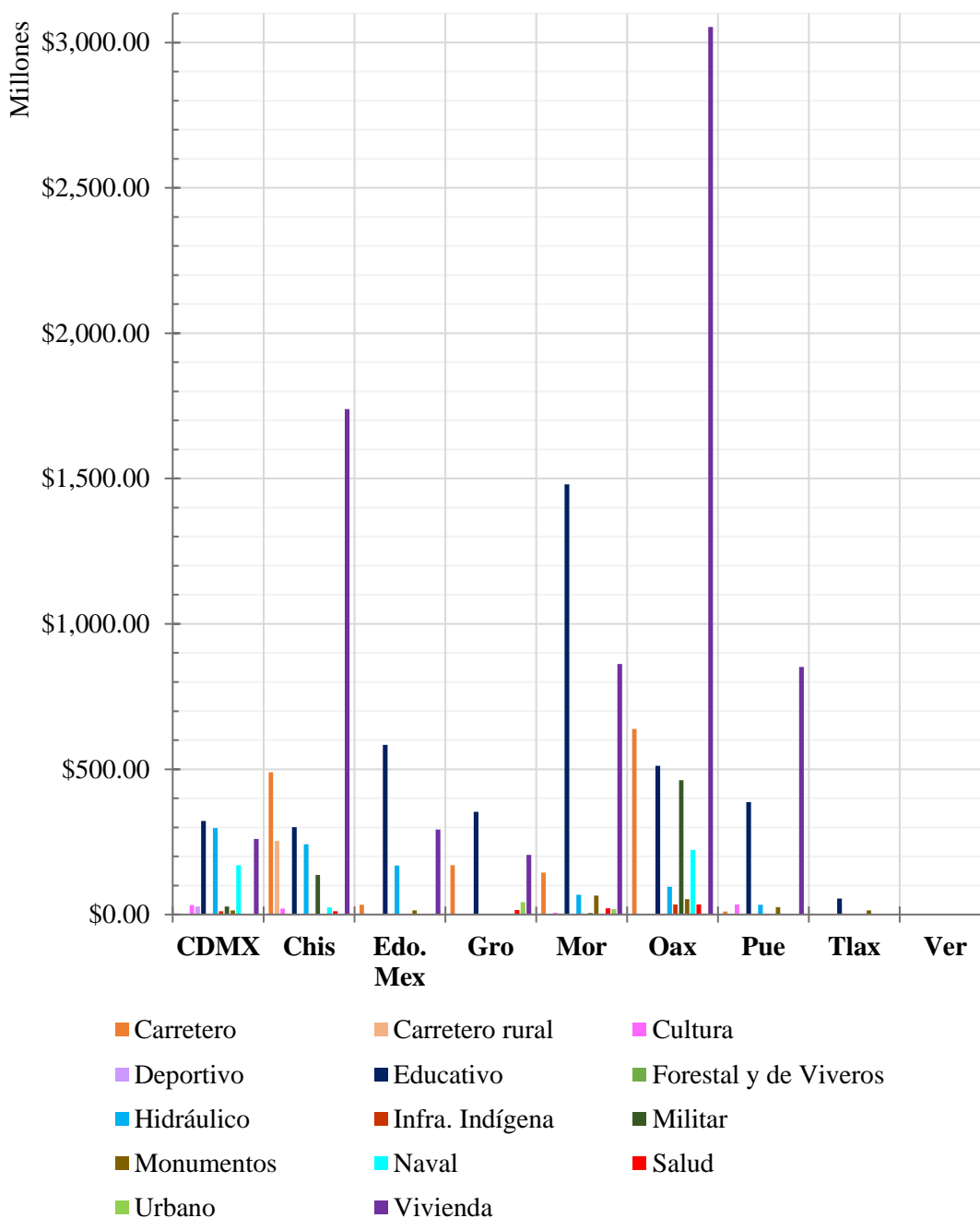
Realizando la sustitución de valores en la Ecuación V.5:

$$R_{F,E} = \$8,468,651,194.14 \text{ pesos} + \$29,694,692,793.90 \text{ pesos}$$

R_{F,E} = \$38,163,343,988.04 pesos

V.3.8 Monto ejercido

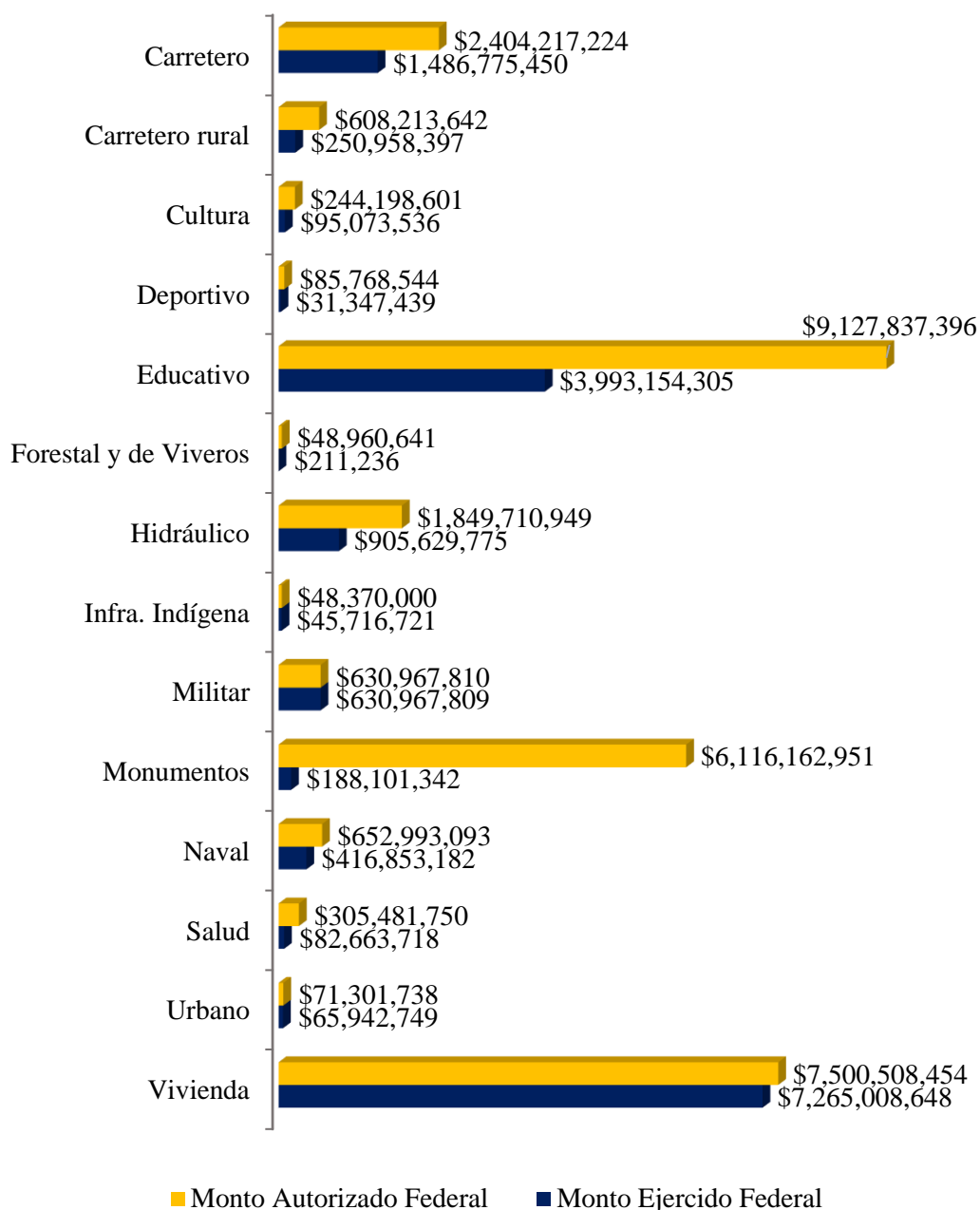
El monto de los recursos ejercidos al 31 de diciembre de 2018 para la reconstrucción se trata de los recursos ya utilizados por los responsables de su gasto el cual incluye los apoyos parciales inmediatos y el gasto de evaluación de daños (ver Gráfica V.19). Por lo tanto, el total del monto ejercido es de \$15,458,404,305.98 pesos.



Gráfica V.19. Monto ejercido por estado para cada sector [MXN]

V.3.9 Comparativa de los recursos federales

En la Gráfica V.20 se presenta una comparativa entre los montos federales autorizados y ejercidos. Las autoridades contemplaban un monto autorizado mayor para cada sector al ejercido realmente, esto con la finalidad de tener un margen de reserva. No obstante, autorizaron \$6,116,162,951 pesos para los monumentos históricos y realmente se ejercieron \$188,101,342 pesos, lo cual demuestra que las estimaciones realizadas por el Gobierno no son del todo acertadas.



Gráfica V.20. Comparativa de los recursos federales [MXN]

V.3.10 Apoyos de emergencia

En este subtema se pretende inspeccionar la información de los recursos y apoyos implementados inmediatamente después de los sismos de septiembre de 2017. La finalidad es analizar y realizar un balance de gastos, comprender la ejecución de las acciones emergentes y las obras de carácter prioritario y urgente (ayuda humanitaria, monetaria y en especie) para la normalización de las zonas afectadas.

Fuerza México, (2022) publicó los recursos de apoyo en la emergencia; necesarios para desarrollar los siguientes apartados. Algunas bases de datos se encuentran en estatus de actualización activa y otras se

consideran concluidas. En su momento se dará a conocer el estatus de actualización de cada base de datos. En la Tabla V.1 se tiene la descripción de los pasos que se siguieron para la atención de los sismos de septiembre de 2017.

Tabla V.1. Pasos para la atención de los sismos de septiembre de 2017

Paso 1	Entrega de apoyos de emergencia
Entrega inmediata de insumos básicos a la población (agua, despensas, artículos de higiene personal, etc.)	
Paso 2	Entrega de apoyos parciales inmediatos
Inicio de acciones, trabajos y obras prioritarias para el restablecimiento de las comunicaciones y los servicios básicos, así como para la limpieza y remoción de escombros.	
Paso 3	Dictaminación de daños
Inicio de evaluación de daños mediante la cuantificación y soporte fotográfico para la integración del diagnóstico definitivo.	
Paso 4	Reconstrucción
Determinación de las obras y acciones necesarias para la reconstrucción.	

V.3.10.1 Gobiernos y organizaciones

Según datos de la Secretaría de Relaciones Exteriores, (2017), los países y organizaciones de la Gráfica V.21 realizaron contribuciones monetarias. Los países de China y Corea fueron los que hicieron una mayor aportación. El total de las aportaciones es de \$60,319,365.00 pesos. Es importante señalar que la Santa Sede se refiere a la Ciudad del Vaticano y las siglas “OIEA” significan Organismo Internacional de Energía Atómica.



Gráfica V.21. Aportaciones internacionales [MXN]

V.3.10.2 Apoyo técnico

El apoyo técnico que recibió México de los principales países y organizaciones oficiales fueron obtenidos de la Secretaría de Relaciones Exteriores, (2017). Los tres principales tipos de apoyo técnico fueron brigadistas de búsqueda y rescate, perros de rescate e ingenieros estructuristas.

Existen otros tipos de apoyos que son importantes de mencionar. Cuba aportó 41 brigadistas médicos y un hospital de campaña con insumos. Ecuador dispuso de 35 bomberos especializados en búsqueda y rescate para las labores en el sitio de colapso. Turquía y Emiratos Árabes Unidos apoyaron a la Cruz Roja Mexicana con dos expertos en manejo de desastres cada uno. Japón contaba con dos operadores de equipo de comunicación para realizar labores en los sitios de colapso. La Unión Europea colaboró con tres expertos en atención de emergencias y siete expertos en patrimonio cultural. Finalmente, la ONU apoyó con seis expertos en atención de emergencias del Equipo de las Naciones Unidas para la Coordinación y la Evaluación en Casos de Desastre (UNDAC, por sus siglas en inglés) y con dos personas de apoyo de la Oficina para la Coordinación de Asuntos Humanitarios de las Naciones Unidas (OCHA, por sus siglas en inglés).

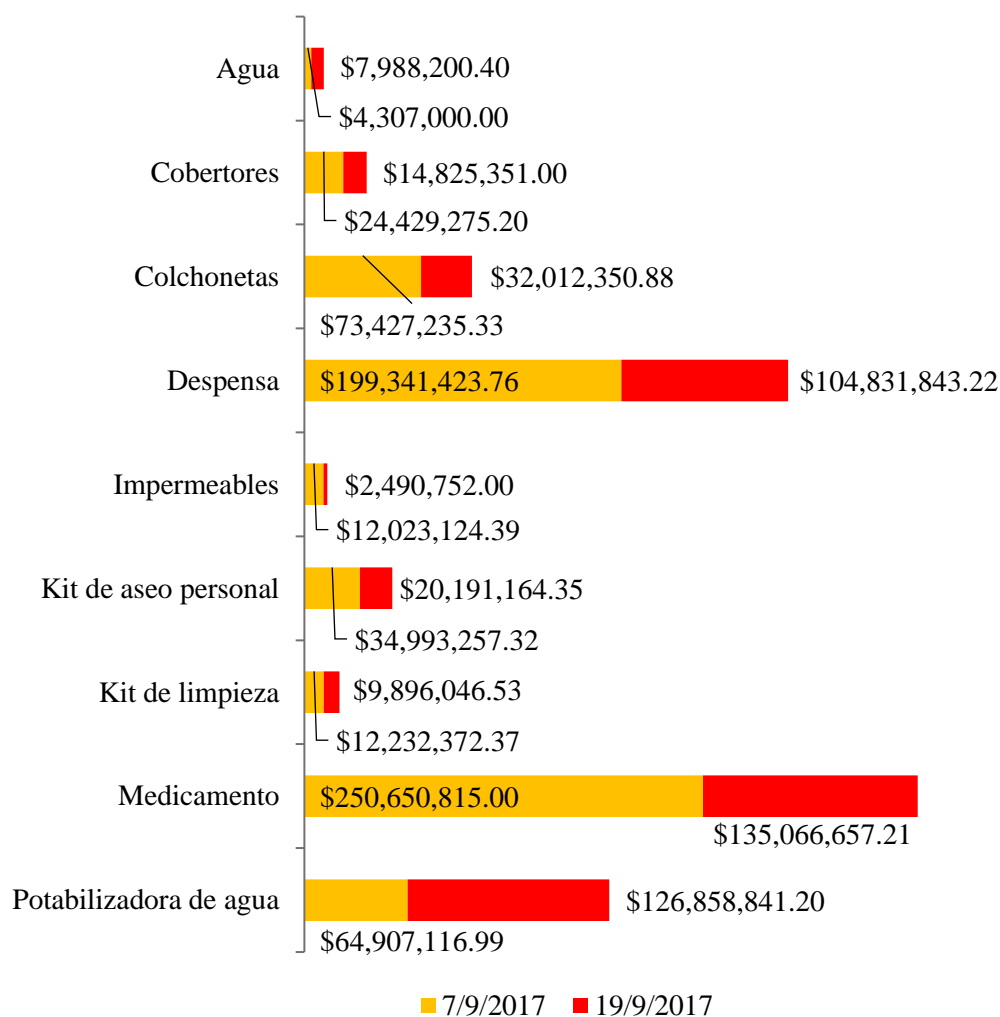
V.3.10.3 Donaciones en especie

Este apartado corresponde a los países que realizaron aportaciones en especie (Tabla V.2). Resulta complicado transformar el valor de estos donativos a un monto monetario; puesto que se debería tener un registro muy preciso de las características de cada bien para posteriormente cotizar su precio el día que se adquirió en cada país y así obtener un valor monetario expresado en moneda nacional. Por lo tanto, los datos se presentan de la siguiente manera:

**Tabla V.2. Donativos en especie por país
Secretaría de Relaciones Exteriores, 2017**

País	Concepto
Argentina	312 kits de cocina, 300 kits de higiene, 1,500 frazadas y 30 cajas de pastillas potabilizadoras de agua.
Bolivia	4,000 frazadas, 1,000 kits de higiene, 4.1 toneladas de azúcar y 4.5 toneladas de arroz.
Brasil	Una caja de bolsas para basura y esponjas de limpieza, 3 paquetes de cabos para escobas y jaladores, 12 cajas de cloro, 10 paquetes de cobertores, 500 colchones, 3 paquetes de cubetas, 6 cajas de escobas, una caja de jabón en barra y guantes para limpieza, una caja de jabón, cepillos y pasta dental, una caja de jaladores, una caja de jergas, 12 kits para panadería, 5000 prendas de vestir, una caja de recogedores, 2 cajas de sabanas y 2 paquetes de toallas de baño.
Canadá	1,517 casas de campaña.
Chile	3,072 casas de campaña, 2,160 frazadas y 130 colchones.
China	1000 camas plegables y 5,800 casas de campaña.
Ecuador	13 toneladas de alimentos no perecederos, artículos de aseo y 280 kits para dormir.
Estados Unidos	18.1 toneladas de suministros de higiene personal y 62.6 toneladas de agua
Guatemala	10 toneladas de alimentos no perecederos.
Italia	110 casas de campaña, 135 kits de higiene, 126 kits de cocina y 1,800 frazadas.
Rusia	7.3 toneladas de carne de res, 6.2 toneladas de pescado, 11 toneladas de carne de res para niños, 44 casas de campaña para 10 personas y 20 casas de campaña para 30 personas.
Turquía	50 equipos sanitarios y 3,500 cajas de alimentos.

La Gráfica V.22 corresponde a los apoyos entregados considerando los eventos sísmicos del 7 y 19 de septiembre de 2017.



Gráfica V.22. Apoyos en especie para cada sismo [MXN]

V.3.11 Principales organizaciones y fundaciones

V.3.11.1 Cruz Roja Mexicana

La Cruz Roja Mexicana fue la principal organización receptora de las donaciones realizadas por empresas y países. Además, aportó 301 atenciones médicas y prehospitales, 130 ambulancias y 25 unidades de rescate y 3,662 toneladas de ayuda humanitaria enviadas a los estados afectados, beneficiando a un millón de damnificados tras los sismos del 7 y 19 de septiembre de 2017 (Presidencia de la República EPN, 2017).

Según Leyva, (2017), algunas instituciones financieras y organizaciones que apoyaron a la Cruz Roja para la etapa de emergencia fueron BBVA al donar 10 millones de pesos y J.P. Morgan donando \$300,000 dólares.

V.3.11.2 UNICEF México

El Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF, por sus siglas en inglés) logró recaudar \$2,722,000 dólares para destinarlos a 24 municipios de los cinco estados más afectados. El donativo se obtuvo un mes después de los sismos de septiembre de 2017, en su mayoría por empresas y fundaciones de Canadá, Dinamarca, España y Estados Unidos.

V.3.11.3 Fundación Carlos Slim

El 20 de septiembre de 2017 la Fundación Carlos Slim, la Fundación Telmex y Fundación Telcel se unieron para aportar cinco pesos por cada peso que se donara en apoyo a los damnificados. En octubre de 2017, la Fundación Carlos Slim creó el Fondo México Unido, el cual debía informar mensualmente los avances logrados y el uso de recursos en su página electrónica (Fundación Carlos Slim, 2022b). El presupuesto del fondo debía aplicarse principalmente:

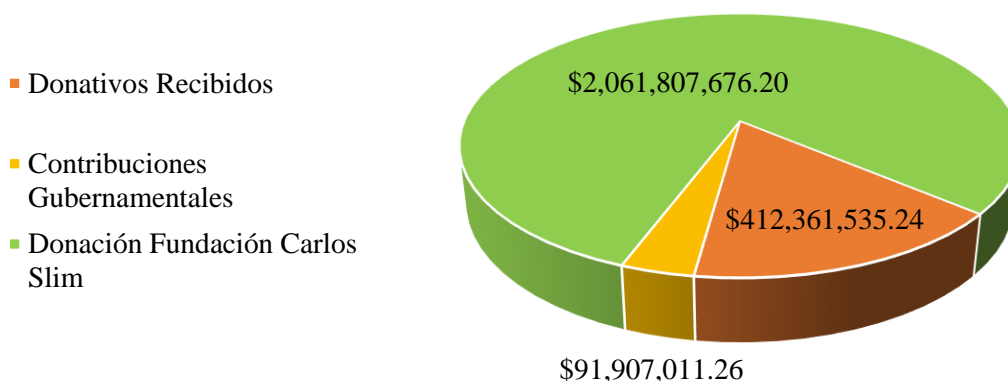
- Ayuda humanitaria para los damnificados.
- Protección estructural al patrimonio cultural en riesgo, en tanto que es restaurado por los especialistas bajo la dirección de la Secretaría de Cultura.
- Contribuir a la reconstrucción y transformación de centros de salud y escuelas, ampliándolas y modernizándolas, en coordinación con los gobiernos Federal y Estatales.
- Contribuir activamente en la construcción de vivienda de mejor calidad y seguridad.
- Contribuir en la reconstrucción de mercados dañados, en coordinación con las autoridades locales.

La Fundación Carlos Slim ha presentado informes mensualmente desde noviembre de 2017 a febrero de 2022. Se considerará únicamente hasta el 28 de febrero de 2022 como fecha de corte para los datos del resumen económico sobre el programa Fondo México Unido, mismos que a continuación se mostrarán. Se analizará únicamente un informe mensual con el objetivo de demostrar cómo la Fundación Slim presenta los avances del gasto ejercido de su resumen económico, puesto que todos los estados financieros que se reportan mes con mes mantienen la misma estructura y únicamente se actualizan los datos necesarios.

El informe que se desarrollará a continuación corresponde al último publicado el día 28 de febrero de 2022 (Fundación Carlos Slim, 2022a). La intención es comprender la gestión de los donativos y la aplicación del saldo Fondo México Unido destinado a la CDMX, Chiapas, Estado de México, Morelos, Oaxaca y Puebla.

Recursos asignados

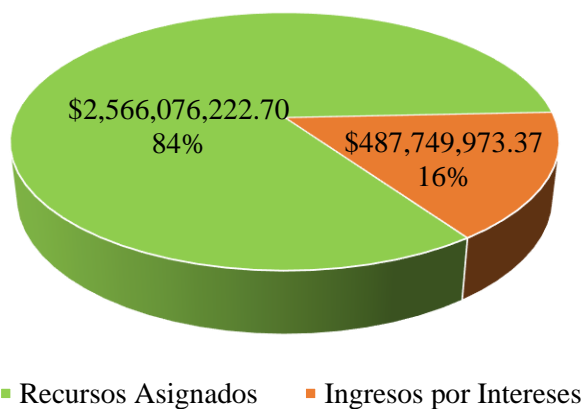
Los recursos asignados se obtienen al considerar los donativos recibidos, las contribuciones gubernamentales y la donación de la Fundación Carlos Slim. El total de estos donativos y contribuciones es de \$2,566,076,222.70 pesos. Como se muestra en la Gráfica V.23, la mayor aportación resulta de la Fundación Slim, con el 80 %.



Gráfica V.23. Recursos asignados al 28 de febrero de 2022 [MXN]

Recursos acumulados

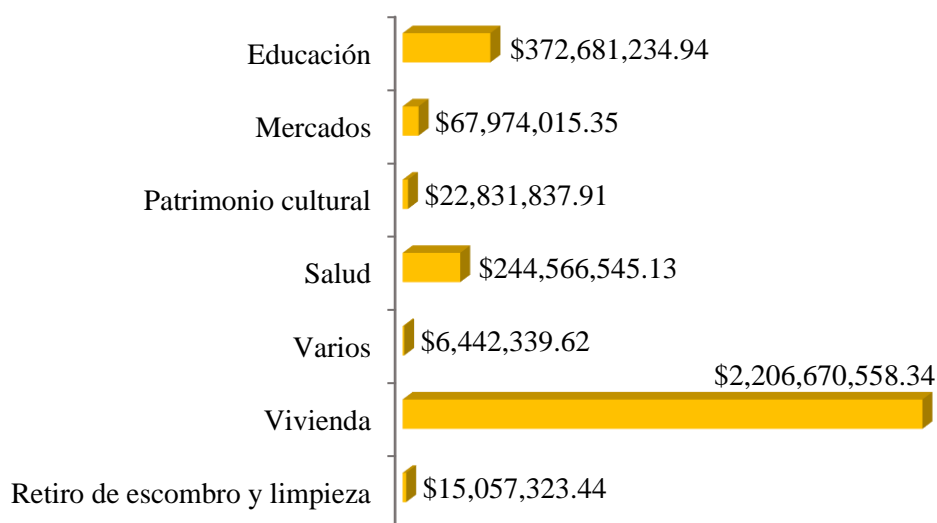
A los recursos asignados obtenidos anteriormente se añaden los ingresos por intereses (Gráfica V.24) para determinar el monto de los recursos acumulados, el cual es de \$3,053,826,196.07 pesos.



Gráfica V.24. Recursos acumulados al 28 de febrero de 2022 [MXN]

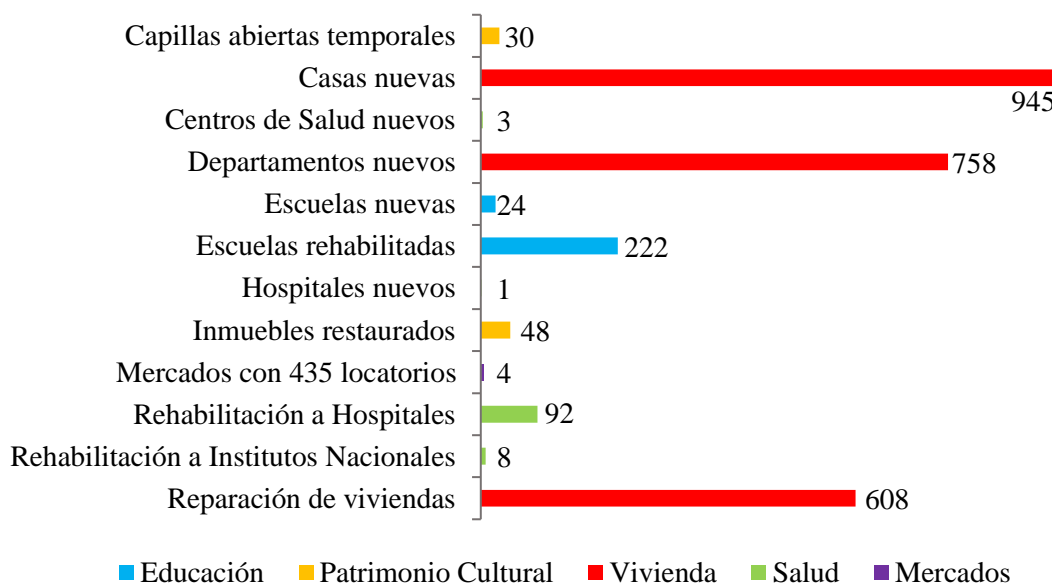
Egresos a la fecha

El total de egresos a la fecha de corte es de \$2,936,223,854.73 pesos. El desglose de este monto se puede visualizar mejor en la Gráfica V.25, en donde el concepto de vivienda representa el 75 % de la prioridad del Fondo México Unido, la educación con el 13 % y el patrimonio cultural con el 8 %.



Gráfica V.25. Egresos a la fecha [MXN]

La Fundación Slim inició con la creación de casas nuevas al empezar con 10 casas en San Gregorio, Xochimilco, 10 casas en Jojutla, Morelos y ocho casas en Juchitán, Oaxaca. Al mismo tiempo, se realizaron arreglos en diversas viviendas con daños no estructurales, de las cuales 84 viviendas ya han sido concluidas y 19 se encuentran en proceso en la Ciudad de México y en el Estado de México (Fundación Carlos Slim, 2017). La Gráfica V.26, correspondiente al informe del 28 de febrero de 2022, detalla aún más la inversión egresada a la fecha de corte; se han reparado 608 viviendas por daños menores, se entregaron 945 casas completamente nuevas y 758 departamentos nuevos en 45 edificios.



Gráfica V.26. Inversión egresada al 28/02/22

Saldo Fondo México Unido de la Fundación Slim

Ahora que conocemos los diferentes montos, es posible obtener el saldo del Fondo México Unido ($Saldo_{FMU}$), mediante la Ecuación V.6.

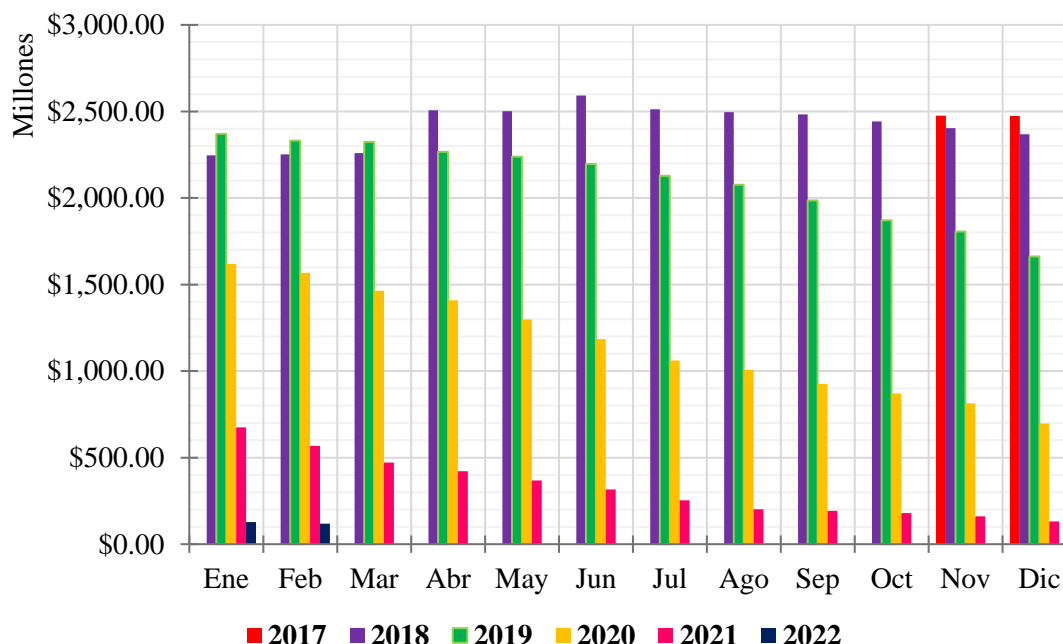
$$Saldo_{FMU} = Recursos\ acumulados - Egresos\ a\ la\ fecha \quad (V.6)$$

$$Saldo_{FMU} = \$3,053,826,196.07\ pesos - \$2,936,223,854.73\ pesos$$

$$Saldo_{FMU} = \$117,602,341.34\ pesos$$

Anteriormente, se estableció un periodo para realizar el balance financiero, desde que la Fundación Carlos Slim comenzó a publicar los informes mensuales en noviembre de 2017 hasta febrero de 2022. Por ello, en la Gráfica V.27 se tienen los montos mensuales correspondientes a cada año del periodo fijado.

En el 2017 el saldo del Fondo México Unido comenzó con \$2,475,140,886.03 pesos para noviembre de 2017, incrementando durante el segundo trimestre de 2018, en donde alcanzó su nivel máximo con \$2,591,908,954.71 pesos para el mes de junio. Posteriormente, el saldo disminuye hasta llegar a \$117,602,341.34 pesos para febrero de 2022.



Gráfica V.27. Saldo mensual del Fondo México Unido 2017-2022 [MXN]

V.3.12 Donaciones de la banca nacional

En los siguientes apartados se darán a conocer algunas de las principales donaciones efectuadas por organizaciones e instituciones sin fines de lucro, la sociedad civil de México y el sector privado; ya sea de forma monetaria o en especie, para atender las fases de emergencia y reconstrucción tras los sismos de septiembre de 2017.

V.3.12.1 Banorte

De acuerdo con Excélsior, (2017), Banorte impulsó la campaña “Unidos, los Mexicanos somos más Fuertes” en septiembre de 2017. Esta campaña tenía la finalidad de igualar las donaciones para los damnificados. Así, con cada peso recibido, Banorte aportaría un peso más. Una aportación en especie realizada por esta institución bancaria, según Juárez, (2019), para el año 2019, Banorte comunicó que se habían entregado más de 600 casas en las entidades más afectadas. Del total de viviendas, 105 se entregaron en Chiapas, quedaron pendientes algunas en la Ciudad de México, 100 en el Estado de México, 110 en Guerrero, 100 en Morelos, 100 en Oaxaca y 100 en Puebla.

V.3.12.2 BBVA

El programa de Reconstrucción de Escuelas 2017–2021 surgió gracias a que el Grupo BBVA y Grupo Financiero BBVA México anunciaron una aportación conjunta de 180 millones de pesos para la reconstrucción y el reequipamiento físico y tecnológico de los planteles educativos que requerían atención (Fundación BBVA, 2021). La aportación inicial de 180 millones de pesos aumentó debido a los donativos de los clientes, colaboradores, proveedores, miembros de la sociedad civil y aliados BBVA, logrando recaudar \$164,640,283.86 pesos. A la recaudación se sumaron \$23,554,334.31 pesos de intereses, obteniendo \$368,194,618.17 pesos de ingresos totales.

De acuerdo con Fundación BBVA, (2021), el gasto contable fue de \$367,923,552.87 pesos, dejando un remanente de \$269,447.13 pesos. El resultado de ejercer el gasto contable permitió que para el año 2021 la Fundación BBVA culminara con las labores de reconstrucción. Entregó 26 escuelas seguras y mejor equipadas que beneficiaron a 17,027 alumnos (ver Gráfica V.28) en seis estados de la República (Figura V.9).

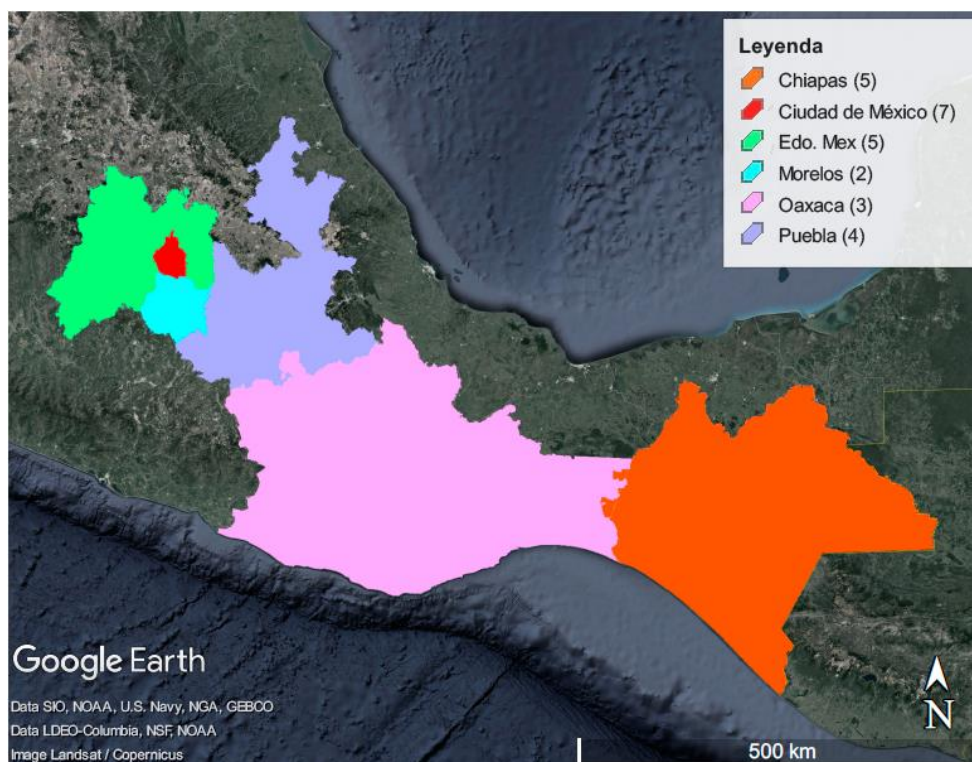
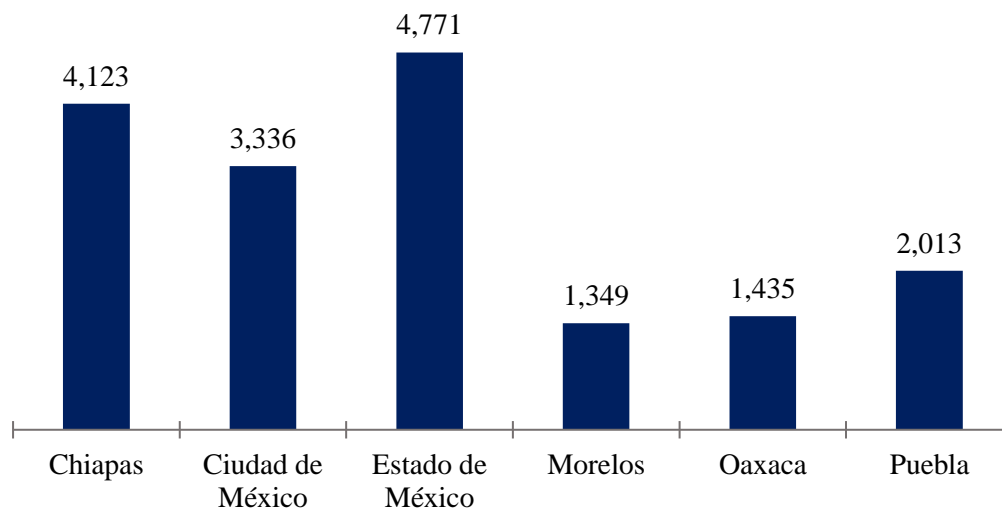


Figura V.9. Entidades federativas con el número de escuelas entregadas por BBVA



**Gráfica V.28. Alumnos beneficiarios del Programa de Reconstrucción de Escuelas 2017–2021
BBVA**

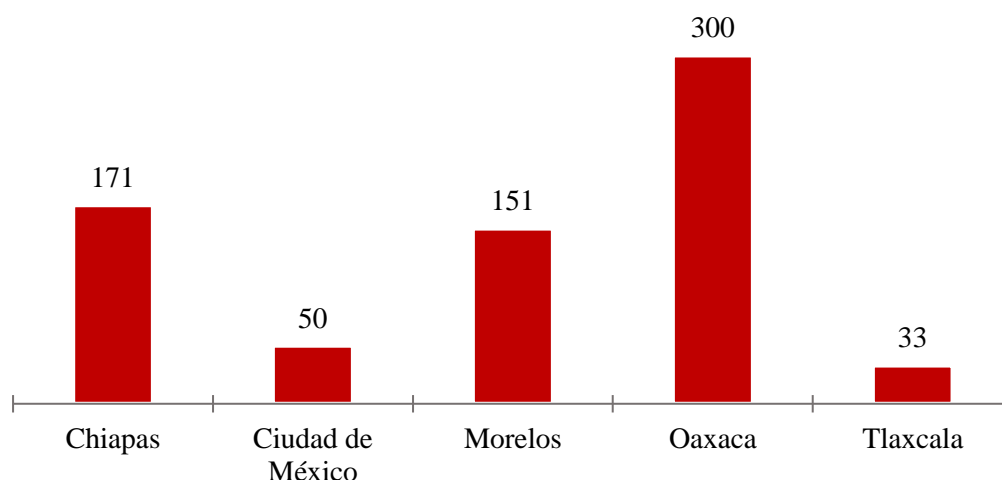
V.3.12.3 Citibanamex

Citibanamex, Fundación Alfredo Harp Helú y Fundación Televisa se aliaron para activar el Programa 1x1, el cual se activa al presentarse un fenómeno natural que impacte a personas y comunidades vulnerables, con el objetivo de apoyar a la reactivación económica mediante la recuperación de fuentes productivas. Finalmente, se busca apoyar a la infraestructura a través de la construcción, mejoramiento de servicios, reconstrucción de patrimonio cultural y escuelas.

En el informe presentado por Citibanamex, (2019) se indica que el monto total de los proyectos de reconstrucción a los que se les ha destinado recursos hasta el 31 de diciembre de 2019 asciende a \$255,993,238.00 pesos, de los cuales se han beneficiado 227,394 personas de las comunidades de las siete entidades que sufrieron los daños más significativos: Chiapas, Ciudad de México, Estado de México, Guerrero, Morelos, Oaxaca y Puebla. El avance general de las obras en los siete estados más afectados es de 88 %.

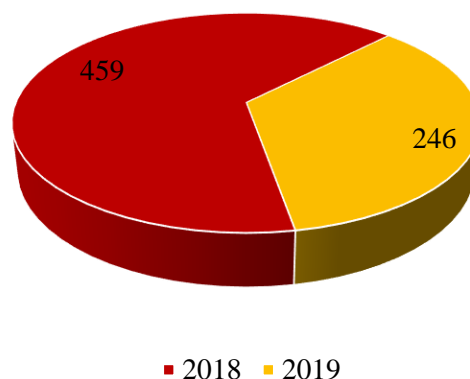
V.3.12.4 Santander

De acuerdo con el Banco Santander México, (2019), para el 2020 se debían entregar 1,073 viviendas. En el informe que presentaron el 17 de septiembre de 2019 se contempló un avance de 705 viviendas nuevas (ver Gráfica V.29), 459 viviendas durante 2018 (65 %), 246 durante 2019 (35 %) y nueve aulas escolares rehabilitadas en beneficio de poco más de 5,800 damnificados de las entidades más afectadas como: Chiapas, Ciudad de México, Morelos, Oaxaca y Tlaxcala.



Gráfica V.29. Viviendas donadas por Santander en 2019

Santander detalló que recabaron más de 28.8 millones de pesos para entregar 705 viviendas durante el 2018 y 2019 (Gráfica V.30) mientras que otras 368 viviendas se encuentran en construcción y se esperaba fueran entregadas en el 2020, y con ello sumar un total de 1,073 viviendas.



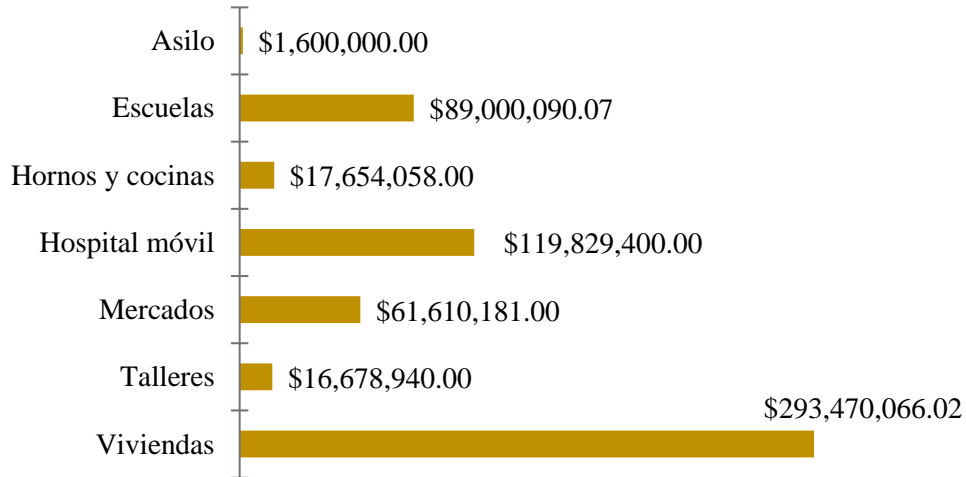
Gráfica V.30. Viviendas entregadas por Santander durante 2018-2019

V.3.13 Empresas

Un gran número de fundaciones nacionales realizó donaciones monetarias para apoyar a México tras lo ocurrido el 19 de septiembre del 2017. A continuación, se mencionan dos ejemplos.

V.3.13.1 Fundación Televisa

Por medio de sus aliados, Fundación Televisa se unió al esfuerzo de recaudar recursos para apoyar en las fases de emergencia y reconstrucción derivadas de los recientes sismos. En el informe presentado por Fundación Televisa, (2019) se detallan los montos invertidos para los diferentes sectores beneficiarios. La inversión alcanzó los \$599,842,735.09 pesos hasta el 2019. En la Gráfica V.31 se desglosa el monto de dicha inversión.



Gráfica V.31. Inversión realizada a los sectores beneficiarios por Televisa en 2019 [MXN]

V.3.13.2 Fundación Azteca

Durante el mes de septiembre de 2017, la Fundación Azteca puso en marcha el “Movimiento Azteca No. 100”, el cual tuvo como objetivo recaudar donaciones para implementar un programa de autoconstrucción de vivienda que atendiera a los damnificados de los sismos. Este movimiento logró recaudar 92 millones de pesos (Fundación Azteca, 2020), dichos recursos permitieron que durante 2018 se entregaran 525 viviendas (ver Figura V.10) en cinco estados de la República Mexicana.

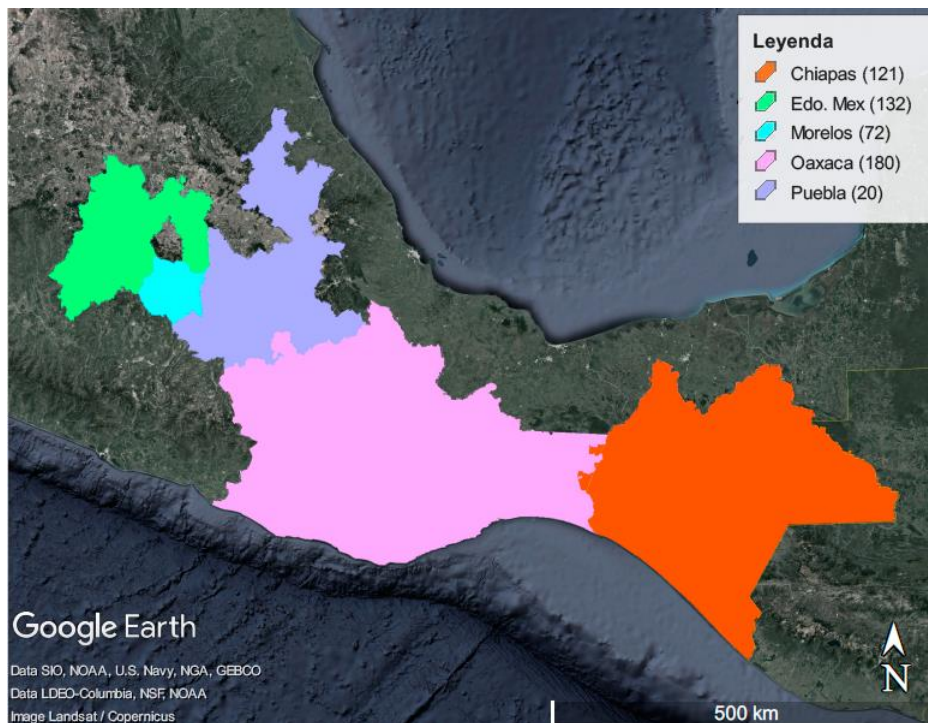


Figura V.10. Viviendas entregadas por la Fundación Azteca en 2020

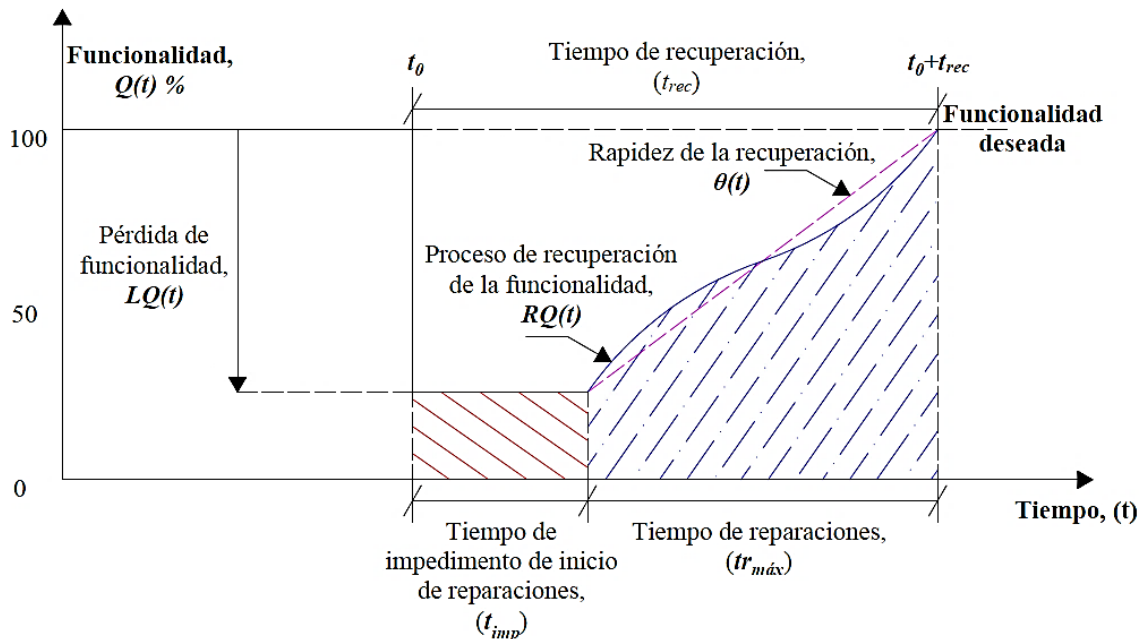
VI. RESILIENCIA FINANCIERA

VI.1 Introducción

Este capítulo tiene el objetivo de presentar alternativas como el seguro paramétrico, el seguro de daños asociado a un crédito hipotecario y los bonos catastróficos, basadas en la resiliencia financiera para mitigar las pérdidas económicas de los bienes inmuebles. La intención es describir la función de los seguros: sus características, sus elementos particulares, las responsabilidades del cliente y de la aseguradora, así como las opciones con las que cuenta el Gobierno para el aseguramiento de ciudades. Con ello, se pretende incrementar el nivel de resiliencia de los estados que tuvieron pérdidas derivadas de los sismos ocurridos durante septiembre de 2017.

El concepto de resiliencia se adaptó para reducir la vulnerabilidad en la infraestructura de las comunidades ante eventos sísmicos. La resiliencia sísmica, según Bruneau *et al.*, (2003), es la capacidad de una comunidad de mitigar los efectos negativos socioeconómicos al llevar a cabo actividades de recuperación, de manera que minimicen la perturbación social y los efectos de sismos futuros.

De acuerdo con Cimellaro *et al.*, (2006), la resiliencia sísmica (ver Gráfica VI.1) se define mediante una función que indica la capacidad de mantener el nivel de funcionalidad $Q(t)$ de una comunidad durante un periodo definido como el tiempo de recuperación (t_{rec}).



Gráfica VI.1. Resiliencia sísmica
 Modificada de Bruneau *et al.*, (2003) y Cimellaro *et al.*, (2006)

Tras los sismos ocurridos durante septiembre de 2017 en México, el nivel de la funcionalidad (Q_t) de la población de Chiapas, Ciudad de México, Estado de México, Morelos, Oaxaca, Puebla y Tabasco, descendió; en otras palabras, el país tuvo una pérdida de funcionalidad (LQ_t).

Lo anterior se atribuye a un conjunto de características tales como la magnitud de los eventos, la distancia del epicentro hacia los estados afectados, estructuras con poca o nula intervención estructural, falta de supervisión al momento de la construcción de edificaciones, estructuras antiguas que no han sido reforzadas dado que fueron diseñadas con reglamentos desactualizados, etc. Por lo que la capacidad de las autoridades para atender a la sociedad se vio rebasada por el nivel de daños que ocasionaron los sismos.

De la Gráfica VI.1 se aprecia que, una vez presentada la LQ_t , existe un periodo importante el cual es denominado: tiempo de impedimento de inicio de reparaciones (t_{imp}). El t_{imp} es vital porque en él se deben aplicar estrategias sobre la gestión integral del riesgo, con ello se garantiza que el tiempo de reparaciones ($tr_{máx}$) minimice. En este periodo, una comunidad que sea resiliente en términos financieros haría uso de alternativas tales como ahorros personales, créditos o seguros.

Idealmente, el t_{imp} no debe exceder los tres días, porque la sociedad exige que los servicios básicos como el agua potable, las aguas residuales, la energía y el transporte continúen operando. Adicionalmente, en este periodo se necesitan recursos económicos y materiales para movilizar a los cuerpos de rescate y así brindar una respuesta positiva ante la emergencia.

El proceso de recuperación de la funcionalidad (RQ_t) va a depender del comportamiento físico de las estructuras (ductilidad) y sus contenidos, de no modificar negativamente el interior de las edificaciones, de la estabilidad económica de los estados (ingresos y empleos), estabilidad en servicios sociales (salud y educación) y de la aplicación de las políticas de recuperación por parte de las autoridades. El $tr_{máx}$ puede durar semanas, meses, incluso años. Tal y como ocurrió con los sismos de septiembre de 2017, que a la fecha de publicación de esta tesis aún no se concluye con el proceso de recuperación.

Incrementar el nivel de resiliencia sísmica es un proceso que involucra la participación de distintas ingenierías (estructural, construcción, geotecnia, etc.). Las nuevas edificaciones deben ser diseñadas por especialistas en dichas áreas que apliquen las normativas vigentes con el fin de obtener estructuras confiables (que cumplan con el objetivo de evitar el colapso estructural), evitar las fallas de elementos no estructurales y el mal comportamiento de los contenidos; minimizando así la LQ_t . Por ello, para tener resiliencia sísmica se debe trabajar de manera multidisciplinaria y así encontrar una relación en la que se mitiguen las pérdidas y sea la sociedad quien menos se vea afectada.

El Gobierno debe implementar estrategias que estén asociadas con la contratación de bonos catastróficos y alianzas internacionales, así como promover programas para la contratación de seguros contra daños con el fin de beneficiar a la sociedad. Es cierto que los canales de venta o distribución (agentes, bancos corredores, etc.) que se dediquen a la comercialización de los seguros también resultarían beneficiados si el Gobierno promueve estas estrategias. No obstante, esto no debe verse como una conspiración para premiar a estos grupos del sector privado, puesto que podrían aprovecharse de quienes quieran hacer uso de estos instrumentos financieros; el bienestar de la sociedad debe anteponerse a este pensamiento. Para que lo anterior sea justo, el Gobierno debe vigilar los términos de los contratos para que no perjudiquen al contratante, y testificar que se cumpla el beneficio de la póliza en caso de que se autoricen los requisitos.

VI.2 Resiliencia financiera

De acuerdo con BBVA, (2020), la resiliencia financiera es la capacidad que tiene una persona de afrontar los episodios de su vida que afectan negativamente a sus ingresos o activos. Algunos de los episodios más comunes que pueden afectar significativamente a la economía de una familia o a un individuo son la pérdida de empleo, el divorcio, problemas de salud, daños debidos a fenómenos naturales, etc. No obstante, existen maneras de mitigar el impacto de estos escenarios sobre la salud financiera; por ejemplo: el ahorro, controlar el endeudamiento, contar con una buena educación financiera y la contratación de seguros.

VI.3 Protección financiera ante sismos futuros

Los seguros son herramientas financieras que permiten proteger, económicamente, desde pertenencias y patrimonio hasta la vida y la salud (BBVA, 2022a). En esencia, los seguros son contratos mediante los

cuales, a cambio del cobro de una prima¹, la entidad aseguradora se compromete a indemnizar el daño producido en caso de siniestro.

VI.3.1 Tipos de seguros

Conviene conocer qué tipos de seguros existen en función de las necesidades de cobertura² que se tengan. Destacan principalmente tres tipos de seguros dependiendo de su utilidad (Figura VI.1). Los seguros personales son todas las pólizas³ que cubren la integridad individual de alguien, en las que el objeto asegurado⁴ es una persona. Los seguros patrimoniales cubren los riesgos o daños que el asegurado pueda sufrir en su patrimonio. Finalmente, los seguros de prestación de servicios se encargan de prestar un servicio al asegurado en caso de que ocurra alguna circunstancia contemplada en el tipo de póliza contratada.

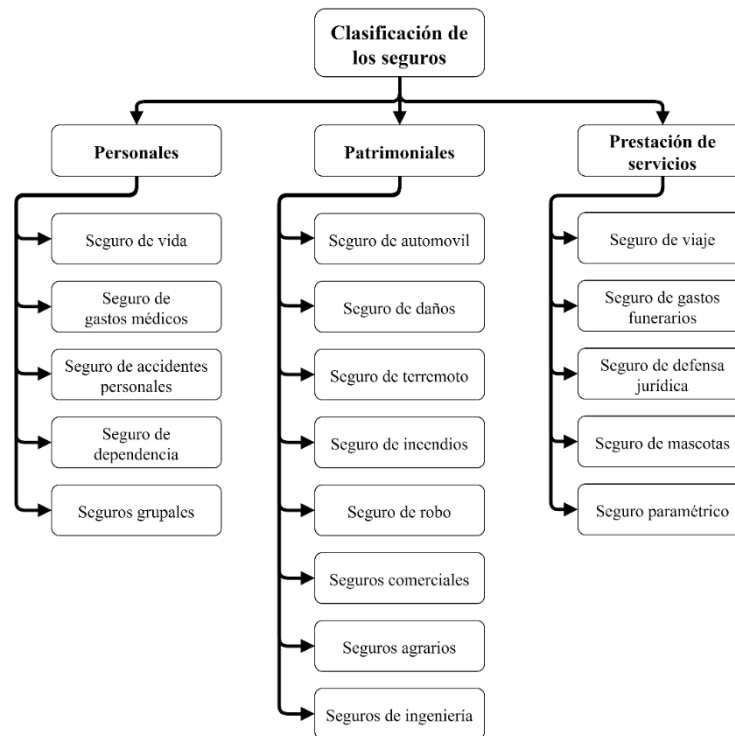


Figura VI.1. Principales tipos de seguros en México

¹ Aportación económica que ha de satisfacer el contratante a la entidad aseguradora en concepto de contraprestación por la cobertura de riesgo que este le ofrece (Fundación MAPFRE, 2016).

² Ámbito de aplicación de una garantía contratada en la póliza de seguro (Fundación MAPFRE, 2016).

³ Documento en el que constan las condiciones del contrato de seguro en las que se reflejan las normas que, de forma general, particular o especial, regulan las relaciones contractuales convenidas entre el asegurador y el asegurado (Fundación MAPFRE, 2016).

⁴ Persona que en sí misma, en sus bienes o intereses económicos está expuesta al riesgo (Fundación MAPFRE, 2016).

VI.3.2 Contratación general de un seguro

Cuando alguien decide contratar un seguro, realmente se está uniendo a un grupo de personas que contribuyen económicamente para hacer frente a un riesgo; el cual se materializa a través de un evento denominado siniestro. Los miembros del grupo combinan sus distintas capacidades económicas y mediante el pago de la prima asumen el costo del seguro, de esta manera el seguro cubre a todo el grupo en lugar de hacerlo individualmente.

Para la contratación de un seguro, la compañía aseguradora solicitará una serie de datos sobre las características del bien que se desee asegurar. Con esta información, la aseguradora podrá evaluar las necesidades de protección que necesite el cliente y efectuar una oferta, en el caso de cumplir los requisitos exigidos. Una vez recibida la propuesta de la aseguradora, se debe examinar con detenimiento el contrato para comprobar que las condiciones establecidas sean las acordadas.

Al contratar un seguro, la Comisión Nacional para la Protección y Defensa de los Usuarios de Servicios Financieros (CONDUSEF) recomienda conocer y leer a detalle el contrato del seguro, revisar que el alcance de la cobertura y los riesgos que amortiza son los que realmente se necesitan; independientemente del tipo de seguro que se trate (CONDUSEF, 2017). Una vez firmado el contrato, las condiciones de la póliza no pueden ser modificadas de forma unilateral por la compañía aseguradora. Posterior a la contratación, el asegurado paga una cantidad de manera periódica, la frecuencia con la que se debe pagar esta prima depende de lo que se acuerde con la aseguradora.

VI.3.3 Procedimiento general para el cobro de la póliza

Una vez que ocurre el siniestro y se cuente con un seguro de daños que incluya los datos por el evento ocurrido, es necesario seguir un procedimiento específico para cobrar la suma asegurada contratada mediante la póliza y el consecuente pago de la prima.

La Asociación Mexicana de Instituciones de Seguros (AMIS), (2017), compartió consejos sobre cómo agilizar el pago a los asegurados. Las recomendaciones que emitió la AMIS para agilizar el proceso del cobro de seguro derivado del sismo del 19 de septiembre de 2017 son las siguientes:

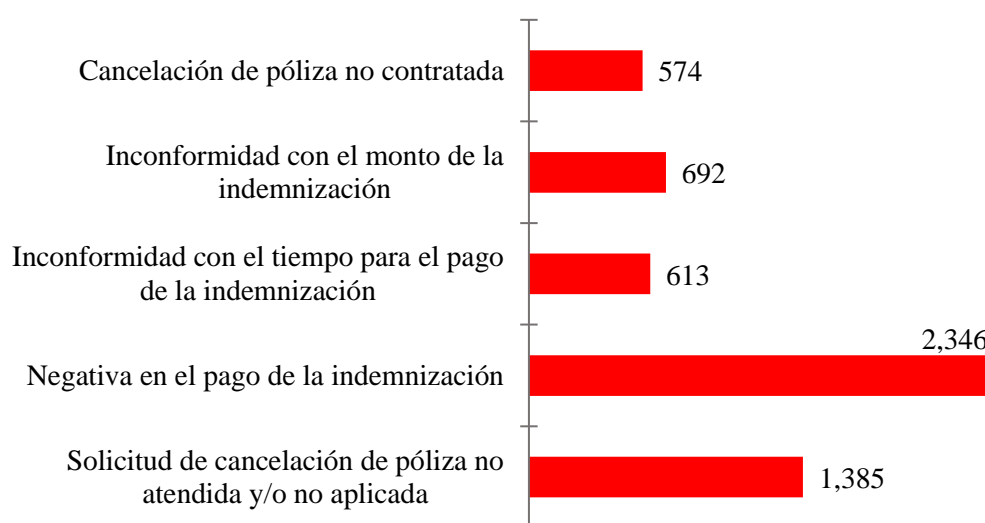
- Si el inmueble presenta daños, no ingresar hasta que sea revisado por Protección Civil o el Instituto para la Seguridad de las Construcciones (ISC).
- Reportar el evento a la aseguradora.
De no dar aviso inmediato, la aseguradora puede reducir la prestación debida que habría importado o desligarse de las obligaciones del contrato (artículo 70 de la Ley sobre el Contrato de Seguro).
- La aseguradora solicitará: nombre del titular o número de póliza, dirección del inmueble, bienes afectados y teléfono de contacto (artículo 69 de la Ley sobre el Contrato de Seguro).
- La aseguradora asignará a un ajustador⁵ que será el apoyo para el proceso de indemnización.
- El ajustador contactará y pedirá al asegurado que se comprueben las pérdidas sufridas a través de fotografías o documentación.

⁵ Profesional experto que elabora informes sobre siniestros. Dictamina sobre las causas del siniestro, la valoración de los daños y demás circunstancias que influyen en la determinación de la indemnización derivada de un contrato de seguro, así como la formulación de una propuesta de indemnización (Fundación MAPFRE, 2016).

VI.3.3.1 Cláusulas abusivas

Las partes más importantes de un contrato de seguros son la carátula de la póliza, las condiciones generales y los anexos del contrato. Dentro de él, existen cláusulas que ponen en desventaja al contratante, dichas cláusulas son denominadas “cláusulas abusivas”. La CONDUSEF posee la facultad para solicitar a las instituciones financieras la modificación o eliminación de dichas cláusulas, así como para sancionarlas. Si por algún motivo el asegurado encuentra una cláusula abusiva y su contrato es con una aseguradora, puede presentar el caso ante cualquiera de las delegaciones, donde se le orientará sobre las acciones a seguir (CONDUSEF, 2016).

A través del Sistema de Información Operativa (SIO), la CONDUSEF recibió 5,610 reclamaciones (Gráfica VI.2) durante el primer trimestre de 2016 de parte de usuarios de Instituciones de Seguros.



Gráfica VI.2. Número de quejas por concepto

VI.4 Aseguramiento de inmuebles en México

En el siguiente subtema se analizará cuál es la situación de México ante la contratación de un seguro contra daños. Un seguro contra daños protege a la vivienda de catástrofes como sismos o erupciones volcánicas por los daños que se causen a raíz de estas amenazas, además, cubre los daños ocasionados a los bienes encontrados dentro de la vivienda afectada. Los costos de las primas de dichos seguros son distintos y dependen de la compañía con la que se contraten, de la ciudad donde se encuentre el inmueble, del valor y tipo de vivienda, del número de metros cuadrados de la vivienda, del material de construcción, de la ubicación y número de niveles del inmueble, de la antigüedad de la construcción, entre otros aspectos.

La mayoría de las instituciones financieras no cuentan con un seguro dedicado exclusivamente a los sismos. En el esquema de aseguramiento de dichas instituciones, los seguros básicos de daños para inmuebles no incluyen esta cobertura (debe contratarse por separado). Por ello, el contratante debe tener la certeza de que el seguro sí cubra dichos fenómenos o bien, que contrate la cobertura adicional en caso de así solicitarlo.

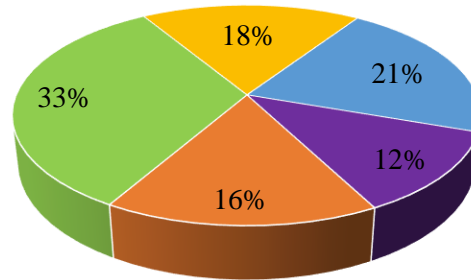
Una de las causas por la que los seguros contra daños a inmuebles no incluyen el seguro contra daños causados por fenómenos sísmicos o hidrometeorológicos por defecto se establece en la Ley sobre el Contrato de Seguro. “Artículo 99.- La empresa aseguradora no responderá de las pérdidas y daños

causados por guerra extranjera, guerra civil, movimientos populares, terremoto o huracán, salvo estipulación en contrario del contrato” (Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, 2013).

VI.4.1 Experiencia internacional

La implementación del seguro en nuestro país ha tenido un crecimiento lento. De acuerdo con la Asociación Mexicana de Instituciones de Seguros (2019), en 2016 se realizó una comparación internacional a través del Producto Interno Bruto (PIB) en la que México (2.2 %) se ubicaba por debajo de Chile (5.0 %), Brasil (3.3 %), Argentina (3.0 %), Colombia (2.8%), Panamá (2.5 %), Uruguay (2.4 %) y El Salvador (2.3 %); mientras que países como Japón (9.5 %), Canadá (7.5 %) y Estados Unidos (7.3 %) demuestran ser quienes implementan más los seguros. Lo anterior se debe a una alta correlación entre el nivel de ingresos y la importancia de los seguros. Además, existe rezago en México respecto a países con ingresos per cápita similares o menores.

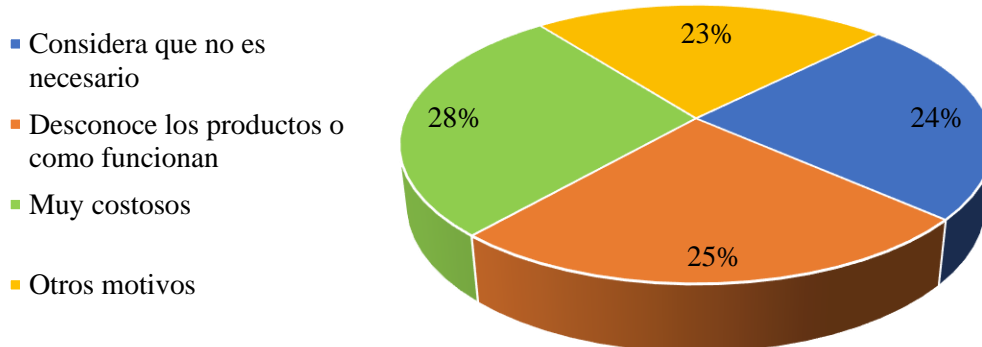
Respecto a la comercialización del seguro durante 2016 en nuestro país, el 33 % de las primas se emitían a través de agentes (Gráfica VI.3).



■ Agentes ■ Bancos ■ Corredores ■ Fuerza de venta interna ■ Otros canales

**Gráfica VI.3. Prima emitida por canal de venta o distribución [%]
Modificada de la CONDUSEF, (2017)**

Para comprender por qué los mexicanos no solicitan la contratación de un seguro en México (en términos generales), la CONDUSEF, (2017) realizó una encuesta al respecto. Los resultados se presentan en la Gráfica VI.4.



Gráfica VI.4. Motivos por los que no se cuenta con seguro en México

VI.5 Seguro paramétrico

El seguro paramétrico es una herramienta financiera que ofrece soluciones basadas en índices, es decir, mide las repercusiones ante un evento y paga con base en ciertos parámetros predefinidos (Súper Seguros México, 2021). De acuerdo con Evaluación de Riesgos Naturales (2021), la principal diferencia entre los seguros paramétricos y los tradicionales es que en los tradicionales el asegurado recibe una indemnización monetaria cuando se ha materializado una pérdida previamente acordada. Para verificar que dicha pérdida ha ocurrido, se requiere de un ajustador; suele ser un proceso costoso y se invierte demasiado tiempo cuando ocurren eventos de gran magnitud.

Por otro lado, los seguros paramétricos evalúan las pérdidas a través de una metodología predeterminada. Los contratos de los instrumentos paramétricos pueden tener forma tradicional de seguro/reaseguro, pero también de bonos y derivados. En el caso de los seguros paramétricos, el riesgo se sigue transfiriendo en forma de una prima, pero en el contrato se define un índice detonante.

VI.5.1 Índice detonante

El índice detonante, también conocido como índice disparador, debe tener información medible y confiable (disponible con rapidez tras la ocurrencia del evento) y debe tener una buena correlación con las pérdidas esperadas. El desembolso de la indemnización queda condicionado a que se supere el valor del índice acordado, sin que exista el proceso de ajuste de pérdidas; haciendo que el valor de la prima sea menor y que el tiempo del desembolso sea más corto. Dicho desembolso puede ser binario (pago o no pago) o escalonado (como función del valor del detonante definido).

Es posible considerar en el contrato una estimación inicial y otra definitiva del índice detonante una vez que la información definitiva de cada evento haya sido publicada, revisada y depurada por parte de las agencias que lo reportan.

VI.5.2 Tipos de índices detonantes

Los seguros paramétricos tienen flexibilidad para la definición del detonante a usar en cada producto. No obstante, existe en cada caso alguno que presente una mejor correlación con las pérdidas esperadas, así se disminuye el riesgo base. En algunos casos, los índices detonantes resultan de combinaciones entre diferentes tipos. A continuación, se presentan algunos ejemplos de índices detonantes (ver Figura VI.2).

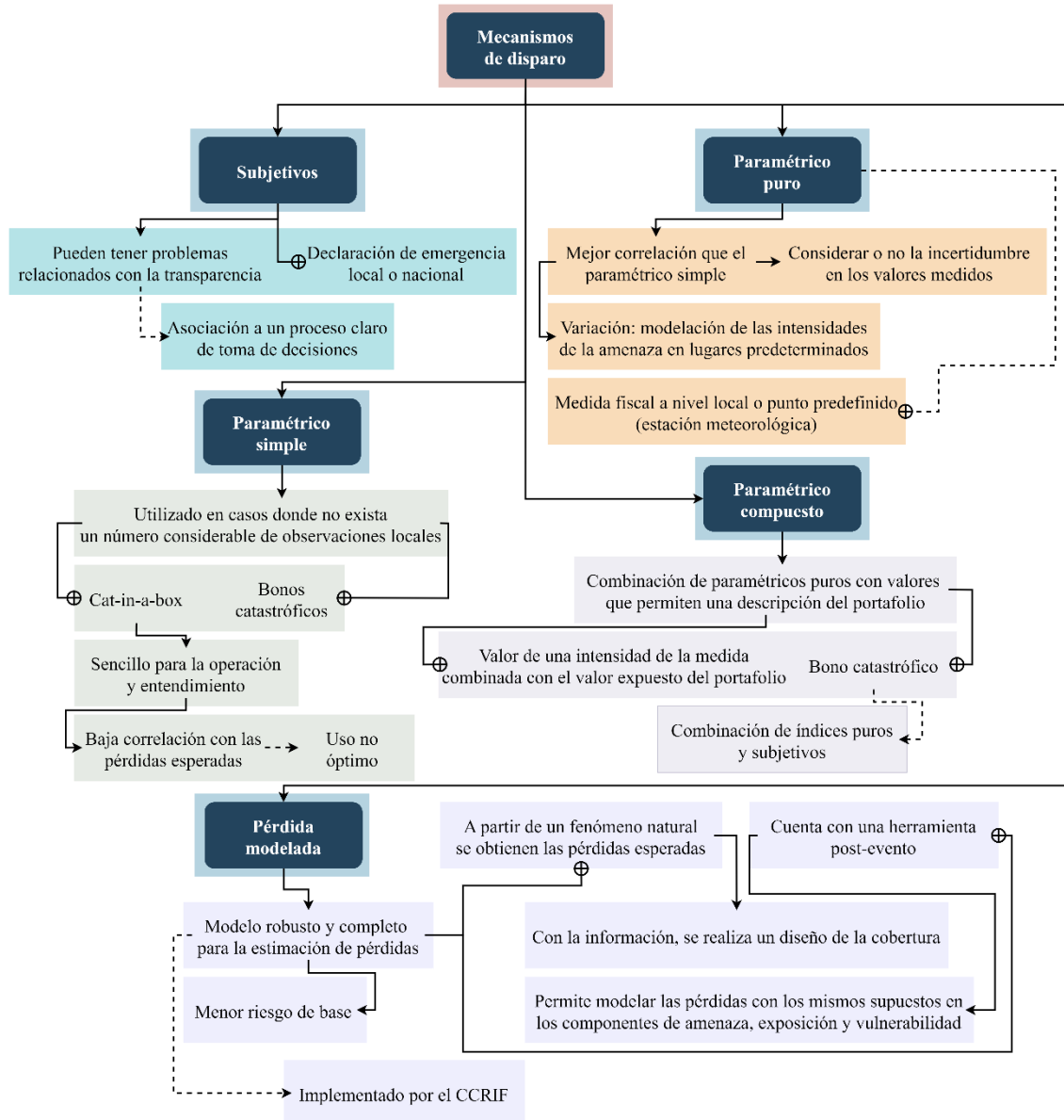


Figura VI.2. Tipos de disparadores
Con datos de Evaluación de Riesgos Naturales, (2021)

VI.5.3 Requisitos

Desde la perspectiva técnica, los principales requisitos (condicionados al tipo de índice detonante seleccionado para el producto) son los siguientes:

a. Modelo de amenaza y/o pérdidas

Cuando el índice detonante es compuesto o se implementan las pérdidas modeladas, la estructuración del seguro paramétrico requiere el desarrollo de un modelo que mantenga compatibilidad total entre las evaluaciones de largo plazo y las evaluaciones post-evento. Todos los supuestos, datos y caracterizaciones que se usen en la evaluación pre-evento deben mantenerse en la evaluación post-evento. En el caso de los modelos de terremoto, uno de los retos más grandes consiste en la selección del plano de falla a partir de las dos posibles soluciones del momento tensor.

b. Validación y calibración

Son componentes cruciales en el diseño de un seguro paramétrico debido a que en los últimos años se han desarrollado diferentes metodologías para la validación de los diferentes componentes de los modelos. Uno de los retos principales de esta etapa está relacionado con la falta de datos en diferentes zonas.

c. Regulación explícita

En algunos países aún no existe una regulación explícita para el uso de seguros paramétricos, este proceso debe poder desarrollarse sin mayores contratiempos en la medida en que crezca la demanda por ellos. La regulación no solo es compatible, sino que es más sencilla que la que actualmente existe para las coberturas tradicionales de seguros catastróficos.

d. Interés asegurable

Tal y como ocurre con cualquier instrumento para la transferencia del riesgo, debe existir un interés asegurable y el establecimiento de su existencia es en muchos casos un reto importante para los reguladores de seguros. En los seguros paramétricos no se puede asumir del todo la existencia de un interés asegurable, porque el pago está sujeto a un índice sin que en todos los casos llegue a materializarse una pérdida.

VI.5.4 Operación

El seguro paramétrico se suscribe de la misma manera que un seguro tradicional. Una vez definido el índice detonante se deben establecer los niveles de desembolso y la fuente de información a ser considerada para su cálculo. Además, se requiere de un agente calculador y un agente de verificación para su correcta operación.

El agente calculador debe ser una entidad independiente con buena reputación, que monitoree y calcule (durante el tiempo de duración de la póliza) los desembolsos a los que haya lugar. En los instrumentos paramétricos que actualmente operan, es una práctica común que el agente calculador sea la empresa desarrolladora de los modelos de amenaza y/o riesgo. El agente de verificación utiliza los mismos datos y sistemas que el agente calculador, verifica que los resultados del índice detonante para cada evento correspondan a los inicialmente reportados, añadiendo un nivel adicional de transparencia al producto.

VI.5.5 Ventajas

Los seguros paramétricos representan las siguientes ventajas para las compañías de seguros:

- ✓ Alta flexibilidad en la selección del índice detonante, la duración del contrato y los activos a asegurar.
- ✓ Cobertura sobre diferencias en límites o condiciones para pólizas.
- ✓ Inclusión de sectores.
- ✓ Menor tiempo para el desembolso de las indemnizaciones con respecto a otros productos tradicionales.
- ✓ Menores costos de operación y estructuración.
- ✓ Permite realizar "trajes a la medida" sobre un riesgo.
- ✓ Pueden entender y conocer mejor su riesgo y saber su valor en un tiempo determinado.

Los seguros paramétricos, desde el punto de vista del asegurador, tienen la ventaja de evitar el proceso de ajuste de pérdidas.

VI.6 Seguro para temblor Súper

Para ejemplificar la implementación de un seguro paramétrico, en este subtema se desarrollará el funcionamiento del seguro para temblor que ofrece Súper Seguros México. Este seguro respalda los daños que puedan ocurrir ante un sismo, el pago se determina a través de ciertos parámetros y la suma asegurada puede ser utilizada para los gastos que el asegurado desee (Súper Seguros México, 2020).

VI.6.1 Modo de operación

El seguro Súper es una herramienta que determina el pago con base en un algoritmo, el cual calcula la respuesta que tendrá el inmueble del asegurado ante un sismo. El algoritmo toma en cuenta factores como la intensidad del evento y la altura del inmueble. Cuando ocurra un temblor, el sistema de Súper cruzará la información que proporcionó el asegurado sobre su inmueble con la intensidad del sismo, determinando así la existencia de un pago. Si el pago procede, el monto se deposita directamente al asegurado sin la necesidad de realizar algún trámite.

VI.6.2 Medición de la intensidad sísmica

El modelo para calcular la intensidad del sismo está diseñado de la mano de ERN, esta empresa especializada en ingeniería sísmica es independiente de la aseguradora Súper. A través de un modelo basado en la ciencia y la tecnología para su aplicación, ERN define si el pago de la póliza procede o no (la aseguradora no determina esta parte).

El modelo de ERN mide la intensidad de un sismo y la aceleración que experimentan los diferentes tipos de edificios (la planta baja cuenta como un piso):

- Bajos: uno a tres pisos.
- Medios: cuatro a siete pisos.
- Altos: más de ocho pisos.

Cuando ocurre un sismo, el modelo de ERN calculará la intensidad medida en Gals.⁶ de cada área dentro del territorio nacional. Con ello, se puede estimar la respuesta que tendrá el inmueble ante esta amenaza natural. El algoritmo toma en cuenta factores como la distancia que hay entre el inmueble asegurado y el epicentro del temblor, mide la magnitud que tuvo el epicentro, sus características, la altura del edificio y el tipo de suelo.

Dependiendo de la ubicación, la altura y la distancia de un inmueble respecto del epicentro; un sismo de menor magnitud puede ser más o menos intenso. Por esta razón, la intensidad debe ser medida en Gals, (en algunas ocasiones la intensidad no estará disponible de inmediato, pero en un máximo de cuatro días es posible obtener el cálculo). Así se logra interpretar la respuesta que tendrá un inmueble en un temblor, específicamente cuánto se acelerará ese inmueble ante ciertas características, permitiendo saber si por esa aceleración se encuentra en riesgo. También, permite que los pagos se ajusten a la realidad del inmueble que se está asegurando (Tabla VI.1), algo que no ocurriría si se utiliza una medida general como la M_w .

Tabla VI.1. Ejemplo de los datos generales de la póliza de Seguro Temblor Súper

Área de medición:	562-A	Latitud:	19.33675	Longitud:	-99.23344
Límite de indemnización:	\$100,000.00	Clasificación de altura	1 a 3 pisos		

⁶ Abreviatura de Galileo. Es la unidad de aceleración en el sistema cegesimal, 1 gal = 1 cm/s² (Reinoso *et al.*, 2015).

VI.6.3 Método de contratación

La contratación de este seguro es en línea. Se deben proporcionar datos personales e información sobre la ubicación y el número de pisos del inmueble. Además, es necesario vivir en la dirección que se desea asegurar o ser dueño de ella para obtener el precio de la mensualidad. Una vez obtenida la cotización, es posible realizar el pago con una tarjeta de crédito o débito y se procede a descargar la póliza (es posible contratar hasta dos pólizas por usuario, siempre y cuando la dirección asegurada sea distinta).

VI.6.4 Beneficios

La póliza de Súper es emitida por Seguros Atlas, además, este producto goza de reaseguro con MunichRe (la segunda aseguradora más grande a nivel internacional). Súper está registrado ante la Comisión Nacional de Seguros y Finanzas (CNSF) y es supervisado por la CONDUSEF. Adicionalmente, se tienen los siguientes beneficios:

- I. Beneficio de la póliza desde el primer momento en que se adquiere el seguro.
- II. Cobro de la póliza en menos de 30 días.
- III. No es necesario ser el dueño del inmueble para contratar el seguro, existe la opción de adquirirlo en situación de arrendatario.
- IV. Servicio digital personalizado los 365 días del año y 100 % en línea.
- V. Sin evaluación de daños.
- VI. Sin pago de deducible, coaseguro o ajustadores.
- VII. Uso libre de la póliza.

Si ocurre un evento sísmico que supere la intensidad mínima establecida en la póliza, la suma correspondiente se le entrega al titular del seguro, no al dueño del inmueble. Con esta premisa, es posible utilizar el cobro para reponer o reparar objetos que hayan sido afectados o para cubrir cualquier otra necesidad o urgencia que se presente.

VI.6.5 Precio de la póliza

El costo varía en función de varios factores, entre los que destacan:

1. El riesgo que le corresponde al inmueble que se desea asegurar.
2. La suma asegurada que se contrate.
Esta cantidad es una bolsa máxima, lo que quiere decir que esa es la suma más alta que se puede recibir entre uno o varios sismos durante un año. Todo dependerá de la intensidad del evento y de la información del inmueble.

Generalmente, las mensualidades son de \$70 pesos, en calidad de dueño del inmueble, \$150 pesos como arrendatario y \$170 pesos al tener un negocio. El seguro de temblor Súper ofrece una suma asegurada de \$75,000, \$250,000 y \$500,000 pesos, respectivamente. La cantidad que se elija y la ubicación del inmueble determinará el precio anual de la póliza.

VI.6.6 Autorización del pago de la póliza

En puntos anteriores se menciona que este seguro solo paga cuando se supere la intensidad que se establece en la póliza. Las intensidades están marcadas como “nivel detonante” (básicamente la intensidad que debe alcanzar el sismo en la ubicación, medida en Gals.). Cuando se supere alguna de las cuatro intensidades, se procede a recibir el pago marcado en “valor convenido” (ver Tabla VI.2). El límite de pagos que el asegurado puede recibir en un año es la suma asegurada que se contrató.

Tabla VI.2. Detalle de cobertura del seguro para temblor Súper

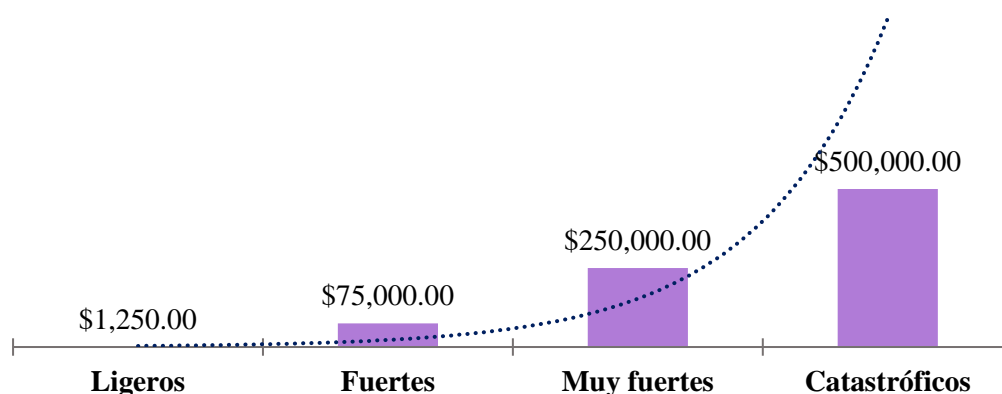
Nivel detonante [Gal]:	55	80	125	250
Valor convenido [MXN]:	\$250.00	\$15,000.00	\$50,000.00	\$100,000.00

En el caso hipotético de que la intensidad del sismo rebase los 250 Gals. de la Tabla VI.2, se haría un pago de \$100,000 pesos al titular de la póliza y así subsecuentemente con los niveles detonantes. Al asegurar dos inmuebles con ubicaciones diferentes, es probable que las intensidades mínimas acordadas en la póliza también varíen.

Para recibir el pago se debe compartir la cuenta clave, un comprobante de domicilio con antigüedad máxima de tres meses y una identificación oficial. A continuación, se muestran las descripciones de lo que podría pasar en cada tipo de temblor. Se basan en las características de la escala de Mercalli.

- **Fuerte**
Todos lo sienten, caída de objetos, evacuación de edificios, daños en muebles pesados o cambian de lugar, agrietamiento en muros, pero el edificio sigue siendo seguro y habitable.
- **Muy fuerte**
Todas las características del punto anterior más: cuesta trabajo estar de pie, perceptible aun estando dentro de vehículos, daños de leves a moderados en la estructura del edificio, la estructura puede ser no segura y requiere revisión.
- **Catastrófico**
Todas las características del punto anterior más: pánico en general, daños estructurales fuertes, derrumbes parciales o totales, huecos en cimientos, terreno con grietas y hundimientos, tuberías rotas y se requiere un dictamen oficial del edificio.

La cantidad máxima que un asegurado puede recibir es de \$500,000 pesos. Tal y como se indica en la Gráfica VI.5, a mayor intensidad sísmica, mayor beneficio por el cobro de la póliza.



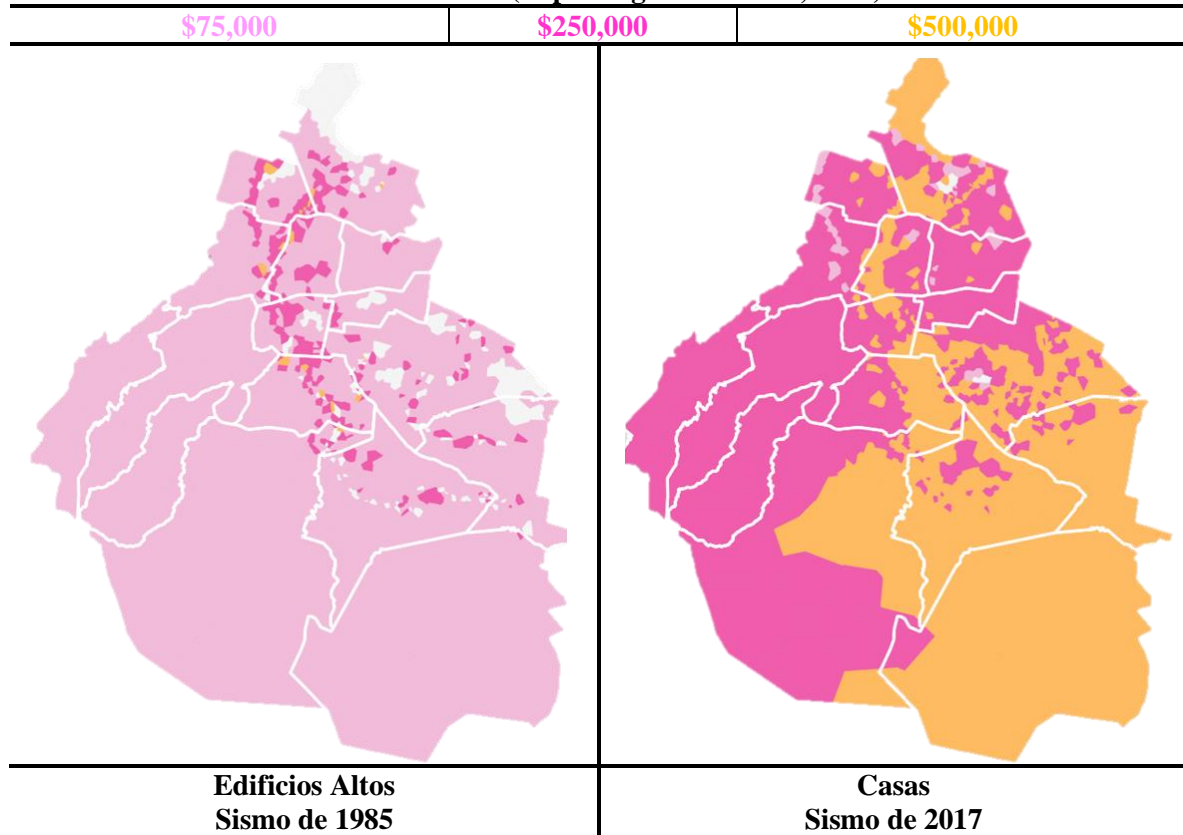
Gráfica VI.5. Monto máximo anual o por sismo para pólizas con suma asegurada de \$500,000 pesos

VI.6.7 Seguro Súper en los sismos de 2017

Desafortunadamente el seguro paramétrico de Seguros Súper no existía cuando ocurrieron los eventos sísmicos de 2017. Planteando un escenario hipotético donde este seguro existiera con anterioridad al 2017, quienes no contemplaron en su plan de acción ante emergencias de magnitudes catastróficas, la contratación de un seguro paramétrico, tienen menos posibilidades de recuperarse, que aquel sector de la población que sí se preparó utilizando este instrumento financiero.

Lo anterior, se sustenta en una simulación que realizó Seguros Súper. Esta aseguradora afirma que, si el seguro para temblor Súper hubiera existido en el mercado en 2017, se habría pagado a todos los clientes en la Ciudad de México (Tabla VI.3), sin importar la ubicación de su propiedad deseé (Súper Seguros México, 2020). Por lo tanto, la población afectada sería más resiliente económicamente para subsistir durante el tiempo de recuperación (t_{rec}) de la Gráfica VI.1 presentada anteriormente.

Tabla VI.3. Escenarios hipotéticos de la cobertura del seguro Súper con pólizas de hasta \$500,000 pesos como pago máximo
Modificada de (Súper Seguros México, 2020)



En el capítulo V. *Gestión financiera para la reconstrucción de la Ciudad de México*, de esta tesis, se presentó como el gobierno de la CDMX autorizó una parte del fideicomiso para la reconstrucción en el apoyo a rentas. La intención del gobierno es buena, pero realmente se necesitan más que \$4,000.00 pesos mensuales para que una familia que perdió su patrimonio a raíz de los sismos continúe con sus actividades cotidianamente. Por lo tanto, el sector financiero, a través de la opción del aseguramiento de inmuebles resulta indispensable para mitigar los efectos económicos negativos durante el t_{imp} de la Gráfica VI.1. Pues como se aprecia en la Tabla VI.3, el escenario hipotético de la cobertura del seguro Súper tiene pólizas de hasta \$500,000 pesos como pago máximo.

VI.7 Crédito hipotecario

Para entender cómo funciona la asociación de un seguro de daños al crédito hipotecario, conviene entender qué es un crédito hipotecario. Donoso, (2017) define al crédito hipotecario como un tipo de crédito que está respaldado por una garantía hipotecaria. En otras palabras, si el deudor del crédito no pudiera pagar las cuotas, el acreedor podría llegar a quedarse con el activo hipotecado (generalmente una vivienda).

Como este crédito va dirigido a la adquisición de bienes inmuebles, es importante destacar que la cuantía máxima del crédito será el valor del inmueble. No se puede conceder un crédito por un importe superior al inmueble que se quiere adquirir. Respecto al seguro de daños, se paga cada mes con las amortizaciones del crédito hipotecario. Su costo se determina con base en el monto asegurado. El costo del seguro está incluido en el Costo Anual Total (CAT) de un crédito hipotecario (Margain, 2018).

VI.7.1 Seguro de daños asociado al crédito hipotecario

Crédito hipotecario, Crédito para reparaciones estructurales de mediano plazo y Crédito para reparaciones estructurales de largo plazo, son programas que fueron creados a partir de la coordinación entre el Gobierno de la Ciudad de México y el Gobierno Federal. Estos programas se diseñaron para brindar apoyo a las personas cuyas viviendas quedaron en condiciones de inhabilitación o sufrieron daños estructurales en consecuencia del sismo del 19 de septiembre de 2017.

En este apartado se revisarán las características, beneficios y los principales problemas del programa Crédito hipotecario. Este programa se diseñó específicamente para la adquisición de vivienda nueva, usada o reconstrucción en lote propio. El acreditado debía pagar únicamente los intereses mensuales y el pago del capital estaría cubierto por el programa al vencimiento.

El plazo de 20 años, la tasa de interés preferencial del nueve por ciento y la oportunidad de recibir un crédito superior a los dos millones de pesos son las principales características de este programa. De manera muy puntual, los beneficios se pueden resumir en tres conceptos: sin enganche, sin comisión por apertura y sólo se pagan intereses. Algunos de los requisitos más destacados son estar en el censo de la CDMX, contar con un dictamen de seguridad estructural, acreditar la propiedad de la vivienda afectada, comprobante de ingresos, aprobar análisis de crédito y cada propietario podría acceder sólo a un crédito hipotecario.

VI.7.1.1 Desventajas del seguro de daños

Según la CONDUSEF (2018), es posible identificar diversos problemas para los usuarios que contaban con un seguro de daños asociado a un crédito hipotecario, a raíz de los sismos de 2017. Estos problemas se pueden agrupar en tres etapas:

1. El origen del crédito

- a. Las instituciones no entregan las pólizas y no informan las condiciones contractuales.
- b. En la escritura no se observa claridad respecto a la suma asegurada.

2. Después del siniestro

- a. Las pólizas de seguro no mencionan con claridad el procedimiento para hacer efectivo el seguro, el usuario no sabe qué hacer ni con quién acudir.
- b. Existe concurrencia de aseguradoras en un mismo inmueble siniestrado, dando pie a múltiples criterios de los ajustadores.

3. Funcionamiento del seguro

- a. En general son omisos en señalar coberturas de áreas comunes.
- b. No hay homologación en las pólizas en cuanto a las coberturas por remoción de escombros, contenidos, gastos extraordinarios, etc.
- c. La suma asegurada no cubre el saldo insoluto del crédito y mucho menos el valor comercial del inmueble, lo cual se aleja del principio del seguro de daños.

Al mismo tiempo, la CONDUSEF analizó 20 expedientes reales de 11 bancos que otorgaron un crédito hipotecario y que tienen asociado un seguro de daños de nueve aseguradoras, dichos créditos fueron

otorgados en noviembre de 2017. De los 20 casos, 13 no cubren el 100 % del saldo insoluto⁷ de los créditos. Esto ocasiona que el usuario pierda el enganche, los pagos realizados y su propiedad.

Analizando el costo de la prima, el cual está calculado en función del valor comercial, la suma asegurada no hace referencia ni al valor comercial ni al monto del crédito, es decir, se paga más y se recibe menos en 15 de los 20 casos. La suma asegurada debería ser igual al valor del inmueble, toda vez que el costo de la prima esté calculado bajo dicho valor. En la mayoría de los casos la suma asegurada es menor al monto del crédito, lo que deja desprotegido al acreditado. En promedio, para que el saldo insoluto quede cubierto, tendrían que transcurrir 10 años de amortización, pero se perderían las mensualidades pagadas y el enganche.

VI.8 Aseguramiento para ciudades

En este subtema se analizarán algunas opciones del aseguramiento para ciudades con la finalidad de identificar si el Gobierno de México está comprometido a realizar evaluaciones al costo-beneficio en materia de seguros, así como descubrir si realmente se implementaron y actualizaron las Estrategias de Gestión Integral del Riesgo⁸ (EGIR). Este subtema es realmente importante porque durante el periodo agosto–septiembre de 2017 ocurrieron diversos fenómenos meteorológicos y geológicos que pusieron a prueba al país.

VI.8.1 Efectos positivos en la gestión integral de riesgos

Las EGIR son importantes porque con ellas es posible definir temas de crecimiento, reordenamiento territorial y priorización en atención de emergencias al facilitar el análisis y evaluación estadística de resultados del riesgo, así como la redirección de recursos en términos de reconstrucción, recuperación, vulnerabilidad y mitigación con el fin de realizar una adecuada gestión del riesgo. Los estados que han implementado proyectos con EGIR, además de proteger las finanzas públicas ante el fuerte impacto económico que genera un desastre natural, tienen los siguientes beneficios:

- Disponibilidad de componentes técnicos especializados.
- Fortalecimiento de los sistemas de control estatales.
- Involucramiento oportuno y proactivo de los sectores relacionados con la seguridad, mantenimiento y operatividad de activos del Estado.
- Mayor confianza en inversionistas e instancias federales.
- Mejora la eficiencia y automatización en la toma de decisiones de inversión y aseguramiento.
- Mejora los sistemas de administración y gobierno.
- Preservación del patrimonio y valorización de los activos.

Al establecer mecanismos de control preventivos y correctivos sobre la información financiera y no financiera, así como los planes de continuidad, la EGIR brinda información para mejorar la toma de decisiones en materia de gestión de riesgos. Sin embargo, la confianza de inversionistas y otras instancias se obtiene con la ejecución de acciones concretas y específicas que podrán estar soportadas en los resultados de la EGIR.

⁷ Parte de un crédito que aún se encuentre pendiente por pagar (BBVA, 2022b).

⁸ Conjunto de estrategias que consideran todas las acciones encaminadas a la reducción de los riesgos (ARISE, 2022).

VI.9 Bono catastrófico

Los bonos catastróficos, también denominados como “*Act of God, Insurance-linked Bond*” o “*Cat-Bonds*” son bonos cuyos pagos dependen del desempeño de un conjunto o índice de riesgos de catástrofes naturales, o de la presencia de condiciones desencadenantes específicas (Cabrera, 2006). De acuerdo con González (2014), se llama bono porque comparte las mismas características distintivas de un bono tradicional: valor nominal, emisor, cláusulas, tasa nominal, vencimiento y, en su caso, cupones. No obstante, a diferencia de un bono tradicional, el tenedor de este tipo de bonos va a obtener una sobretasa en cada corte de cupón en adición a su tasa de interés nominal. Esta sobretasa es una recompensa adicional que recibe por correr un riesgo importante: si ocurre un desastre natural, va a perder toda o parte de su inversión.

Los bonos catastróficos generalmente tienen plazos cortos de maduración (de tres a cinco años) y, al no tener correlación con otros riesgos a los cuales usualmente se enfrentan los inversores, resultan atractivos. Por los tipos de cobertura y el precio de estructuración, la emisión de estos resulta viable únicamente para empresas grandes y gobiernos nacionales. Martínez, (2008) plantea cómo funciona un bono catastrófico. A continuación, se puntualiza el proceso:

- I. Un asegurador o reasegurador que no tiene la capacidad para asegurar cierto evento firma un contrato de reaseguro con una entidad llamada Vehículo de Propósito Especial (VPE) para reasegurar dicho evento.
- II. El asegurador se compromete a pagar una prima a cambio de que el VPE le ofrezca cobertura en caso de que el evento asegurado suceda. Acto seguido, el VPE estructura un bono que vende en el mercado de capitales a inversionistas.
- III. El monto pagado por los inversionistas va a un fondo fiduciario que, en caso de ocurrencia del siniestro, se utilizará para cubrirlo.
- IV. Los inversionistas reciben las primas pagadas por el asegurador, así como los rendimientos del fondo fiduciario.
- V. Si el evento catastrófico ocurre, el fondo es transferido al asegurador para cubrir su siniestro. Si no ocurre, los inversionistas reciben el monto del fondo o principal del bono, según lo especifica el contrato.

Es importante distinguir que los principales emisores de estos bonos catastróficos son instituciones como el Banco Mundial, las grandes aseguradoras e incluso países como México o Estados Unidos.

VI.9.1 Implementación internacional

México es pionero en el desarrollo de este tipo de coberturas; en el año 2006 emitió el primer bono catastrófico en América Latina llamado Cat-Mex, una combinación de reaseguro paramétrico por 290 millones de dólares (mdd) y un Cat-Bond (por 160 mdd) para cubrir por tres años las zonas más expuestas a la ocurrencia del riesgo. Esta cobertura fue renovada en el 2006 y nuevamente ha sido renovada a finales del 2012. Actualmente cubre contra terremotos de gran magnitud en varias regiones del país y contra huracanes de gran intensidad para ciertas regiones en ambas costas. En todos los casos, las coberturas son para valores extremos de la amenaza natural (González, 2014).

Recordemos que un bono es un instrumento de deuda que se emite para recaudar dinero para diversos fines (Murphy, 2021). Para México representa una salida importante, pues se trata de una de las naciones más vulnerables a las amenazas naturales. De acuerdo con cifras del Banco Mundial, un tercio de su población vive en áreas expuestas a huracanes, tormentas, inundaciones, terremotos y erupciones volcánicas. Esto significa que el 71 % del Producto Interno Bruto (PIB) está expuesto a dos o más peligros

naturales (CODIFE, 2018). Por ello, a pesar de las necesidades que cubren los bonos catastróficos en las entidades, se debe dar prioridad y mayor importancia en el trabajo de mecanismo de prevención.

VI.9.1.1 Bono catastrófico “FONDEN 2017”

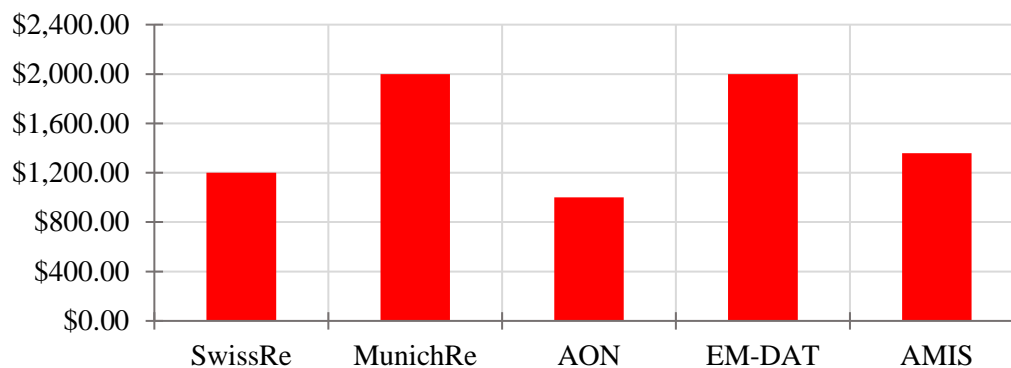
El Bono Catastrófico “FONDEN 2017” es un mecanismo de cobertura financiera renovado en agosto de 2017 por el Gobierno Federal, el cual permite aumentar los recursos del FONDEN (Secretaría de Hacienda y Crédito Público, 2017). Este bono, emitido por el Banco Mundial, brindaría una cobertura conjunta de 360 mdd por tres años, distribuida de la siguiente forma: 150 mdd para sismos, 100 y 110 mdd para huracanes que impacten las costas del Océano Atlántico y Pacífico, respectivamente (Deloitte, 2017). El pago de indemnizaciones del bono se activará en caso de sismo con base en los parámetros publicados por el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS, por sus siglas en inglés), o por los del Centro Nacional de Huracanes (NHC, por sus siglas en inglés), por lo que no se requiere la evaluación de daños para la activación del pago.

Desde la ocurrencia de los eventos sísmicos durante septiembre de 2017, el Bono Catastrófico “FONDEN 2017” definitivamente ha sido útil para resarcir las pérdidas secundarias. Lo anterior se demuestra si se compara el impacto en el crecimiento económico en México, por el sismo de 1985 (antes de la creación del FONDEN en 2014) contra el impacto en el crecimiento económico de 2017. De acuerdo con el Banco de México, (2017), el costo en el crecimiento económico se estima en aproximadamente 0.2 % del PIB para los sismos del 2017, mientras que para el sismo de 1985 fue de 2.1 % del PIB (Calderón y Hernández, 2012).

Aumentar el nivel de resiliencia financiera implica que los bonos catastróficos como el FONDEN, adquieran mayor trascendencia en la planificación del desarrollo del país. Por ello, es necesario tener la capacidad de diagnosticar y priorizar los problemas, así como de ejecutar soluciones mediante la identificación y movilización de recursos económicos, humanos, materiales y tecnológicos. Con el fin de restaurar la Q_t de manera oportuna (absorber las pérdidas y evitar las interrupciones).

No obstante, la gestión financiera de este bono podría mejorar si se destina una parte de su fideicomiso para que actúe de manera preventiva y no correctivamente. Lo anterior es posible si se realizan evaluaciones estructurales en las zonas de mayor riesgo, por ejemplo, para la CDMX en la zona del exLago. Una vez se tenga el dictamen de la edificación el fideicomiso actuaría para demoler, reconstruir, rehabilitar y/o reubicar según sea el caso. Posteriormente, ocurrirían sismos que, dependiendo de sus características, afecten a algunos inmuebles, pero para ese entonces ya se habría logrado identificar edificaciones propensas a presentar afectaciones por sismos.

De acuerdo con Rangel (2017), aseguradoras y consultoras especializadas en daños causados por terremotos realizaron estimaciones preliminares del costo de los dos sismos ocurridos en septiembre de 2017 en México. Las pérdidas económicas oscilan entre \$1,100 y \$8,000 mdd, considerando solo el daño en edificios asegurados. ERN destacó que el terremoto del 19 de septiembre de 2017 pudo alcanzar pérdidas económicas para México de \$4,800 mdd. Respecto a las pérdidas estimadas al sector asegurador (Gráfica VI.6), diversas aseguradoras realizaron estimaciones, mismas que van desde los \$1,000 a \$2,000 mdd y en promedio se contabilizan \$1,445.17 mdd.



Gráfica VI.6. Pérdidas de daños estimadas por aseguradoras [en mdd]

VI.9.1.2 Alianza del Pacífico

Mediante un acuerdo realizado por el Banco Mundial y la Alianza del Pacífico (Chile, Colombia, México y Perú) se logró emitir un bono catastrófico colectivo durante el primer trimestre de 2018 por 1.36 mil millones de dólares, Chile con 500 mdd, 400 mdd para Colombia, 260 mdd para México y Perú con 200 mdd en cobertura de riesgo (la activación paramétrica de este bono depende de los datos proporcionados por el USGS). De acuerdo con el Banco Mundial (2018), pretende ayudar, proteger y mitigar el impacto de las pérdidas sobre los presupuestos, así como gestionar de manera integral la transferencia de riesgos al fortalecer las finanzas públicas de las cuatro naciones ante la ocurrencia de terremotos.

Con esta modalidad conjunta se prevén beneficios adicionales de diversificación, reflejados en un menor costo para la cobertura. Esta es la primera vez que se emite un bono de modalidad internacional. Aunque los fines del bono colectivo de la Alianza son claros, también se ofrece la posibilidad de que cada país pueda revisar los parámetros que prefiera cubrir con la cantidad destinada, de esta manera se diversifican los riesgos para los inversionistas.

VI.9.1.3 Programa MultiCat

En marzo de 2020, el Gobierno de México emitió el lanzamiento de MultiCat. Se trata de un programa que permite adquirir una cobertura contra diversos riesgos (sismos, inundaciones y huracanes) a través del Banco Mundial con un monto total por 485 mdd, distribuido en la Tabla VI.4, la cual se modificó de (Secretaría de Hacienda y Crédito Público, 2020).

Tabla VI.4. Cobertura y condiciones de MultiCat

Tipo de Nota	CAR 125 – Clase A	CAR 126 – Clase B	CAR 127 – Clase C	CAR 128 – Clase D
Emisor	Banco Mundial			
Daños cubiertos	Sismo	Sismo	Tormenta nombrada del Atlántico	Tormenta nombrada del Pacífico
Disparador	Paramétrico			
Volumen de la emisión	175 mdd	60 mdd	125 mdd	125 mdd

En esencia, es un bono catastrófico que ayudaría a gobiernos y entidades públicas a acceder a los mercados de capital internacionales para contratar seguros contra el riesgo de desastres naturales por un plazo de cuatro años.

Lo interesante es que sería la primera vez que se diseña una plataforma destinada específicamente a dar a los gobiernos de los países en desarrollo la posibilidad de adquirir una cobertura de seguros, de costo accesible, a través de los mercados de capital (Banco Mundial, 2009).

Uno de los principales objetivos de MultiCat consiste en lograr que sus clientes puedan operar con eficiencia en función de los costos al ofrecer a los inversionistas la oportunidad de diversificar sus carteras con activos no correlacionados y al ampliar la base tradicional de inversionistas para los bonos catastróficos. Además, aumenta las opciones que ofrece el Banco Mundial para financiar la protección contra el riesgo. También, comprende el préstamo con opción de desembolso diferido ante catástrofes una línea de crédito que otorga acceso inmediato al financiamiento tras una amenaza natural.

CONCLUSIONES

Es necesario que el Gobierno Federal y las Entidades Federativas, a través de modelos innovadores de ingeniería, permitan evaluar, con una precisión razonable, el riesgo sísmico y con ello estimar las pérdidas secundarias. En este sentido, se deben aprovechar los estudios que la iniciativa privada ha realizado para no poner en riesgo las finanzas públicas ante la ocurrencia de un evento sísmico. Si el Gobierno entiende y anticipa los impactos negativos de las amenazas naturales, el nivel de resiliencia de las Entidades Federativas puede aumentar eficazmente, lo cual se refleja en una mayor capacidad para garantizar funciones básicas a toda la población. Al 30 de junio de 2022 el proceso de recuperación de la funcionalidad $RQ(t)$, de la resiliencia financiera aún no se iguala a la funcionalidad original $Q(t)$, puesto que continúan las labores de inversión de los fideicomisos presentados en esta tesis.

Gracias a que se realizó un análisis a la base de datos proporcionada por ERN para inmuebles ubicados en las zonas de mayor riesgo y que tienen una clasificación de colapso total (41 inmuebles para la CDMX, 24 inmuebles para el Estado de México y 32 inmuebles para Puebla) se presentaron algunas edificaciones, principalmente del sector vivienda (prioridad al momento de contratar un seguro contra daños) que tienen patologías evaluadas por ERN como columna corta, efecto de esquina, golpeteo, irregularidad en altura, irregularidad en planta y planta baja débil. Dada la cercanía respecto del epicentro sísmico ocurrido el 19 de septiembre de 2017 y la combinación de una o más patologías, entre otros factores, viviendas unifamiliares y multifamiliares colapsaron parcial o totalmente, por ello la necesidad de implementar instrumentos financieros como los seguros paramétricos.

Las obras y acciones de reconstrucción para el caso de la infraestructura Federal fueron financiadas completamente por el FONDEN. El monto autorizado para los apoyos parciales inmediatos, el gasto de evaluación de daños y el gasto de reconstrucción fue de \$29,694,692,793.90 pesos. El monto ejercido hasta el 26 de septiembre de 2019 para resarcir los daños fue de \$15,458,404,305.98 pesos. Finalmente, la diferencia entre los recursos autorizados y los ejercidos es de \$14,236,288,487.90 pesos. Esta diferencia se debe, entre otros motivos, a la poca precisión e intervención del Gobierno para realizar simulaciones de escenarios bajo condiciones que superen la capacidad de respuesta de las autoridades. El resultado de no implementar con anticipación un modelo de ingeniería que simule escenarios catastróficos es sinónimo del mantenimiento correctivo, lo cual provoca una distribución del fideicomiso de manera ineficiente.

Es evidente que el Gobierno Federal contempló un monto autorizado mayor al ejercido con la finalidad de tener un margen de reserva. No obstante, se autorizaron \$9,127,837,396.00 pesos para el sector educativo y se ejercieron \$3,993,154,305.00 pesos (\$5,134,683,091.00 pesos de diferencia). Para el sector hidráulico, se autorizaron \$1,849,710,949.00 pesos y se ejercieron \$905,629,775.00 pesos (\$944,081,174.00 pesos de diferencia). Por último, se autorizaron \$6,116,162,951.00 pesos para los monumentos históricos y se ejercieron \$188,101,342.00 pesos (cantidad aproximadamente 32.5 veces menor de lo que se autorizó). La diferencia en este último sector es de \$5,928,061,609.00 pesos. Lo anterior demuestra que las estimaciones realizadas por el Gobierno no son del todo acertadas. Las consecuencias al momento de autorizar recursos con base en una imprecisa estimación de pérdidas son considerar más recursos para un sector que no precisa mayor intervención que otro verdaderamente afectado y la redirección de recursos sobre la marcha (representa tiempo perdido para atender aquellos sectores en estado de emergencia).

Las obras y acciones de reconstrucción para el caso de la infraestructura Estatal son financiadas con el 50 % por aportaciones estatales y 50 % por el FONDEN. La revisión de daños posteriores al sismo del 7 de septiembre de 2017 demostró que Chiapas destinó recursos al sector carretero alcanzando los \$745,544,800.00 pesos, Oaxaca destinó \$1,021,976,986.00 pesos para la vivienda y Veracruz aportó \$7,572,894.00 pesos para el sector educativo. El monto total, considerando todas las aportaciones estatales, fue de \$3,727,070,692.55 pesos. En cuanto al sismo del 19 de septiembre de 2017, todas las aportaciones estatales lograron un monto de \$4,741,580,501.59 pesos. Existe una diferencia de

\$1,014,509,809.04 pesos entre el sismo del 7 y el 19 de septiembre de 2017. El sismo del 19 de septiembre es el que mayores pérdidas económicas tuvo. La información que se consultó se encuentra disponible para el público. No obstante, para la recopilación de los datos del fideicomiso de la Comisión para la Reconstrucción de la Ciudad de México se presentaron deficiencias en cuanto a la transparencia de la información presupuestaria, puesto que se hizo una solicitud para obtener el historial completo del fideicomiso administrado por esta Comisión, la cual fue denegada debido a que la información no es del todo accesible, contrario a lo que plantea la propia Comisión en uno de sus principios: *Transparentar el uso de los recursos mediante la rendición de cuentas permanente*. Por lo tanto, se capturaron y revisaron los fideicomisos administrados por la Comisión para la Reconstrucción de la Ciudad de México y la plataforma Fuerza México necesarios para desarrollar este trabajo de tesis.

Todas las compañías aseguradoras deberían contemplar, obligatoriamente, diseños de seguros de acuerdo con las necesidades que presente la sociedad. Estos cambios permitirán mejorar los procesos de cobro de pólizas a través de la ciencia y la tecnología. Los instrumentos financieros tienen como finalidad el control priorizado del riesgo de desastre en la sociedad para mitigar los efectos de los fenómenos naturales sobre la infraestructura. En la mayoría de los casos, los seguros ayudan a reaccionar de la mejor manera ante una emergencia, de forma que se pueden cubrir gastos inesperados sin tener que endeudarse o desembolsar una gran cantidad de dinero en una sola exhibición.

Se recomienda consultar detalladamente las cláusulas al momento de contratar un seguro de daños asociado a un crédito hipotecario cuando se quiera adquirir una vivienda debido a que, cuando ocurra un evento sísmico que implique daños en la vivienda hipotecada, algunas instituciones financieras no otorgan el beneficio de la póliza, sino que únicamente proceden con la cancelación de la hipoteca del asegurado. En otras palabras, el asegurado pierde su deuda con la institución, pero también su patrimonio.

De las estrategias presentadas, se recomienda contratar un seguro paramétrico principalmente donde las condiciones geográficas y geológicas del país son desfavorables, donde exista asentamiento humano en zonas de alto riesgo y donde la falta de un diseño óptimo de ingeniería estructural sea evidente. Esta alternativa financiera resulta indispensable ya que considera un menor tiempo para el desembolso de las indemnizaciones con respecto a otros instrumentos financieros, evita el proceso de un ajustador (útil en situaciones donde los daños estén relacionados con la combinación de patologías estructurales). Además, este tipo de seguro no considera la poca o nula intervención ingenieril en términos del diseño del inmueble asegurado, la fecha de construcción o la baja calidad de los materiales implementados en la edificación.

Por ejemplo, un seguro paramétrico resultaría eficiente para la Ciudad de México, sobre todo en las alcaldías Benito Juárez y Cuauhtémoc (contratado por los residentes de dichas alcaldías), en donde se presentaron las mayores afectaciones después del sismo del 19 de septiembre de 2017, principalmente en edificios de entre uno y 10 niveles. En este caso, el evento causó pérdidas y el detonante definido indicaría que sí hay lugar para un desembolso. También, un seguro de este tipo beneficiaría a estados donde las edificaciones más afectadas alcanzan entre uno y dos niveles.

La posibilidad de ocurrencia de un evento sísmico de gran magnitud es inminente. Por ello, el enorme desafío es concientizar a la población, principalmente del centro y sureste de México, la cultura de contratación de seguros contra daños. Lo anterior es complicado porque las aseguradoras, en sus pólizas básicas, no incluyen la protección contra daños ocasionados por amenazas naturales. La legislación tampoco coadyuva a exigir la contratación por defecto. Finalmente, con el análisis de las estrategias encaminadas al fortalecimiento de la gestión financiera del riesgo sísmico, queda demostrada la importancia de implementar la resiliencia financiera a través de instrumentos que mitiguen la vulnerabilidad económica de la población y los elevados costos de reconstrucción.

REFERENCIAS

- Administración Pública de la Ciudad de México. (2017a). *Declaratoria de desastre con motivo del fenómeno sísmico ocurrido el 19 de septiembre de 2017 en la Ciudad de México*. Gaceta Oficial de la Ciudad de México.
- Administración Pública de la Ciudad de México. (2017b). *Decreto por el que se instruye la elaboración del programa y se crea el Órgano de Apoyo Administrativo a las actividades del Jefe de Gobierno denominado Comisión para la Reconstrucción, Recuperación y Transformación de la Ciudad de México*. Gaceta Oficial de la Ciudad de México.
- Aguado, A. (2017a). *Daños por el sismo de M8.2 del 7 de septiembre, 2017*. Portal electrónico de ERN. <https://www.ern.com.mx/web/>
- Aguado, A. (2017b). *Sismo cerca de Axochiapan, Morelos*. Portal electrónico de ERN. <https://www.ern.com.mx/web/>
- Aguirre, J. (2010). *Ingeniería Sismológica*. Portal electrónico del IINGEN. <http://www2.iingen.unam.mx/es-mx/Investigacion/Coordinacion/IngenieriaSismologica/Paginas/default.aspx>
- Aparicio, F. J. (2015). *Fundamentos de Hidrología de superficie*. Editorial Limusa Noriega; México.
- Arias, E. (2017). *Torre Zafiro sin daño estructural tras el sismo*. Diario Presente. <https://www.diariopresente.mx/villahermosa/torre-zafiro-sin-dano-estructural-tras-el-sismo/198518>
- ARISE. (2022). *Manual de mejores prácticas para los seguros paramétricos de atención de catástrofes: Análisis de punta a punta*. ARISE MX.
- Arroyo, R., Guinto, R., Sánchez, S., y Corona, J. L. (2010). *Desarrollo de propuestas estratégicas de rehabilitación y refuerzo para la vivienda guerrerense de adobe*. Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural.
- Arroyo, R., Guzmán, A., Barragán, R., Salgado, A., Guinto, R., y Acevedo, H. (2009). *Estrategias para la rehabilitación de edificios multifamiliares de interés social tipo INFONAVIT*. Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes, 44, (29-36).
- Asamblea Legislativa del Distrito Federal. (2014). *Art. 71 de la Ley de Presupuesto y Gasto Eficiente de la Ciudad de México*. Instituto de Investigaciones Parlamentarias.
- Asociación Mexicana de Instituciones de Seguros. (2017). *Emite AMIS recomendaciones para cobrar un seguro tras el sismo*. Portal electrónico de AMIS. <https://www.amis.com.mx/amiswp/noticias/emite-amis-recomendaciones-para-cobrar-un-seguro-tras-el-sismo/>
- Asociación Mexicana de Instituciones de Seguros. (2019). *Perspectivas del sector asegurador*. Portal electrónico de la Comisión Nacional de Seguros y Finanzas. https://www.amis.com.mx/amiswp/wp-content/uploads/2019/05/4_AMIS2019_CNSF.pdf
- Banco de México. (2017). *Estimación de los Efectos de los Sismos de Septiembre en la Actividad Económica Regional*. Extracto del Reporte sobre las Economías Regionales Julio–Septiembre 2017, Recuadro 2, pp. 8-9, Diciembre 2017. <https://www.banxico.org.mx/publicaciones-y-prensa/reportes-sobre-las-economias-regionales/recuadros/%7B9F0DC0D6-C502-740B-D1D0-CA155BD2BCBD%7D.pdf>
- Banco Mundial. (2009). *El Banco Mundial lanza el “Programa MultiCat”*. Portal electrónico del Banco Mundial. <https://www.bancomundial.org/es/news/press-release/2009/10/19/world-bank-launches-multicat-program>
- Banco Mundial. (2018). *Banco Mundial emite bono catastrófico contra terremotos en la Alianza del Pacífico*. Portal electrónico del Banco Mundial. <https://www.bancomundial.org/es/news/press-release/2018/02/07/banco-mundial-emite-bono-catastrofico-contra-terremotos-en-la-alianza-del-pacifico>
- Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos. (2018). *FONDEN Aportaciones Estatales*. Datos abiertos, Fuerza México. https://www.transparenciapresupuestaria.gob.mx/es/PTP/fuerzamexico_datosabiertos

- Banco Santander México. (2019). *Santander ha entregado 705 viviendas para damnificados de los sismos de 2017*. Portal electrónico de Santander. https://www.santander.com.mx/ceb/sala_prensa_2019_170919_vivienda.html
- BBVA. (2019). *Fideicomiso*. Portal electrónico de BBVA. <https://www.bbva.mx/personas/productos/patrimonial-y-privada/fideicomiso.html#fideicomiso>
- BBVA. (2020). *¿Qué es la resiliencia financiera y cómo podemos mantenerla?* Portal electrónico de BBVA. <https://www.bbva.com/es/salud-financiera/resiliencia-financiera-que-es-y-como-mantenerla/>
- BBVA. (2022a). *Conceptos básicos para entender los seguros*. Portal electrónico de BBVA. <https://www.bbva.com/es/mx/salud-financiera/conceptos-basicos-sobre-los-seguros/>
- BBVA. (2022b). *Saldo insoluto*. Portal electrónico de BBVA. https://www.bbva.mx/educacion-financiera/s/saldo_insoluto.html#:~:text=El saldo insoluto es la,se encuentre pendiente por pagar.
- Braja, D. (2013). *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica*. México: International Thomson, 4.a.
- Bruneau, M., Chang, S., Eguchi, R., Lee, G., O'Rourke, T., Reinhorn, A., Shinozuka, M., Tierney, K., Wallace, W., & Winterfeldt, D. (2003). *A framework to quantitatively assess and enhance the seismic resilience of communities*. Earthquake Engineering Research Institute, 19, 733–752.
- Budhu, M. (2010). *Soil mechanics and foundations*. John Wiley & Sons, Inc., 3.a.
- Buendía, L., & Reinoso, E. (2019). *Análisis de los daños en viviendas y edificios comerciales durante la ocurrencia del sismo del 19 de septiembre de 2017*. Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural, 101, (19-35).
- Cabrera, B. (2006). *Pricing Catastrophic Bonds for Earthquakes in México*. Center for Applied Statistics and Economics, Humboldt-Universität zu Berlin.
- Calderón, C., y Hernández, L. (2012). *El terremoto de 1985 en México y sus efectos económicos*. Culcytl / Desastres y Economía. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7058611.pdf>
- Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. (2013). *Ley sobre el Contrato de Seguro*. Diario Oficial de la Federación.
- Catalán, P., Moreno, J. Y., Galván, A., y Arroyo, R. (2007). *Obtención de las propiedades mecánicas de la mampostería de adobe mediante ensayos de laboratorio*. Acta Universitaria.
- CENAPRED. (2016). *¿Qué hacemos?* Gobierno de México.
- CENAPRED. (2018). *¿Qué es el Atlas Nacional de Riesgos (ANR)?* Gobierno de México. <http://www.atlasmnacionalderiesgos.gob.mx/archivo/faq.html>
- CENAPRED. (2020). *CENAPRED cumple 30 años*. Gobierno de México. [https://www.gob.mx/cenapred/articulos/cenapred-cumple-30-anos#:~:text=El Centro Nacional de Prevención de Desastres \(CENAPRED\) fue creado,11 de mayo de 1990](https://www.gob.mx/cenapred/articulos/cenapred-cumple-30-anos#:~:text=El Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) fue creado,11 de mayo de 1990)
- Cimellaro, G., Reinhorn, A., & Bruneau, M. (2006). *Quantification of seismic resilience*. National Conference on Earthquake Engineering, San Francisco, CA, USA.
- CIRES. (2017a). *Boletín de la RACM: sismo 07 de septiembre de 2017*. Portal electrónico del CIRES, A. C. http://www.cires.org.mx/racm_historico_reporte_particular_es_n.php?fecha_aviso=2017-09-08&hora_aviso=04:49:17®istros_aviso=73&fecha_sismo=2017-09-08&hora_sismo=04:49:17&latitud_sismo=14.76&longitud_sismo=-94.10&profundidad_sismo=45.00&magnitud_sismo=8.
- CIRES. (2017b). *Boletín de la RACM: sismo 19 de septiembre de 2017*. Portal electrónico del CIRES, A. C. http://www.cires.org.mx/racm_historico_reporte_particular_es_n.php?fecha_aviso=2017-09-19&hora_aviso=18:14:39®istros_aviso=73&fecha_sismo=2017-09-19&hora_sismo=18:14:39&latitud_sismo=18.32&longitud_sismo=-98.67&profundidad_sismo=51.00&magnitud_sismo=7.
- CIRES. (2017c). *Boletín del SASMEX: 07 de septiembre de 2017*. Portal electrónico del CIRES, A. C. http://www.cires.org.mx/reportes_sasmex/sasmex_reporte_20170907_235032_es.php#:~:text=El 07 DE SEPTIEMBRE DE,sísmicos Fuertes en la Ciudad

- CIRES. (2017d). *Boletín del SASMEX: 19 de septiembre de 2017*. Portal electrónico del CIRES, A. C. http://www.cires.org.mx/sasmex_historico_ac_n.php?fecha_aviso=2017-09-19&hora_aviso=13:15:04®istros_aviso=&fecha_sismo=2017-09-19&hora_sismo=18:14:39&latitud_sismo=18.32&longitud_sismo=-98.67&profundidad_sismo=51.00&magnitud_sismo=7.1&redes_sismo=SASME
- CIRES. (2017e). *Mapa interactivo*. Portal electrónico del CIRES, A. C. http://www.cires.org.mx/racm_mapainteractivo/
- CIRES. (2018). *Con el sonido de SASMEX #AlertaSísmica oficial, inicia #SimulacroCDMX2018*. Blog Oficial del CIRES, A.C. <https://blogcires.mx/2018/09/19/sasmex-alertasismica-oficial-marca-el-inicio-del-simulacrocdmx2018/>
- CIRES. (2020). *Sistema Acelerométrico Digital para Estructuras*. Portal electrónico del CIRES, A. C. http://www.cires.org.mx/tripticos_n/SADE_2020.pdf
- CIRES. (2022a). *¿Qué es el CIRES?* Portal electrónico del CIRES, A. C. http://www.cires.org.mx/cires_n.php
- CIRES. (2022b). *Red Acelerográfica de la Ciudad de México*. Portal electrónico del CIRES, A. C. http://www.cires.org.mx/racm_n.php
- CIRES. (2022c). *Sistema de Alerta Sísmica Mexicano*. Portal electrónico del CIRES, A. C. http://www.cires.org.mx/sasmex_n.php
- Citibanamex. (2019). *Informe Programa 1x1 - Sismos 2017*. Portal electrónico de Citibanamex. <https://www.banamex.com/resources/pdf/es/personas/compromiso-social/programas/informe-programa-1x1.pdf>
- CODIFE. (2018). *¿Qué implica el bono catastrófico colectivo del Banco Mundial?* Portal electrónico de Codife. <https://www.cofide.mx/blog/que-implica-el-bono-catastrofico-colectivo-del-banco-mundial>
- Comisión para la Reconstrucción. (2018a). *¿Cómo funciona la Comisión para la Reconstrucción?* Portal de Reconstrucción de la Ciudad de México Reconstrucción. <https://reconstruccion.cdmx.gob.mx/como-funciona>
- Comisión para la Reconstrucción. (2018b). *Reconstrucción de la Ciudad de México*. Colegio de Ingenieros Civiles de México A. C. https://cicm.org.mx/wp-content/files_mf/pptcomisiónparalareconstruccióncdmx.pdf
- Comisión para la Reconstrucción. (2019). *Órganos colegiados y mesas de trabajo*. Portal de Reconstrucción de la Ciudad de México. <https://reconstruccion.cdmx.gob.mx/minutas>
- Comisión para la Reconstrucción. (2022a). *Apoyo a renta*. Portal de Reconstrucción de la Ciudad de México. <https://reconstruccion.cdmx.gob.mx/apoyo-a-renta>
- Comisión para la Reconstrucción. (2022b). *Fideicomiso*. Portal de Reconstrucción de la Ciudad de México. <https://reconstruccion.cdmx.gob.mx/fideicomiso>
- CONDUSEF. (2016). *Pon atención a tus contratos de seguros y cuídate de las cláusulas abusivas*. Portal electrónico de CONDUSEF. https://revista.condusef.gob.mx/wp-content/uploads/2016/06/PDF-s_2016_196_contratos.pdf
- CONDUSEF. (2017). *Registro de Contratos de Adhesión de Seguros*. Portal electrónico de CONDUSEF.
- CONDUSEF. (2018a). *Modelo de seguro de daños asociado a un crédito hipotecario*. Portal electrónico de la CONDUSEF. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/392290/MODELO_DE_SEGURO_DE_DA_OS.pdf
- CONDUSEF. (2018b). *Resultado de la evaluación del seguro de daños por terremoto, asociados a un crédito hipotecario*. Portal electrónico de CONDUSEF. <https://www.gob.mx/condusef/prensa/resultados-de-la-evaluacion-del-seguro-de-danos-por-terremoto-asociados-a-un-credito-hipotecario>
- Congreso de la Unión. (2018). *Ley General de Títulos y Operaciones de Crédito*. Diario Oficial de la Federación, 1–106. http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/145_130614.pdf
- CTBTO. (2008). *Radionuclide monitoring*. Portal electrónico de CTBTO. <https://www.ctbto.org/verification-regime/monitoring-technologies-how-they-work/radionuclide-monitoring/>

- De la Madrid, E. (2017). *Inician trabajos de rehabilitación en la iglesia de Santa Lucía, en San Cristóbal de las Casas, Chiapas*. Twitter. <https://twitter.com/edelamadrid/status/913848233939566593>
- Deloitte. (2017). *Cuatro puntos para entender mejor cómo funciona el bono catastrófico*. Portal electrónico de Deloitte. <https://www2.deloitte.com/mx/es/pages/dnoticias/articulos/bono-catastrofico.html>
- Díaz, J. A. (2006). *Los suelos lacustres de la Ciudad de México*. Revista Internacional de Desastres Naturales, Accidentes e Infraestructura Civil, 6(2), 111–130.
- Donoso, A. (2017). *Crédito hipotecario*. Economipedia. <https://economipedia.com/definiciones/credito-hipotecario.html>
- Espinosa, E. F. (2013). *Diseño sismoresistente de edificios altos de mampostería*. (Tesis de maestría). Universidad Nacional Autónoma de México. <https://repositorio.unam.mx/>
- Esquivel, I. (2017). *Edificios sismo reconstrucción*. Instituto Mexicano para la Competitividad. https://imco.org.mx/edificios_sismo_reconstruccion-3/
- Esteva, L. (2008). *Amenaza, vulnerabilidad y riesgo*. Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural. <https://www.smie.org.mx/eventos/memorias/index.php>
- Evaluación de Riesgos Naturales. (2015). *Aplicaciones ERN*. Portal electrónico ERN. https://ern.com.mx/web/aplicaciones_ern
- Evaluación de Riesgos Naturales. (2017). *Visualizador de daños*. Portal electrónico de ERN. <https://serv.ern.com.mx/VisualizadorERN>
- Evaluación de Riesgos Naturales. (2018). *R-PLUS*. Folleto R-PLUS. www.ern.com.mx
- Evaluación de Riesgos Naturales. (2021). *Los seguros paramétricos: qué son, ventajas requisitos y operación*. Portal electrónico de ERN. <https://www.ern.com.mx/web/sites/default/files/2021-11/Seguros-parametricos%2C-que-son-copia.pdf>
- Excélsior. (2017). *Banorte, Citibanamex, BBVA Bancomer y Grupo Carso ayudan a damnificados por sismo*. Portal electrónico de Excélsior. <https://www.excelsior.com.mx/nacional/2017/09/20/1189769>
- Franco, M. (2017). *Fuerte terremoto en México, Irma y las disputas en Cataluña*. The New York Times. <https://www.nytimes.com/es/2017/09/08/espanol/al-dia-mexico-sismo-irma-katia-caribe-daca-brasil-venezuela-papa-colombia-cataluna-ollanta-humala.html>
- Fuerza México. (2019). *Fuerza México*. Portal de Transparencia Presupuestaria. <https://www.transparenciapresupuestaria.gob.mx/es/PTP/fuerzamexico>
- Fuerza México. (2022). *Datos abiertos*. Portal de Transparencia Presupuestaria. https://www.transparenciapresupuestaria.gob.mx/es/PTP/fuerzamexico_datosabiertos
- Fundación Azteca. (2020). *Fundación Azteca*. Portal electrónico de Fundación Azteca. <https://www.fundacionazteca.org/contenido/seccion/comunidad>
- Fundación BBVA. (2021). *Programa de reconstrucción de escuelas 2017-2021*. Portal de la Fundación BBVA, 100. <https://storage.googleapis.com/bbva-mx-becas-fundacion.appspot.com/ReporteEscuelas040322.pdf>
- Fundación Carlos Slim. (2017). *Informe mensual de actividades: 11 de noviembre a 10 de diciembre del 2017*. Portal electrónico de la Fundación Carlos Slim. <https://fundacioncarlosslim.org/wp-content/uploads/2017/12/informe-diciembre.pdf>
- Fundación Carlos Slim. (2022a). *Informe mensual de actividades: 28 de febrero del 2022*. Portal electrónico de la Fundación Carlos Slim. <https://fundacioncarlosslim.org/informe-de-sismos-febrero-2022/>
- Fundación Carlos Slim. (2022b). *México Unido | Sismos 2017*. Portal electrónico de la Fundación Carlos Slim. <https://fundacioncarlosslim.org/sismos/#apoyos>
- Fundación MAPFRE. (2016). *Diccionario de seguros*. Portal electrónico de la Fundación MAPFRE.
- Fundación Televisa. (2019). *Detalle de beneficiados*. Portal electrónico de Televisa. <https://fundacion-televisa.org/reconstruyamos/src/informe/Informe-reconstruccion.pdf>
- Gobierno de la CDMX, y Fundación Rockefeller. (2018). *Aprender del sismo para ser más resilientes*.

- Gobierno de la Ciudad de México. (2015). *Antecedentes FONDEN*. Secretaría de Administración y Finanzas. <http://procesos.finanzas.cdmx.gob.mx/fonaden/index.php/Antecedentes>
- González, L. (2014). *¿Qué es un bono catastrófico?* Forbes México. <https://www.forbes.com.mx/ques-un-bono-catastrofico/>
- Guevara, E., Quaas, R., y Fernández, G. (2006). *Lineamientos generales para la elaboración de Atlas de Riesgos (1a)*. Centro Nacional de Prevención de Desastres.
- Instituto de Geofísica. (2022). *Departamento de Sismología*. Universidad Nacional Autónoma de México. <https://www.geofisica.unam.mx/sismologia/>
- Instituto de Geología. (2022). *¿Quiénes somos?* Universidad Nacional Autónoma de México. <https://www.geologia.unam.mx/contenido/acerca-del-instituto-de-geologia>
- Instituto de Ingeniería. (2020). *Actualización de la zonificación sísmica de la Ciudad de México y áreas aledañas parte Norte*. Instituto de Ingeniería, UNAM, 1–97.
- Instituto de Ingeniería. (2022). *Historia*. Portal electrónico del IINGEN. <http://www.iingen.unam.mx/es-mx/Nosotros/Paginas/Historia.aspx>
- Jaimes, M. Á. (2017). *Sismo del 19 de septiembre de 2017 M7.1, Puebla-Morelos*. Instituto de Ingeniería, UNAM, 21.
- Japan International Cooperation Agency. (2020). *Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED)*. JICA. https://www.jica.go.jp/mexico/espanol/activities/disaster_01.html
- Juárez, E. (2019). *¿Cómo han apoyado los bancos a los afectados por los sismos de 2017?* El Economista. <https://www.economista.com.mx/sectorfinanciero/Como-han-apoyado-los-bancos-a-los-afectados-por-los-sismos-de-2017-20190919-0112.html>
- La Jornada. (2017). *Impacto en infraestructura y fallas de energía eléctrica en nueve estados*. Portal electrónico de la Jornada. <https://www.jornada.com.mx/2017/09/09/politica/007n2pol>
- León, J., y Ordaz, M. (2021). *Propagación de las pérdidas por terremoto a través de la economía*. Gaceta del IIUNAM, 146, 24.
- Leyva, J. (2017). *¿Cuánto donarán los bancos?* Portal electrónico de El Financiero. <https://www.elfinanciero.com.mx/opinion/jeanette-leyva/cuanto-donaran-los-bancos/>
- Margain, E. (2018). *Los seguros de daños en los créditos hipotecarios*. Portal electrónico de El Financiero. <https://www.elfinanciero.com.mx/opinion/enrique-margain-pitman1/los-seguros-de-danos-en-los-creditos-hipotecarios/>
- Martínez, J. (2008). *Bonos Catastróficos. ¿La nueva revolución en el mercado de seguros?* Revista Fasescolda, Fundación MAPFRE, 22–25. <https://documentacion.fundacionmapfre.org/documentacion/publico/es/media/group/1060457.do>
- Matus, A., Chávez, A., Torres, D., y Rivadeneyra, F. (2019). *Estrategia de Resiliencia CDMX*. Oficina de Resiliencia CDMX.
- Morelos, L., y Espíndola, J. M. (2022). *Breve historia del Instituto de Geofísica de la UNAM*. Universidad Nacional Autónoma de México. <https://www.geofisica.unam.mx/historia/>
- Murphy, C. (2021). *Act of God Bond*. Investopedia. <https://www.investopedia.com/terms/a/actofgodbond.asp>
- Nava, A. (1998). *Terremotos*. Biblioteca digital del ILCE. <http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen1/ciencia2/34/html/terrem.html>
- Ortiz, D., y Reinoso, E. (2020). *Tiempo de interrupción de negocios en la Ciudad de México por daños directos y efectos indirectos en edificios a causa del sismo del 19s de 2017*. Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica, 104, 1–31. <https://doi.org/10.18867/RIS.104.538>
- Ponomarev, A., & Sidorin, Y. (2012). *El fundador de la Sismología moderna Boris Borisovich Golitsyn (1862-1916): con motivo del 150 aniversario de su nacimiento*. Vestn. Odd. nauk Zemle. <https://onznnews.wdcb.ru/publications/v04/2012NZ000114/2012NZ000114.pdf>
- Presidencia de la República EPN. (2017). *Reunión con el Presidente del Comité Internacional de la Cruz Roja*. Portal electrónico del Gobierno de México. <https://www.gob.mx/epn/es/articulos/reunion-con-el-presidente-del-comite-internacional-de-la-cruz-roja>

- Protección Civil. (2021). *Historia*. Capital de Zacatecas. <https://proteccioncivil.capitaldezacatecas.gob.mx/nosotros/historia/>
- Rangel, J. (2017). *Costo de los sismos: hasta 8 mil mdd*. Portal electrónico de Milenio. <https://www.milenio.com/opinion/jesus-rangel/estira-afloja/costo-de-los-sismos-hasta-8-mil-mdd>
- Reinoso, E. (2009). *Criterios para obtener acelerogramas de diseño en sitios afectados por varias fuentes sísmicas usando como ejemplo el caso de terreno firme de la Ciudad de México*. *Revista de Ingeniería Sísmica*, 18(81), 1.
- Reinoso, E., Ordaz, M., Jaimes, M. Á., y Pérez, C. (2015). *Sistema para el monitoreo automático y evaluación del riesgo sísmico en la Ciudad de México basado en una sola estación sísmica*. *Revista Geotecnia No. 237*, Sociedad Mexicana de Ingeniería Geotécnica, 14–21.
- Rodríguez, M. (2005). *Tectónica de placas*. *Biología marina y oceanografía: Geomorfología y tectónica de placas*, 124. <https://cutt.ly/DwImx48>
- Rosenblueth, E. (1998). *Evaluación de la sismicidad en México*. Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica, 15. doi: 10.18867/RIS.32.321
- Rosenblueth, E., García Acosta, V., Rojas Rabiela, T., Orozco Castellanos, J., y Núñez de la Peña, F. J. (1992). *Macrosismos: aspectos físicos, sociales, económicos y políticos*. Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social, Ciudad de México, 1–27.
- Rosenblueth, E., Sánchez Sesma, J., Ordaz, M., y Singh, S. K. (1987). *Espectros de diseño en el reglamento para las construcciones del Distrito Federal*. VII Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica, Querétaro, México, 1–17.
- Sánchez, A., Rivera, D., y Meli, R. (1998). *Aspectos básicos del comportamiento estructural de monumentos coloniales*. Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica, 10.
- Secretaría de Gobernación. (1986). *Decreto por el que se aprueban las bases para el establecimiento del Sistema Nacional de Protección Civil y el Programa de Protección Civil que las mismas contienen*. *Diario Oficial de la Federación*, 74.
- Secretaría de Hacienda y Crédito Público. (2017). *El Gobierno Federal renueva la cobertura de bono catastrófico*. Portal electrónico de la SHCP. <https://www.gob.mx/shcp/prensa/el-gobierno-federal-renueva-la-cobertura-bono-catastrofico-emitido-por-el-banco-mundial>
- Secretaría de Hacienda y Crédito Público. (2020). *Gobierno de México y Banco Mundial emiten bonos catastróficos*. Gobierno de México, 018, 1–3. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/540194/Comunicado_018.pdf
- Secretaría de Relaciones Exteriores. (2017). *Apoyos internacionales*. Fuerza México. https://www.transparenciapresupuestaria.gob.mx/es/PTP/fuerzamexico_datosabiertos
- Servicio Geológico Mexicano. (2017a). *Sismos: causas, características e impactos*. Gobierno de México. <https://www.gob.mx/sgm/es/articulos/sismos-causas-caracteristicas-e-impactos?idiom=es>
- Servicio Geológico Mexicano. (2017b). *Tectónica de placas*. Gobierno de México. <https://www.sgm.gob.mx/Web/MuseoVirtual/Riesgos-geologicos/Tectonica-de-placas.html>
- Servicio Sismológico Nacional. (2017). *Sismos grandes*. Portal electrónico del Servicio Sismológico Nacional. <http://www2.ssn.unam.mx:8080/sismos-fuertes/>
- Servicio Sismológico Nacional. (2022a). *Historia*. Portal electrónico del Servicio Sismológico Nacional. <http://www.ssn.unam.mx/acerca-de/historia/>
- Servicio Sismológico Nacional. (2022b). *Red de estaciones sismológicas*. Portal electrónico del Servicio Sismológico Nacional. <http://www.ssn.unam.mx/acerca-de/estaciones/>
- Servicio Sismológico Nacional, UNAM, & I. d. G. (2022). *Catálogo de sismos*. Portal electrónico del Servicio Sismológico Nacional. <http://www2.ssn.unam.mx:8080/catalogo/>
- Singh, S. K., Astiz, L., y Havskov, J. (1980). *Zonas de quietud sísmica y periodos de recurrencia de grandes temblores a lo largo de la zona de subducción mexicana: una revisión*. Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural, 20.
- Sobse. (2018). *Finaliza Sobse demolición del edificio de Álvaro Obregón 284*. Gobierno de México. <https://obras.cdmx.gob.mx/comunicacion/nota/finaliza-sobse-demolicion-del-edificio-de-alvaro-obregon-284>

- Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica. (2020). *Historia de la Sismología*. Portal electrónico de la SMIS. <https://smis.org.mx/informacion/historia-de-la-sismologia/>
- Súper Seguros México. (2020). *¡Conoce el Seguro de Temblor Súper!* Portal electrónico de Súper Seguros. <https://www.super.mx/temblor/>
- Súper Seguros México. (2021). *Seguro paramétrico, un aliado ante los desastres naturales*. Portal electrónico Súper Seguros. <https://www.super.mx/seguro-parametrico-un-aliado-ante-los-desastres-naturales/>
- Unidad de Instrumentación Sísmica, y Coordinación de Ingeniería Sismológica. (2017). *Reporte preliminar. Parámetros del movimiento del suelo: sismo de Tehuantepec (Mw 8.2) 7 de septiembre de 2017*. Instituto de Ingeniería, UNAM, 12.
- Velásquez, L. (2017). *7 de septiembre, el día del desastre de Oaxaca*. NVI Noticias. <https://www.nvinoticias.com/prevencion/oaxaca/7-de-septiembre-el-dia-del-desastre-de-oaxaca/18840>