

SEGUNDO INFORME TÉCNICO PRELIMINAR DEL SERVICIO DE ASESORAMIENTO PARA APOYAR LA RECUPERACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA ESCOLAR EN MÉXICO AFECTADA POR LOS SISMOS DE SEPTIEMBRE DE 2017

Coordinador del proyecto:
Sergio M. Alcocer ¹

Co-coordinador:
David Murià Vila ¹

Roberto Durán ¹
Luciano Fernández ³
José Carlos Arce ²

Elaborado para el
Instituto Nacional de la Infraestructura Física Educativa

N° de convenio:
IISGCONV-143-2017

Proyecto 8504

Julio 2018

COLABORADORES

Arely N. Acevedo ¹
Carlos Báez ⁴
Rubén Bautista ¹
Daniel A. Bonilla ¹
Víctor D. Cruz ¹
Fernando Cueto ¹
Juan J. Durán ¹
Eloísa García ²
Valeria García ¹
Daniel A. Guardia ²
Juan M. Hernández ¹
Jorge A. López ²
Leonardo Martínez ⁴
Luis C. Pedrero ¹
Diana C. Ramírez ¹
Manuel I. Salmerón ¹
Gianella A. Valencia ¹
Vanesa Valencia ¹
César Viramontes ¹

CONTENIDO

CONTENIDO	iii
CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN	1
1.1 ANTECEDENTES.....	1
1.2 OBJETIVOS Y ALCANCE del proyecto Inifed-BM-UNAM.....	1
1.2.1 Programa Global para Escuelas más Seguras, GPSS.....	1
1.2.2 Objetivo del Proyecto INIFED-BM-UNAM	2
1.3 ORGANIZACIÓN DEL DOCUMENTO.....	4
CAPÍTULO 2 LOS SISMOS DEL 7 Y 19 DE SEPTIEMBRE DE 2017	5
2.1 INTRODUCCIÓN.....	5
2.2 ASPECTOS SISMOLÓGICOS - EVENTO PRINCIPAL Y RÉPLICAS.....	5
2.2.1 El Sismo de Tehuantepec del 7 de septiembre de 2017	6
2.2.2 El Sismo de Puebla-Morelos del 19 de septiembre de 2017	9
2.3 DAÑOS OBSERVADOS.....	13
2.3.1 Daños causados por el Sismo de Tehuantepec	13
2.3.2 Daños causados por el Sismo de Puebla-Morelos.....	14
2.4 IMPACTO DE LOS SISMOS	14
2.5 PRIMERAS LECCIONES DERIVADAS DE LOS SISMOS.....	15
CAPÍTULO 3 BASE DE DATOS DE LA INFRAESTRUCTURA ESCOLAR.....	18
3.1 INTRODUCCIÓN.....	18
3.2 CÉDULAS DE EVALUACIÓN	18
3.3 BASE DE DATOS	21
3.3.1 Descripción de la base de datos.....	21
3.3.2 Categorías y campos específicos dentro de cada categoría	21
3.3.2.1 Datos generales.....	21
3.3.2.2 Características estructurales	22
3.3.2.3 Características no estructurales.....	23
3.3.2.4 Daños por mantenimiento.....	24

3.3.2.5	Daños estructurales informados.....	24
3.3.2.6	Daños no estructurales reportados	24
3.3.2.7	Fallas en los sistemas	25
3.3.2.8	Acciones de rehabilitación	25
3.3.3	Calidad de la información	25
3.4	SISTEMA ELECTRÓNICO DE LEVANTAMIENTO DE DAÑOS	26
3.4.1	Antecedentes de la “cédula”	26
3.4.2	Descripción del sistema	27
3.4.2.1	Datos generales del plantel	27
3.4.2.2	Datos estructurales de cada edificio.....	28
3.4.2.3	Ejemplo de aplicación	29
3.5	RESUMEN DE LA METODOLOGÍA DE CLASIFICACIÓN DE ESCUELAS GLoSI.....	31
3.5.1	Metodología.....	31
3.6	RECOMENDACIONES SOBRE LEVANTAMIENTO DE DAÑOS	32
3.6.1	Normas Mexicanas Vigentes	32
3.6.2	Recomendaciones preliminares sobre levantamiento de daños	34
CAPÍTULO 4 ANÁLISIS DE LA BASE DE DATOS.....		35
4.1	INTRODUCCIÓN.....	35
4.2	PROTOTIPO ESTRUCTURA REGIONAL.....	35
4.2.1	Descripción del prototipo	35
4.2.1.1	Diferencias detectadas entre las estructuras construidas y los prototipos.....	36
4.2.2	Universo y distribución geográfica	37
4.2.3	Universo y distribución de estructuras dañadas.....	40
4.2.4	Tipos de falla	44
4.2.4.1	Muros de mampostería confinada.....	44
4.3	ESTRUCTURAS URBANAS DE CONCRETO	46
4.3.1	Descripción del prototipo.....	46
4.3.1.1	Diferencias detectadas entre las estructuras construidas y los prototipos.....	48
4.3.2	Universo y distribución geográfica	50
4.3.3	Universo y distribución de estructuras dañadas.....	53
4.3.4	Tipos de falla	58
4.4	ESTRUCTURAS DE ACERO	60
4.4.1	Descripción del prototipo.....	60
4.4.1.1	Diferencias detectadas entre las estructuras construidas y los prototipos.....	66
4.4.2	Universo y distribución geográfica	67
4.4.3	Tipos de falla	75

4.5	ESTRUCTURAS ATÍPICAS	77
4.6	DAÑO EN BARDAS	78
4.7	CONCLUSIONES	80
	CAPÍTULO 5 EDIFICIOS INSPECCIONADOS	82
5.1	VISITAS DE CAMPO	82
5.1.1	Ciudad de México, CDMX	83
5.1.1.1	Escuela primaria "Diego Rivera Barrientos"	83
5.1.1.2	Escuela secundaria No. 72 "DIEGO RIVERA"	84
5.1.1.3	Jardín de Niños "Anton S. Makarenko"	84
5.1.2	Ciudad de Juchichán de Zaragoza, Oaxaca	86
5.1.2.1	Escuela primaria "Centro Escolar Juchitán"	86
5.1.2.2	Escuela primaria "José Vasconcelos"	87
5.1.2.3	Secundaria "General José Gregorio Meléndez"	89
5.1.2.4	Escuela Telesecundaria	90
5.1.2.5	Escuela secundaria "General Heliodoro Charis Castro"	91
5.1.2.6	Escuela primaria "Evaristo C. Gurrión" o "Enrique Liekens"	95
5.1.2.7	Jardín de Niños "Gabriel López Chiñas"	96
5.1.2.8	Escuela primaria bilingüe "Saúl Martínez"	98
5.1.3	Ciudad El Espinal, Oaxaca	100
5.1.3.1	Primaria "General Luís B Toledo"	100
5.1.3.2	Escuela secundaria Técnica n° 18	102
5.1.3.3	COBAO n°02	106
5.1.4	Ciudad de Asunción Ixtaltepec, Oaxaca	109
5.1.4.1	Secundaria Técnica n° 19	109
5.1.4.2	Primaria "Margarita Maza de Juárez"	112
5.1.4.3	Jardín de niños "Dominga Guzmán Rasgado"	113
5.1.5	Ciudad de San Pedro Comitancillo, Oaxaca	113
5.1.5.1	Secundaria Técnica n° 17	113
5.1.6	Ciudad de Ixtepec, Oaxaca	115
5.1.6.1	Escuela primaria Revolución	115
5.1.6.2	Escuela primaria Cámara Junior	117
5.2	EDIFICIOS MEDIDOS DINÁMICAMENTE	119
5.2.1	Edificios seleccionados y metodología experimental	119
5.2.2	Instrumentación, programa de pruebas y resultados	120
5.2.2.1	Escuela primaria "Centro Escolar Juchitán"	120
5.2.2.2	Escuela primaria "José Vasconcelos"	128
5.2.2.3	Escuela primaria "Evaristo C. Gurrión" o "Enrique Liekens"	130
5.2.2.4	Escuela Telesecundaria	133

CAPÍTULO 6 COMPORTAMIENTO NUMÉRICO DE EDIFICIOS ESCOLARES.....	136
6.1 INTRODUCCIÓN.....	136
6.2 SELECCIÓN DE PROTOTIPOS.....	136
6.2.1 Taxonomía GLoSI.....	136
6.3 DEFINICIÓN DE EDIFICIOS ÍNDICE.....	139
6.4 ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE PROTOTIPOS SELECCIONADOS (EDIFICIOS ÍNDICE)	143
6.4.1 Descripción.....	143
6.5 CONSIDERACIONES DEL ANÁLISIS	145
6.5.1 Sistema usado.....	145
6.5.2 Cargas	145
6.5.3 Propiedades agrietadas, según NTC correspondiente.....	148
6.5.4 Espectro sísmico	148
6.5.4.1 Selección de Espectro Sísmico de Diseño	148
6.5.4.2 Ejemplos de espectros en Zonas B, C y D, tipos I, II y III	149
6.5.4.3 Manual de Obras Civiles Diseño por Sismo, CFE 1993.	152
6.6 RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS ESTRUCTURALES	152
6.6.1 Resistencia nominal.....	156
6.6.1.2 Con $F_R=1$ y propiedades nominales (de planos).....	156
6.6.2 Periodos y modos de vibrar.....	157
6.6.3 Distribución de fuerzas.....	157
6.6.3.1 Escuela Urbana UC-1	158
6.6.3.2 Escuela Urbana U2-C	160
6.6.3.3 Escuela Urbana U3-C	165
6.6.3.4 Escuelas Regionales	171
6.7 ANÁLISIS NO LINEAL ESTÁTICO (PUSHOVER).....	174
CAPÍTULO 7 REHABILITACIÓN DE ESCUELAS	182
7.1 INTRODUCCIÓN.....	182
7.2 CATÁLOGO GENERAL DE DETALLES PARA REHABILITACIÓN DE ESTRUCTURAS CON DAÑOS LIGEROS	182
7.2.1 Reparación de elementos de concreto.....	182
7.2.1.1 Reparación de elementos de concreto con desprendimiento de recubrimiento o desconchamiento.....	182
7.2.2 Daños ligeros en muros de mampostería.....	184
7.2.2.1 Reparación de agrietamientos en muros de tabique aparente.....	184
7.2.2.2 Reparación de agrietamientos en muros de tabique con aplanado.....	185
7.2.2.3 Reparación de muros con problemas de salitre	186

7.2.2.4	Rehabilitación de muros de tabique con aplanado estructural (encamisado malla-mortero)	187
7.2.2.5	Detalle de rehabilitación o reconstrucción de muro bajo	187
7.2.3	Daños ligeros en columnas de concreto	188
7.2.3.1	Reposición de concreto desprendido en columnas con daño estructural	188
7.2.3.2	Rehabilitación de columnas con concreto desprendido con o sin acero expuesto	189
7.2.4	Daños ligeros en bardas	191
7.2.4.1	Reforzamiento con contrafuerte en barda perimetral	191
7.2.5	Azotea	193
7.2.5.1	Impermeabilización en azotea	193
7.2.5.2	Reparaciones de losacero en azoteas intermedias de entepiso y/o azotea	193
7.2.6	Losas	194
7.2.6.1	Losas en volado con problemas de flecha y/o agrietamiento excesivo	194
7.2.6.2	Auscultación y restitución de aplanado en plafones de losa	194
7.2.7	Largueros	195
7.2.7.1	Colocación de largueros adicionales	195
CAPÍTULO 8 ACTIVIDADES FUTURAS		196
8.1	INTRODUCCIÓN	196
8.2	BASE DE DATOS	196
8.3	MODELACIÓN NUMÉRICA DE “EDIFICIOS ÍNDICE”	196
8.4	ANÁLISIS DE RIESGO POR SISMO DE LA INFRAESTRUCTURA EDUCATIVA	196
8.5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	196
REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA		198
AGRADECIMIENTOS		199

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES

Durante septiembre de 2017, México fue sacudido por dos fuertes sismos. El primero, el Sismo de Tehuantepec, ocurrido el 7 de septiembre con magnitud M8.2 y localizado aproximadamente a 87 km al sur de Pijijiapan, Chiapas, es el sismo más fuerte jamás registrado en el país. El temblor dejó afectaciones en estados del sur, como Chiapas y Oaxaca, así como en los estados de Veracruz y Puebla, principalmente.

El segundo sismo, el de Puebla-Morelos, del 19 de septiembre, tuvo una magnitud M_w 7.1 con un epicentro a 60 km al sur de Puebla y 114 km al SSE de la Ciudad de México. Sus daños se concentraron en los estados de Puebla, Morelos, México y la Ciudad de México.

Dada la extensa área geográfica en que se sintieron ambos fenómenos, se dañó un gran número de edificaciones de uso habitacional y comercial, iglesias, hospitales y escuelas. En ambos sismos, 19,144 edificios escolares fueron afectados.¹ Con base en estimaciones iniciales, la reconstrucción de la infraestructura escolar tendrá un costo de 20 mil millones de pesos (20 billardos de pesos o 1 billón de dólares).² La Secretaría de Educación Pública (SEP), mediante el Instituto Nacional de la Infraestructura Física Educativa (INIFED) dirige los esfuerzos de recuperación y reconstrucción en el sector educativo.

Es importante mencionar que, en general, el comportamiento de los edificios escolares fue adecuado para proteger la vida de los ocupantes. Sin embargo, puesto que la infraestructura escolar debe ser diseñada para que, ante una emergencia, como lo es la ocurrencia de un sismo, la edificación pueda ocuparse de inmediato. Ello porque las escuelas deben poseer un nivel de seguridad superior a los edificios normales debido al tipo de ocupante y por el hecho de que son usados como albergues.

1.2 OBJETIVOS Y ALCANCE DEL PROYECTO INIFED-BM-UNAM

El Banco Mundial (BM), el Gobierno de México, por medio de la Secretaría de Educación Pública y el INIFED, y el Instituto de Ingeniería de la UNAM acordaron ejecutar una asistencia técnica “justo a tiempo” para apoyar la recuperación de infraestructura escolar afectada por los sismos ocurridos en México en 2017. El objetivo es contribuir y documentar el proceso de reconstrucción escolar a través de conocimiento basado en la experiencia, y promover un programa escolar más amplio y seguro en todo el país. Esta actividad se ha implantado como parte de las actividades de colaboración cruzada entre la Gestión de Riesgo de Desastres (*Disaster Risk Management*, DRM) y las Unidades Educativas de la Región de América Latina y el Caribe, con el apoyo del Programa Global para Escuelas más Seguras (*Global Program for Safer Schools*, GPSS). Esta colaboración está encaminada a identificar oportunidades para apoyar los esfuerzos del gobierno para tener infraestructura escolar más segura y mejorar los entornos de aprendizaje.

1.2.1 PROGRAMA GLOBAL PARA ESCUELAS MÁS SEGURAS, GPSS

El GPSS fue establecido en el marco del Fondo Mundial para la Reducción del Riesgo de Desastres (GFDRR) con un enfoque de integración de consideraciones de riesgo en las inversiones de infraestructura educativa. El objetivo de este programa es impulsar y facilitar inversiones informadas a escala para incrementar la seguridad y resiliencia de infraestructura educativa, nueva y existente, en riesgo ante peligros naturales, así como contribuir a la calidad de los entornos de aprendizaje.

¹ <http://www.red-crucero.com/news/2017/10/inicia-inifed-resconstruccion-de-casi-16-mil-planteles-danados-hector-gutierrez/>

² <https://www.gob.mx/presidencia/en/prensa/reconstruction-of-educational-infrastructure-damaged-by-september-quake-to-cost-20-billion-pesos-enrique-pena-nieto>

En su segunda fase actual, GPSS se ha implantado sobre los siguientes pilares:

1. Desarrollar evidencia global basada en el conocimiento sobre la seguridad y la resiliencia de la infraestructura escolar;
2. Integrar consideraciones de reducción de riesgos en las operaciones de infraestructura educativa;
3. Proporcionar asesoramiento técnico para las actividades en países seleccionados y facilitar el diseño de inversiones basadas en riesgo;
4. Hacer disponibles soluciones y productos de conocimiento.

Como parte de estos esfuerzos, GPSS está desarrollando la Biblioteca Global de Infraestructura Escolar, (*Global Library of School Infrastructure*, GLoSI) que es un repositorio vivo de evidencia basada en conocimiento acerca del desempeño estructural de tipologías y opciones constructivas de edificios escolares para reducir su vulnerabilidad sísmica. GLoSI tiene las siguientes metas principales:

- Facilitar e informar sobre la producción de evidencia basada en conocimiento con relación a la seguridad y resiliencia de la infraestructura escolar alrededor del mundo. Como resultado, facilitará el intercambio de información entre diferentes países y generará mayor eficiencia en la implantación de proyectos escolares más seguros en todo el mundo, tanto en contextos previos como posteriores a desastres;
- Informar la implantación de soluciones técnicas para mejorar la seguridad de la infraestructura escolar a escala, basada en experiencias pasadas e innovación, y abrir oportunidades para adaptarlas a contextos locales; y
- Desarrollar mayor eficiencia en la aplicación de inversiones para la reducción de la vulnerabilidad de la infraestructura escolar mediante el establecimiento de metodologías consistentes de priorización y optimización.

1.2.2 OBJETIVO DEL PROYECTO INIFED-BM-UNAM

El objetivo del proyecto establecido entre INIFED, BM y la UNAM aquí referido es generar conocimiento basado en la evidencia, así como análisis del desempeño estructural y no estructural de los edificios escolares más afectados en México por los terremotos del 7 y 19 de septiembre de 2017, con el fin de informar y documentar el proceso de recuperación.

En particular, el proyecto está diseñado para:

- Diseñar una estrategia de recuperación para infraestructura escolar.
- Establecer una estrategia de reducción de vulnerabilidad sísmica para infraestructura escolar nueva y existente que será intervenida.
- Desarrollar una plataforma de información para evaluar el desempeño de edificios en futuros eventos sísmicos.

Las actividades del proyecto son las siguientes:

- Actividad 1: Evaluar el daño y fallas estructurales en edificios escolares con base en la evidencia recolectada en campo sobre el desempeño sísmico de un grupo representativo de edificios escolares. En términos de ubicación, se hará énfasis en las escuelas de los estados de Chiapas, México, Morelos, Oaxaca, Puebla y la Ciudad de México. El daño será correlacionado con las intensidades medidas o estimadas (horizontales y verticales), considerando daño previo debido a corrosión, por ejemplo. Esta actividad adicionalmente incluirá lo siguiente: (1) comparación de planos estructurales del prototipo con dimensiones y características existentes en sitio; (2) medición en campo de las propiedades dinámicas de edificios representativos dañados por los sismos; (3) evaluación del daño en bardas; y (4) consideración de pérdidas culturales en escuelas ubicadas en edificios históricos.

- Actividad 2: Evaluar el desempeño sísmico de edificios educativos rehabilitados antes de los recientes sismos. Este análisis recolectará evidencia respecto a la efectividad de las técnicas de rehabilitación utilizadas, así como los requisitos de mantenimiento. Esto incluye: (1) comparación de los planos estructurales o estructura rehabilitada con las dimensiones y características existentes en sitio; y (2) medición en campo de las propiedades dinámicas de edificios escolares representativos que fueron rehabilitados.
- Actividad 3: Modelar y realizar el análisis estructural de las tipologías más comunes de estructuras rehabilitadas y no rehabilitadas para evaluar el nivel de desempeño sísmico. Esto incluye: (1) clasificación estructural de edificios escolares de acuerdo con la taxonomía propuesta en GLoSI y así alinear esfuerzos a nivel global sobre el uso de una taxonomía estándar que facilite el intercambio de conocimientos; (2) identificación y descripción de las principales tipologías estructurales; (3) proponer un conjunto de criterios consistentes para determinar edificios índice representativos para cada una de las tipologías identificadas; y (4) modelar y analizar la estructura de los edificios índice seleccionados para evaluar niveles de desempeño sísmico, haciendo énfasis en alcanzar el objetivo de desempeño de Ocupación Inmediata.
- Actividad 4: Desarrollar curvas de vulnerabilidad / fragilidad para cada tipología en función de los resultados previos de análisis estructurales utilizando métodos bien establecidos. Comparar estos resultados con información sobre la fragilidad / vulnerabilidad de tipologías similares disponibles en la literatura técnica relevante.
- Actividad 5: Modelar y realizar el análisis estructural de soluciones de rehabilitación para mejorar el desempeño sísmico de las tipologías más comunes de estructuras rehabilitadas y no rehabilitadas para diferentes niveles de desempeño sísmico. El análisis considerará la necesidad que tienen las escuelas para ser usadas como refugios y lograr alcanzar niveles excepcionalmente altos de desempeño. Esta actividad incluye: (1) identificación de deficiencias y necesidades de rehabilitación para cada tipología, y (2) identificación y análisis de opciones alternas de rehabilitación basadas en los requerimientos de desempeño estructural y análisis de costo/eficiencia.
- Actividad 6: Proponer recomendaciones para informar el proceso de recuperación con respecto a:
 - Causas de daño y falla en edificios escolares sin y con, rehabilitación.
 - Esquemas de intervención y criterios prioritarios para la rehabilitación de edificios escolares.
 - Técnicas de rehabilitación según los niveles de desempeño esperados.
 - Recomendaciones para el diseño estructural de nuevos edificios escolares.
 - Actualizaciones al marco regulatorio (si es necesario).
 - Mejoras a las tecnologías de la construcción.
 - Fortalecimiento del proceso de control de calidad en la construcción de edificios escolares.
 - Mejoras funcionales en las instalaciones escolares de acuerdo con las regulaciones y programas existentes.
 - Sistema de información con los edificios escolares rehabilitados para monitorear y evaluar su desempeño en futuros eventos sísmicos.
- Actividad 7: Llevar a cabo talleres a nivel nacional y regional (estatal), para difundir resultados, haciendo hincapié en la importancia de informar el proceso de recuperación basado en lecciones aprendidas en este reciente terremoto y promoviendo un diálogo informado basado en la evidencia con la sociedad civil.

1.3 ORGANIZACIÓN DEL DOCUMENTO

Este informe preliminar presenta los avances del proyecto hasta el mes de junio de 2018 y actualiza al documento similar (informe técnico preliminar) entregado a INIFED el 12 de abril de 2018. Incluye los trabajos de gabinete y las observaciones realizadas durante las visitas de campo a escuelas dañadas por los sismos.

En el capítulo 2 se presentan los aspectos sismológicos de los temblores del 7 y 19 de septiembre de 2017. Se incluye información sobre el evento principal, sus réplicas y el mecanismo focal asociado. Se resumen los daños observados en los edificios e infraestructura. También se presentan las primeras lecciones derivadas de los dos sismos.

El capítulo 3 se refiere a la construcción de una base de datos con los daños de la infraestructura escolar. Se describen las cédulas de evaluación del INIFED y se comentan los hallazgos en su llenado por parte de los organismos estatales encargados de la infraestructura escolar. Se explica el sistema electrónico (*App*) de levantamiento de daños, diseñado como parte de este proyecto. Se resume la metodología de clasificación de escuelas del Banco Mundial (GLOSI). Finalmente, se presentan las primeras recomendaciones sobre el levantamiento de daños.

El análisis de la información contenida en la base de datos se incluye en el capítulo 4. Se explican las características distintivas de los prototipos INIFED, así como de los edificios escolares atípicos (por sus materiales o porque no son prototipo INIFED). Se presenta la información según el material constructivo, sistema estructural, año de construcción, nivel de daño y de desempeño, así como del tipo de falla. También se incluye el análisis del daño en bardas de planteles escolares, incluyendo la frecuencia y tipo de daño. Se presenta las primeras conclusiones y recomendaciones.

En el capítulo 5 se presentan los casos particulares de edificios escolares visitados en la Ciudad de México y en Oaxaca. Se describen los resultados preliminares de la medición de las propiedades dinámicas de edificios escolares en Oaxaca.

El capítulo 6 se refiere al comportamiento numérico de los edificios escolares. A partir de la taxonomía de GLOSI, se proponen los edificios índice por estudiar con detalle. Se describen las características de los prototipos analizados, así como las consideraciones hechas para su análisis estructural (cargas, propiedades de materiales, rigideces por agrietamiento, espectro de diseño, etc.). Se discuten los primeros resultados de los análisis en términos de los periodos y modos de vibrar, distribución de fuerzas, comportamiento esperado y modo de falla.

El capítulo 7 incluye una descripción del Catálogo General de Detalles para Rehabilitación de Estructuras con Daños Ligeros de INIFED, así como recomendaciones para la correcta construcción y adecuada supervisión de las técnicas de reparación de daños incluidas en el Catálogo.

En el capítulo 8 se hace un comentario final de este informe preliminar. Se advierte que las conclusiones y recomendaciones finales al INIFED y al Banco Mundial se incluirán en el informe final del proyecto.

Cabe aclarar que el informe no puede considerarse exhaustivo en cuanto a la recopilación de estructuras dañadas. Por una parte, la base de datos incluye aquellas edificaciones visitadas y evaluadas por los organismos estatales de infraestructura física educativa y cuyas cédulas fueron entregadas por INIFED. Se desconoce si existen escuelas con daño que no fueron visitadas o de las que no se cuentan con cédula de levantamiento de daños. Aun con esas limitaciones, se considera que el informe presenta un panorama representativo de los efectos del sismo y permite extraer las principales lecciones para fines de la seguridad física de los usuarios y de la infraestructura escolar, así como de protección civil.

CAPÍTULO 2

LOS SISMOS DEL 7 Y 19 DE SEPTIEMBRE DE 2017

2.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo se presentan algunos aspectos sismológicos de los temblores de Tehuantepec y de Puebla-Morelos del 7 y 19 de septiembre de 2017, respectivamente. Se hace una breve revisión histórica de la sismicidad de las zonas generadoras de sismos, así como de las características del evento principal y de sus réplicas. Se describen, de manera general, los tipos de daños causados por los sismos, así como del impacto en términos de fallecimientos y costo estimado de los desastres. Finalmente, se discuten primeras lecciones derivadas de los sismos.

2.2 ASPECTOS SISMOLÓGICOS - EVENTO PRINCIPAL Y RÉPLICAS

México es un país sísmico, afectado por la ocurrencia de sismos de subducción (interplaca) a lo largo de la costa del Océano Pacífico, sismos intraplaca profundos causados por la ruptura de la placa del Pacífico, y sismos corticales producidos por fallas locales. En la fig. 2.1 se muestra un mapa con los principales sismos que han ocurrido en México, hasta antes de septiembre de 2017. Para fines de diseño por sismo, el país se encuentra dividido en cuatro zonas sísmicas, siendo la zona D la de mayor peligro -ver fig. 2.2- (CFE, 2015). La zonificación sísmica se ha desarrollado a partir del estudio con bases probabilistas del peligro sísmico del país.

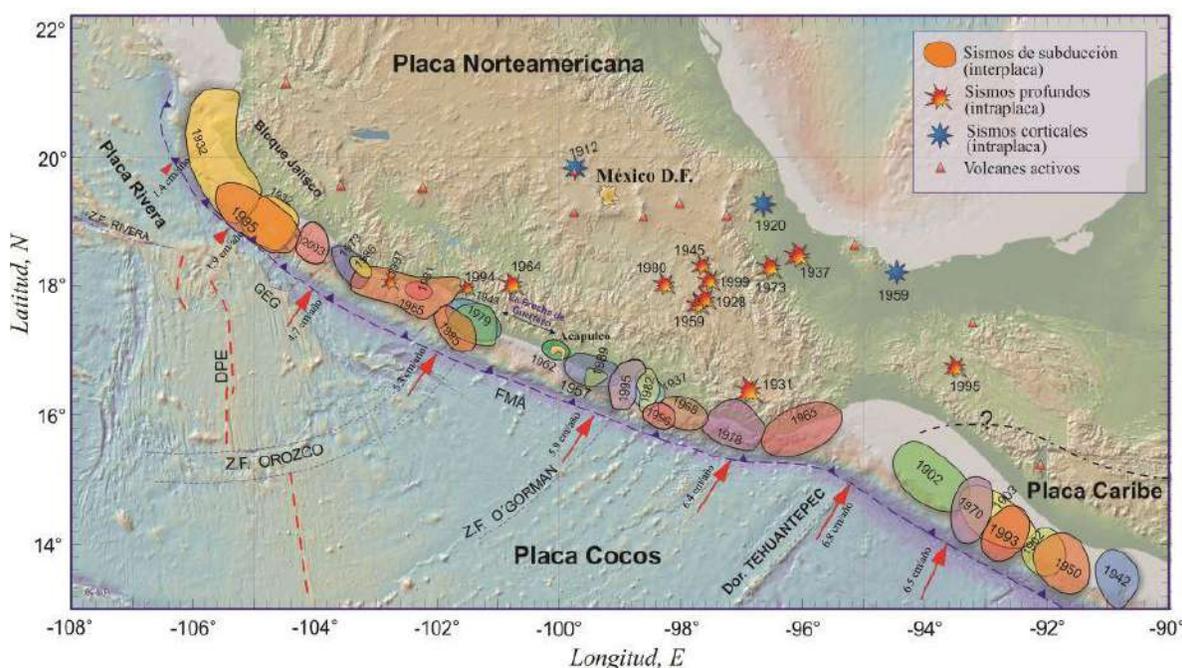


Figura 2.1 - Mapa de México con los principales sismos.

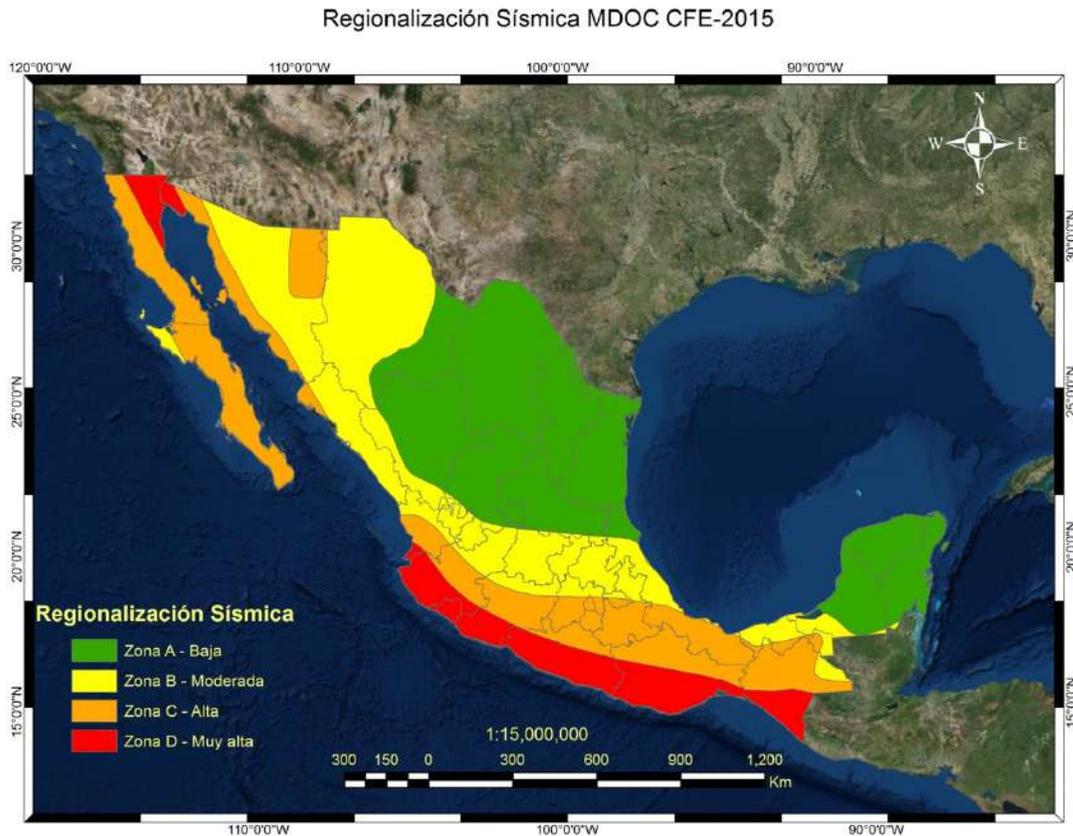


Figura 2.2 – Regionalización sísmica de México, según la Comisión Federal de Electricidad (2015).

2.2.1 EL SISMO DE TEHUANTEPEC DEL 7 DE SEPTIEMBRE DE 2017

El Servicio Sismológico Nacional (SSN) informó de la ocurrencia de dos sismos, uno de magnitud $M_{8.2}$ el pasado 7 de septiembre de 2017 y otro de magnitud $M_{w7.1}$ el 19 de septiembre de 2017.

El sismo del 7 de septiembre ocurrió a las 23:49:18 h (hora local). De acuerdo con el propio SSN, las coordenadas focales fueron latitud 14.85°N , longitud 94.11°O y una profundidad de 58 km. El sismo fue debido a una falla normal de intraplaca, registrándose un desplazamiento focal de hasta 12 m. El temblor ocurrió por la ruptura de la placa causada por esfuerzos de tensión por flexión causados por doblamiento de la placa (Pérez-Campos, 2018). La superficie de falla que produjo el sismo midió 150×70 km. El epicentro se ubicó aproximadamente a 87 km al sur-suroeste de la ciudad de Pijijiapan, Chiapas, y a 700 km de la Ciudad de México. El temblor produjo intensidades moderadas a altas en la zona epicentral, causando daños de consideración en algunas ciudades y poblados del sur de Oaxaca y Chiapas; y, en mucho menor medida, en el sur de Veracruz, Morelos y en los estados de Tlaxcala, México, Veracruz y Guerrero. En otras partes, los daños fueron muy ligeros.

A la fecha, más de 10,000 réplicas se han registrado, la mayor con una magnitud $M_{6.1}$ (Pérez-Campos, 2018). Este comportamiento no es inusual en los sismos de esta magnitud. Se ha considerado que hubo directividad del movimiento a partir de la fuente hacia el noroeste. Esto significa que la propagación del movimiento siguió este rumbo. La ocurrencia de la directividad del movimiento no se asocia, por lo general, con la ocurrencia de mayores daños (mayor intensidad) en ese mismo rumbo. Sin embargo, como se puede

ver en la fig. 2.3, las isosistas (curvas de igual intensidad) de este evento sugieren una directividad de la intensidad con rumbo NO-SE.

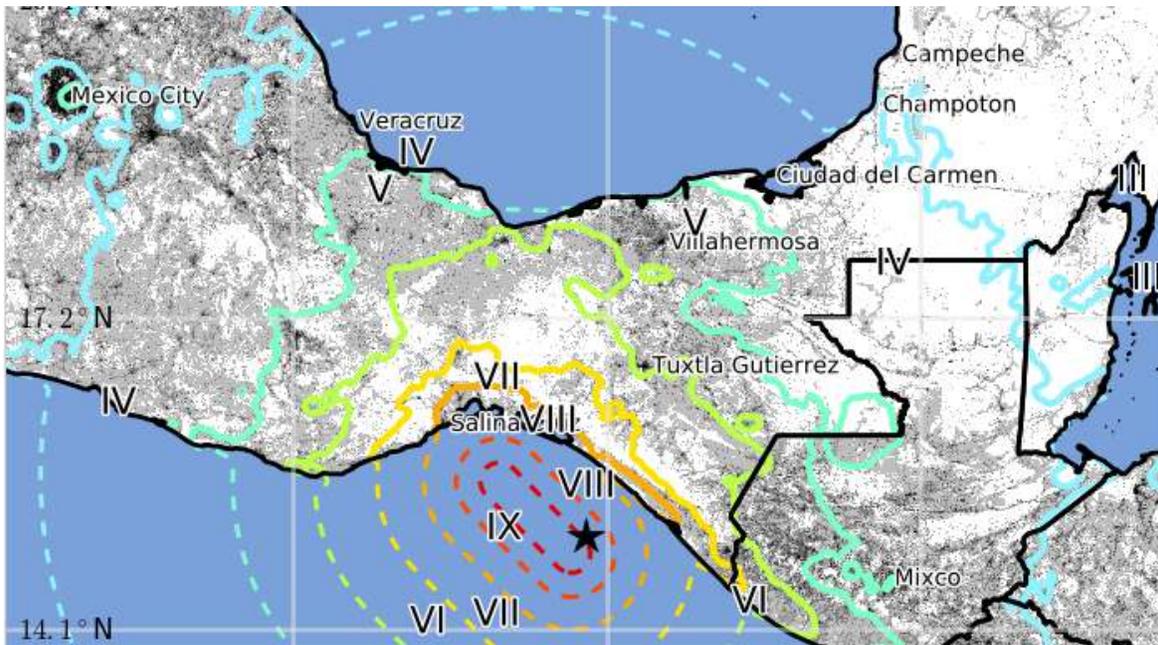


Figura 2.3 – Mapa de intensidades modificadas de Mercalli para el Sismo de Tehuantepec.

El sismo de Tehuantepec fue registrado por diversas redes de estaciones acelerográficas, administradas por diferentes instituciones, como son las de los Institutos de Ingeniería y Geofísica de la UNAM y la Red de Observación Sísmica del CENAPRED.

De acuerdo con los registros obtenidos, la máxima aceleración registrada fue superior a 0.5 g en el poblado de Niltepec, Oax., a 197 km al norte del epicentro (el registro sísmico se saturó cuando se alcanzó dicho valor de aceleración). En la Ciudad Universitaria, en la Ciudad de México, la máxima aceleración fue de 8.9 cm/s^2 . Para un periodo de 1 s, la máxima aceleración espectral fue de 29.1 cm/s^2 . La intensidad del sismo en la Ciudad de México fue moderadamente baja. En términos de daños, no se informó de daños de consideración.

En la fig. 2.4 se presentan los acelerogramas, en sus tres componentes, y el espectro de respuesta de aceleración para tres estaciones. La estación PANG está ubicada en la zona que registró la mayor intensidad del sismo (Salina Cruz); la estación OXBJ se localiza en la ciudad de Oaxaca, y la estación MIHL en Minatitlán, Veracruz en zonas con intensidades de Mercalli entre VI y VII (ver mapa de la fig. 2.4).

Del estudio de los espectros de respuesta se observa que en la estación PANG, para periodos muy cortos (del orden de 0.1 a 0.2 s), las demandas elásticas de aceleración fueron casi de 800 cm/s^2 (0.8 g). En los otros registros, las demandas de aceleración no excedieron de 200 cm/s^2 (es decir, 0.20 g).

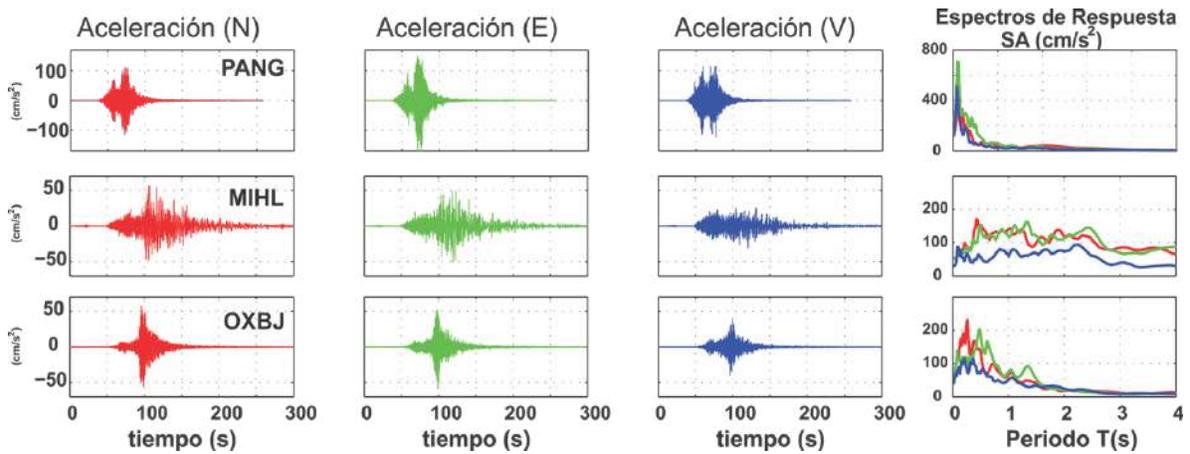
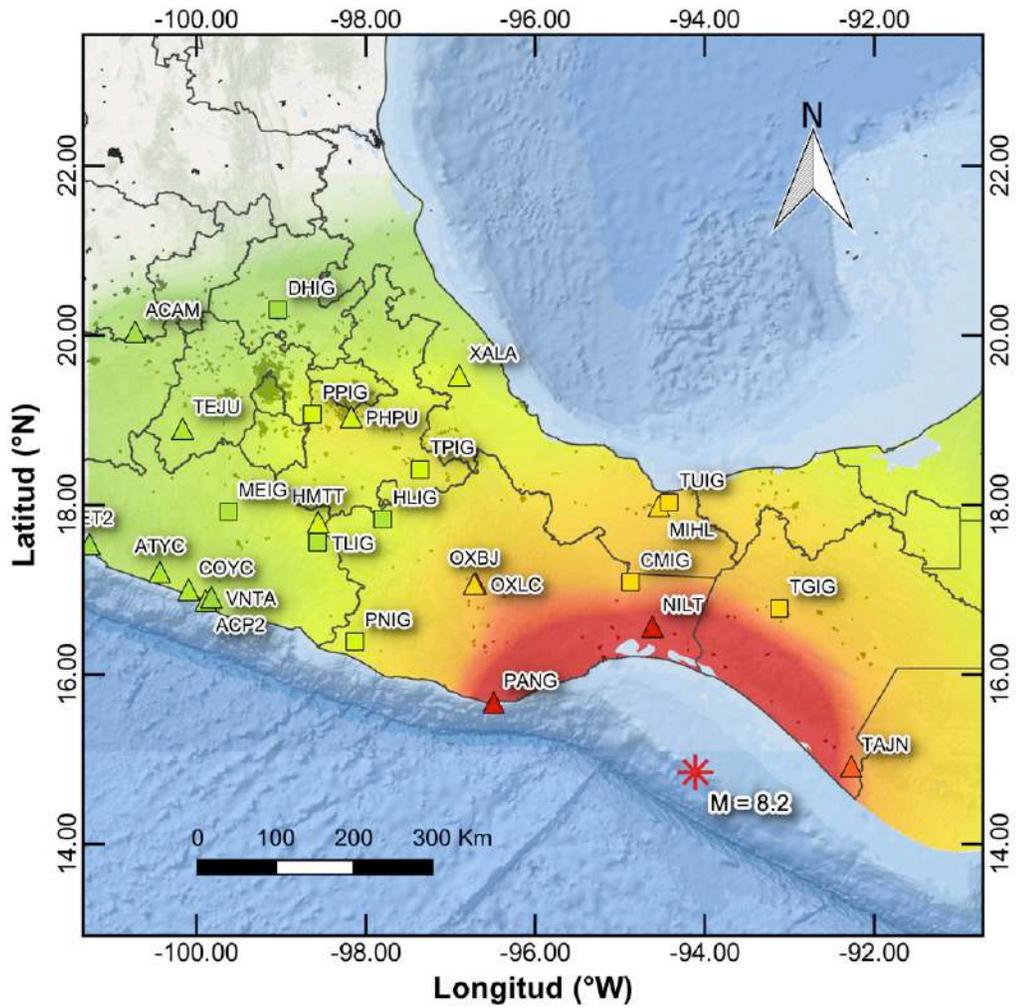


Figura 2.4 – Mapa de intensidades instrumentales y tres juegos de acelerogramas con espectros de respuesta para el Sismo de Tehuantepec.

2.2.2 EL SISMO DE PUEBLA-MORELOS DEL 19 DE SEPTIEMBRE DE 2017

Como bien se sabe, los sismos de profundidad media y de falla normal en la zona de subducción de la Placa de Cocos bajo la de Norteamérica han causado daños a diversas ciudades y poblados del altiplano mexicano. Ejemplos de lo anterior son los sismos del 15 de enero de 1931 (M 7.8), del 28 de agosto de 1973 (M_w 7.0), el del 24 de octubre de 1980 (M_w 7.0) y el del 15 de junio de 1999 (M_w 7.0) que provocaron daños en los estados de Oaxaca, Puebla y Veracruz. De acuerdo con Singh et al. (1999), desde 1864 hasta la fecha se han presentado once sismos con magnitud mayor a 6.5 en la región epicentral del sismo de Tehuacán (tabla 2.1, modificada de Singh et al., 1999). Se puede afirmar, entonces, que el período de retorno medio de temblores de magnitud mayor a 6.5 en la zona es de 20 a 30 años.

Tabla 2.1 - Historia sismológica de la región (Singh et al. 1999)

Fecha	Latitud, °N	Longitud, °O	Profundidad, km	Magnitud
Octubre 3, 1864	18.70	97.40	-	7.3
Mayo 17, 1879	18.60	98.00	-	7.0
Febrero 10, 1928	18.26	97.99	84	6.5
Enero 15, 1931	16.34	96.87	40	7.8
Julio 26, 1937	18.48	96.08	85	7.3
Octubre 11, 1945	18.32	97.65	95	6.5
Mayo 24, 1959	17.72	97.72	80	6.8
Agosto 28, 1973	18.30	96.53	84	7.0
Octubre 24, 1980	18.03	98.27	65	7.0
Junio 15, 1999	18.20	97.47	60	7.0

El pasado 19 de septiembre de 2017, a las 13:14:40 h (hora local), un temblor de magnitud M_w 7.1 se sintió en la misma área en que se registró el sismo de Tehuacán del 15 de junio de 1999. El epicentro se ubicó en 18.40°N y 98.72°O, con una profundidad de 57 km. La ciudad más próxima al epicentro fue Izúcar de Matamoros, Mor. El sismo fue registrado por la red del Servicio Sismológico Nacional del Instituto de Geofísica de la UNAM y por algunas estaciones de las redes acelerográficas que actualmente operan en el centro y sur de la República. El epicentro se localizó a 114 km de la Ciudad de México. Al igual que en sismo del 7 de septiembre, este sismo fue causado por esfuerzos de flexión en la placa (Melgar et al., 2018).

En la fig. 2.5 se muestra un mapa de intensidades instrumentales (en términos de máxima aceleración del terreno, PGA). A diferencia de los grandes sismos de subducción, en los que las mayores intensidades se extienden más allá de la zona epicentral, en el sismo de Puebla-Morelos, las mayores intensidades se concentraron alrededor del epicentro, con una rápida atenuación con la distancia. Caso aparte de este análisis se requiere para la Ciudad de México por los efectos de sitio que se presentaron en ella.

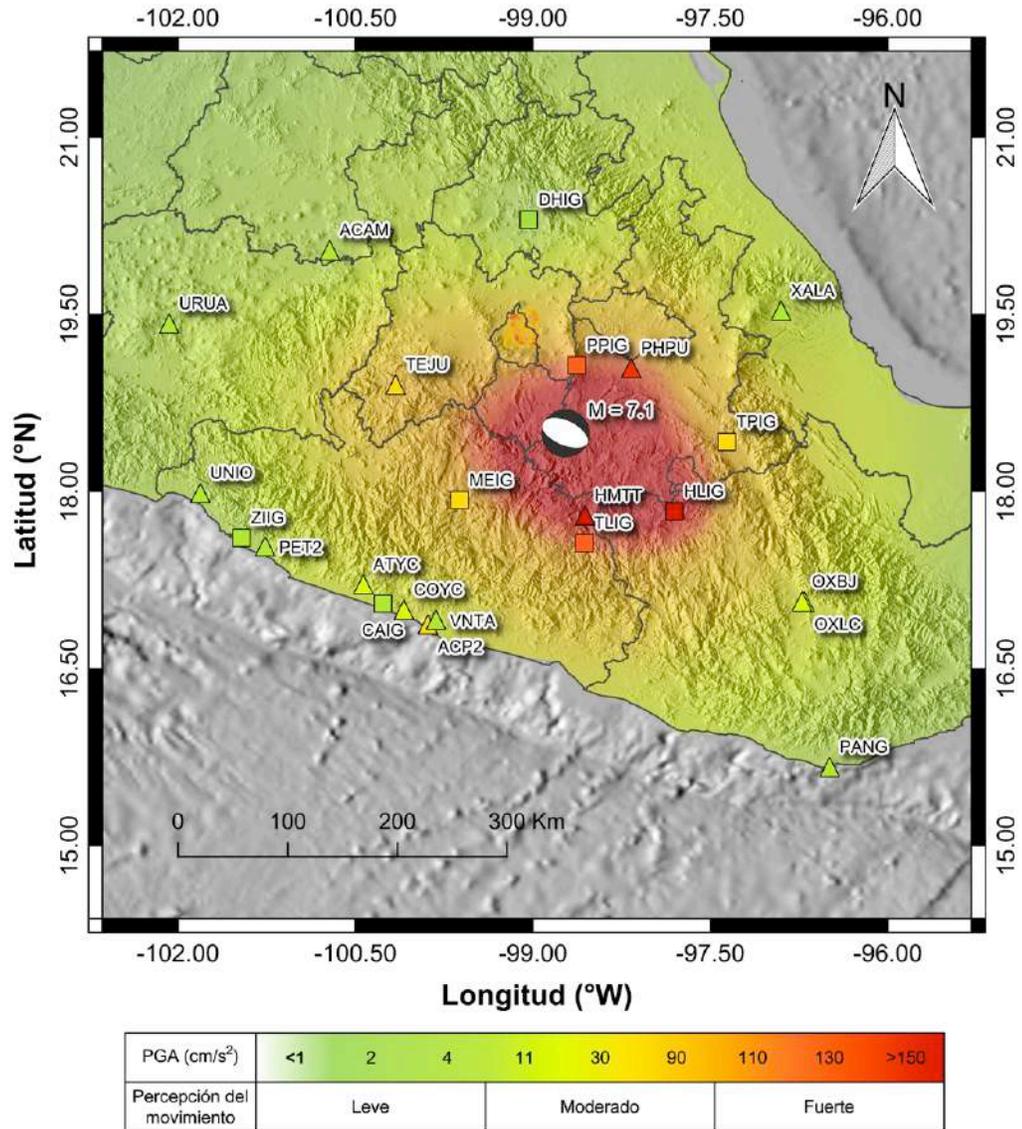


Figura 2.5 – Mapa de intensidades instrumentales para el Sismo de Puebla-Morelos.

El estudio de los sismogramas permite afirmar que las réplicas fueron muy pequeñas, tanto en magnitud como en número. En las semanas que siguieron al sismo se registraron 39 eventos con magnitudes 2.3 a 3.7. Este comportamiento no es inusual en los sismos de mediana profundidad de la zona. En efecto, se sabe que el sismo del 28 de agosto de 1973 (Mw 7.0, H=84 km) y el sismo del 19 de junio de 1999 (Mw7.0, H=50-60 km) tuvieron pocas réplicas. Sin embargo, el comportamiento anterior no siempre ha sido igual; en los nueve días siguientes al sismo del 24 de octubre de 1980 (Mw 7.0, H=65 km), se registraron cerca de 900 réplicas, 300 de las cuales pudieron ser localizadas.

En las figs. 2.6 y 2.7 se muestran ocho juegos de acelerogramas registrados en cuatro estaciones fuera de la Ciudad de México (fig. 2.6) y cuatro dentro de ella (fig. 2.7), respectivamente. En las gráficas se incluyen los espectros de respuesta de aceleración para las tres componentes del movimiento. La estación HMTT es la más cercana al epicentro. Las ordenadas espectrales de aceleración para la componente N-S alcanzaron valores de 0.8 g para periodos del orden de 0.25 s. La máxima ordenada en la otra componente

horizontal es aproximadamente igual a la mitad, lo que sugiere un fuerte efecto de directividad del movimiento hacia el sur. En la estación PHPU, a una distancia similar que HMTT del epicentro, las ordenadas espectrales fueron similares a los valores de la componente EW de HMTT. Como era de esperarse, en Acapulco (ACP2) y Oaxaca (OXBJ), las aceleraciones espectrales fueron muy pequeñas.

La elevada intensidad instrumental del movimiento en la zona epicentral coincide con la ocurrencia de una gran cantidad de edificaciones dañadas en los estados de Puebla y Morelos.

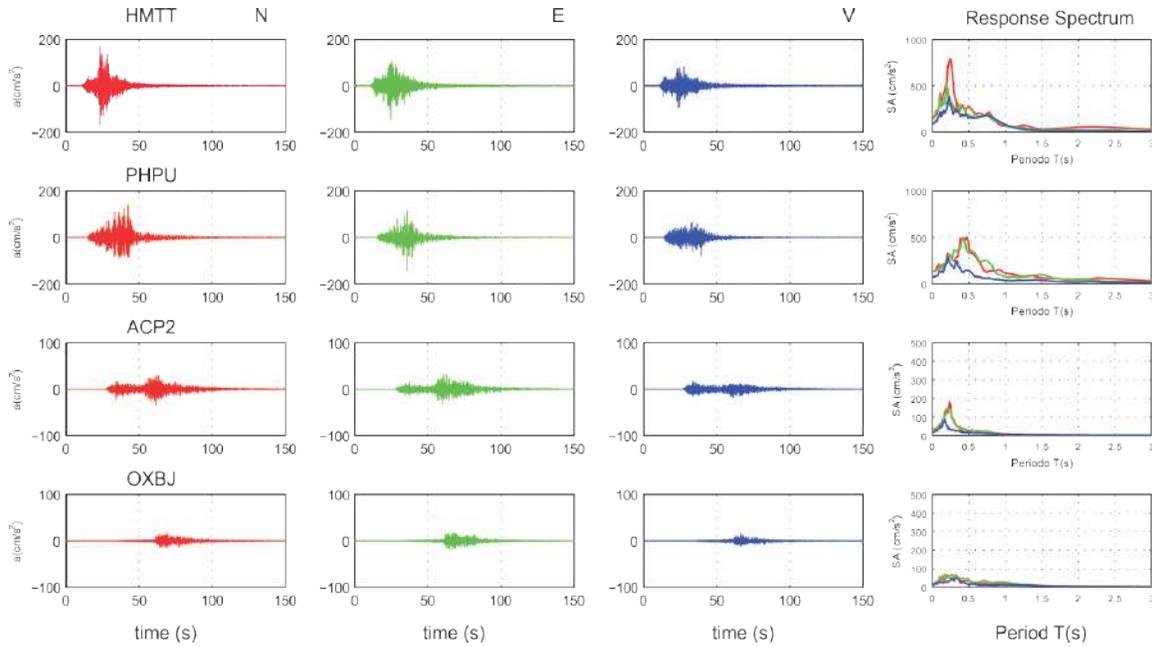


Figura 2.6 – Juego de acelerogramas para cuatro estaciones fuera de la Ciudad de México (Ramírez, 2017).

De acuerdo con los registros obtenidos en la Ciudad de México, la máxima aceleración del terreno en Ciudad Universitaria, UNAM, fue de 59 cm/s^2 , la cual es casi el doble de la máxima registrada anteriormente, durante el sismo del 19 de septiembre de 1985 (29.8 cm/s^2). Igualmente, el sismo de 2017 causó las mayores velocidades del terreno registradas hasta ahora, de 8.9 cm/s , muy superior a la máxima registrada en el sismo del 19 de septiembre de 1985 (3.24 cm/s).

Los espectros de respuesta en la Ciudad de México mostraron grandes aceleraciones en la zona sur de la ciudad (estación LEAC en Culhuacán), con valores cercanos a 0.7 g en las dos componentes horizontales para periodos de vibración cercanos a 1 s (fig. 2.7). Es relevante señalar que los edificios con un periodo de vibración de 1 s tienen alrededor de 7 u 8 pisos, que justamente corresponde con la altura de los edificios mayormente dañados (ver 2.3.2).

En la estación de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, se registraron aceleraciones espectrales de 0.6 g y 0.4 g en las direcciones E-O y N-S, respectivamente. A diferencia de lo que ocurrió en 1985, los picos del espectro ocurrieron para periodos cercanos a 1.75 s . Estas ordenadas espectrales fueron menores que las registradas en 1985 que alcanzaron valores de casi 1 g .

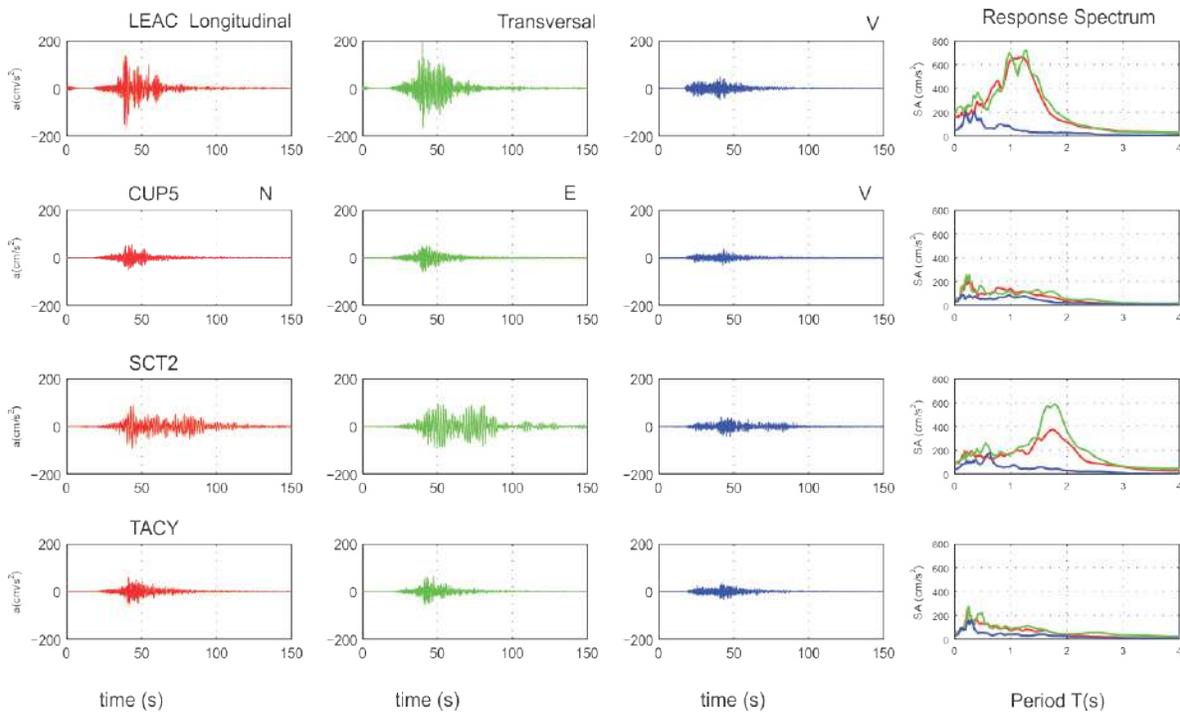


Figura 2.7 – Juego de acelerogramas para cuatro estaciones dentro de la Ciudad de México (Ramírez, 2017).

Singh (2018) ha concluido que la ocurrencia del sismo no fue inesperada. Lo que sí fue inusual fue la elevada intensidad del movimiento en el intervalo de frecuencias de 0.4 a 1 Hz. Igualmente ha señalado que hubo directividad del movimiento a partir de la fuente hacia el noroeste (hacia la Ciudad de México). La suma de estos dos factores, el contenido energético del sismo en un intervalo de frecuencias dado y la directividad, contribuyeron a que la intensidad del movimiento en la Ciudad de México fuera la más grande registrada en ciertas zonas.

El sismo de Puebla-Morelos estuvo caracterizado por un contenido de frecuencias que excitó los depósitos aluviales del Valle de México en frecuencias cercanas a 1 Hz. Este efecto de sitio, contrasta con el observado en 1985, en el cual los estratos mayormente excitados fueron aquellos con frecuencia predominante de 0.5 Hz. Los estratos así excitados correspondieron con aquellos alojados a lo largo de la ribera del antiguo lago, en la zona poniente de la ciudad. Así, la distribución de edificios colapsados y dañados fue consistente con los estratos más excitados. En la fig. 2.8 se muestra un mapa de la Ciudad de México que muestra, de manera difuminada, la máxima aceleración del terreno. Sobrepuestos está la ubicación del daño registrado. Es clara la correspondencia entre edificios dañados, mayormente entre cuatro y siete pisos, con las máximas aceleraciones registradas a lo largo de la ribera de los antiguos lagos, con un periodo natural de vibración del orden de 1 s.

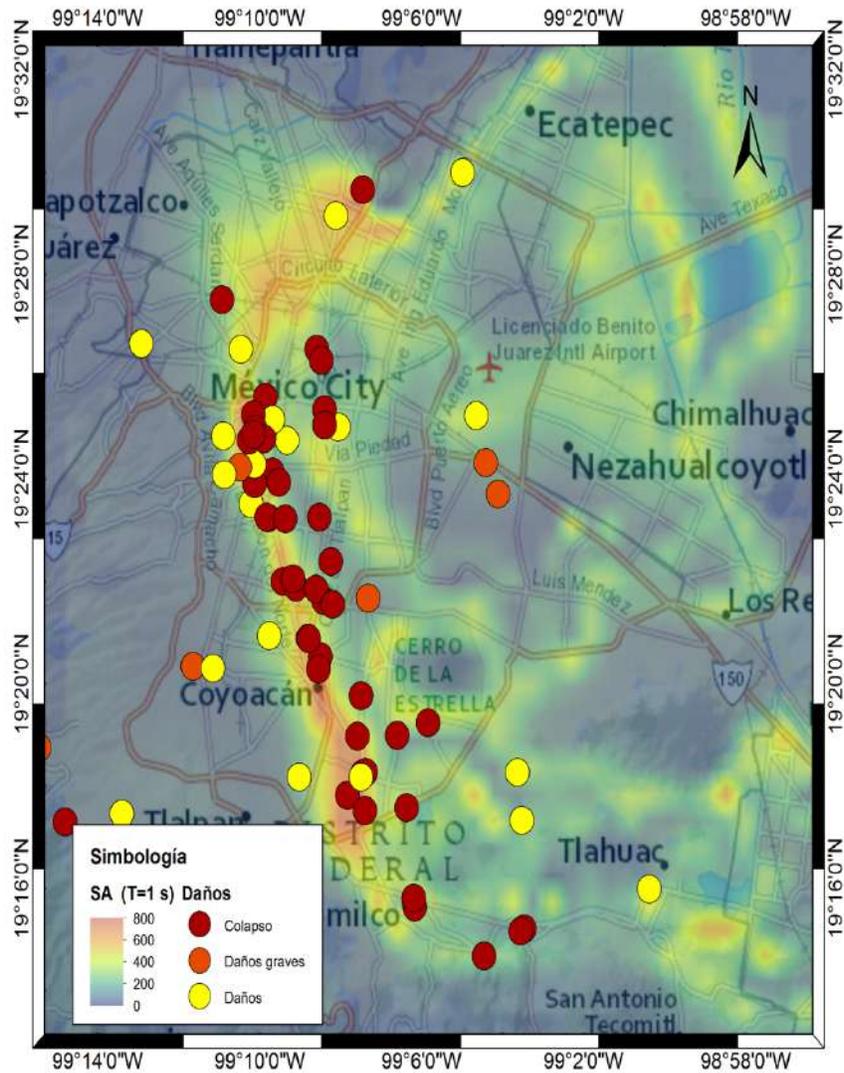


Figura 2.8 – Máximas aceleraciones espectrales para $T=1$ s en la Ciudad de México con la ubicación de edificaciones colapsadas (marcador rojo), con daños graves (marcador anaranjado) y con daños moderados y ligeros (marcador amarillo) (Ramírez, 2017).

2.3 DAÑOS OBSERVADOS

2.3.1 DAÑOS CAUSADOS POR EL SISMO DE TEHUANTEPEC

La mayor parte de los daños observados ocurrió en edificaciones a base de mampostería simple (sin refuerzo alguno) de adobe, piedra o piezas prismáticas (tabiques de barro recocido, por ejemplo). Los tipos de daño fueron similares a los registrados en otros sismos, tales como:

- Agrietamiento inclinado de muros.
- Agrietamiento vertical en muros, cerca de los extremos, debido a deformaciones fuera del plano de los muros.
- Colapso de muros fuera de plano.

- Agrietamiento y eventual colapso parcial en la esquina de muros.
- Desprendimiento de techos.
- Parapetos colapsados por falta de arriostamiento fuera de plano.

En contraste con la mampostería simple, las edificaciones construidas con la modalidad de mampostería confinada exhibieron un excelente desempeño, incluso sin agrietamiento de muros.

Los estados de Oaxaca y Chiapas son especialmente ricos en iglesias coloniales construidas con materiales de baja resistencia (como el adobe y la mampostería de piezas) sin refuerzo. Se registraron colapsos y agrietamiento en torres, bóvedas, cúpulas, tambores de cúpulas y en portadas, entre otros. Este tipo de daño es similar al observado durante el sismo de Tehuacán de 1999 (Alcocer et al., 2001).

Los edificios de concreto reforzado en la zona afectada son pocos. La mayoría de ellos fue presumiblemente diseñada y construida antes de 1985, tal que no poseen el detallado dúctil requerido para resistir las demandas inelásticas que generan los grandes sismos. Los daños se concentraron en columnas construidas con concretos de aparente baja resistencia, y reforzadas con refuerzo longitudinal en forma de paquetes y con escasa relación volumétrica de refuerzo transversal. Comúnmente, los estribos estaban separados a 20 cm o más y estaban rematados con dobleces a 90°. Los nudos viga-columna carecían de refuerzo transversal. Los colapsos registrados se explican por la formación de un modo de falla de entrepiso debido a la presencia de un sistema de viga fuerte – columna débil, cuyo comportamiento indeseable se vio exacerbado por el detallado no dúctil de las columnas. En contraste, en la zona se observaron edificaciones recientes de concreto reforzado con excelente desempeño. Este es el caso de edificios ubicados cerca del epicentro sin agrietamiento alguno. Es claro que los edificios diseñados con normas actuales tuvieron un desempeño satisfactorio en comparación con aquellos más antiguos.

2.3.2 DAÑOS CAUSADOS POR EL SISMO DE PUEBLA-MORELOS

Al igual que en el sismo de Tehuantepec, en los estados de Puebla y Morelos el daño se concentró en edificaciones construidas con materiales con pobre resistencia a la tensión, como es el caso de mampostería de adobe y mampostería simple (con piezas naturales o artificiales). En muchos de estos casos, las edificaciones fueron construidas sin la intervención formal de un especialista en diseño estructural y, por ende, carecen de consideraciones de diseño por sismo.

La Ciudad de México concentró la atención por la ocurrencia de 36 colapsos, de los cuales 25 ocurrieron en edificios entre cuatro y siete niveles. De ellos, 20 exhibieron piso suave, seis tenían irregularidades en planta y en elevación, 12 eran edificios en esquina, siete tenían losas planas, dos experimentaron golpeteo de estructuras adyacentes y 12 exhibieron una clara deficiencia en resistencia lateral y detallado dúctil (cuantía elevada de refuerzo horizontal en elementos de marcos, por ejemplo). Igualmente, estos edificios evidenciaron daños asociados a un pobre o inexistente mantenimiento, como es el desconchamiento de concreto debido a corrosión del acero de refuerzo. Sólo uno de los 36 colapsos había sido diseñado posteriormente a 1985.

2.4 IMPACTO DE LOS SISMOS

Los sismos de septiembre de 2017 cobraron la vida de 477 personas, 98 en el sismo del 7 de septiembre y 369 en el del 19 de septiembre, respectivamente. De los 369 muertos, 228 ocurrieron en la Ciudad de México.

Como resultado de los sismos, más de 184,000 viviendas fueron dañadas. De ellas, se estima que 46,000 exhibieron daño moderado que requiere de reparación, y más de 25,000 que requieren ser reconstruidas.

En el sector escolar, como se mencionó anteriormente, más de 15,000 escuelas fueron dañadas; de ellas, 10,000 fueron reportadas con daño menor; 5,060 con daño moderado y 300 con daño severo que demanda la reconstrucción de los edificios.

En el sector salud, más de 170 unidades médicas de distinto tamaño y complejidad resultaron afectadas. Resalta el Hospital General de Juchitán que resultó dañado con algunas columnas del edificio principal, que condujo a la decisión de demolerlo y construir un nuevo hospital.

De manera análoga al sismo del 19 de junio de 1999, el sismo de Puebla-Morelos causó daño muy extenso y de gran magnitud en más de 2,000 monumentos históricos, en su mayoría iglesias. Como se sabe, la zona centro del país aloja un rico legado en iglesias del siglo XV al siglo XIX construidas con mampostería simple de barro (adobe), de piedra o de piezas prismáticas. Debido a la ausencia de acero de refuerzo, las tensiones tienen que ser resistidas por la mampostería, lo que explica su elevada vulnerabilidad y, consecuentemente, su alta frecuencia de daño.

Según la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, el daño total estimado es de 3.6 mil millones de dólares. Sin embargo, es factible que esta cifra aumente conforme se avance en la evaluación del daño, en la reparación y en la reconstrucción.

2.5 PRIMERAS LECCIONES DERIVADAS DE LOS SISMOS

A raíz del sismo de 1985, México ha avanzado mucho en la preparación y respuesta ante sismos. Tal es el caso de la práctica periódica de simulacros de emergencias urbanas, en especial de sismos. Sin embargo, los temblores de Tehuantepec y de Puebla-Morelos pusieron en evidencia debilidades en la respuesta de la sociedad, medios de comunicación y gobierno, así como la necesidad de contar con reglamentos y programas dirigidos a la reducción del riesgo de desastres y del incremento de la resiliencia de nuestras comunidades.

De manera resumida, las lecciones por aprender y re-aprender son:

- Durante la atención a la emergencia:
 - Profesionalización – se requiere que todos los sectores involucrados en la respuesta y atención a la emergencia actúen según protocolos y habilidades adquiridas gracias a una permanente y dedicada capacitación y entrenamiento. Esto supone que los involucrados deban contar con el equipamiento y herramientas adecuadas (como en el caso de brigadas de reconocimiento de daño de edificios y de rescate).
 - Protocolos de actuación – las ciudades afectadas, y más aún, la Ciudad de México carecen de protocolos actualizados para atender una emergencia por sismos de intensidad considerable. Estos protocolos deben abarcar todas las partes involucradas.
 - Mejor coordinación – la ausencia de protocolos de respuesta derivó en la improvisación, repetición y omisión de actividades que entorpecieron el rescate de víctimas (por falta de equipo adecuado y, paradójicamente, de exceso de voluntarios), demolición y retiro de escombros, así como el levantamiento de daños y evaluación de la seguridad de las edificaciones.
 - Información en tiempo real – durante la emergencia es indispensable contar con información oportuna, confiable y objetiva para la toma de decisiones. Las tecnologías de la información y comunicación deben aprovecharse para desarrollar herramientas de propósito definido. Estas herramientas serían actualizadas periódicamente y serían difundidas al personal capacitado para el propósito.
 - Medios de comunicación – los medios juegan un papel crucial para informar (o desinformar) a la población sobre el fenómeno sísmico, su posibilidad de réplicas, así como el modo de actuar u obtener apoyo, en especial para la evaluación del daño

de edificios. En su afán de cumplir con su misión, fue evidente la necesidad de capacitar a los comunicadores, en todos los niveles, sobre los sismos y sus efectos materiales y psicológicos.

- Alerta sísmica – la respuesta de los sistemas de alertamiento requiere del desarrollo de normas para la operación confiable, en especial, que establezcan una fuente única para generar la alerta y que pueda ser usada por empresas con fines comerciales.
- En lo relacionado con una cultura de la prevención y resiliencia:
 - Educación de la población – los sismos evidenciaron, de nuevo, la necesidad de contar con mayor y mejor educación de la población y, en especial, del desarrollo de una cultura de la prevención y resiliencia. Ello implica asimilar hábitos y conductas positivas para mitigar el efecto de los sismos (como el adecuado y periódico mantenimiento de los edificios), así como conocer qué hacer durante y después de la ocurrencia del sismo.
 - Plan de mitigación y resiliencia – el país y nuestras ciudades más importantes, como la Ciudad de México, carecen de un programa formal de reducción del riesgo y de incremento de la resiliencia sísmica. Los sismos de 2017 son un llamado de atención ante la eventual ocurrencia de un gran sismo en las costas del Océano Pacífico que puede provocar intensidades incluso superiores a las registradas el año pasado. Las tipologías de los edificios vulnerables fueron reconocidas, lo que permite diseñar programas ad hoc para reducir el riesgo de colapso, en primer momento, e incrementar su resiliencia, de modo incremental.
 - Agenda de investigación y desarrollo – los sismos son un área de oportunidad para profundizar en el conocimiento de los mecanismos de generación, transmisión, atenuación y amplificación de los sismos, así como del comportamiento de edificios e infraestructura nuevos, existentes (de distintas edades) y existentes rehabilitados. De manera relevante, es una oportunidad para que, a partir de evidencia empírica y análisis teóricos, se puedan plantear programas de intervención y reducción del riesgo de infraestructura crítica, como la escolar. También, es una ventana para promover la cooperación internacional.
- Reglamentos de construcción
 - Reglamento modelo – la falta de normatividad o la existencia de normas obsoletas o no observadas contribuye al incremento del riesgo por sismo. Se requiere un nuevo esfuerzo para desarrollar un reglamento modelo que, de aplicación nacional, permita que entidades federativas y municipios cuenten con criterios de diseño y niveles de seguridad homogéneos que faciliten la formación de diseñadores y el entrenamiento de técnicos y obreros de la construcción.
 - Observancia obligatoria – los sismos de 2017 evidenciaron una lección básica: es preferible la observancia de un reglamento sencillo que contar con un reglamento actualizado y complejo que no se cumpla. Para lograr la observancia, se deben adecuar las responsabilidades, y sus consecuentes sanciones en caso de incumplimiento, de las partes involucradas en el diseño, construcción, operación y mantenimiento de la infraestructura y edificación.
 - Ingenieros estructurales – fue clara la necesidad de contar con más y mejores ingenieros estructurales, que tengan las competencias para aplicar adecuadamente los reglamentos y normas de construcción, así como para establecer y seguir procesos de control de calidad.
- Líneas vitales críticas
 - Sistemas de suministro de electricidad y agua potable y drenaje – las dos fallas más sentidas por la población durante estos sismos fueron las de los sistemas de suministro y distribución de electricidad y de agua potable. El sistema eléctrico

soporta la operación de otros sistemas, incluido el de agua potable, por lo que requiere de un análisis prioritario para incrementar su redundancia y resiliencia frente a la ocurrencia de grandes sismos. En el caso de agua potable, particularmente en el sureste de la Ciudad de México, las fracturas en los grandes acueductos y redes de distribución ponen de relieve el alto riesgo de falla ante sismos recurrentes. De nuevo, se requiere invertir en la sustitución de tramos con materiales deformables. Se recomienda incluir otras líneas vitales, como telecomunicaciones e hidrocarburos, en la evaluación del riesgo por sismo de una ciudad o el país.

CAPÍTULO 3

BASE DE DATOS DE LA INFRAESTRUCTURA ESCOLAR

3.1 INTRODUCCIÓN

Este capítulo describe las cédulas de evaluación usadas por el INIFED, la estructura de la base de datos desarrollada para capturar y procesar la información, así como la propuesta de cédula electrónica para un levantamiento más rápido de daños. Se presenta, de manera resumida, la clasificación de la infraestructura escolar propuesta por el Banco Mundial, y los requisitos normativos para levantamiento de daños de escuelas en el país. Se incluye una serie de recomendaciones preliminares para mejorar los procesos de levantamiento de daños de escuelas.

3.2 CÉDULAS DE EVALUACIÓN

El Instituto Nacional de la Infraestructura Física Educativa (INIFED) cuenta con un formato de evaluación del daño en estructuras denominado “*Cédula Básica de Información de Evaluación por Desastre Natural Denominado*”. La cédula tiene nueve apartados en los cuales se identifica el inmueble y se describe el estado físico que guarda la estructura, incluyendo, de ser el caso, los daños provocados por algún evento natural o humano.

El primer apartado se refiere a los datos generales (fig. 3.1). En éste se captura la información correspondiente al nombre, clave (CCT), localidad, municipio, número de alumnos, docentes y personal administrativo que labora en la escuela. También se incluyen las coordenadas geográficas y el área total del plantel. En este apartado se califica al plantel, con o sin daño.

SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
INSTITUTO NACIONAL DE LA INFRAESTRUCTURA FÍSICA EDUCATIVA
GOBIERNO DEL ESTADO DE: MÉXICO
INSTITUTO MEXIQUENSE DE LA INFRAESTRUCTURA FÍSICA EDUCATIVA

CEDULA BÁSICA DE INFORMACIÓN DE EVALUACIÓN DE DAÑOS POR DESASTRE NATURAL DENOMINADO:
SISMO 7.1 GRADOS, 19 DE SEPTIEMBRE DE 2017

GOBIERNO DEL ESTADO DE MÉXICO

1.- DATOS GENERALES

NOMBRE: JOCABETH B. DE TELLO NIVEL EDUCATIVO: DPR (PRIMARIA) FECHA: 18 DE OCTUBRE DE 2017
 LOCALIDAD: SAN ANTONIO CUADALUPE MUNICIPIO: ZUMPAHUACÁN CCT (N): 150PR0428E
 NUMERO DE VALIDACIÓN DE CÉDULA: CON DAÑO SIN DAÑO FONDOS RECONSTRUCCIÓN: _____ ALUMNOS: 122
 COORDENADAS: 18.905977, -99.804812 ÁREA TOTAL DEL PLANTEL: 3,300 M2 DOCENTES: 6
 ADMINISTRATIVO Y DE APOYO: 2

Figura 3.1– Información sobre los datos generales en la cédula INIFED.

En el segundo apartado, “Infraestructura, mobiliario, equipo y/o contenido” (fig. 3.2) se hace la descripción, edificio por edificio, de todo el plantel. La información requerida por edificio es: tipo de estructura (prototipo); tipo de material de los muros, cubiertas y pisos; tipo de instalaciones eléctricas, hidráulicas, sanitarias, aire acondicionado e instalaciones especiales. Se cuenta con un espacio destinado a la descripción del daño, si lo hay.

EDIFICIO	ESTRUCTURA	Nº. E. E.	ESPECIFICACION MATERIAL Y/O ACABADOS			INSTALACIONES				DESCRIPCIÓN GENERAL DEL DAÑO
			MUROS	CUBIERTA	PISOS	ELEC	HD-SAN	A.A.	ESP	
A	REGIONAL	2	TABIQUE	CONCRETO	LOSETA	SI	NO	NO	NO	GRIETAS POR JUNTAS FREAS, SIN DAÑO ESTRUCTURAL APARENTE.
B	REGIONAL	3	TABIQUE	CONCRETO	LOSETA	SI	NO	NO	NO	GRIETAS EN MUROS Y DESPRENDEMIENTO DE APLANADO.
C	REGIONAL	2	TABIQUE	CONCRETO	LOSETA	SI	NO	NO	NO	GRIETAS POR JUNTAS FREAS, SIN DAÑO ESTRUCTURAL APARENTE.
D	REGIONAL	1	TABIQUE	CONCRETO	LOSETA	SI	NO	NO	NO	GRIETAS EN MUROS Y LOSA, FALLA ESTRUCTURAL, DESPRENDEMIENTO DE APLANADO EN MUROS.
E	REGIONAL	2	TABIQUE	CONCRETO	LOSETA	SI	SI	NO	NO	GRIETAS EN MUROS Y LOSA, DESPRENDEMIENTO DE APLANADO.
F	REGIONAL	2	TABIQUE	CONCRETO	LOSETA	SI	SI	NO	NO	GRIETAS EN MUROS Y DESPRENDEMIENTO DE APLANADO.

Figura 3.2– Apartado sobre infraestructura, mobiliario, equipo y/o contenido en la cédula INIFED

En el tercer apartado, denominado “Áreas e instalaciones exteriores a los edificios, accesos y elementos delimitantes del plantel” (fig. 3.3), se pregunta por la existencia de una serie de elementos adicionales al plantel y si hay o no daño en éstos. Los elementos a los que se hace referencia son la existencia de plaza cívica, techumbre de plaza cívica, asta bandera, canchas deportivas, red hidráulica, cisterna, tanque elevados, red sanitaria, letrina, entre otros. Se cuenta también con espacio destinado al croquis de localización del plantel y otro espacio para el sello de la autoridad estatal. En este apartado se tiene el nombre de la persona que elaboró la cédula y el visto bueno de quien revisó.

3.-ÁREAS E INSTALACIONES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS, ACCESOS Y ELEMENTOS DELIMITANTES DEL PLANTEL:

DESCRIPCIÓN DEL DAÑO: **NÓ SE PRESENTAN DAÑOS EN ÁREAS EXTERIORES.**

ELEMENTO	EXISTE	DAÑO	ELEMENTO	EXISTE	DAÑO
PLAZA CÍVICA	SI	NO	RED HIDRÁULICA	SI	NO
TECHUMBRE PLAZA CÍVICA	SI	NO	CISTERNA	SI	NO
ASTA BANDERA	SI	NO	CUBO DE TINACOS	SI	NO
CANCHAS DEPORTIVAS	SI	NO	TANQUE ELEVADO	NO	NO
TECHUMBRE CANCHA	NO	NO	MURO DE ACCOMETIDA	SI	NO
ANDADORES	SI	NO	RED ELÉCTRICA	SI	NO
RAMPAS	NO	NO	ILUMINACIÓN EXTERIOR	SI	NO
PÓRTICO O PUERTA DE ACCESO	SI	NO	RED SANITARIA	SI	NO
MURO DE ACCESO	NO	NO	LETRINA	NO	NO
BANDA PERIMETRAL	NO	NO	POZO DE ABSORCIÓN	NO	NO
CERCA DE MALLA	SI	NO	FOSA SÉPTICA	NO	NO
REJA	SI	NO	OTROS	NO	NO
BEBEDEROS	SI	NO			

CROQUIS DE LOCALIZACIÓN

SELO DE AUTORIDAD ESTATAL

PROFRA. ELISA HERRERA FUENTES

ELABORÓ: ING. VICENTE HOMAR ROJAS NAVA
ING. ARR. UZIEL ESPINOSA CRUZ

Vo.Bo: DR. JOSÉ LUIS FLORES JUAREZ
(NOMBRE Y FIRMA)

FORMATO FONDEN-1-2-3

Figura 3.3– Apartado sobre áreas e instalaciones exteriores a los edificios, accesos y elementos delimitantes del plantel en la cédula del INIFED

En el cuarto apartado, “Reporte fotográfico” (fig. 3.4) se presenta la evidencia visual de las condiciones físicas de los cuerpos que componen al plantel, con una breve descripción de las fotografías que se presentan.

SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
INSTITUTO NACIONAL DE LA INFRAESTRUCTURA FÍSICA EDUCATIVA
GOBIERNO DEL ESTADO DE: **MÉXICO**
INSTITUTO MEXIQUENSE DE LA INFRAESTRUCTURA FÍSICA EDUCATIVA
CEDULA BÁSICA DE INFORMACIÓN DE EVALUACIÓN DE DAÑOS POR DESASTRE NATURAL DENOMINADO:
SISMO 7.1 GRADOS, 19 DE SEPTIEMBRE DE 2017

GOBIERNO DEL ESTADO DE MÉXICO

NOMBRE: JOCARETH B. DE TELLO NIVEL EDUCATIVO: DPR (PRIMARIA) FECHA: 16 de octubre de 2017
LOCALIDAD: SAN ANTONIO GUADALUPE MUNICIPIO: ZUMPAHUACÁN CCT (s): 15DPR042ME

4. REPORTE FOTOGRAFICO

FALLA EN TRABE CENTRAL (EDIF. D)	GRIETAS EN MUROS (EDIF. D)
FALLA EN TRABE VISTA POSTERIOR (EDIF. D)	FISURAS EN MUROS (EDIF. E)

ELABORÓ: ING. VICENTE HOMAR ROJAS NAVA
ING. ARR. UZIEL ESPINOSA CRUZ

(NOMBRE Y FIRMA)

FORMATO FONDEN-4

Figura 3.4 –Reporte fotográfico en la cédula del INIFED.

El quinto apartado, “Planta de conjunto del plantel” (fig. 3.5) está destinado para presentar los croquis necesarios de todo el plantel.

SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
INSTITUTO NACIONAL DE LA INFRAESTRUCTURA FÍSICA EDUCATIVA
GOBIERNO DEL ESTADO DE: MÉXICO
INSTITUTO HONGKONGUENSE DE LA INFRAESTRUCTURA FÍSICA EDUCATIVA

CÉDULA BÁSICA DE INFORMACIÓN DE EVALUACIÓN DE DAÑOS POR DESASTRE
NATURAL DENOMINADO:
SSMO 7.1 GRADOS, 19 DE SEPTIEMBRE DE 2017

GOBIERNO DEL ESTADO DE MÉXICO

NOMBRE: JOCABETH B. DETELLO NIVEL EDUCATIVO: OPR (PRIMARIA) FECHA: 18 de octubre de 2017
LOCALIDAD: SAN ANTONIO GUADALUPE MUNICIPIO: ZUMPAHUACÁN CCT (s): 15DP004HE

5. PLANTA DE CONJUNTO DEL PLANTEL

ARQ. VICENTE HOMAR ROJAS NAVA
ING. ARA. VIZIEL ESPINOSA CEVE

(NOMBRE Y FIRMA)

Figura 3.5– Planta de conjunto del plantel en la cédula INIFED.

En los restantes apartados, se especifican los daños observados en los diferentes cuerpos del plantel, así como las propuestas de reconstrucción que se consideraran pertinentes realizar. Los apartados 6 y 7 están destinados a lo concerniente a los edificios: “Daños que presenta el inmueble por edificio o área exterior” y “Para reconstrucción por edificio o área exterior”, respectivamente. Los apartados 8 y 9 básicamente se refieren a los contenidos de los edificios: “Daños que presenta el inmueble por edificio en mobiliario, equipo y contenido” y “Propuesta de reposición en el inmueble por edificio en mobiliario, equipo y contenido”, respectivamente.

Debido a que la información de las 2,586 cédulas analizadas, las cuales contienen datos de 8,329 edificios, no fue clara y suficiente en todos los casos para realizar un buen análisis de la información, se optó por desarrollar una nueva metodología para clasificar las cédulas en Verdes, Amarillas y Rojas. Esta clasificación es diferente y no tiene relación alguna con la clasificación dada por la persona que realizó la inspección física del inmueble. La clasificación mencionada es con la finalidad de conocer cuáles cédulas contaban con la información completa (1,731) para realizar los análisis estadísticos que se presentan en el Capítulo 4.

Las consideraciones para la definición de esta clasificación se encuentran en el Anexo 3.2 (Datos que se incluyen en las cédulas de evaluación) y que básicamente son:

Verde - Todos los puntos destacados en negritas (ver Anexo 3.1) están incluidos, el reporte fotográfico incluye fotos claras; para el caso de las estructuras clasificadas como “Atípicas”, deben estar incluidas las dimensiones de los elementos estructurales y su ubicación en planta.

Amarillo - Todos los puntos destacados en negritas están incluidos, el reporte fotográfico incluye fotos poco claras; para el caso de las estructuras clasificadas como “Atípicas”, debe estar incluidas la ubicación en planta con dimensiones de los elementos estructurales.

Rojos -No incluye alguno de los puntos destacados.

3.3 BASE DE DATOS

3.3.1 DESCRIPCIÓN DE LA BASE DE DATOS

La base de datos, en su formato general, consiste en el compendio de la información obtenida por medio de las cédulas de evaluación del INIFED. La generación del conjunto de datos se realizó en función de los campos relevantes producto del trabajo realizado en campo en los días posteriores a los sismos del 7 y 19 de septiembre de 2017.

Para ello, se vació la información de las cédulas de evaluación del INIFED dentro de hojas de Excel. Esta herramienta permitió ordenar sistemáticamente la información para su análisis como conjunto con el fin de unificar criterios y clasificar el daño.

Cabe mencionar que las cédulas de evaluación no contienen la edad o año de construcción de los edificios, que es un dato trascendente para la evaluación estructural de los edificios. Para subsanar esta deficiencia, se solicitó al Sistema Nacional de Información (SNI) del INIFED este dato. Así mismo, el SNI del INIFED proporcionó un listado con todos los planteles levantados al 2015 del país, el cual contiene el número de edificios y su tipología de cada plantel. El listado ha sido útil para contar con una estimación muy próxima del universo total de edificios con los que cuenta la Infraestructura Educativa a nivel nacional y, de ese modo, conocer la distribución geográfica de los daños y otros datos útiles para el análisis de la información.

Generalmente cada plantel educativo cuenta con varios edificios, los cuales en la mayoría de los casos es distinto en su geometría y materiales. El análisis y caracterización se realizó para cada uno de ellos y no por plantel.

3.3.2 CATEGORÍAS Y CAMPOS ESPECÍFICOS DENTRO DE CADA CATEGORÍA

3.3.2.1 Datos generales

En el apartado de datos generales, se tienen aquellos que permiten identificar el plantel, así como los responsables de las revisiones. Los campos dentro de esta categoría son los siguientes:

- CCT: Clave del Centro de Trabajo es la identificación oficial única de cada Institución, por ejemplo, 07DPR1411Z.
- Número de identificación: Es una clave otorgada para identificación y control interno, por ejemplo, F-129.
- Clasificación otorgada a la cédula: Tres niveles de clasificación en función de la calidad de la información que contenga cada cédula.
 - Verde: La información contenida es adecuada y suficiente.
 - Amarillo: Hay omisiones en datos importantes o presenta inconsistencias.
 - Rojo: La información contenida en la cédula se considera insuficiente para realizar un análisis del tipo de daño.
- Fecha de la evaluación.
- Nombre de los responsables de elaboración y revisión de las cédulas. Incluyen firma en el documento original.
- Nivel educativo de la Institución: Preescolar, Primaria, Secundaria, Medio Superior, Superior.
- Servicio: Es una categoría otorgada por el Sistema Nacional de Información de Escuelas la cual refiere al tipo de servicio que ofrece, ejemplo General, Rural, entre otros.
- Nombre Oficial de la Escuela.
- Geoposicionamiento: Latitud y longitud.
- Calle y número.
- Colonia y/o localidad.
- Código postal.

- Municipio.
- Estado de la República Mexicana.
- Número de alumnos.
- Número de docentes.
- Tipo de suelo: Caracterización de acuerdo con la ubicación mediante el apoyo del Software *Prodisis* del Instituto Nacional de Electricidad y Energías Limpias.
- Zona sísmica: De acuerdo con el reglamento local. En el interior de la República se rige por el Manual de Diseño Sísmico de Obras Civiles de la Comisión Federal de Electricidad (CFE). En la Ciudad de México, se sigue lo establecido en el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal (zonificación geotécnica).
- Año de construcción: Dato obtenido de los bancos de datos del INIFED, debido a que en las cédulas de evaluación no se incluye.

3.3.2.2 Características estructurales

En este apartado se clasifican las estructuras según las tipologías establecidas por el INIFED. Los campos contenidos son los siguientes:

- Material: Es la clasificación general principal, teniendo los siguientes rubros:
 - Mampostería: Aulas de un nivel con muros de carga hechos de mampostería de tabique o block de concreto.
 - Concreto: Construcción de uno a tres niveles a base de marcos rígidos de concreto reforzado colados *in situ*.
 - Acero: Edificaciones a base de marcos rígidos de acero.
- Prototipo: Es la clasificación secundaria de acuerdo con las características geométricas y constructivas.
 - Prototipos de Mampostería:
 - Regional.
 - Regional 6.00 x 5.30 m con techumbre ligera.
 - Regional 6.00 x 6.00 m con techumbre ligera.
 - Regional 6.00 x 8.00 m con techumbre ligera.
 - Regional 6.00 x 5.30 m losa concreto y mocheta exterior.
 - Regional 6.00 x 6.00 m losa concreto y mocheta exterior.
 - Regional 6.00 x 8.00 m losa concreto y mocheta exterior.
 - Regional 6.00 x 5.30 m losa concreto.
 - Regional 6.00 x 6.00 m losa concreto.
 - Regional 6.00 x 8.00 m losa concreto.
 - Regional sin identificación.
 - Prototipos de concreto.
 - Urbana 1 piso.
 - Urbana 2 pisos.
 - Urbana 3 pisos Zonas A y B.
 - Urbana 3 pisos Zonas C y D.
 - Prototipos de acero:
 - Hidalgo modificada.
 - Aula largueros.
 - Aula concreto.
 - Edificio Administrativo con Vidrio.
 - 2 pisos modificada para secundaria.
 - 2 pisos modificada.
 - 2 pisos para secundaria.
 - 2 pisos.
 - CECATI.

- Largueros 68.
- Concreto 68.
- Urbana 1 piso metálica.
- Urbana 2 pisos metálica.
- Aula 70 con largueros.
- Aula 70 con losa de concreto.
- Taller 71 h=3.50m.
- Taller 71 h=5.50m.
- Taller 80.
- Taller 80 con columnas de concreto.
- Aula 84 con largueros.
- Aula 84 con losa de concreto.
- Taller 84.
- Aula 2 pisos 85.
- Aula 95.
- Atípica Esta categoría corresponde a las estructuras que no corresponden a alguno de los prototipos arriba enlistados debido al uso de materiales y/o con características geométricas distintas de las de los prototipos. Las razones principales asociadas a estas variaciones son la autoconstrucción de las escuelas (normalmente por los padres de familia), propiedades y calidades de materiales distintos a las de los prototipos (como el uso de panel W, por ejemplo), así como la ausencia de una adecuada supervisión de obra.

- Prototipo más parecido: Algunas edificaciones son bastante similares a los prototipos establecidos por el INIFED, pero tienen variaciones ligeras en los claros o dimensiones de las secciones que constituyen la estructura. Para éstas, se les asignó el descriptor *similar*.
- Identificador de edificio dentro del plantel: (Ej. Edificio A).
- E.E. Número de espacios.
- Uso del edificio: aulas, dirección, sanitarios, entre otros.
- Otros: Información adicional referente al inmueble en cuanto a sus características estructurales.
- Cubo de escaleras: Si es el caso (para edificios con dos o más niveles).
- Escaleras independientes: Si la edificación tiene dos o más niveles, pero carece de escaleras en el interior del inmueble.
- Sistema estructural: (Ej. muros de carga, marcos rígidos de concreto reforzado).
- Tipo de cubierta: (Ej. losa de concreto, techumbre ligera, entre otros).
- Tipo de cimentación: (Ej. cajón, losa, zapatas). En la gran mayoría de los casos, se desconoce ya que no se incluyó en la cédula y no es posible deducirlo de la información disponible.

3.3.2.3 Características no estructurales

Son los elementos físicos que no contribuyen en la rigidez ni resistencia de la estructura pero que tienen un grado de relevancia para modificar el comportamiento sísmico de la estructura. Los campos comprendidos en esta categoría son:

- Materiales de muros de fachada: concreto, tabique, block, entre otros.
- Porcentaje de área de fachada con aberturas.
- Material de muros divisorios: concreto, tabique, block, entre otros.
- Tipo de unión de muros divisorios: ligada o desligada.
- Tipo de recubrimiento de losa.
- Tipo de luminarias.

3.3.2.4 Daños por mantenimiento

Son los daños reportados debidos a la falta de mantenimiento en la edificación a lo largo de la vida útil o parte de ella. Los campos comprendidos en esta categoría son:

- Tipo de deterioro: humedad, corrosión, filtraciones, entre otros.
- Año de rehabilitación: si es el caso.
- Tipo de reforzamiento.

3.3.2.5 Daños estructurales informados

Esta categoría se divide en dos partes. La primera tiene una definición de Sí o No. En la segunda, se debe seleccionar el nivel de daño (nulo, ligero, medio o grave) de entre cuatro posibilidades.

Primera parte:

- Colapso.
- Estructura separada de su cimentación.
- Asentamiento diferencial.
- Inclinación notoria.

Segunda parte:

- Daño en columnas de planta baja.
- Daño en columnas de pisos superiores.
- Daño en muros de planta baja.
- Daño en muros de pisos superiores.
- Daño en vigas de planta baja.
- Daño en vigas de pisos superiores.
- Daño en losa de planta baja.
- Daño en losa de pisos superiores.
- Fallas en cimentación: Sí o No.

3.3.2.6 Daños no estructurales reportados

Esta categoría ofrece una caracterización cualitativa (Sí o No) dentro de los elementos no estructurales. Los campos integrados en ella son los siguientes:

- Daño en muros de fachada.
- Daño en muros divisorios.
- Daño en elementos de cubierta de losa.
- Daño en cancelería.
- Daño en ventanas.
- Daño en bardas perimetrales.
- Daño en luminarias.
- Daño en tinacos.
- Daño en cisterna.
- Daño en barandales, parapetos, pretilas.
- Objetos caídos reportados.

3.3.2.7 Fallas en los sistemas

Esta categoría ofrece una caracterización cualitativa (Sí/No) dentro de las fallas reportadas en los sistemas, producto de los sismos del 7 y 19 de septiembre. Los campos integrados en ella son los siguientes:

- Fallas en el sistema hidrosanitario.
- Fallas en el suministro eléctrico.
- Fallas en el sistema de gas.
- Fallas en el sistema de telecomunicaciones.

Para el caso de varias cédulas, específicamente las correspondientes al Estado de Chiapas, se tenían documentos aprobados de rehabilitación, de los cuales se extrajo la siguiente información:

- Acciones de rehabilitación por edificio.
- Costo total de las acciones de rehabilitación para elementos estructurales: Correspondiente al monto total o suma de acciones de todos los edificios que requieren una intervención.
- Costo total de las acciones de rehabilitación para elementos no estructurales: Correspondiente al monto total o suma de acciones de todos los edificios que requieren una intervención.

3.3.2.8 Acciones de rehabilitación

Dentro de este apartado se encuentran las acciones aprobadas para rehabilitación, seccionadas en tres campos:

- Descripción de las acciones de rehabilitación.
- Costo total de la rehabilitación para los elementos estructurales. Costo total dentro del plantel, incluye uno o varios edificios.
- Costo total de la rehabilitación para los elementos no estructurales.

3.3.3 CALIDAD DE LA INFORMACIÓN

La clasificación de las cédulas a nivel general se realizó en función de la calidad de la información contenida en cada una de ellas, para determinar si cumplía con el mínimo necesario para realizar un análisis de los daños y asignarle una categoría adecuada con un grado de incertidumbre moderado. La categoría otorgada es la que se menciona en 3.3.2.1.

El formato de las cédulas de evaluación del INIFED fue el mismo en todo el país, por lo cual, no había margen de variación en cuanto al tipo de datos recabados, pero sí en su comprensión, ya que, en algunos casos, la interpretación de la información solicitada fue distinta para las diversas entidades federativas, como el caso del prototipo o el número de aulas.

Dentro de los datos generales, el campo de mayor ausencia fue el de la localización de la calle y colonia. En ocasiones, las coordenadas proporcionadas no eran correctas.

La mayor problemática fue la asignación de un prototipo del INIFED. El personal encargado de recabar la información no realizó la asignación del prototipo en el sitio y, dado que no se incluyeron planos o croquis con las dimensiones y geometría, no fue posible la asignación del prototipo. Por lo anterior, se tienen muchos casos en los que la clasificación de la edificación se realizó por el tipo de material, pero no poseen un prototipo asignado. En este caso se encuentran en la categoría de *Atípicos* y representan un 46%, siendo esto un porcentaje importante dentro del universo de información.

En cuanto a la calidad de evidencia fotográfica, en general se puede establecer como deficiente. Para los daños en elementos estructurales y no estructurales descritos, en ocasiones, no se tiene la evidencia o ésta

no es clara. Es frecuente que las fotos se hayan hecho para el detalle del daño (acercamiento del daño local), sin que exista evidencia de la magnitud y localización relativa del daño en la estructura.

3.4 SISTEMA ELECTRÓNICO DE LEVANTAMIENTO DE DAÑOS

3.4.1 ANTECEDENTES DE LA “CÉDULA”

Como se señaló arriba, la calidad de la información recabada en las cédulas del INIFED fue variable. Para sistematizar el levantamiento de la información, se desarrolló un sistema electrónico de recolección de datos que permitiera recabar la suficiente información para catalogar el nivel de daño de cada edificio. Además, el sistema busca eliminar otro inconveniente en el uso de las cédulas, al permitir la disponibilidad de la información en tiempo real. Esto contrasta con la pobre disponibilidad de la información recabada en formatos de papel. El contar con información oportuna, objetiva y confiable permite tomar decisiones en caso de una emergencia, así como para implantar programas de reducción del riesgo por sismo.

Así pues, el objetivo principal es desarrollar una herramienta digital que permita obtener información del estado estructural de la infraestructura educativa luego de los eventos sísmicos del 7 y 19 de septiembre de 2017. Con la información obtenida en campo, se construirá una base de datos de los planteles visitados para su posterior análisis. Además, se podrá gestionar esta información con la finalidad de generar índices de vulnerabilidad sísmica para fines de estudios de riesgo.

La cédula que se tomó como base para la creación de la aplicación fue la utilizada por el Instituto de Ingeniería de la UNAM (II-UNAM) en las revisiones hechas a inmuebles de la Ciudad de México luego de la emergencia del 19 de septiembre. Este formato, a su vez, se basa en el desarrollado por el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), Anexo 3.3. Dicha cédula contiene campos similares a la cédula básica de información de evaluación de daños empleada por INIFED. Sin embargo, la cédula utilizada por el II-UNAM solicita información más detallada sobre el estado estructural de cada edificio.

Los distintos campos contemplados en la cédula son:

- Información general del inmueble.
- Uso y grupo de la estructura.
- Terreno y cimentación.
- Afectaciones.
- Características de la estructura.
- Mantenimiento.
- Vulnerabilidad.
- Sistema estructural (material en muros, secciones en vigas y columnas, sistemas de rigidización, sistema de entrepiso).
- Rehabilitación.
- Evaluación de daños.
- Daños máximos observados.
- Comentarios.

La información que se solicita se puede obtener directamente en campo y es aplicable para cualquier tipo de estructura sin importar el uso que se le dé. Por tal motivo, fue necesario hacer algunas modificaciones para adecuarla a las necesidades de un plantel educativo, además, se incluyeron campos propios de una escuela, los cuales se explican a continuación.

En el campo de información general se agregaron campos como el CCT, el nivel educativo y si es o no patrimonio o monumento histórico.

En el campo de uso se incluyeron otros campos importantes, tales como la cantidad de alumnos, maestros y personal administrativo que cotidianamente hace uso de las instalaciones.

El campo de terreno y cimentación no tuvo cambio alguno. En el de afectaciones se omitió, debido a que en los sismos de septiembre no hubo que lamentar pérdidas humanas.

Para los campos siguientes, correspondientes a la geometría del edificio y al sistema estructural, se hicieron algunas modificaciones debido a que la infraestructura educativa cuenta con prototipos establecidos y, por lo tanto, algunos datos referentes a esta categoría ya están establecidos. Sin embargo, debido a la gran cantidad de edificios con los que cuenta INIFED, no todos siguen al pie de la letra lo especificado en los planos, por tal motivo, se decidió conservar algunos datos que muestran qué tanta diferencia existe entre los prototipos INIFED y lo construido en campo.

En el apartado de daño en instalaciones se agregaron campos que permiten una descripción más detallada del tipo de daño con el fin de determinar si después de la emergencia, el plantel se encuentra en condiciones de utilizarse.

Además, se agregaron los registros fotográficos con los que cuenta la cédula INIFED, en donde se muestran los daños más representativos de cada edificio. Además, la identificación de cada edificio fue también agregada con una letra en orden alfabético y con una fotografía de la fachada.

3.4.2 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

Se trata de una aplicación electrónica que se opera a través de un dispositivo móvil (teléfono inteligente o tableta). La aplicación permite automatizar el levantamiento de daños en los planteles debido a que no es necesario realizar trabajo de procesamiento y gestión de la información que se ve traducida en tiempo y costos. En el caso de una emergencia como un sismo, el tiempo y la oportunidad de la información son vitales para atender la emergencia, evaluar la seguridad del edificio, clasificarlo, y alertar a la población oportunamente de zonas de riesgo.

Las ventajas con las que cuenta este sistema son:

- ✓ No es necesaria la conexión a internet para el levantamiento debido a que la información se almacena en el dispositivo; posteriormente, cuando se tenga acceso a la red, se envía a la base de datos.
- ✓ La aplicación permite enviar la información recabada en campo a una base de datos de la cual se puede extraer dicha información para analizarla y tomar decisiones.
- ✓ Para evitar que cualquier persona pueda hacer uso de la aplicación, se proporciona un usuario y una contraseña, lo cual brinda mayor control de las personas que realizan los informes.

La cédula está integrada por dos partes. La primera se compone de 15 campos que contienen los datos generales del plantel y en la segunda, se incluyen los datos para cada uno de los edificios que componen el plantel. Es posible incluir fotografías de los inmuebles y de los daños encontrados.

Debido a la necesidad de contar con un sistema como éste lo antes posible, fue necesario hacer uso de una aplicación comercial que fuera compatible con los dispositivos móviles y que se adecuara a las necesidades actuales.

3.4.2.1 Datos generales del plantel

Para este apartado se toma como referencia el punto 1 de la *cédula de información básica* descrita anteriormente, donde solicitan los siguientes datos:

- Fecha del día del levantamiento.
- CCT (s) (Clave o claves del centro de trabajo).
- Nombre del plantel.

- Nivel educativo.
- Indicar si la escuela es patrimonio o monumento (INAH, INBA).
- Coordenadas geográficas (latitud y longitud).
- Dirección (calle, número, CP, localidad, municipio y entidad federativa).
- Ocupación del plantel (alumnos, docentes y personal administrativo).
- Fotografía de la entrada de la escuela.
- Número de edificios.
- Daños en bardas.
- Nombre del evaluador.

El dato sobre daños en bardas fue incluido en este apartado debido a que forma parte de la escuela en su conjunto y no es considerado como un edificio.

3.4.2.2 Datos estructurales de cada edificio

Para este apartado se toma como base el punto 2, 3 y 4 de la *cédula de información básica*. Se incluyen campos que permiten clasificar el daño en los distintos elementos de un sistema estructural basado en las NTC-Rehabilitación 2017 del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal. A continuación, se enlistan los datos solicitados en este apartado.

- CCT.
- Fotografía de la fachada del edificio.
- Tipo de estructura (acero, concreto o mampostería).
- Nombre del edificio.
- Año de construcción.
- Uso.
- Prototipo INIFED.
- Materiales en muros (divisorios, de carga y de fachada).
- Geometría del edificio (longitud, profundidad, No. de crujeas en ambos sentidos, claro promedio, número de niveles, altura de entre piso).
- Indicar si los muros se encuentran desligados.
- Indicar si existen escaleras interiores o exteriores.
- Secciones (en vigas y columnas).
- Tipo de sistema estructural.
- Sistema de piso.
- Indicar si la estructura presenta modificaciones.
- Indicar si cuenta con algún tipo de refuerzo.
- Indicar el año de rehabilitación.
- Fotografía de planos o un croquis.
- Daños estructurales.
- Daños no estructurales.
- Daño en instalaciones.
- Reporte fotográfico del daño.
- Observaciones.

Para hacer más fácil el uso de la cédula digital, se realizó un manual donde se indica, campo por campo, qué información se solicita para que no haya confusión o duda al momento del llenado (Anexo 3.4).

3.4.2.3 Ejemplo de aplicación

En las siguientes figuras se presenta un breve ejemplo del uso de la app descrita. En la fig. 3.6 se muestra la pantalla de inicio. En ésta se tienen dos opciones: a) se ingresa la información de un usuario registrado o la opción de generar una cuenta nueva. Una vez dado de alta el usuario se inicia la sesión y aparecerá la pantalla mostrada en la fig. 3.7.

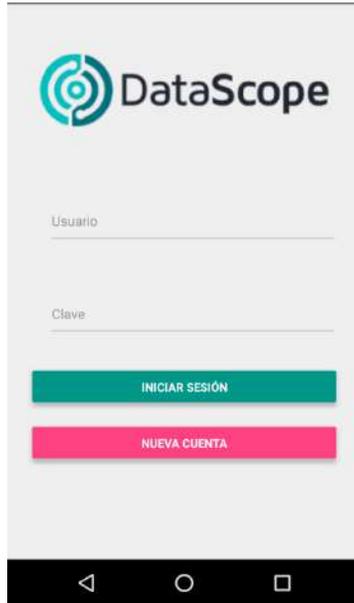


Figura 3.6– Ventana principal



Figura 3.7– Formularios disponibles

Una vez seleccionada la opción de “Cédula Digital de Información de Daños Estructurales por Sismos 7 – 19 septiembre 2017”, aparecerá la pantalla que se muestra en la fig. 3.8. En ésta se solicita la información general del inmueble a revisar.

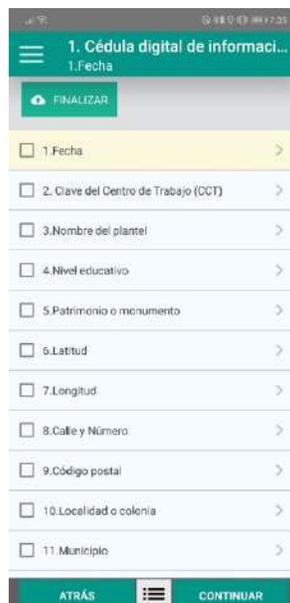


Figura 3.8– Datos generales

Una vez hecho el llenado de la información general del inmueble, se continúa con la segunda parte que corresponderá a cada uno de los edificios que componen el inmueble. En la fig. 3.9 se muestra la información requerida por edificio.



Figura 3.9– Datos por edificio

3.5 RESUMEN DE LA METODOLOGÍA DE CLASIFICACIÓN DE ESCUELAS GLOSI

3.5.1 METODOLOGÍA

El Banco Mundial, en cooperación con la Universidad de los Andes (Bogotá, Colombia), la *Global Facility for Disaster Reduction and Recovery* y la *University College of London*, llevaron a cabo la Propuesta de Clasificación Estructural para Edificios de Concreto Reforzado y Mampostería de Carga (*Global Structural Classification System for Reinforced Concrete (RC) and Load Bearing Masonry (LBM) School Buildings*) con base en los resultados del levantamiento de información que se realizó en los países de Nepal, Perú, El Salvador y Colombia (Medellín).

El primero de los objetivos generales de este estudio consistió en: 1) Revisión de la infraestructura educativa global; 2) Desarrollo de una caracterización de tipologías estructurales; y 3) Definición y selección de edificios índice.

El segundo objetivo general, titulado “*Metodología estándar para la recolección de datos de vulnerabilidad y daño*”, consistió en la recolección de la información de la infraestructura escolar y la investigación del daño y revisión de las condiciones actuales de las escuelas.

Una parte de la propuesta es la obtención de las curvas de vulnerabilidad y de fragilidad mediante estudios analíticos de las estructuras tipo de la infraestructura escolar. El propósito final de la obtención de estas curvas es desarrollar propuestas de reducción del riesgo sísmico de los edificios escolares.

De acuerdo con la información recabada en los diferentes países, en los tres primeros, los edificios revisados fueron solo en escuelas públicas mientras que en Medellín se consideraron también escuelas privadas.

La información recabada para el caso de Nepal fue de los 14 distritos mayormente afectados por los sismos de 2015 en ese país. Para el caso de Perú, la información corresponde al Inventario Nacional de Escuelas Públicas de Perú. La información de las escuelas públicas del Salvador, corresponden al 91% del total.

Un componente central de esta propuesta es la clasificación (taxonomía) de los edificios escolares (Sistema de Clasificación Estructural - *Structural Classification System Breakdown*). Este Sistema consiste en 12 atributos por definir de modo de construir una Biblioteca Global de la Infraestructura Escolar (*Global Library of School Infrastructure - GLoSI*).

El primer punto de esta metodología se refiere a la clasificación, por tipo de sistema estructural (RC o LBM) y material. Para el caso de estructuras a base de muros de carga (LBM), se presentan 11 diferentes clasificaciones por material usado en muros:

1. Estructuras de adobe (A).
2. Mampostería de piedra (UCM/URM1).
3. Piedra braza (no labrada) con mortero de arcilla (UCM/URM2).
4. Piedra labrada con mortero de arcilla (UCM/URM3).
5. Block rectangular con mortero de arcilla (UCM/URM4).
6. Piedra braza (no labrada) y mortero de cemento (UCM/URM5).
7. Piedra labrada y mortero de cemento (UCM/URM6).
8. Block rectangular con mortero de cemento (UCM/URM7).
9. Edificio de marcos de acero con muros de mampostería (SFM).
10. Mampostería confinada (CM).
11. Mampostería reforzada (RM).

Por lo que corresponde a las estructuras de concreto reforzado (RC), la clasificación está dada por cinco diferentes tipos:

1. Marcos de concreto reforzado (RC1).
2. Marcos de concreto reforzado con muros de relleno (RC2).
3. Marcos de concreto reforzado con columnas cortas (RC3).
4. Concreto reforzado combinado o sistema dual (RC4).
5. Estructuras de concreto reforzado sin diseño ingenieril (RC5).

Los otros atributos de la clasificación de las estructuras se refieren a:

- Número de pisos (LR para un nivel, MR para dos y tres niveles y HR para cuatro o más niveles). Las siglas LR, MR y HR se refieren a Low-Rise, Mid-Rise y High-Rise.
- Nivel de diseño sísmico PD (diseño pobre), LD (diseño bajo), MD (diseño medio) y HD (diseño alto).
- Tipo de diafragma (rígido o flexible)
- Irregularidad estructural (horizontal, vertical, ambas).
- Longitud de claros (corto, medio, largo).
- Tipo de columnas (esbeltas, regular) o tamaño de aberturas en muros (pequeñas, grandes aberturas).
- Tipo y flexibilidad de la cimentación (flexible, rígida).
- Riesgo de golpeteo (sí o no).
- Rehabilitación sísmica (estructura original, estructura rehabilitada).
- Condición de la integridad estructural (pobre, adecuada, buena).
- Componentes no estructurales en condiciones de vulnerabilidad (sí o no).

3.6 RECOMENDACIONES SOBRE LEVANTAMIENTO DE DAÑOS

3.6.1 NORMAS MEXICANAS VIGENTES

Existen dos Normas Mexicanas, NMX, que hacen referencia al levantamiento de datos con la finalidad de establecer las condiciones físicas en que se encuentran los inmuebles educativos. Las normas son la NMX-R-079-SCFI-2015 y la NMX-R-084-SCFI-2015. Ambas hacen consideraciones de cómo se debe hacer la inspección para conocer las condiciones de seguridad de las escuelas.

La primera, NMX-R-079-SCFI-2015, lleva por nombre “Escuelas – Seguridad Estructural de la Infraestructura Física Educativa – Requisitos” tiene como objetivo la regulación del proceso de diseño estructural, construcción, rehabilitación y reforzamiento de inmuebles e instalaciones, destinados al servicio del sistema educativo nacional incorporando la reglamentación para el desarrollo de una construcción segura, confiable y habitable para la sustentabilidad, estableciendo las obligaciones y responsabilidades de los distintos entes que intervienen en dicho proceso.

El campo de aplicación de esta norma es a la infraestructura educativa al servicio del sistema educativo nacional, excepto cuando existan regulaciones estatales o municipales que sean más estrictas en su reglamentación.

En esta norma se mencionan las figuras del director responsable de obra, corresponsables o la persona física profesional, calificada y acreditada con registro por las autoridades correspondientes de la localidad, como los responsables de dar cumplimiento de la norma, así como de la utilización de insumos que cumplan con las disposiciones correspondientes.

Si bien, la norma está enfocada al diseño y construcción de la infraestructura educativa, en su capítulo 16, “Diagnóstico y reparación de estructuras existentes”, se dan los criterios que se deben cumplir para realizar el diagnóstico de las condiciones físicas en que se encuentra el inmueble a revisar o diagnosticar.

El propósito de este capítulo es dar “las disposiciones que deben cumplirse para recuperar o verificar los niveles de seguridad estructural de las construcciones escolares existentes. Para lo anterior se deberá desarrollar un proceso de diagnóstico, de rehabilitación y, en los casos donde se aplique, se efectuarán las actividades de conservación de la infraestructura física educativa”.

En los alcances de este capítulo, sección 16.1.3, se establece que estas disposiciones se pueden emplear para la evaluación, diagnóstico y rehabilitación de construcciones escolares. La sección 16.2.3 se refiere a la recopilación de la información básica del inmueble, como memorias, planos arquitectónicos, estructurales, entre otros. También se solicita la información del daño que presenta la estructura y sobre las acciones que los originaron.

En la sección 16.2.4 se presentan los procedimientos para el diagnóstico y evaluación de las estructuras. Se presentan tres niveles de evaluación. Se debe señalar que estos procedimientos de evaluación están encaminados para conocer las condiciones físicas en que se encuentra un inmueble y no por algún daño provocado por un fenómeno natural o humano. El primer nivel, Nivel 1, es una evaluación preliminar para establecer, como ya se dijo, las condiciones de seguridad de la estructura. El segundo nivel, Nivel 2, se aplica dependiendo los resultados del primer nivel y de ser el caso realizar el diagnóstico de las condiciones actuales de vulnerabilidad ante la posibilidad de que se presente algún fenómeno que aumente dicha vulnerabilidad. Por último, el tercer nivel, Nivel 3, se refiere al diagnóstico de las construcciones que, de acuerdo con lo observado en los dos primeros niveles, tengan la evidencia de experimentar, a corto plazo, niveles de vulnerabilidad más elevados que pongan en riesgo la estabilidad de la estructura.

Sin embargo, al final de este punto, se menciona que en caso de una evaluación post-sísmica se podrá aplicar cualquiera de los tres niveles de revisión mencionados.

En lo que resta de este punto, se mencionan aspectos tales como la determinación de las propiedades mecánicas de los materiales, las consideraciones para definir la magnitud del daño observado en insignificante, ligero, moderado, severo y muy grave.

La segunda, NMX-R-084-SCFI-2015, lleva por título “Escuelas – Levantamiento de Datos para el Diagnóstico de la Infraestructura Física Educativa – Directrices y Requisitos” tiene como objetivo “establecer las directrices y requisitos mínimos para llevar a cabo el levantamiento de los datos técnicos, que reflejen el estado físico actual que guarda la infraestructura educativa del País”. Por lo que corresponde al campo de aplicación se dice que es aplicable a los inmuebles de las escuelas de educación básica al Servicio del Sistema Educativo Nacional.

En el capítulo 5 “Terminología”, se menciona, en 5.1, la acreditación de los encuestadores por medio de un proceso mediante el cual una persona obtiene el reconocimiento oficial para poder ser contratado como encuestador en el proceso de Levantamiento de Datos para el Diagnóstico de la Infraestructura Física Educativa.

En 5.2, se hace mención de la Cédula de Información Técnica (CIT) como el *“instrumento diseñado a partir de las necesidades y requisitos mínimos definidos en la presente Norma, a través del cual se realiza el levantamiento y recopilación in situ de la información técnica necesaria para la elaboración del diagnóstico de los inmuebles educativos”*.

En el capítulo 6 “Levantamiento técnico de datos”, en 6.1 se indica que el levantamiento de datos se debe realizar utilizando el formato CIT y en el caso de que se requiera mayor detalle en la información, se podrá utilizar el formato del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) y el del Instituto Local de Infraestructura Física Educativa en el Distrito Federal.

En los puntos siguientes se mencionan los procedimientos para realizar el levantamiento de datos, pero éste no estará completo hasta que no se cumpla con lo establecido en 6.5.3 “Requisitos de un expediente completo”. En este punto se menciona que un expediente se considerará completo cuando “se haya capturado toda la información de la CIT impresa y que se hayan adjuntado los archivos electrónicos del documento que ampara la propiedad del terreno, plano de conjunto, del oficio de visita con sello de la escuela y firmado por el director, además del expediente fotográfico y de la CIT original escaneada”.

Las cédulas CIT fueron recibidas por parte del INIFED; la información ahí contenida se vació a la base de datos sin revisar si su contenido cumplía con la normatividad interna del INIFED.

3.6.2 RECOMENDACIONES PRELIMINARES SOBRE LEVANTAMIENTO DE DAÑOS

Con base en la información observada en las cédulas proporcionadas y en las visitas a los diferentes inmuebles se pueden hacer los siguientes comentarios y recomendaciones:

- Establecer un protocolo de acción ante eventos sísmicos eficaz.
- Unificar criterios, métodos y formatos para las evaluaciones de las estructuras independientemente del uso que dé.
- Ante un fenómeno natural, como los movimientos sísmicos, es necesario establecer diferentes niveles de revisión, los cuales se sugieren sean dos: a) revisión rápida y b) revisión exhaustiva. Lo anterior con la finalidad de dar prioridad a las estructuras con daños menores y sean ocupadas lo antes posible, mientras que, las estructuras con daños significativos sean evaluadas por expertos a fin de rehabilitarlas.
- Establecer un criterio único de evaluación del daño en una estructura, con el fin de catalogar el daño y prestar principal atención en estructuras con un nivel daño intermedio a fin de poderlas ocupar lo antes posible.
- Como apoyo a la descripción de los daños observados en una estructura, es necesario hacer un reporte fotográfico con la suficiente cantidad de fotografías de tal manera que, ante alguna duda, se pueda describir lo sucedido con el soporte de este material.
- Designar a una instancia responsable el levantamiento de daños, la cual sea la encargada de la logística de las revisiones y de los criterios antes mencionados, con la finalidad de agilizar procesos y mitigar riesgos.
- Hacer uso de las tecnologías de la información que permitan disponer de la información recabada en campo con prontitud.
- La institución responsable debe de brindar a su personal responsable de las revisiones la capacitación necesaria para saber cómo actuar ante una emergencia con prontitud.
- Lograr que el INIFED sea la instancia que coordine las revisiones y sea la depositaria de la información por parte de las instancias locales.

CAPÍTULO 4

ANÁLISIS DE LA BASE DE DATOS

4.1 INTRODUCCIÓN

Se describen las características de los prototipos del INIFED. Se presentan y discuten los datos de la base desarrollada según el tipo de material, entidad federativa, sistema estructural y nivel de daño. Se incluye una descripción de los tipos de fallas predominantes en los prototipos. Se presenta la evidencia de daños en bardas en los planteles escolares, en términos del tipo y frecuencia. Finalmente, se adelantan algunas conclusiones de carácter preliminar.

4.2 PROTOTIPO ESTRUCTURA REGIONAL

4.2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROTOTIPO

El prototipo Estructura Regional consiste en una edificación de un nivel para aulas con muros de carga de mampostería de tabique o block de concreto. La cubierta es a dos aguas con una pendiente del 15%. Existen seis variantes de dicho prototipo de acuerdo con distintas características de dimensiones, estructuración y tipo sistema de cubierta. En la tabla 4.1 se muestran las características de los diferentes prototipos. Los detalles constructivos y de diseño se pueden consultar en el Anexo 4.1. Todas las variantes del prototipo regional fueron diseñadas en 1986.

Tabla 4.1 Geometría Estructuras Regionales

Subgrupo		Geometría					Material de Azotea
		Niveles	Claro Longitudinal, m	Claro Transversal, m	Altura libre de cerramiento m	Apoyo	
Techumbre ligera	Regional 6.00 x 5.30 Techumbre ligera	1	6.00	5.30	2.50	Muros de carga de mampostería. Techumbre apoyada sobre largueros metálicos de sección "C"	Láminas acanaladas zintro, pintro, Multipanel o similar
	Regional 6.00 x 6.00 Techumbre ligera		6.00	6.00			
	Regional 6.00 x 8.00 Techumbre ligera		6.00	8.00			
Los de concreto, con mocheta exterior	Regional 6.00 x 5.30 losa de concreto con mocheta ext.	1	6.00	5.30	2.50	Muros de carga hechos de mampostería. Techumbre apoyada sobre los muros transversales, trabe central y cerramientos. Los cerramientos se apoyan su vez sobre mochetas de mampostería confinada en sus extremos con castillos de concreto. En muros cabeceros las mochetas sobresalen para proporcionar mayor resistencia a sismo.	Los de concreto
	Regional 6.00 x 6.00 losa de concreto con mocheta ext.		6.00	6.00			
	Regional 6.00 x 8.00 losa de concreto con mocheta ext.		6.00	8.00			
Los de concreto	Regional 6.00 x 5.30 losa	1	6.00	5.30	2.50	Muros de carga hechos de mampostería. Techumbre apoyada sobre los muros transversales, trabe central y cerramientos. Los cerramientos se apoyan su vez sobre mochetas de mampostería confinada en sus extremos con castillos de concreto.	Los de concreto
	Regional 6.00 x 6.00 losa		6.00	6.00			
	Regional 6.00 x 8.00 losa		6.00	8.00			

4.2.1.1 Diferencias detectadas entre las estructuras construidas y los prototipos

A partir del análisis de la información contenida en las cédulas obtenidas en el proceso de inspección y levantamiento de daños coordinado por el INIFED, se pudo apreciar que en algunas de las escuelas existen algunas variaciones de lo establecido en las características del prototipo (en planos y catálogo) con respecto a lo que en el campo se presenta. Algunas de estas variaciones son:

- Las dimensiones de las crujiás longitudinal y transversal no coinciden con las enunciadas en el catálogo (fig. 4.1).

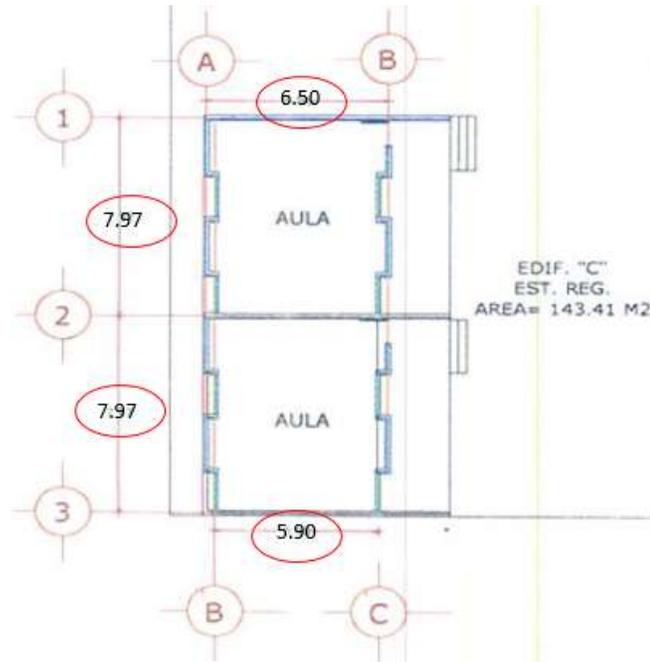


Figura 4.1– Diferencia en dimensiones de crujiás de una Estructura Regional con losa de concreto - Primaria Francisco I. Madero en el estado de Guerrero

- Imitaciones de aulas prototipo, donde se puede apreciar que el estilo de la edificación es replicado sin que éste realmente se apege a lo establecido por el INIFED. Esto se puede observar en la fig. 4.2. donde se tiene contrafuertes que sobresalen intermedios, mientras que en el prototipo se indica que éstas sólo se deberían ubicar en muros cabeceros



Figura 4.2– Mochetas que sobresalen en muro intermedio, Estructura Regional con losa de concreto. Primaria Francisco I. Madero, estado de Guerrero

- Variación de material en cubiertas (Arco techo, vigueta y bovedilla, tejas con vigas de madera, panel w) y muros (adobe, lamina, vitrobloc), fig. 4.3.

EDIFICIO	ESTRUCTURA	No. E. E.	ESPECIFICACION MATE	
			MUROS	CUBIERTA
"A"	ATÍPICA	1	TABIQUE	CONCRETO
"B"	REG. "C"	2	TABIQUE	VIGUETA Y BOVEDILLA

Figura 4.3– Variación en materiales de cubierta.

4.2.2 UNIVERSO Y DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA

De acuerdo con la información recabada, se tienen 2,838 edificaciones correspondientes a alguna de las versiones de los prototipos regionales en 944 diferentes Centros de Trabajo (CCT). En la figura 4.4 se muestra la distribución por entidad federativa. El mayor porcentaje de estructuras regionales inspeccionadas corresponde al estado de Chiapas, seguido por el Estado de México y Oaxaca. Estos tres estados concentran el 80% de las escuelas regionales inspeccionadas.

El año de construcción es un parámetro fundamental para establecer la vulnerabilidad de las edificaciones por dos razones principales. La primera tiene que ver con que a medida que la edificación es más antigua, es probable que haya sufrido deterioro por el mismo paso del tiempo o por el efecto de eventos anteriores. La segunda se refiere a las prácticas de diseño y construcción con las que fueron construidas. Las edificaciones diseñadas y construidas en décadas pasadas tienen, casi en su totalidad, características (dimensiones, cuantía y detallado de refuerzo de elementos) poco aptos para un comportamiento sísmico adecuado. En la figura 4.5 se muestran los porcentajes de prototipos regionales por año de construcción. Desafortunadamente existe un alto porcentaje de edificios (18%) en los cuales no se tiene información acerca del año de construcción. Se puede observar que el mayor porcentaje de edificaciones con este prototipo se construyó entre 1970 y 1989 (42%).

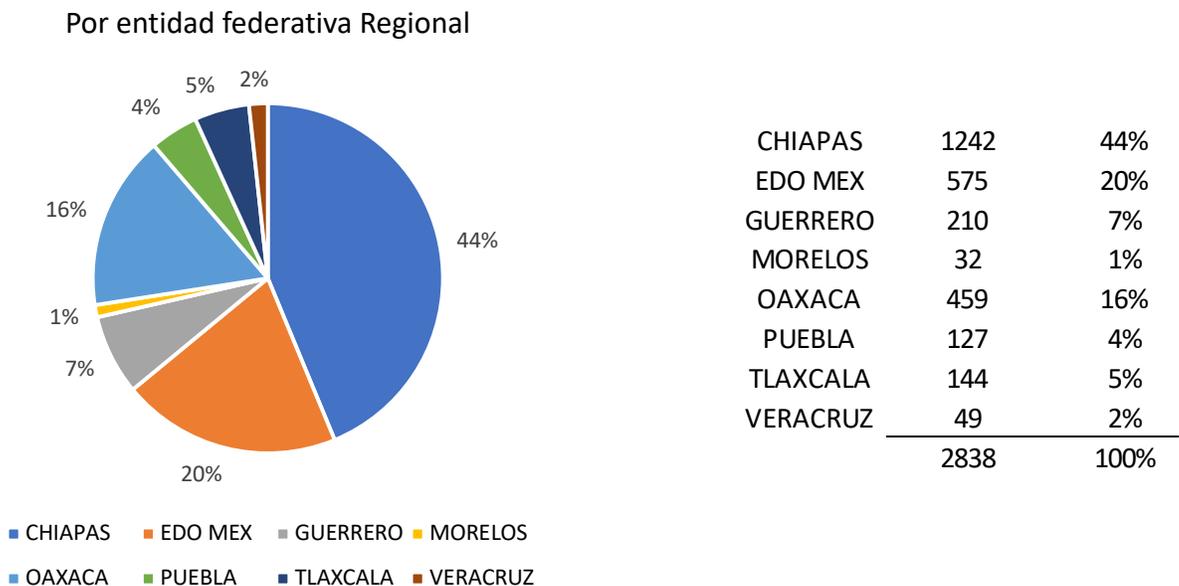


Figura 4.4– Porcentaje y número de prototipos regionales por entidad federativa.

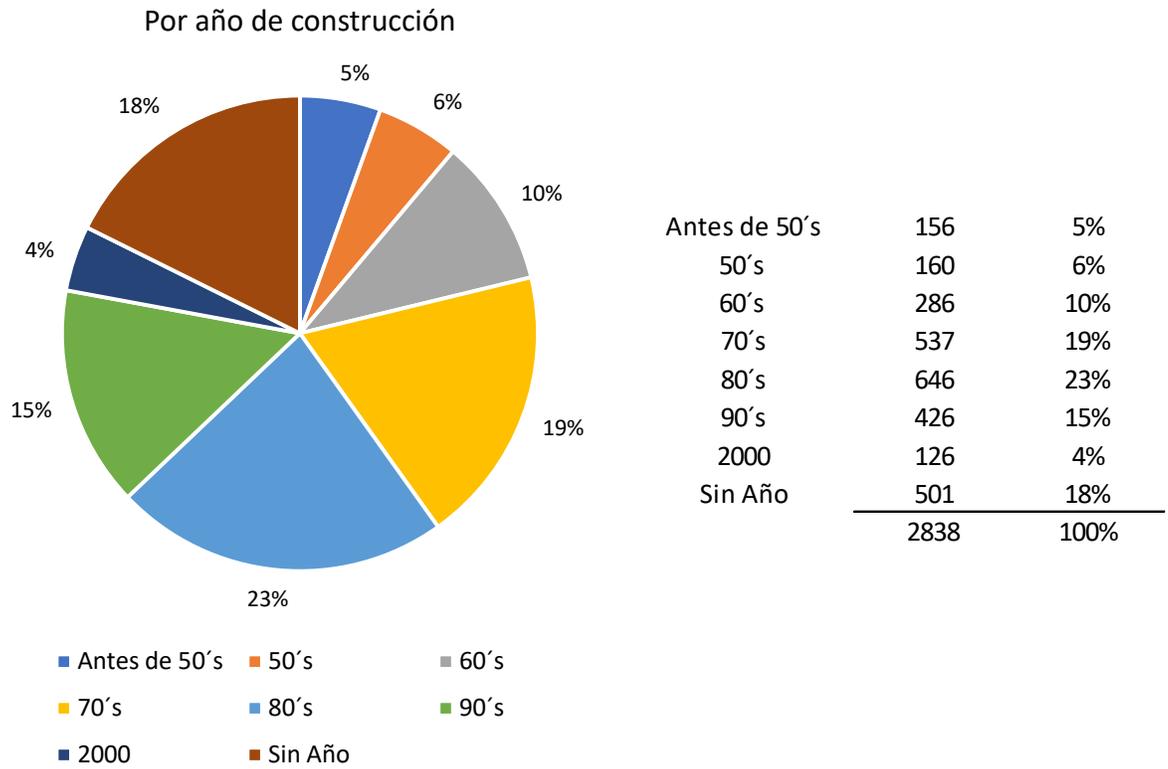


Figura 4.5– Porcentaje y número de prototipos regionales por año de construcción.

Por año de construcción Pre y Post 85

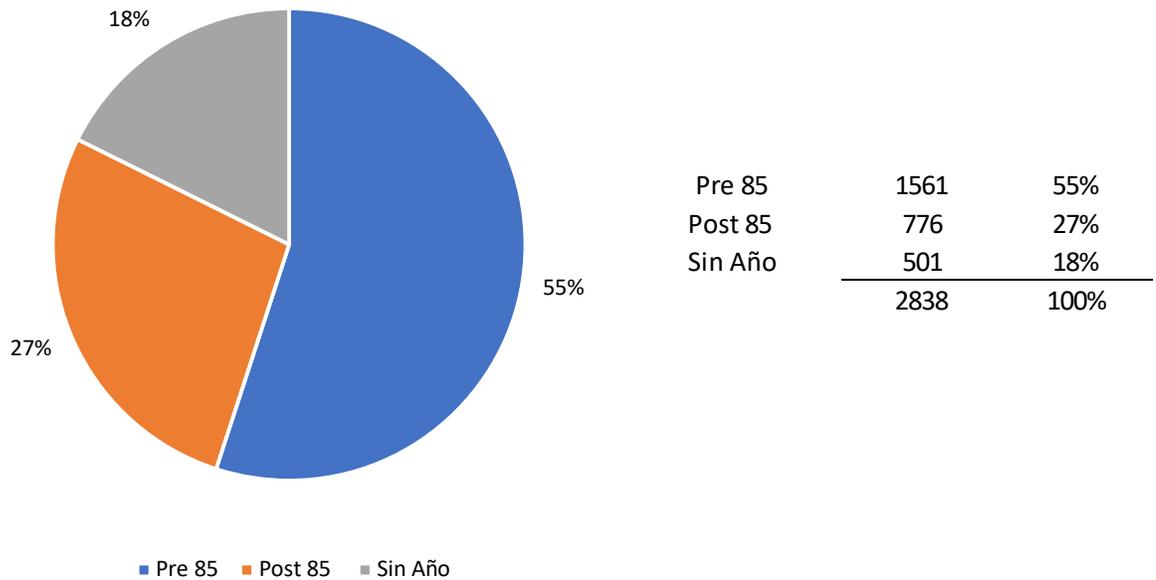


Figura 4.6– Porcentaje y número de prototipos regionales construidos antes y después de 1985

A partir del sismo de 1985, los reglamentos y las prácticas constructivas en el país sufrieron grandes modificaciones, y los diseños comenzaron a incorporar conceptos del diseño sismorresistente de manera mucho más eficiente. En la fig. 4.6 se muestra el porcentaje de escuelas regionales construidas antes y después de 1985. De la información recabada, se puede ver que se cuenta con un inventario de casi el doble de escuelas construidas antes de 1985 que las que se construyeron posteriormente.

Como se muestra en la Tabla 4.1, los nueve prototipos regionales se han agrupado en tres subgrupos de acuerdo con sus características estructurales. Así mismo se ha agregado una categoría o prototipo REG, el cual corresponde a las estructuras identificadas como regionales en las que no se pudo identificar uno de los nueve prototipos (falta de información, medidas de crujiás, etc.). En la fig. 4.7 se muestra la distribución porcentual por tipología estructural.

La gran mayoría de los prototipos regionales inspeccionados corresponde a una configuración de muros de carga con una losa maciza de concreto (67%). Existe un gran porcentaje de edificaciones en las cuales no se pudo identificar a que prototipo se refería (19%). Solamente el 1% corresponde a edificaciones construidas con algún tipo de techumbre ligera. Es importante recordar que la mayor parte de este tipo de estructuras se ubicó en los estados de Chiapas y Oaxaca, que también son vulnerables a la acción de huracanes, por lo que probablemente el uso de techumbres ligeras no es muy recurrente.

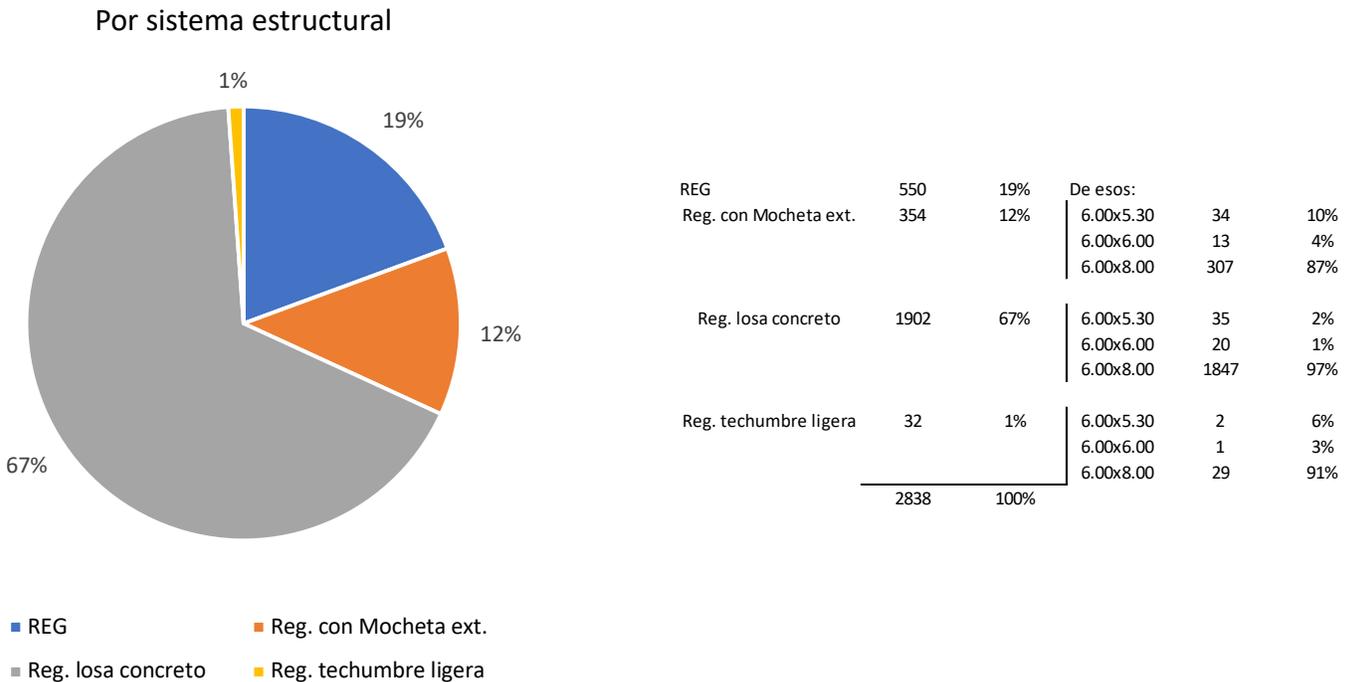


Figura 4.7– Porcentaje y número de prototipos regionales por tipología estructural

En la fig. 4.8 se muestra el análisis del número de edificaciones clasificadas respecto al material del que están construidos los muros. Se puede observar que la mayoría están construidos con muros de tabique ya sea macizo o hueco (82%). Solamente en 1% se reportan algunos otros materiales

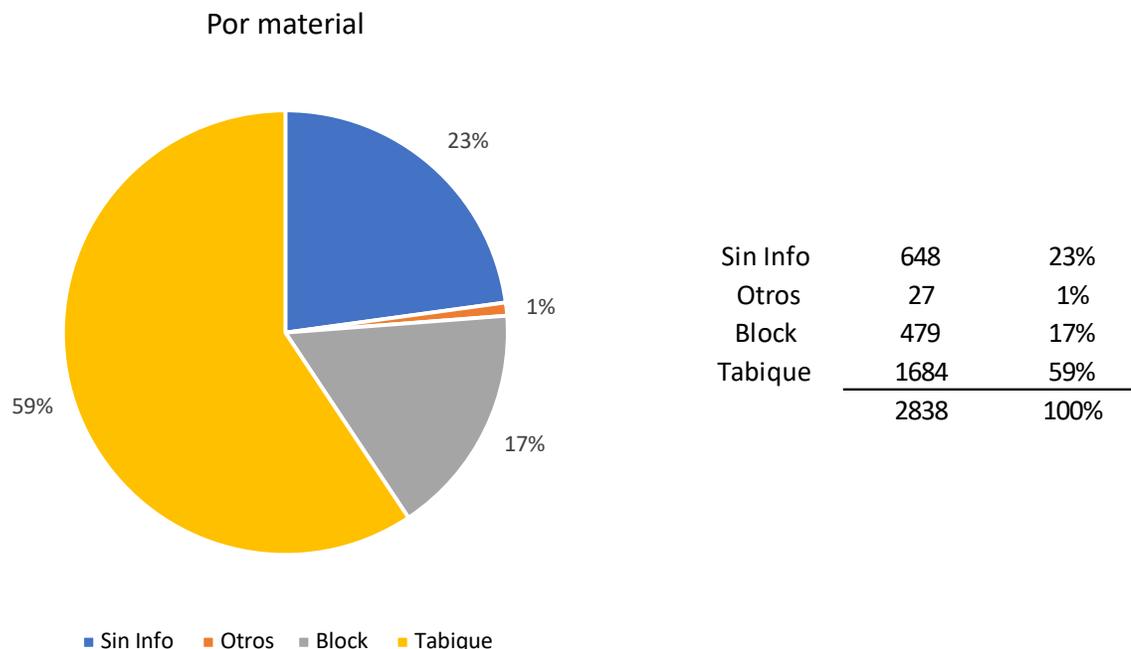


Figura 4.8– Porcentaje y número de prototipos regionales por material de los muros.

4.2.3 UNIVERSO Y DISTRIBUCIÓN DE ESTRUCTURAS DAÑADAS

En el proceso de levantamiento de daños después de los sismos del 7 y 19 de septiembre del 2017, se clasificaron los daños en cuatro niveles de acuerdo con lo que los inspectores observaron en campo. Los niveles de clasificación fueron: nulo, ligero, medio y grave. La clasificación se realizó de acuerdo con la experiencia de cada uno de los equipos de reconocimiento sin tomar en cuenta ni tipos ni espesores de grieta.

En las fig. 4.9 se muestran los porcentajes de edificaciones en los que se reportaron daños en muros, castillos y dalas o vigas, respectivamente. De los tres elementos estructurales, la mayor cantidad de daño que se observó correspondió a daño en los muros; el 64% de las edificaciones se reporta sin daño en los muros y el 13% con daño ligero, sumando un 77% de estructuras en las cuales el daño en muros fue muy poco. Del 23% restante, solamente el 4% se reportó con daños graves. Para el caso de los castillos y dalas, solamente en el 5% de las edificaciones se reportó algún nivel de daño.

Con la finalidad de establecer algún parámetro global de daño se realizó un análisis en el cual se clasificaron las estructuras de acuerdo con el nivel de daño más alto que se reportó en cualquiera de sus elementos estructurales. De esta manera, si se reportó daño grave en dalas, pero no en el muro, la estructura clasifica como gravemente dañada. Esta manera de clasificar el daño tiende a ser conservadora, pero permite tener una visión global de la distribución del daño general. En la figura 4.9 se muestran los porcentajes de escuelas con diferentes niveles de daño. Incluso con esta metodología conservadora, el 73% de las edificaciones inspeccionadas se reportan con daño nulo o ligero. El 22% se reporta con algún elemento con daño medio y solamente el 6% reporta algún elemento con daño grave.

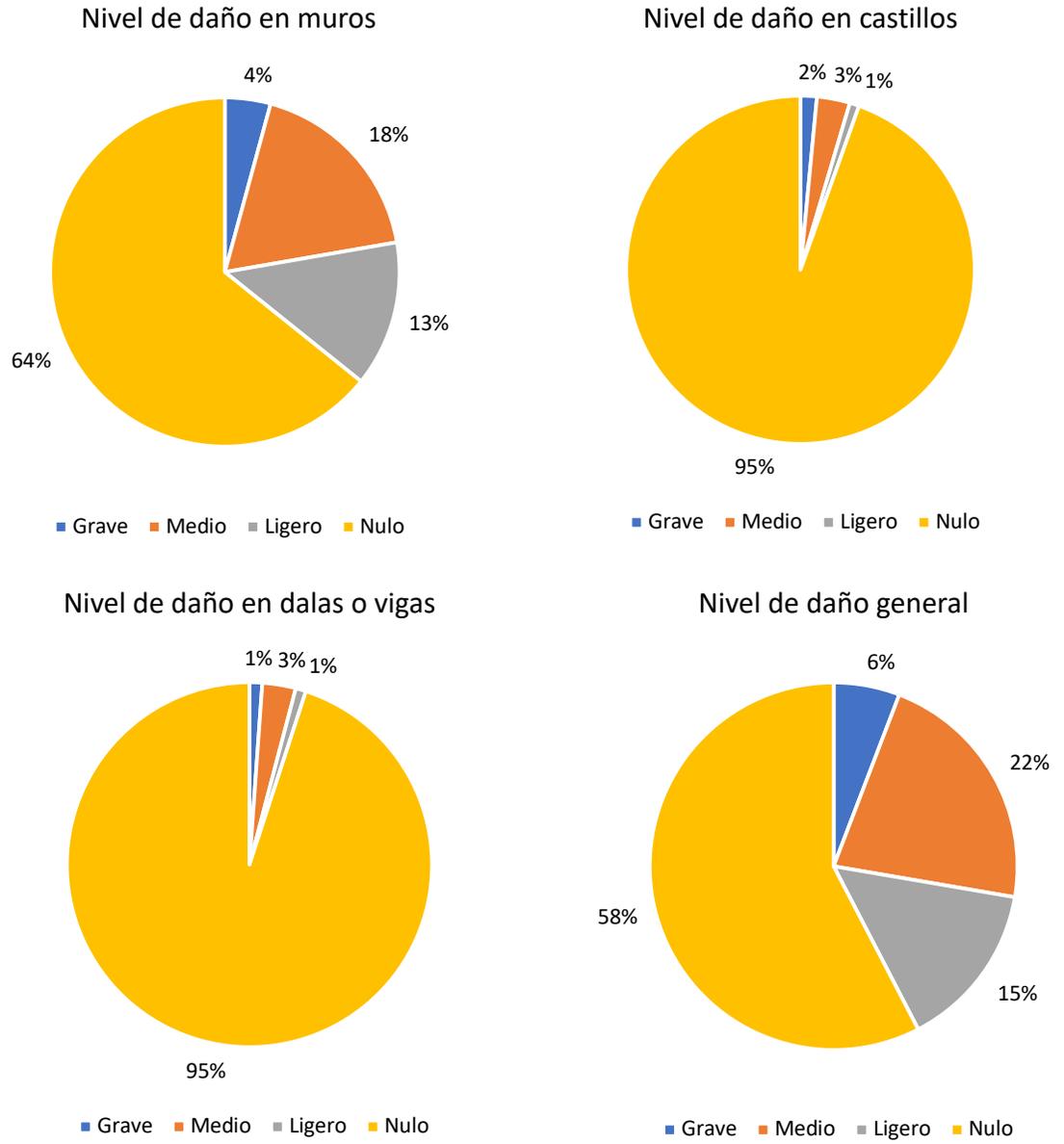


Figura 4.9– Distribución de daño por elemento y daño general

Daño nulo por entidad federativa

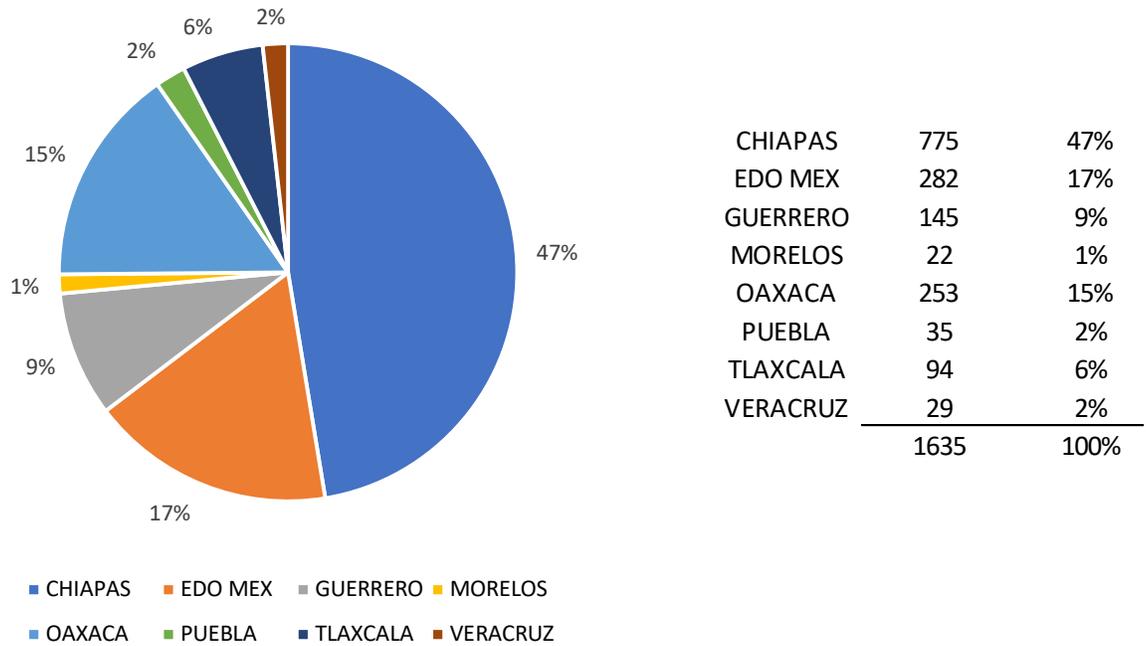


Figura 4.10– Edificios regionales con daño nulo por entidad federativa

Daño ligero por entidad federativa

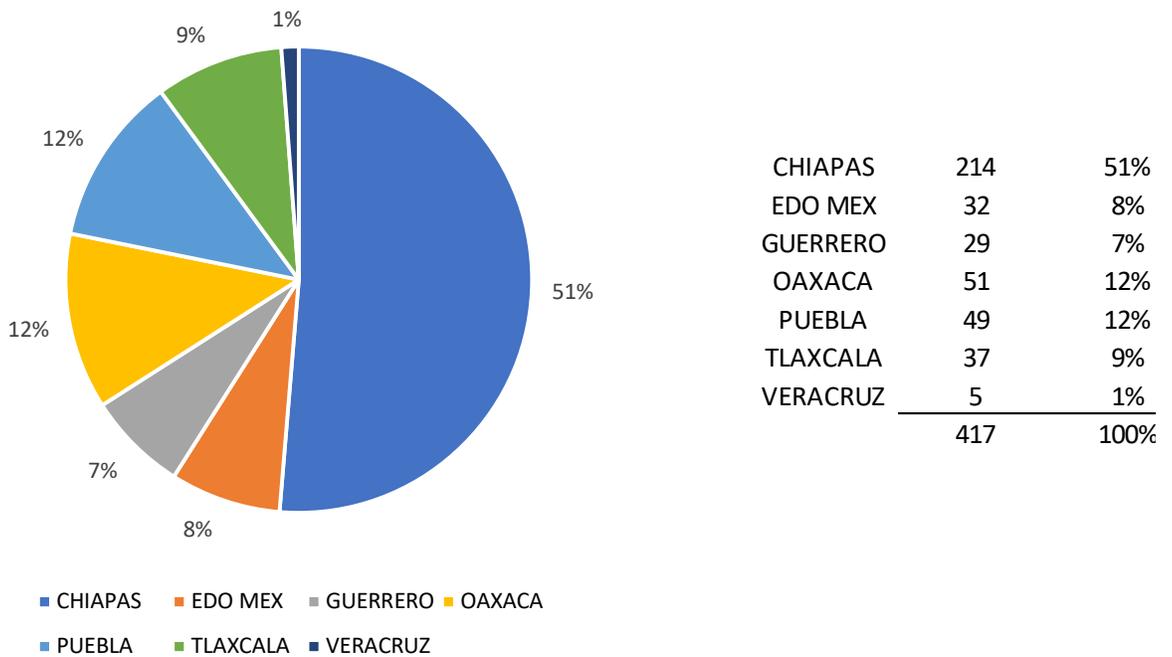
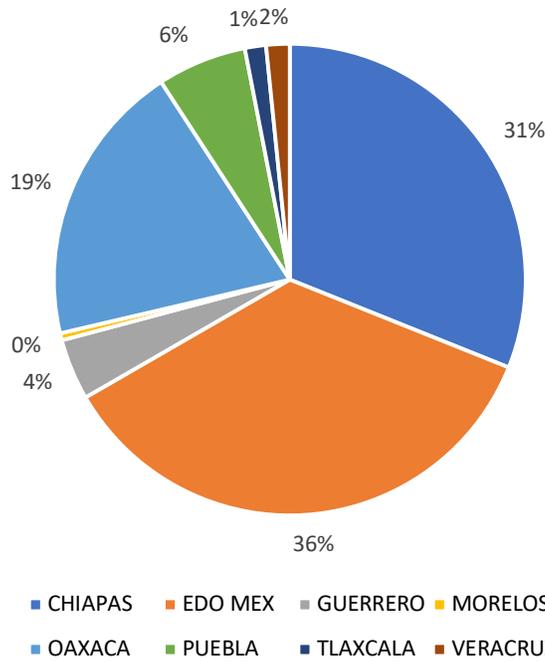


Figura 4.11– Edificios regionales con daño ligero por entidad federativa

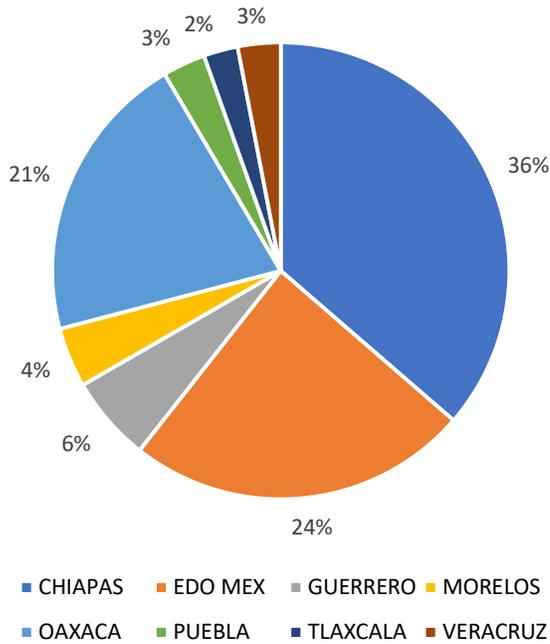
Daño medio por entidad federativa



CHIAPAS	193	31%
EDO MEX	221	36%
GUERRERO	26	4%
MORELOS	3	0%
OAXACA	121	19%
PUEBLA	38	6%
TLAXCALA	9	1%
VERACRUZ	10	2%
Total	621	100%

Figura 4.12– Edificios regionales con daño medio por entidad federativa

Daño grave por entidad federativa



CHIAPAS	60	36%
EDO MEX	40	24%
GUERRERO	10	6%
MORELOS	7	4%
OAXACA	34	21%
PUEBLA	5	3%
TLAXCALA	4	2%
VERACRUZ	5	3%
Total	165	100%

Figura 4.13– Edificios regionales con daño grave por entidad federativa

En las figuras 4.10 a la 4.13 se muestra la desagregación de las edificaciones registradas con diferentes niveles de daño por entidad federativa. Se puede observar que, aunque en el Estado de México se reporta menor número de edificaciones de este prototipo, el mayor porcentaje de escuelas con daño medio es en esta entidad y en aquellas con daño grave, el porcentaje en el Estado de México es cercano al de Chiapas.

4.2.4 TIPOS DE FALLA

Los tipos de falla observados en las estructuras regionales, a base de muros de mampostería, producto de los sismos del 7 y 19 de septiembre de 2017 se muestran a continuación:

4.2.4.1 Muros de mampostería confinada

- Tensión diagonal (fig. 4.14): Representa el tipo de falla predominante en la tipología de mampostería. Se presenta por falta de resistencia ante la fuerza cortante lateral del muro.

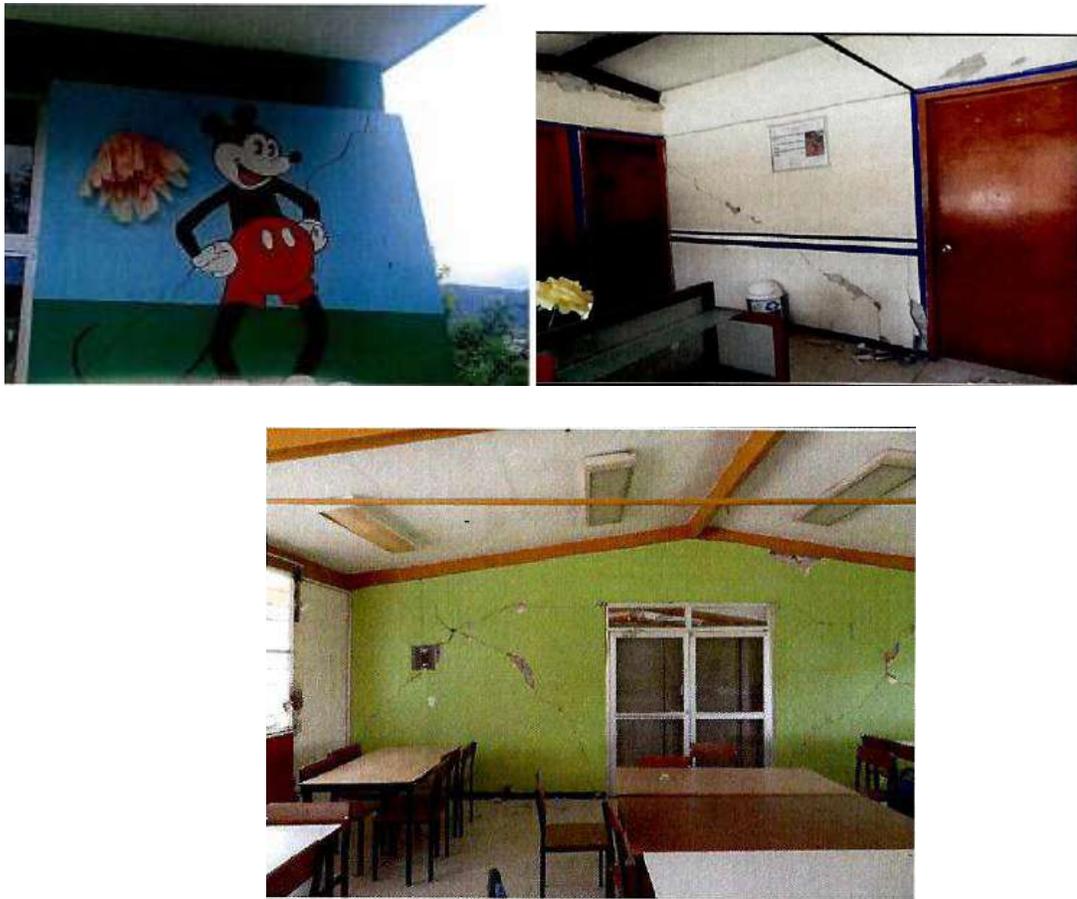


Figura 4.14– Daño en muros por tensión diagonal

- Falla por compresión (fig. 4.15).



Figura 4.15– Daño en muros por compresión.

- Aplastamiento del muro por la interacción con la estructura principal (fig. 4.16):



Figura 4.16– Daño en muros por aplastamiento por la interacción con la estructura principal

- Muros bajo ventana (fig. 4.17):



EDIFICIO " A " FISURAS EN MUROS BAJO VENTANA

Figura 4.17– Daño en muros bajo ventana

4.3 ESTRUCTURAS URBANAS DE CONCRETO

4.3.1 DESCRIPCIÓN DEL PROTOTIPO

Los prototipos de edificaciones urbanas corresponden a estructuras de marcos de concreto reforzado de diferentes características. Su clasificación más general depende del número de niveles, de donde se desprenden tres tipos de estructuras (fig. 4.18): urbana de concreto de un nivel (U1C), urbana de concreto de dos niveles (U2C) y urbana de concreto de tres niveles (U3C). De cada una de estos grupos se cuenta con diferentes versiones de acuerdo con el año en que fueron diseñadas (1970, 1985 y 1990). A continuación, se describen cada uno de estos prototipos. En la tabla 4.2 se resumen las características de todos los prototipos.



Figura 4.18– Estructuras urbanas de concreto en sus diferentes versiones

Tabla 4.2 Resumen de características de las diferentes versiones de U1C, U2C y U3C

PROTOTIPO	DISEÑO	NO. DE NIVELES	ALTURA DE ENTREPISO (m)	SISTEMA ESTRUCTURAL	MATERIALES	CLAROS (m)		CUBIERTA			COLUMNAS (m)		REFUERZO
						Longitudinal	Transversal	Tipo	Material	Pendiente (%)	A	B	
U1C (70)	1970	1	2.5	Marcos rígidos de concreto armado	Concreto $f_c=200\text{kg/cm}^2$	3.19	8	Losa a dos aguas	Concreto	3	0.25	0.45	Sin refuerzo
U1C (85)	1985	1	2.5	Marcos rígidos de concreto armado	Concreto $f_c=250\text{kg/cm}^2$	3.24	8	Losa a dos aguas	Concreto	3	0.30	0.45	Muros de concreto o contraventeos postensados
U1C (90)	1990	1	2.5	Marcos rígidos de concreto armado	Concreto $f_c=250\text{kg/cm}^2$	3.24	8	Losa a dos aguas	Concreto	15	0.30	0.45	Muros de concreto o contraventeos postensados
U2C (70)	1970	2	2.5	Marcos rígidos de concreto armado	Concreto $f_c=200\text{kg/cm}^2$	3.19	8	Losa a dos aguas	Concreto	3	0.35	0.45	Sin refuerzo
U2C (85)	1985	2	2.5	Marcos rígidos de concreto armado	Concreto $f_c=250\text{kg/cm}^2$	3.24	8	Losa a dos aguas	Concreto	3	0.30	0.45	Muros de concreto o contraventeos postensados
U2C (90)	1990	2	2.5	Marcos rígidos de concreto armado	Concreto $f_c=250\text{kg/cm}^2$	3.24	8	Losa a dos aguas	Concreto	15	0.30	0.45	Muros de concreto o contraventeos postensados
U3C (70)	1970	3	2.5	Marcos rígidos de concreto armado	Concreto $f_c=200\text{kg/cm}^2$	3.19	8	Losa a dos aguas	Concreto	3	0.35	0.45	Sin refuerzo
U3C (85)	1985	3	2.5	Marcos rígidos de concreto armado	Concreto $f_c=250\text{kg/cm}^2$	3.24	8	Losa a dos aguas	Concreto	3	0.30	0.45	Muros de concreto o contraventeos postensados
U3C (90)	1990	3	2.5	Marcos rígidos de concreto armado	Concreto $f_c=250\text{kg/cm}^2$	3.24	8	Losa a dos aguas	Concreto	15	0.30	0.45	Muros de concreto o contraventeos postensados

Como se observa en la tabla 4.2, las principales diferencias que existen entre cada uno de los prototipos de un nivel radican en la resistencia del concreto utilizado ($f'_c=200 \text{ kg/cm}^2$ para la versión 70 y $f'_c=250 \text{ kg/cm}^2$ en sus versiones 85 y 90), el tamaño de los claros longitudinales, las dimensiones de las secciones en columnas y, sobre todo, el reforzamiento que se implantó en las estructuras después del sismo de 1985. La finalidad de realizar estos cambios fue hacer más rígidas y resistentes a las estructuras después del sismo de 1985, debido a que muchas resultaron muy dañadas luego de este evento.

Las estructuras de concreto son muy características de zonas urbanas, debido a las necesidades y a la tecnología constructiva que es característica de las zonas con mayor población. Por tal motivo, las estructuras de concreto no se verán tan a menudo en regiones alejadas de los centros urbanos debido a que en esas zonas las estructuras regionales predominan más.

La altura de entrepiso para todos los prototipos es de 2.50 m, un claro transversal de 8 m y el longitudinal, para su versión de la década de los 70's, de 3.19 m, y una variación de 5 centímetros para sus dos posteriores versiones, dando un claro de 3.24 m para la 85 y 90; una cubierta tipo losa a dos aguas con una pendiente del 3% fabricada en concreto para las versiones 70 y 85, para la década de los noventa fue aumentada al 15%; las columnas son rectangulares, en su primera versión sus dimensiones son de 0.25 x 0.45 m, para las siguientes se vieron modificadas a una dimensión de 0.30 x 0.45 m. En este tipo de estructuras se utilizaron refuerzos consistentes en muros de concreto o contravientos postensados después del sismo de 1985.

En el caso del prototipo de tres niveles (U3C) las dimensiones de las columnas poseen características geométricas variables entre sí, excepto para los U3C 85 y 90, compartiendo una dimensión de 0.30 x 0.45 m. Sin embargo, en 1970 aparecen dos diferentes prototipos U3C para las zonificaciones sísmicas A y B del Manual de Diseño de Obras Civiles de CFE (baja sismicidad), y otro U3C para las zonas C y D del mismo Manual (alta sismicidad). Estas poseen todas las dimensiones antes mencionadas y en lo único que difieren es en el ancho y peralte de las columnas, que son de 0.25 x 0.45 m, y 0.35 x 0.45 m, respectivamente.

En la fig. 4.18 se pueden observar ejemplos de las estructuras urbanas de concreto en sus diferentes versiones.

4.3.1.1 Diferencias detectadas entre las estructuras construidas y los prototipos

El modelo prototípico especificado por INIFED tiene medidas precisas para los claros, secciones y alturas de entrepiso. Sin embargo, como se puede constatar con las cédulas revisadas, la gran mayoría de las construcciones no cumple con dichas especificaciones. Usualmente, los claros son mayores que los indicados en el prototipo. El sistema de cubierta que se propone en el diseño es a base de losas de concreto armado perimetralmente apoyadas. A pesar de ello, ciertas estructuras fueron resueltas con sistemas de losa aligerada (láminas).

El parámetro que presenta mayor desviación respecto del prototipo es la distribución de aulas. La revisión de las cédulas y las visitas efectuadas a ciertos planteles constatan que el número de entre ejes y la cantidad de aulas por edificio. A continuación, se enlistan algunas diferencias puntuales entre las estructuras inspeccionadas y los prototipos.

- Escaleras externas con muchas variaciones. - Cuando las escaleras se construyen como un cuerpo externo la mayoría de las veces se dan de forma muy variada, adecuando al espacio y niveles de terreno distintos; sin embargo, algunas fotos demuestran que la calidad y manera de solucionar puede no ser la ideal (figura 4.19).



Figura 4.19– Ejemplos de escaleras no construidas de acuerdo con los prototipos.

- Muros.- Existe mucha diferencia entre la altura de muro de ventanas y la colocación de la cancelería, lo que puede poner en riesgo el comportamiento de la estructura. Otra gran diferencia es la deficiencia en el desligue de los muros no estructurales de acuerdo lo señalado para los prototipos (figura 4.20).

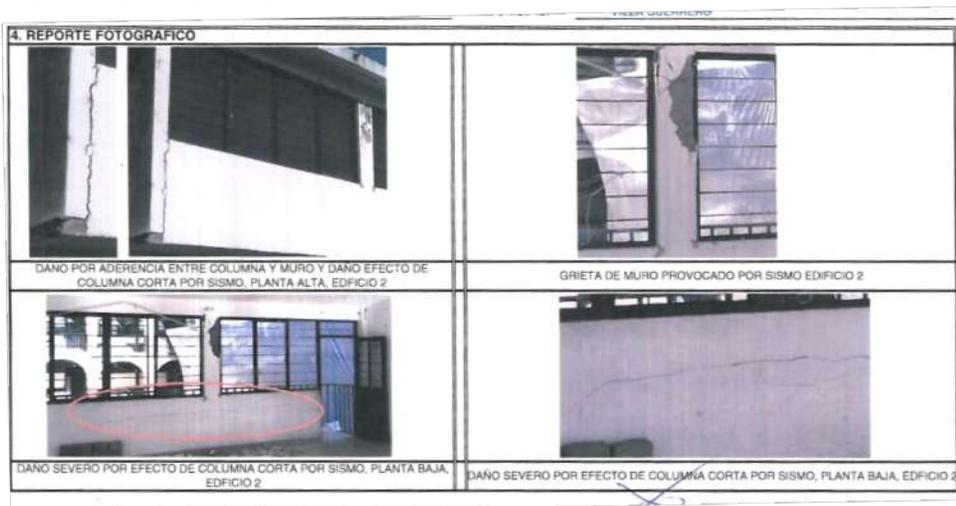


Figura 4.20– Daños por la deficiencia en el desligue de muros no estructurales.

4.3.2 UNIVERSO Y DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA

De acuerdo con la información recabada, se reportan 1,141 edificaciones correspondientes a alguna de las versiones de los prototipos urbanos de concreto. En la figura 4.21 a 4.23 se muestra la distribución por entidad federativa de cada uno de los prototipos. El mayor porcentaje de edificaciones U1C inspeccionadas de este prototipo corresponden al estado de Chiapas, seguido por Oaxaca y el Estado de México. Estos tres estados concentran el 72%. Para el caso de las U2C, el mayor porcentaje corresponde al Estado de México, seguido por la CDMX y Oaxaca. En cuanto a las U3C, casi la totalidad se ubican en la CDMX.

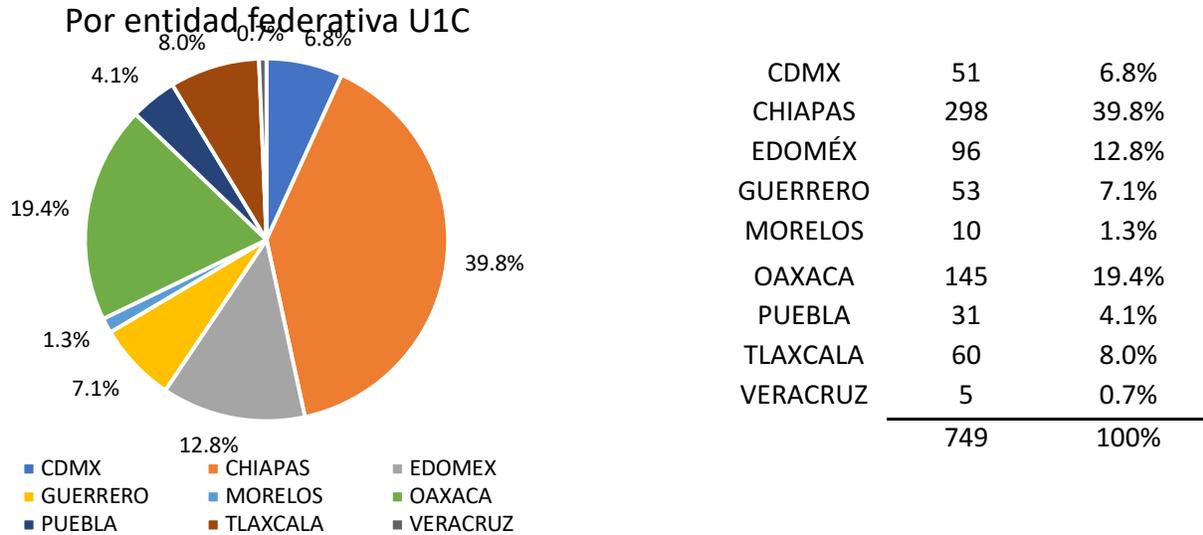


Figura 4.21– Porcentaje y número de prototipos U1C por entidad federativa.

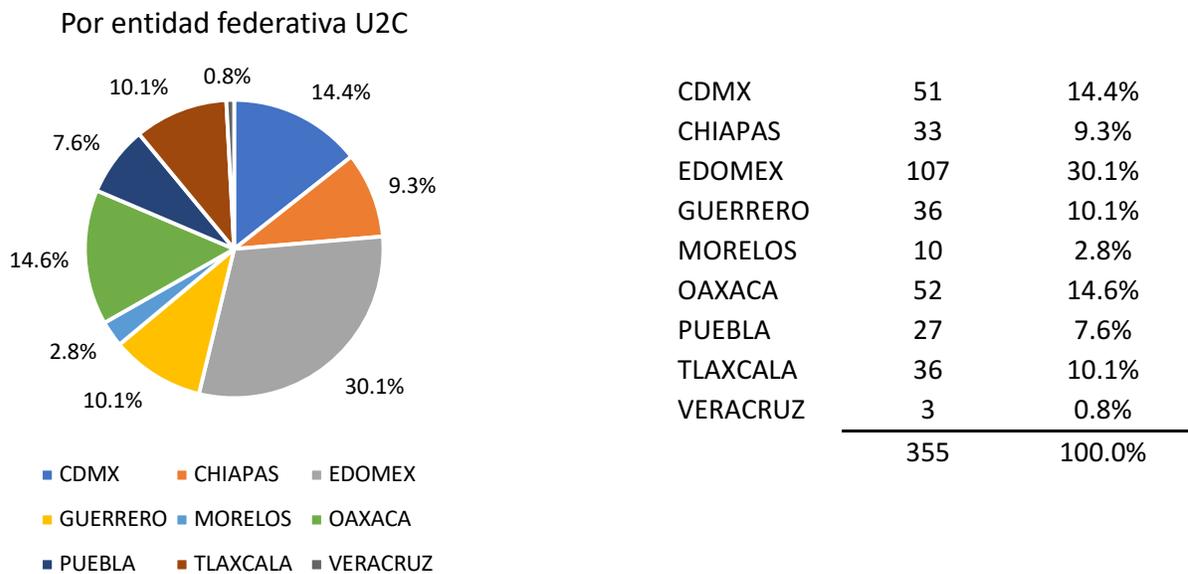
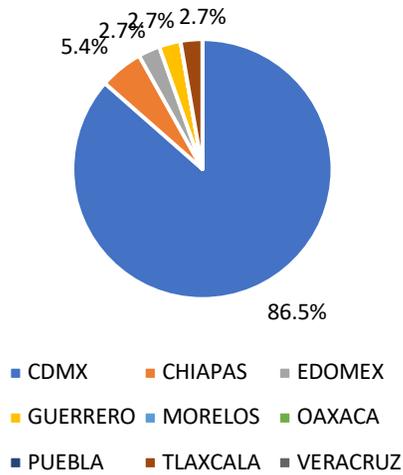


Figura 4.22– Porcentaje y número de prototipos U2C por entidad federativa.

Por entidad federativa U3C



CDMX	32	86.5%
CHIAPAS	2	5.4%
EDOMEX	1	2.7%
GUERRERO	1	2.7%
MORELOS	0	0.0%
OAXACA	0	0.0%
PUEBLA	0	0.0%
TLAXCALA	1	2.7%
VERACRUZ	0	0.0%
Total	37	100.0%

Figura 4.23– Porcentaje y número de prototipos U3C por entidad federativa.

Se puede concluir junto con los resultados de las regionales, que los estados de Chiapas y el Estado de México son las entidades federativas con el mayor número de edificaciones más pequeñas, mientras que la CDMX presenta una mayor concentración de edificaciones de más de un nivel.

En las figuras 4.24 a 4.26 se muestra la distribución de las estructuras por año de construcción. Los mayores porcentajes de los prototipos U1C y U2C se construyeron entre 1970 y 1989. Desafortunadamente, para el prototipo U1C en el 33% de las estructuras no se pudo identificar el año de construcción, así como en el 34% de las U2C y en el 45% de las U3C. Como se aprecia en las gráficas la mayoría de las edificaciones fue construida antes de 1985.

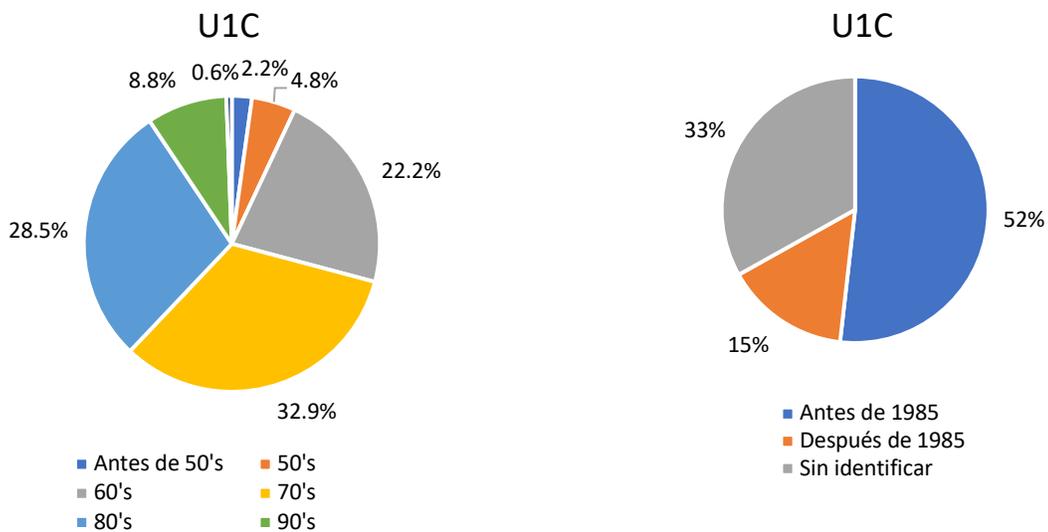


Figura 4.24– Porcentaje de prototipos U1C por año de construcción.

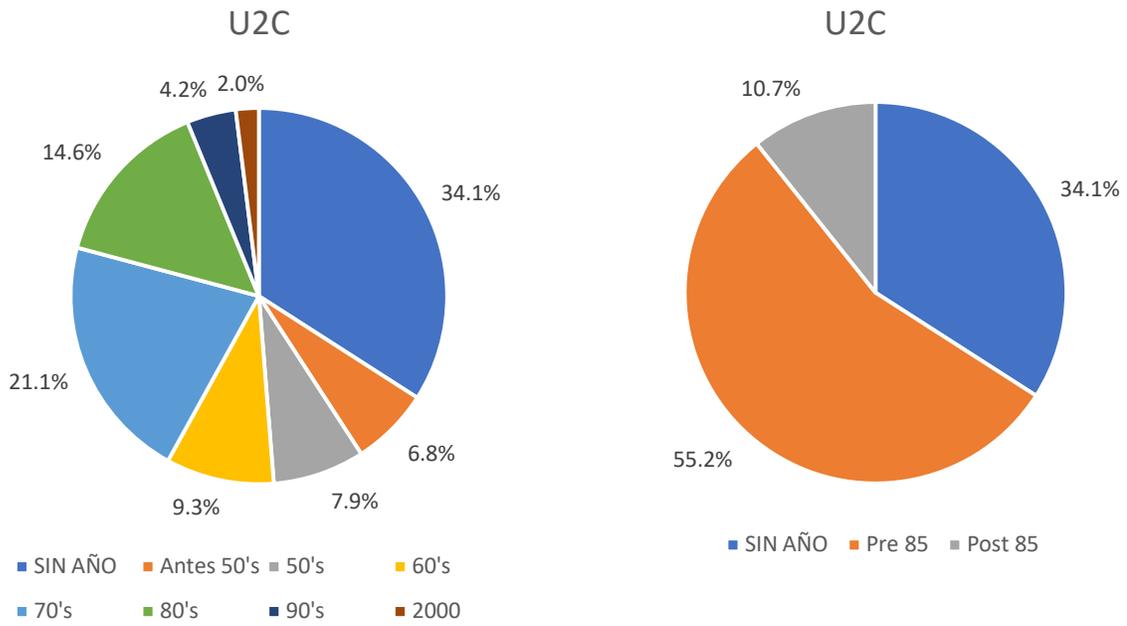


Figura 4.25– Porcentaje de prototipos U2C por año de construcción.

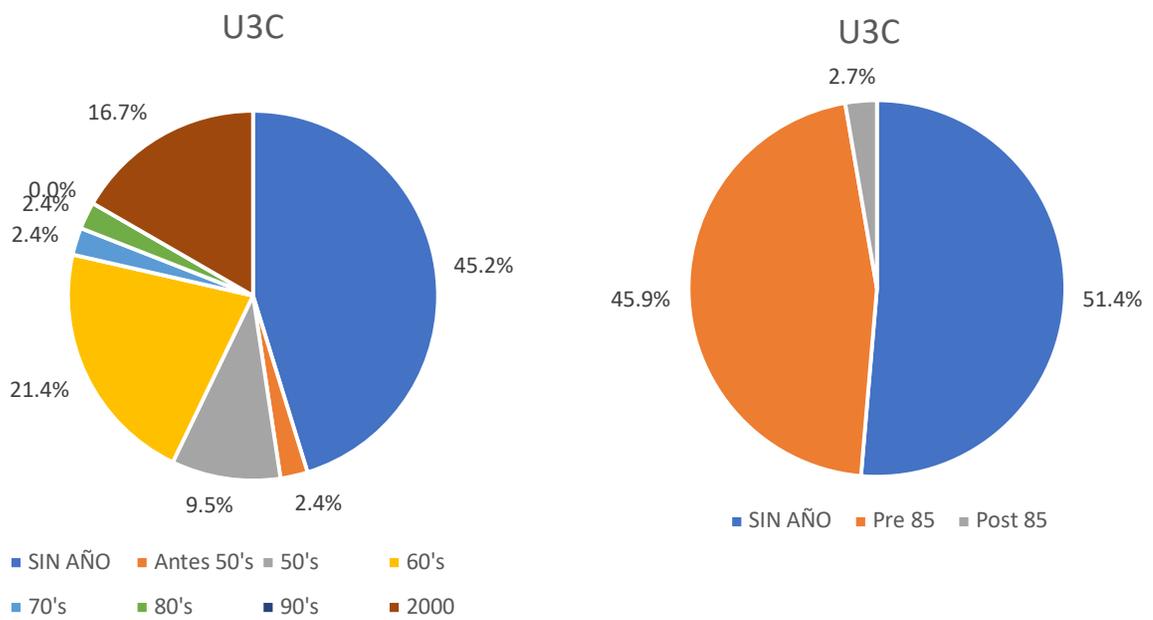


Figura 4.26– Porcentaje y número de prototipos U3C por año de construcción

4.3.3 UNIVERSO Y DISTRIBUCIÓN DE ESTRUCTURAS DAÑADAS

En el proceso de levantamiento de daños después de los sismos del 7 y 19 de septiembre del 2017, se clasificaron los daños en cuatro niveles de acuerdo con lo que los inspectores observaron en campo. Los niveles de clasificación fueron: nulo, ligero, medio y grave. La clasificación se realizó de acuerdo con la experiencia de cada uno de los equipos de reconocimiento sin tomar en cuenta ni tipos ni espesores de grieta.

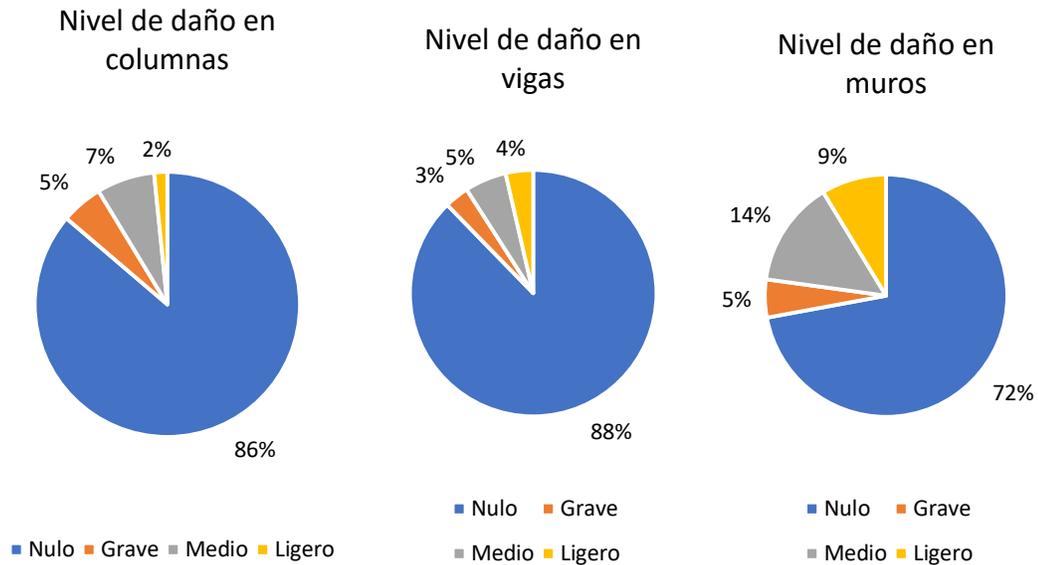


Figura 4.27– Estructuras U1C reportadas con daños en diferentes elementos estructurales.

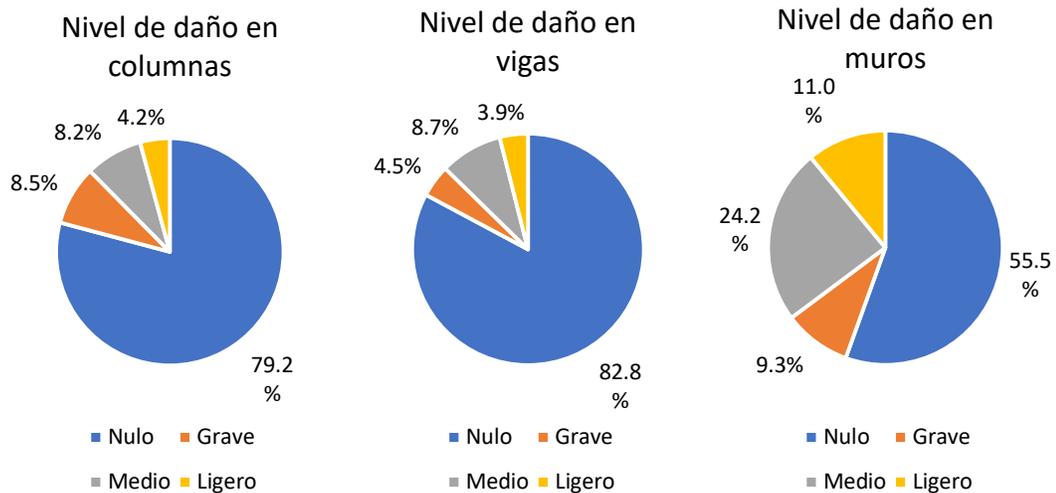


Figura 4.28– Estructuras U2C reportadas con daños en diferentes elementos estructurales.

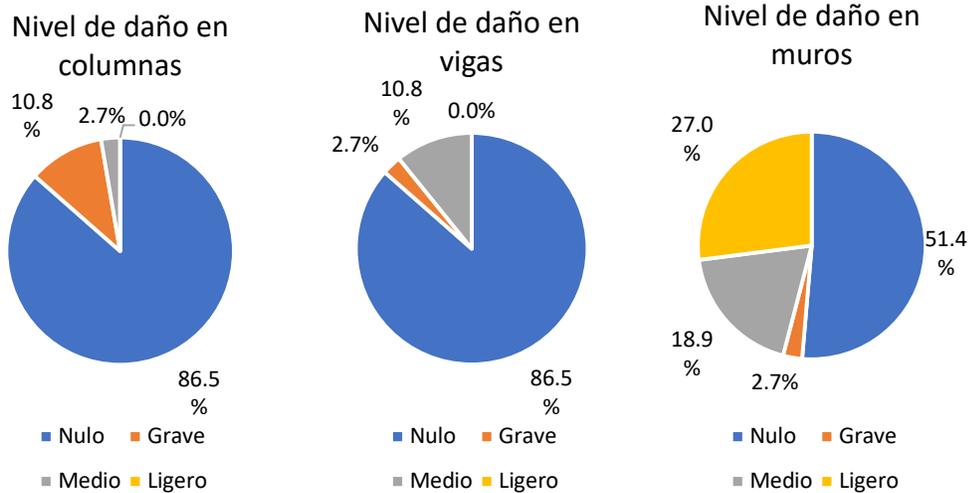


Figura 4.29 Estructuras U3C reportadas con daños en diferentes elementos estructurales.

En las figs. 4.27 a 4.29 se muestran los porcentajes de edificaciones en los que se reportaron daños en muros, columnas y vigas de los prototipos U1C, U2C y U3C, respectivamente. De los tres elementos estructurales, la mayor cantidad de daño correspondió a daño en los muros, en donde para el U1C, 62% de las edificaciones no mostró daño en los muros y el 9% daño ligero, sumando un 71% de estructuras en las cuales el daño en muros fue muy poco. Para el U2C, el 55.5% experimentó daño nulo, mientras que el 11% tuvo daño ligero, sumando 66.5%. Para el U3C, el 51.4% tuvo daño nulo y el 27% daño ligero, sumando 76.4%. Cabe recordar que el mayor número de edificaciones corresponde al prototipo U1C. Respecto a daños graves, solamente el 5%, 9% y 3% de las estructuras U1C, U2C y U3C respectivamente, experimentó daños graves. Para el caso de las columnas y vigas, el prototipo que tuvo un mayor porcentaje de estructuras con daño es el U2C, con porcentajes de alrededor del 20% para ambos tipos de elementos estructurales.

Con la finalidad de establecer algún parámetro global de daño, se realizó un análisis en el cuál se clasificaron las estructuras de acuerdo con el nivel de daño más alto reportado en cualquiera de sus elementos estructurales. De esta manera, si se señaló daño grave en vigas, pero no en el muro, la estructura clasificó como gravemente dañada. Esta manera de clasificar el daño tiende a ser conservadora, pero permite tener una visión global de la distribución del daño general. En las figs. 4.30 a la 4.33 se muestra la desagregación de las edificaciones reportadas con diferentes niveles de daño por entidad federativa considerando la clasificación general del daño para el prototipo U1C que es el que corresponde a un mayor universo

Daño nulo por entidad federativa

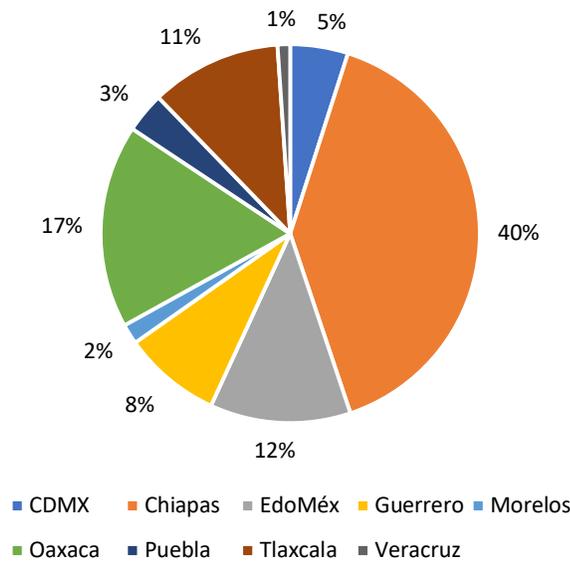


Figura 4.30– Estructuras U1C reportadas con daño nulo por entidad federativa.

Daño ligero por entidad federativa

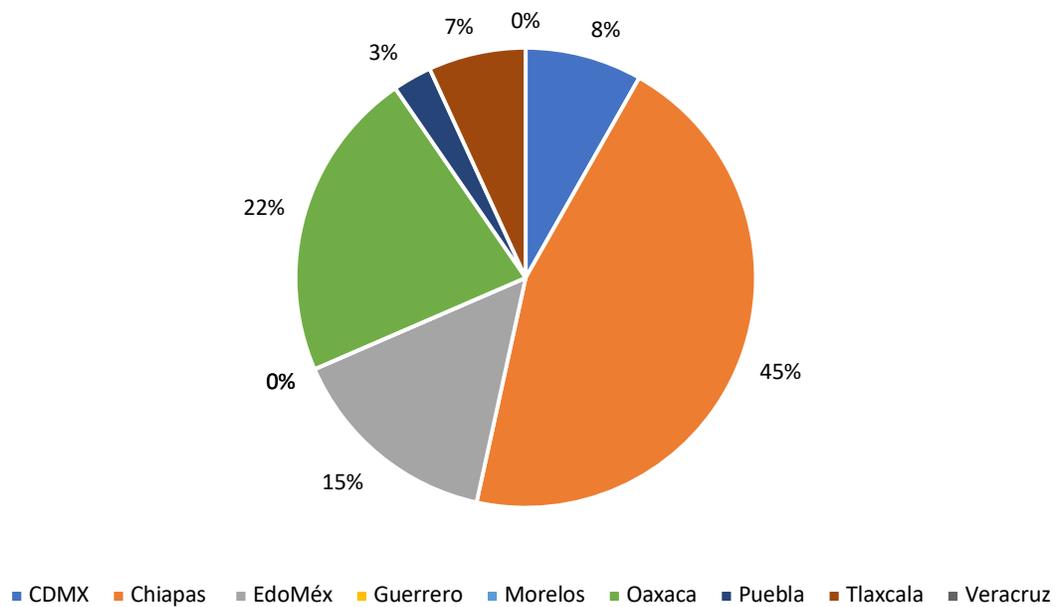


Figura 4.31– Estructuras U1C reportadas con daño leve por entidad federativa.

Daño medio por entidad federativa

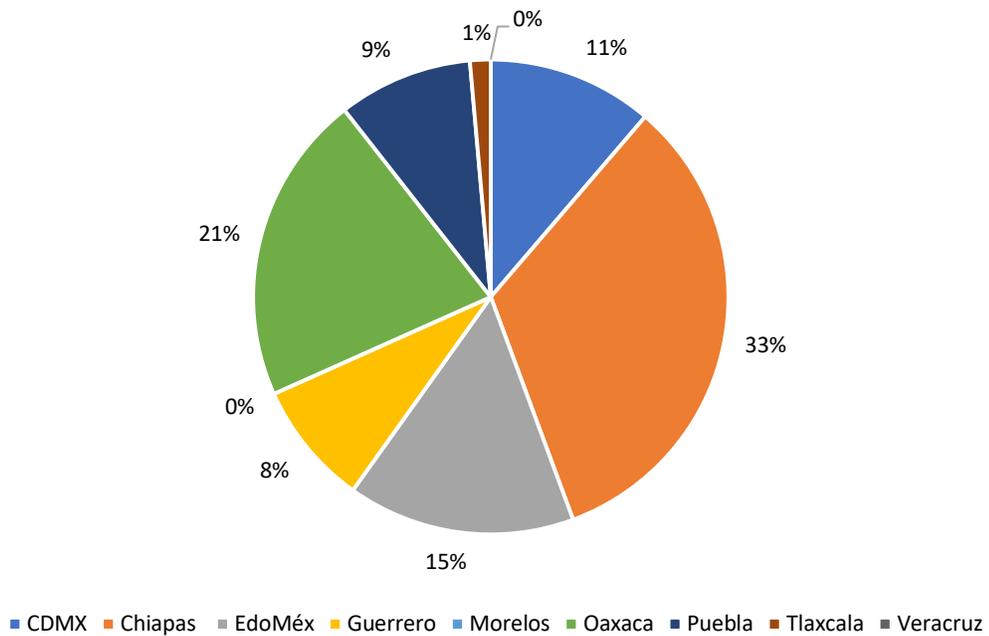


Figura 4.32– Estructuras U1C reportadas con daño medio por entidad federativa.

Daño grave por entidad federativa

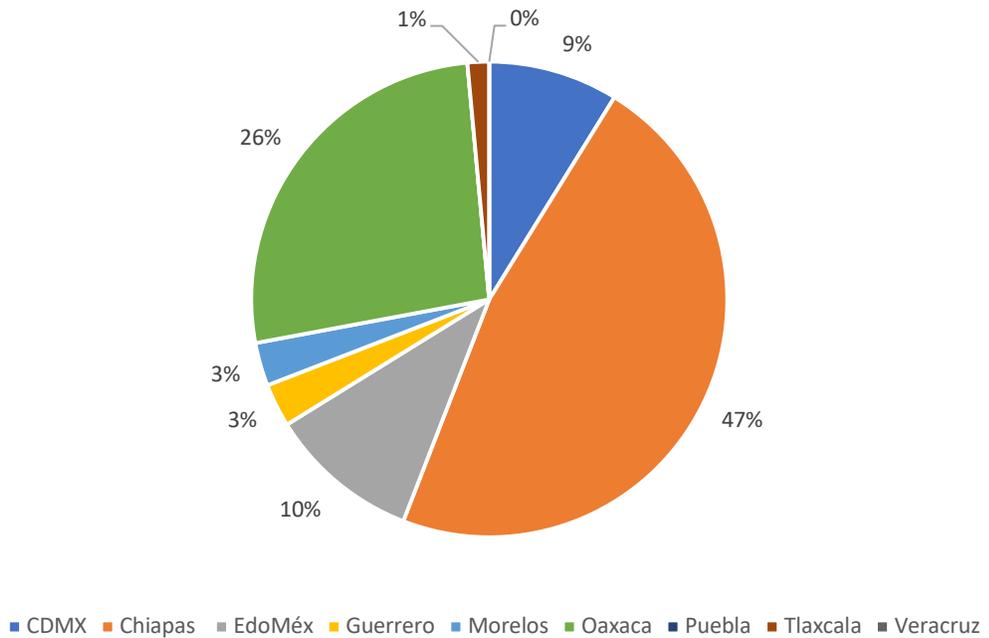


Figura 4.33– Estructuras U1C reportadas con daño grave por entidad federativa.

Para todos los niveles de daño, la entidad federativa con mayor número de edificaciones es Chiapas, seguido por el estado de Oaxaca. En el estado de Chiapas se encuentra el 40% de estructuras con daño nulo, el 45% con daño ligero, el 33% con daño medio y el 47% con daño grave. Para el caso de Oaxaca, el 17% con daño nulo, el 22% con daño ligero, el 21% con daño medio y el 26% con daño grave. El tercer estado con mayor número de estructuras es el Estado de México, en el que el 12% tuvo daño nulo, 15% daño ligero y 15% daño medio y solamente 12% daño grave. A diferencia del caso de las regionales, el daño de las estructuras urbanas U1C se concentra primordialmente en los estados de Oaxaca y Chiapas. En la figura 4.34 se muestra el número de escuelas con los diferentes niveles de daño por entidad federativa para poder analizar en términos absolutos las distribuciones del daño.

Daño por estado U1C

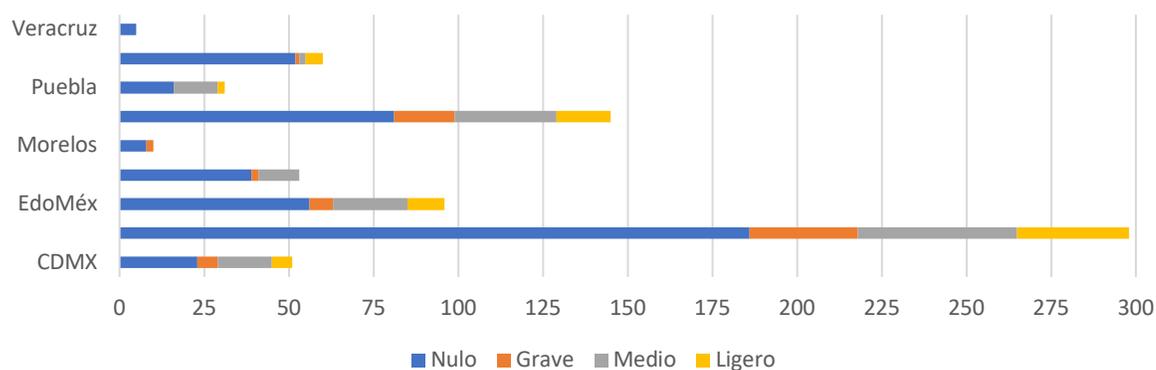


Figura 4.34– Distribución del daño por entidad federativa del prototipo U1C.

Tabla 4.3 Resumen de daños en los prototipos U2C y U3C

DAÑO	PROTOTIPO	U2C	U2C 70	U2C 85	U2C 90	U3C	U3C 70	U3C 70 A-B	U3C 70 C-D	U3C 85	U3C 90	TOTAL
		COLUMNAS	Grave	14	13	2	1	4	-	-	-	-
Medio	16		9	2	2	-	-	-	-	-	1	30
Ligero	11		1	-	3	-	-	-	-	-	-	15
Nulo	165		88	12	16	12	13	-	7	-	-	313
VIGAS	Grave	11	4	-	1	1	-	-	-	-	-	17
	Medio	18	11	2	-	3	1	-	-	-	-	35
	Ligero	7	6	1	-	-	-	-	-	-	-	14
	Nulo	170	90	13	21	12	12	-	7	-	1	326
MUROS	Grave	14	15	3	1	1	-	-	-	-	-	34
	Medio	55	23	3	5	6	1	-	-	-	-	93
	Ligero	19	10	4	6	3	5	-	2	-	-	49
	Nulo	118	63	6	10	6	7	-	5	-	1	216
"GENERAL"	Grave	23	20	3	1	4	-	-	1	-	-	52
	Medio	62	39	5	8	3	2	-	-	-	1	120
	Ligero	25	11	3	6	3	5	-	2	-	-	55
	Nulo	96	41	5	7	6	6	-	4	-	-	165

En la fig. 4.34 puede observarse que, en estados como Veracruz, Tlaxcala y Puebla, el número de estructuras con daño grave es marginal. El caso del estado de Morelos debe tratarse con especial cuidado dado que existe poca información. Es interesante observar que aun cuando se conocen de pocas edificaciones dañadas, las que se reportan corresponden a daño grave. Los estados con un mayor número de estructuras con daño son Chiapas, Oaxaca y el Estado de México. En las tres entidades federativas, la proporción entre las estructuras con daños nulos, ligeros, medios y graves es muy similar. En los tres casos, más de la mitad de las edificaciones tuvieron daños nulos, y más de dos terceras partes, daños nulos o ligeros.

En la tabla 4.3 se resume el número de estructuras dañadas para los prototipos U2C y U3C. Debido al universo tan pequeño de éstos, no se presenta el análisis desagregado por estado. Las columnas U2C y U3C corresponden a estructuras en las que no se pudo identificar la subclasificación del prototipo correspondiente al año de diseño. Las tendencias observadas en el prototipo U1C se presentan nuevamente. El elemento que sufrió mayor daño en este prototipo corresponde a los muros; 70% de los muros experimentó daño nulo o ligero. En general, se tuvo un mayor nivel de daño en comparación con las vigas. Dado el poco universo de las diferentes versiones de los prototipos es muy difícil establecer una conclusión acerca del desempeño de cada uno de los diseños en específico.

4.3.4 TIPOS DE FALLA

Los tipos de falla más recurrentes en los prototipos urbanos de concreto se muestran en las figs. 4.35 a 4.38.



DAÑO EN COLUMNAS DE AULAS PARTE TRASERA DE EDIFICIO "C" TIPO U-2C



FRACTURAS EN COLUMNAS

Figura 4.35-. Efecto de columna corta



DESPLOME DE MUROS Y AGRIETAMIENTOS
Figura 4.36-. Falla por tensión diagonal (cortante) en muros

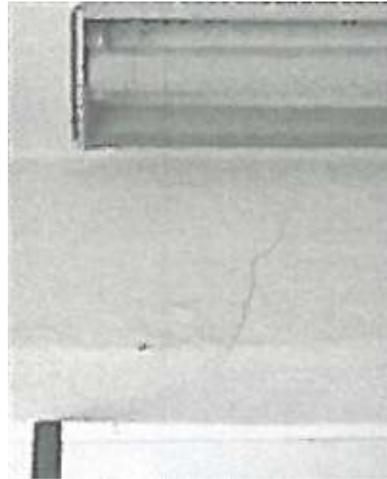


Figura 4.37-. Agrietamiento por tensión diagonal (cortante) en vigas



muro colapsado Edificio L
Figura 4.38-. Fallas fuera de plano de muros de relleno y divisorios

4.4 ESTRUCTURAS DE ACERO

4.4.1 DESCRIPCIÓN DEL PROTOTIPO

Dentro del catálogo de estructuras de INIFED, existen 18 prototipos de acero. A continuación, se presentan los 15 prototipos correspondientes a las tipologías identificadas en la campaña de levantamiento de daños coordinada por INIFED después de los sismos del 7 y 19 de septiembre del 2017.

La estructura 2P corresponde a un diseño de 1966 y es una construcción de dos niveles. El sistema estructural está constituido por una estructura prefabricada de marcos rígidos de acero, con claros longitudinales de 3.00 m, uno de 4.00 m para el entre-eje de escalera y un claro transversal de 6.00 m. Las secciones de columnas, trabes y cerramientos son de diseño especial, con secciones transversales de cajón formadas con placas de acero de diversos calibres. En los nudos, las uniones son soldadas en el perímetro. Las columnas en la parte inferior se unen a los dados de concreto por medio de anclas y tuercas. La cubierta de azotea es una losa de concreto a dos aguas, con una pendiente del 3%. Adicionalmente, una modificación a este prototipo consiste en el mismo diseño descrito, pero con diferencias en las medidas de los claros, esto es, claros longitudinales (inclusive el de escalera) de 3.65 m y un claro transversal de 8.10 m (fig. 4.39).



Figura 4.39– Estructura 2P

La estructura A2-85 corresponde a un diseño de 1985 y consiste en una construcción de dos niveles. El sistema estructural consiste en una estructura metálica prefabricada a base de marcos rígidos de acero, con claros longitudinales de 3.15 m y un claro transversal de 8.00 m. Las columnas, trabes y cerramientos consisten en perfiles "I" de placa de acero de diversos calibres. En nudos, las uniones son atornilladas. Las columnas en su parte inferior se unen a los dados de concreto por medio de anclas y tuercas. La cubierta de azotea es una losa de concreto a dos aguas, con una pendiente del 15%.

La estructura A70 corresponde a un diseño de 1970 y consiste en una construcción de un nivel. El sistema estructural consiste en una estructura metálica prefabricada de marcos atirantados de acero, con claros longitudinales de 3.06 m y un claro transversal de 8.00 m. Las secciones de columnas, trabes y cerramientos son de diseño especial, con secciones cajón de lámina de acero de calibre ligero. En los nudos, las uniones son ensambladas e incluyen un tensor con tuercas que sirve como tirante del marco. Las columnas en su parte inferior se ahogan en dados de concreto. La cubierta de la azotea tiene una pendiente del 15%, mediante la colocación de largueros metálicos en forma de "C" que reciben la techumbre ligera de lámina acanalada, Multipanel o similar. Adicionalmente una modificación a este prototipo consiste en el mismo diseño descrito, pero con la diferencia de que no posee largueros y en su lugar recibe una losa maciza de concreto (fig. 4.40).



Figura 4.40– Estructura A70

La estructura A84 corresponde a un diseño de 1984 y es una construcción de un nivel. El sistema estructural consiste en una estructura metálica prefabricada a base de marcos rígidos de acero, con claros longitudinales de 6.00 m y un claro transversal de 8.00 m. Las columnas, traveses y cerramientos consisten en perfiles "I" de placa de acero de diversos calibres. En nudos, las uniones son atornilladas. Las columnas en su parte inferior se unen a los dados de concreto por medio de anclas y tuercas. La cubierta de azotea es a dos aguas, con una pendiente del 15%. Sobre largueros metálicos en forma de "C" se recibe la techumbre ligera de Multipanel o similar. Una modificación a este prototipo consiste en esta misma estructura con claros de 3.15 m, con losa de concreto y sin largueros (fig. 4.41).



Figura 4.41– Estructura A84

La estructura AC corresponde a un diseño de 1966 y es una construcción de un nivel. El sistema estructural consiste en una estructura prefabricada de marcos atirantados de acero, con claros longitudinales de 3.00 m. y un claro transversal de 6.00 m. Las secciones de columnas, traveses y cerramientos son de diseño especial, con sección transversal en cajón con lámina de acero de calibre ligero. En los nudos, las uniones son ensambladas e incluyen un tensor con tuercas que sirve como tirante del marco. Las columnas en su parte inferior se unen a los dados de concreto por medio de anclas y tuercas. La cubierta de azotea es una losa de concreto a dos aguas, con una pendiente del 15% (fig. 4.42).



Figura 4.42- Estructura AC

La estructura AL corresponde a un diseño de diseño 1966 y consiste en una construcción de un nivel. El sistema estructural está conformado por una estructura prefabricada de marcos atirantados de acero, con claros longitudinales de 3.00 m. y un claro transversal de 6.00 m. Las secciones de columnas, traveses para recibir largueros y cerramientos son de diseño especial, de sección cajón formadas con lámina de acero de calibre ligero. En los nudos, las uniones son ensambladas e incluyen un tensor con tuercas que sirve como tirante del marco. Las columnas en su parte inferior se ahogan en dados de concreto. La cubierta de azotea con una pendiente del 15%, es una techumbre ligera de lámina acanalada apoyada sobre largueros metálicos de sección "C"(fig. 4.43).



Figura 4.43- Estructura AL

La estructura C68 corresponde a un diseño de 1968 y consiste en una construcción de un nivel. El sistema estructural está conformado por una estructura metálica prefabricada consistente en marcos atirantados de acero, con claros longitudinales de 3.06 m y un claro transversal de 8.00 m. Las secciones de columnas, traveses y cerramientos son de diseño especial, de sección cajón formadas con lámina de acero de calibre ligero. En nudos, las uniones son ensambladas e incluyen un tensor con tuercas que sirve como tirante del marco. Las columnas en su parte inferior se ahogan en los dados de concreto. La cubierta de azotea es una losa de concreto a dos aguas, con una pendiente del 15%. Su geometría y secciones son prácticamente iguales a la de la estructura A70 (fig. 4.44).



Figura 4.44– Estructura C68

La estructura EAV corresponde a un diseño de 1966, es un edificio administrativo con vidrio y consiste en una construcción de un nivel. El sistema estructural está formado por una estructura prefabricada de marcos rígidos de acero, con claros longitudinales de 3.00 m. y un claro transversal de 6.00 m. Las secciones de columnas, traveses y cerramientos son de diseño especial, con sección cajón con placas de acero de diversos calibres. En los nudos, las uniones son soldadas en su perímetro. Las columnas en su parte inferior se unen a los dados de concreto por medio de anclas y tuercas. La cubierta de azotea es una losa de concreto a dos aguas, con una pendiente del 3% (fig. 4.45).



Figura 4.45– Estructura EAV

La estructura H68 corresponde a un diseño de 1968 y consiste en una construcción de un nivel. El sistema estructural está formado por una estructura metálica prefabricada de marcos atirantados de acero, con claros longitudinales de 3.06 m y un claro transversal de 8.00 m con muros piñones. Las secciones de columnas, traveses y cerramientos son de diseño especial, con secciones en cajón formadas con lámina de acero de calibre ligero. En los nudos, las uniones son ensambladas e incluyen un tensor con tuercas que sirve como tirante del marco. Las columnas en su parte inferior se ahogan en los dados de concreto. La cubierta de azotea es a dos aguas, con una pendiente del 15%. La techumbre que recibe es de peso intermedio, tal como paneles extruidos de asbesto cemento o similares.

La estructura HM corresponde a un diseño de 1966 y consiste en una construcción de un nivel, con muros transversales de carga con postes y traveses de lámina, que sirven de remate perimetral al muro piñón. Los claros longitudinales son de 6.00 m. y el claro transversal es de 8.00 m. Las secciones de las columnas, traveses y cerramientos son de diseño especial, con lámina de acero de calibre ligero. La cubierta de azotea tiene una pendiente del 15%, es una techumbre ligera de lámina acanalada apoyada sobre largueros metálicos de sección "C" (fig. 4.46).



Figura 4.46– Estructura HM

La estructura T-71 corresponde a un diseño de 1971 y consiste en una construcción de un nivel para talleres pesados. El sistema estructural está conformado por una estructura prefabricada tipo de marcos atirantados de acero, cuyos elementos se unen entre sí con tornillería, los claros longitudinales son de 6.00 m y los transversales de 12.00 m y altura libre a cerramiento de 3.50 m. Las traveses y columnas son de sección cajón. En los nudos, las traveses se ensamblan sobre candeleros e incluyen tensores con tuercas que sirven como tirantes de los marcos. Esta estructura puede tener varias crujías, tanto en el sentido longitudinal como en el transversal. La cubierta es una techumbre ligera a dos aguas con una pendiente del 15% formada con Multipanel o similar apoyado sobre largueros metálicos de sección "C" (fig. 4.47).



Figura 4.47– Estructura T71

La estructura T-80 corresponde a un diseño de 1980 y consiste en una construcción de un nivel para talleres pesados. El sistema estructural está conformado por una estructura prefabricada tipo de marcos rígidos de acero, cuyos elementos se unen entre sí con tornillería, los claros longitudinales son de 6.00 m y los transversales de 12.00 m. Las columnas son de sección "I" de 12.7 x 32 cm, las traveses son de sección variable

"I". Esta estructura puede tener varias crujías, tanto en el sentido longitudinal como en el transversal. La cubierta es una techumbre ligera a dos aguas con una pendiente del 15% formada con Multipanel o similar apoyado sobre largueros metálicos de sección "C" (fig. 4.48).



Figura 4.48– Estructura T80

La estructura T-84 corresponde a un diseño de 1984 y consiste en una construcción de un nivel. El sistema estructural está formado por una estructura metálica prefabricada a base de marcos rígidos de acero, con claros longitudinales de 6.00 m, un claro transversal de 8.00 m. y una altura a cerramiento de 3.00 m. Las secciones de las columnas, traveses y cerramientos son en forma de "I" de placa de acero de diversos calibres. En los nudos, las uniones son atornilladas. Las columnas en su parte inferior se unen a los dados de concreto por medio de anclas y tuercas. La cubierta de la azotea es a dos aguas, con una pendiente del 15%. Sobre largueros metálicos en forma de "C" se recibe techumbre ligera de Multipanel o similar (fig. 4.49).



Figura 4.49– Estructura T84

La estructura U1 corresponde a una edificación de tipo urbana cuyo diseño es de 1970, consiste en una construcción de un nivel. El sistema estructural está formado por una estructura prefabricada de marcos rígidos de acero, con claros longitudinales de 3.06 m y un claro transversal de 8.00 m. Las secciones de columnas, traveses y cerramientos son de diseño especial, e sección cajón con placas de acero de diversos calibres. En los nudos, las uniones son soldadas en su perímetro. Las columnas en su parte inferior se unen a los dados de concreto por medio de anclas y tuercas. La cubierta de azotea es una losa de concreto a dos aguas, con una pendiente del 3% (fig. 4.50).



Figura 4.50– Estructura U1

La estructura U2 corresponde a una edificación de tipo urbana cuyo diseño es de 1970, consiste en una construcción de dos niveles. El sistema estructural está formado por una estructura prefabricada de marcos rígidos de acero, con claros longitudinales de 3.06 m, uno de 4.00 m para el entre-eje de escalera y un claro transversal de 8.00 m. Las secciones de columnas, traveses y cerramientos son de diseño especial, con sección cajón con placas de acero de diversos calibres. En los nudos, las uniones son soldadas en su perímetro. Las columnas en su parte inferior se unen a los dados de concreto por medio de anclas y tuercas. La cubierta de azotea es una losa de concreto a dos aguas, con una pendiente del 3% (fig. 4.51).



Figura 4.51– Estructura U2

4.4.1.1 Diferencias detectadas entre las estructuras construidas y los prototipos

La principal variación en estos prototipos radica en el material del sistema de piso que, estrictamente, debería ser una losa maciza de concreto o una cubierta ligera. Sin embargo, en varios casos se ha reportado una discrepancia en este sentido ya que, de acuerdo con los resultados de las inspecciones realizadas, existen sistemas de piso de vigueta y bovedilla, mixtas de concreto y paneles de acero y en petatillo. Adicionalmente la longitud de los claros tanto transversales como longitudinales varían entre un 10 a 20 por ciento de lo establecido en el catálogo y se presenta de manera aleatoria ya sea mayor o menor dependiendo de cada construcción.

4.4.2 UNIVERSO Y DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA

La muestra analizada está integrada por un total de 651 edificaciones cuya estructura es de material de acero. El total de las estructuras que se ajustan a un prototipo INIFED es de 565 edificaciones, donde las estructuras A70 y HM son las predominantes, con un 52% y un 15%, respectivamente. Las estructuras atípicas, es decir, aquellas que no corresponden a un prototipo INIFED definido son el 13% (fig. 4.52).

Para los siguientes análisis, se trabajará únicamente con aquellas estructuras que corresponden a un prototipo de INIFED (565 estructuras). En la fig. 4.53 se muestra la distribución de edificaciones por el material de los muros. Puede observarse que en un gran porcentaje de edificaciones se utilizan muros de tabique rojo recocido, seguido de block.

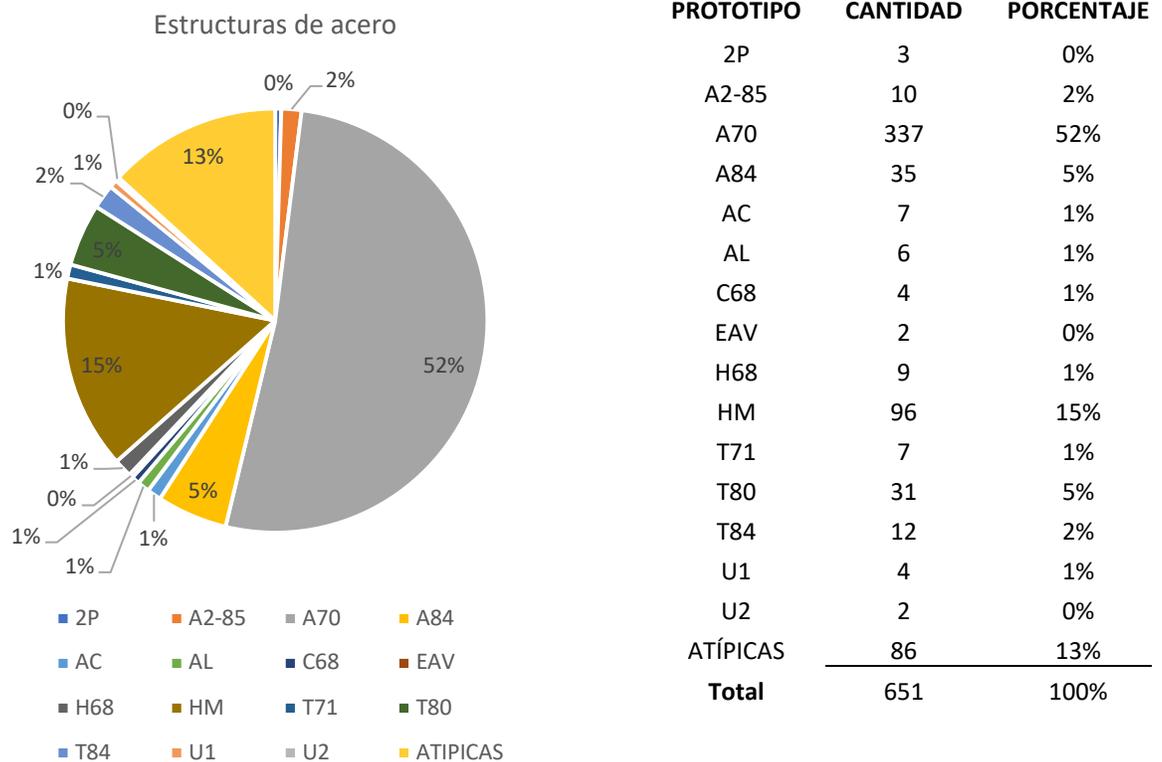


Figura 4.52– Distribución de prototipos de estructuras de acero

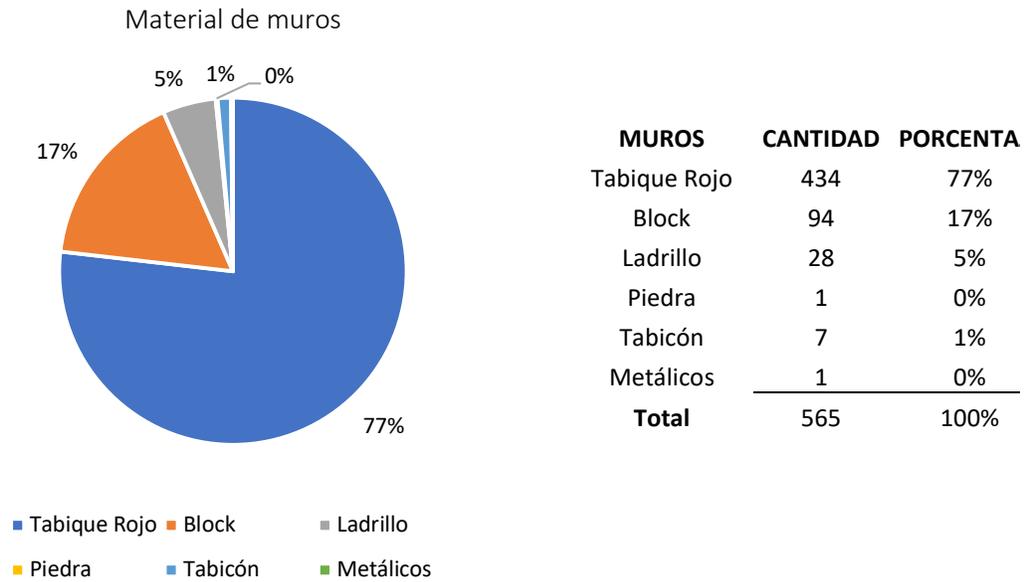


Figura 4.53– Distribución de estructuras por material de muros

En la fig. 4.54 se muestra la distribución de edificaciones por el sistema de cubierta que se utiliza. Puede verse que el 68% de las edificaciones está construido con losa de concreto, mientras que el 28% utilizan lámina como sistema de cubierta. Entre estos dos tipos de sistema agrupan casi el 100% de las edificaciones.

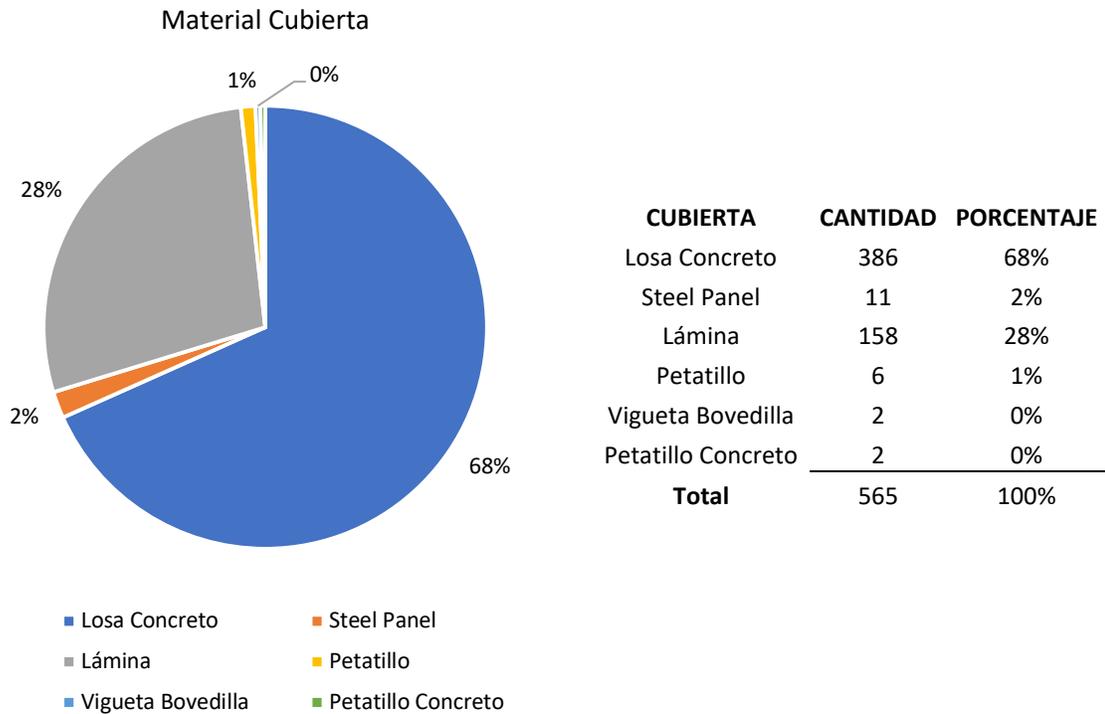
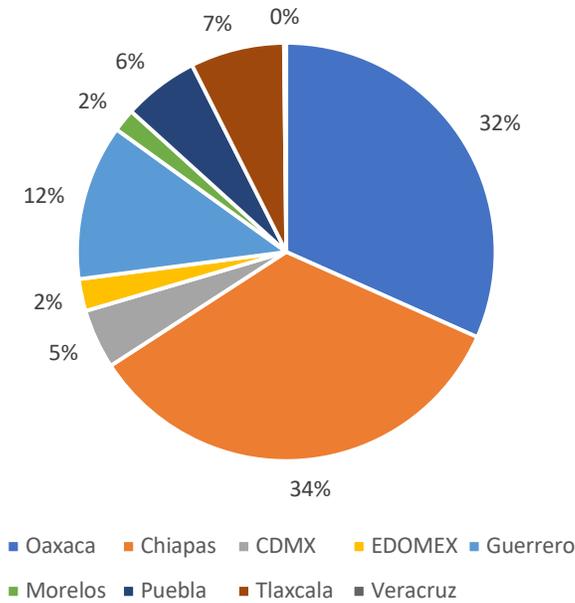


Figura 4.54– Distribución de estructuras por material de sistema de piso

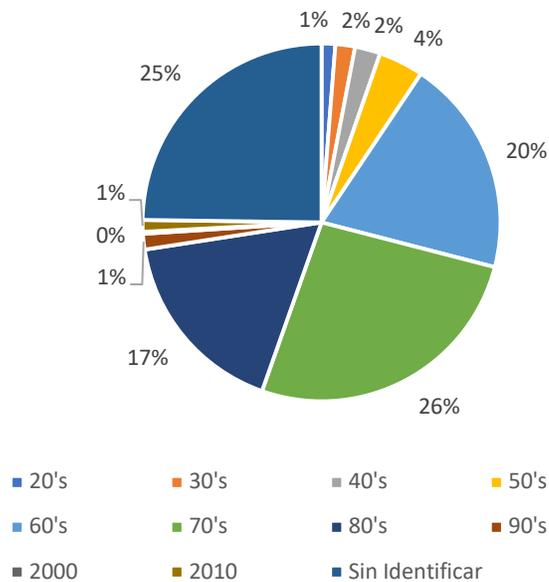
En la fig. 4.55 se muestra la distribución por entidad federativa. El mayor porcentaje de edificaciones de acero inspeccionadas corresponde a los estados de Chiapas y Oaxaca, seguidos por el estado de Guerrero. Estos tres estados concentran el 78% de las escuelas de acero inspeccionadas.



ESTADO	CANTIDAD	PORCENTAJE
Oaxaca	179	32%
Chiapas	193	34%
CDMX	26	5%
EDOMEX	14	2%
Guerrero	68	12%
Morelos	10	2%
Puebla	33	6%
Tlaxcala	41	7%
Veracruz	1	0%
TOTAL	565	100%

Figura 4.55– Distribución por entidad federativa

En la fig. 4.56 se muestran la distribución de prototipos de acero por año de construcción. Desafortunadamente existe un alto porcentaje de edificios (25%) en los cuales no se tiene información acerca del año de construcción también para este grupo de prototipos. Se puede observar que el mayor porcentaje de edificaciones con estos prototipos se construyó entre 1960 y 1979 (46%). Asimismo, que este grupo de prototipos es el de mayor antigüedad con respecto a las regionales y a las urbanas de concreto.



DÉCADA	CANTIDAD	PORCENTAJE
20's	7	1%
30's	10	2%
40's	13	2%
50's	23	4%
60's	111	20%
70's	149	26%
80's	97	17%
90's	8	1%
2000	1	0%
2010	6	1%
Sin Identificar	140	25%
Total	565	100%

Figura 4.56– Distribución por década de construcción

Al igual que para los otros prototipos, en la fig. 4.57 se muestra la proporción de edificaciones construidas antes y después del 85. Puede observarse que existe una proporción del doble de las edificaciones que corresponden a diseños previos a 1985.

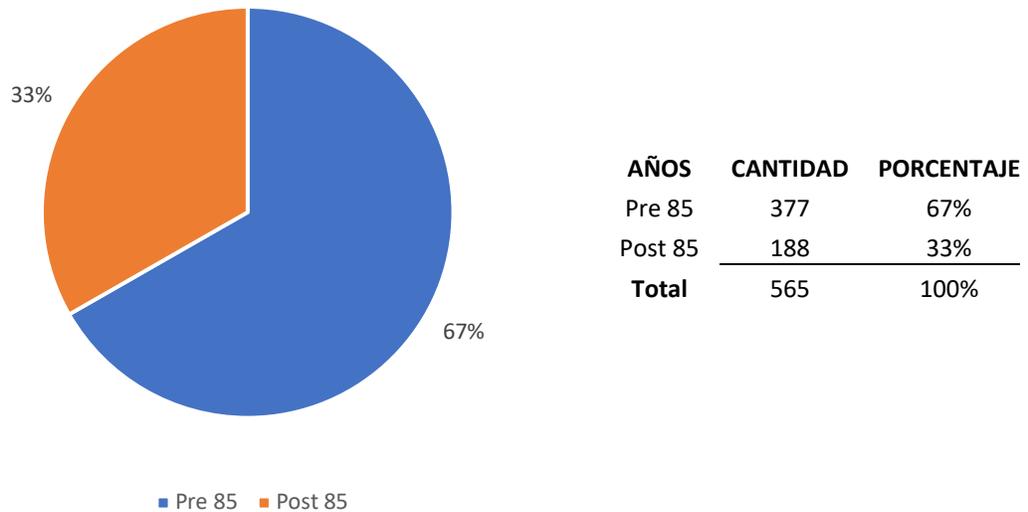


Figura 4.57– Distribución por años de construcción de acuerdo con el sismo del 85

En esta sección se analiza el nivel de daño presentado en los elementos estructurales de los prototipos de acero, esto es, columnas, vigas y muros. Adicionalmente se realiza un diagnóstico del daño general de la estructura con base en los daños por elemento mencionados. El nivel de daño ha sido clasificado en cuatro categorías: daño nulo, daño ligero, daño medio y daño grave. En la tabla 4.4 se muestra un resumen del análisis del daño tanto para elementos del sistema estructural, así como del daño a nivel general. En la fig. 4.58 se muestran las gráficas asociadas a dicha información.

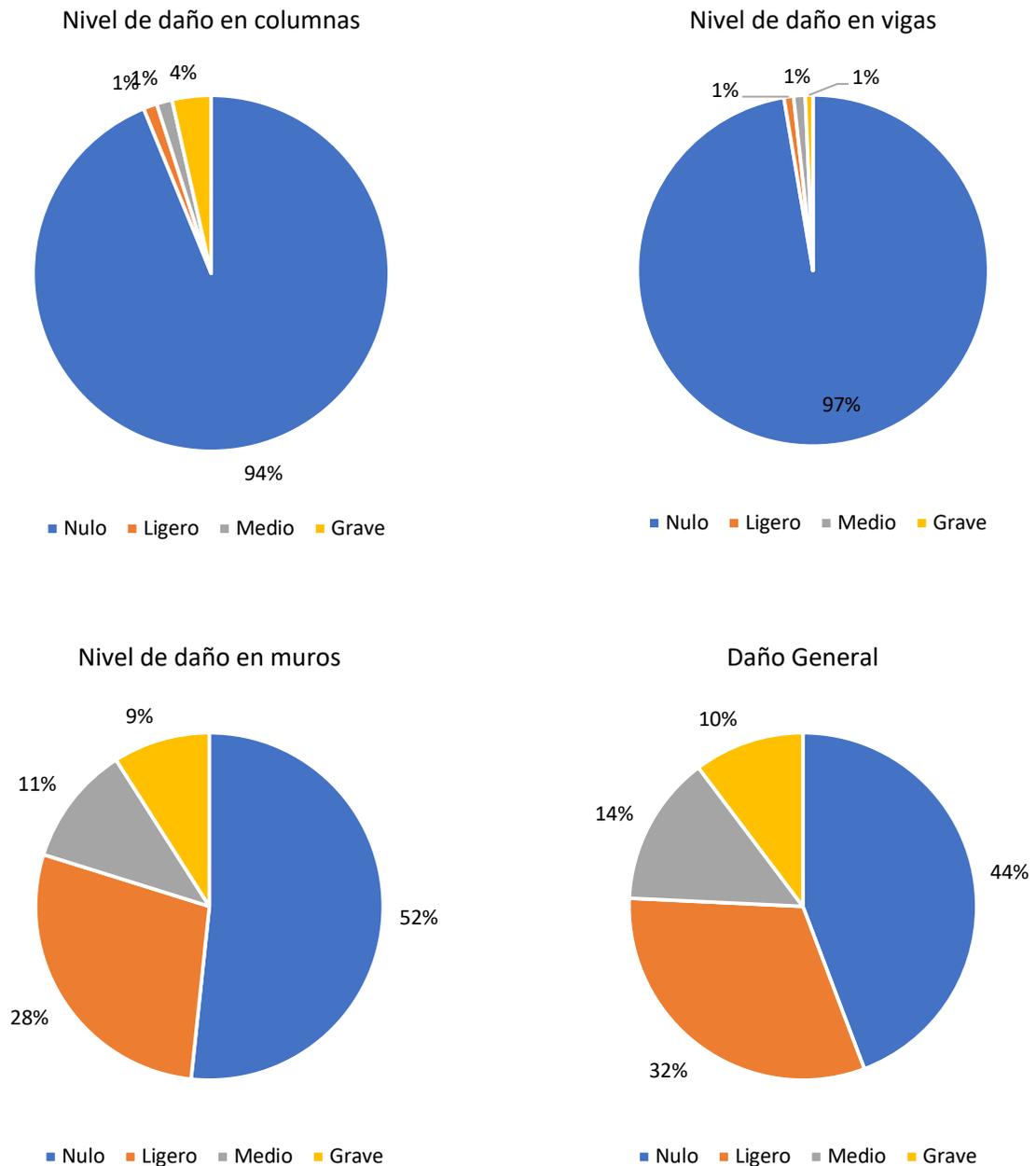


Figura 4.58– Distribución de daño por elemento y daño general estructura de acero

De manera consistente, nuevamente se puede observar que el mayor daño reporta en los muros, en los cuales se reportan porcentajes del 52% de daño nulo y 28% de daño ligero, sumando un 80% de estructuras en las cuales el daño en los muros no fue ni cercano a grave. Para los elementos estructurales principales de estos sistemas (vigas y columnas), el porcentaje de estructuras en la que se reportaron daños nulos llega a valores de 97 y 96%, respectivamente. Ello manifiesta un daño casi inexistente en los elementos de acero. Sin embargo, el 20% de daño de medio a grave en los muros debe ser tomado en cuenta, ya que aun cuando los muros estén considerados para realizar ningún trabajo estructural, el daño en estos elementos puede poner en peligro a los ocupantes, además de significar una inversión considerable para su restitución.

Tabla 4.4 Evaluación del daño en estructuras de acero

EVALUACIÓN DEL DAÑO							
Daño Columnas	Nulo	530	94%	Daño Vigas	Nulo	550	97%
	Ligero	7	1%		Ligero	5	1%
	Medio	8	1%		Medio	6	1%
	Grave	20	4%		Grave	4	1%
	Total	565	100%		Total	565	100%
Daño Muros	Nulo	292	52%	Daño General	Nulo	250	44%
	Ligero	159	28%		Ligero	178	32%
	Medio	63	11%		Medio	79	14%
	Grave	51	9%		Grave	58	10%
	Total	565	100%		Total	565	100%

Tabla 4.5. Número de estructuras reportadas con daño nulo, ligero, medio y grave por estado.

Estado	Nulo	Ligero	Medio	Grave
CDMX	15	8	3	0
CHIAPAS	86	77	23	7
EDOMEX	11	1	2	0
GUERRERO	43	15	2	8
MORELOS	2	0	6	2
OAXACA	49	59	35	36
PUEBLA	7	16	6	4
TLAXCALA	36	2	2	1
Total	249	178	79	58

Con la finalidad de establecer algún parámetro global de daño, se realizó un análisis en el cual se clasificaron las estructuras de acuerdo con el nivel de daño más alto que se reportó en cualquiera de sus elementos estructurales. De esta manera, si se identificó daño grave en vigas, pero no en el muro, la estructura clasifica como gravemente dañada. Esta manera de clasificar el daño tiende a ser conservadora, pero permite tener una visión global de la distribución del daño general. En las figuras 4.59 a la 4.62 y en la tabla 4.5 se muestra la desagregación de las edificaciones reportadas con diferentes niveles de daño por entidad federativa considerando la clasificación general del daño para los prototipos de acero.

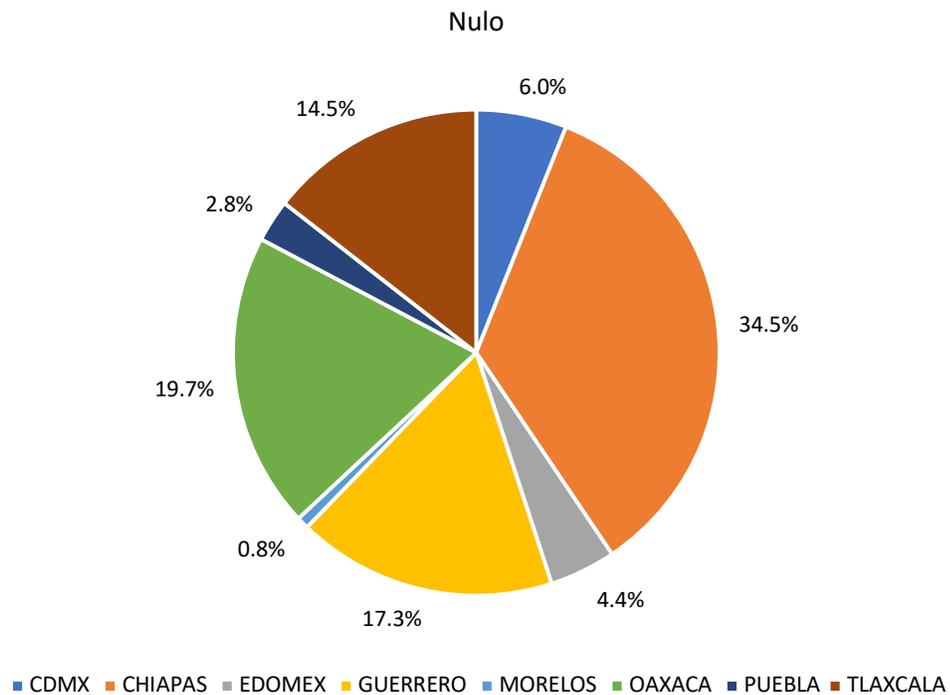


Figura 4.59– Estructuras de acero con daño nulo por entidad federativa.

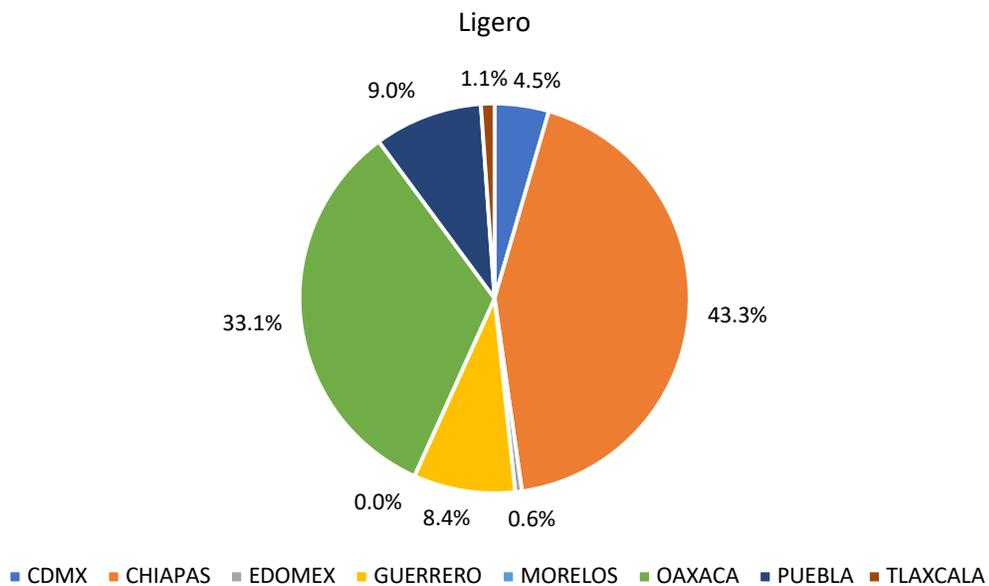


Figura 4.60– Estructuras de acero con daño leve por entidad federativa.

Para los niveles de daño ligero y nulo, la entidad federativa con mayor número de edificaciones es Chiapas. Para el caso de daño medio y grave el estado de Oaxaca concentra el mayor porcentaje, lo que manifiesta que aun cuando el número de estructuras de acero en ambos estados es muy similar, el comportamiento de las estructuras de acero en el estado de Chiapas fue significativamente mejor que en el estado de Oaxaca. El tercer estado con mayor número de estructuras es Guerrero, en el que el 17.3% tuvo daño nulo, 8.4% daño ligero, 2.5% daño medio y 13.8% daño grave. El daño de las estructuras de acero se

concentra primordialmente en el estado de Oaxaca. En la figura 4.63 se muestra el número de escuelas con los diferentes niveles de daño por entidad federativa para poder analizar en términos absolutos las distribuciones del daño.

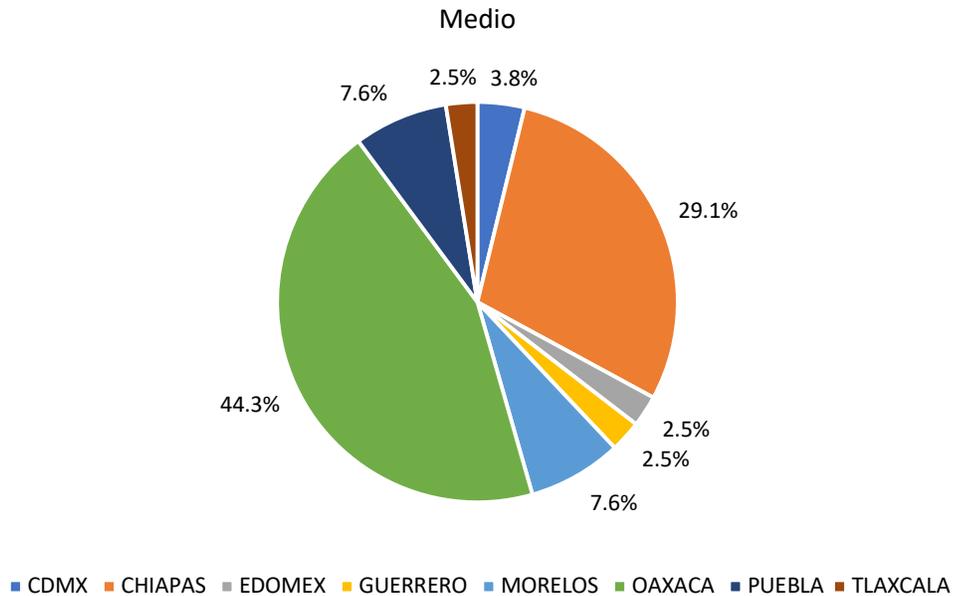


Figura 4.61– Estructuras de acero reportadas con daño medio por entidad federativa.

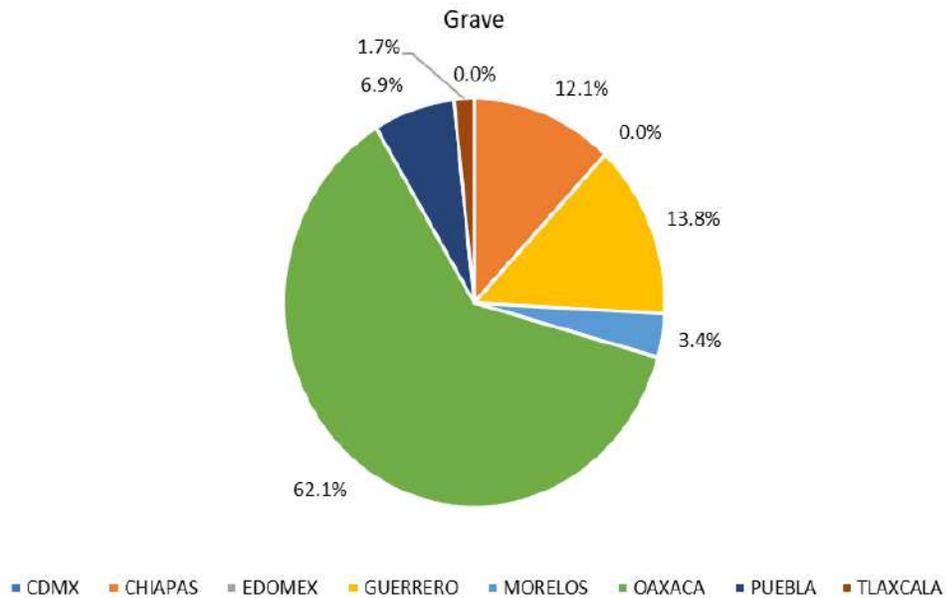


Figura 4.62– Estructuras de acero reportadas con daño grave por entidad federativa.

En la figura 4.63 puede observarse que en estados como Tlaxcala y el Estado de México el número de estructuras reportadas con daño grave es marginal. El caso del estado de Morelos debe tratarse con especial cuidado dado que existe poca información. Es interesante observar que aun cuando se conocen de pocas edificaciones dañadas, las que se reportan corresponden a daño medio y grave. Los estados con un mayor

número de estructuras con daño son Chiapas y Oaxaca, aunque en Oaxaca la cantidad de estructuras con daño medio y grave es significativamente mayor. En el caso de Chiapas, existe un gran número de estructuras con daño ligero. Para el estado de Puebla, el número de estructuras con daño es significativamente mayor que las que tuvieron daño nulo, aunque el mayor número de estructuras exhibieron daño ligero. En el caso de la CDMX, el número de estructuras con daño nulo y ligero es casi la totalidad.

Daño por estado prototipos metálicos

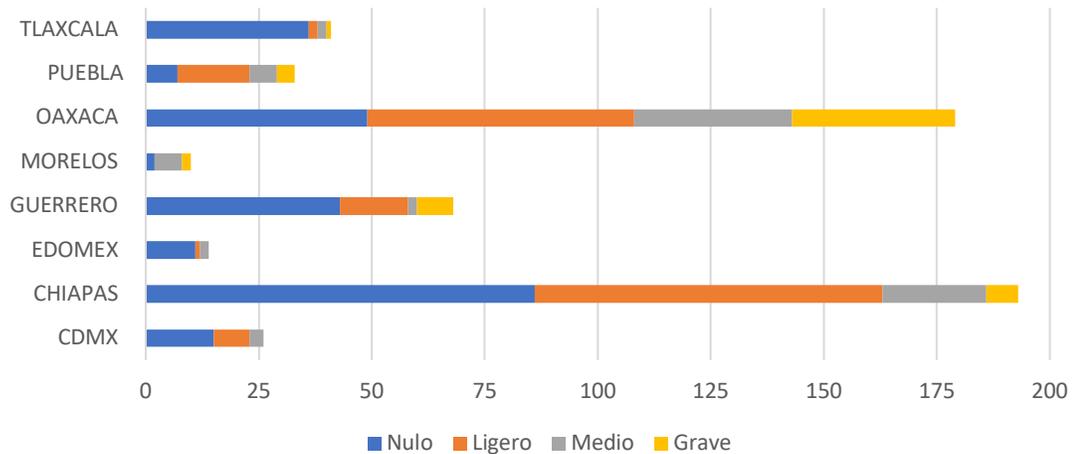


Figura 4.63– Distribución del daño por entidad federativa de los prototipos metálicos.

4.4.3 TIPOS DE FALLA

Los tipos de falla más recurrentes en los prototipos de acero se muestran en las figs. 4.64 y 4.65. Un gran porcentaje de daño se concentró en los muros no estructurales (agrietamiento inclinado, aplastamiento de la mampostería). Para el caso del poco daño reportado sobre los elementos estructurales, el tipo de falla más recurrente consistió en falla por pandeo local de placas, asociado a cortante.



Figura 4.64–. Daños en muros



Figura 4.65– Daños en columnas metálicas

4.5 ESTRUCTURAS ATÍPICAS

Existe un gran universo de estructuras escolares que no corresponden a ningún prototipo de los definidos por el INIFED. El número total de ellas, a partir de la base de datos del Capítulo 3 es de 2,942. Existe una gran variedad de este tipo de estructuras, desde inmuebles históricos hasta edificaciones construidas por los mismos padres de familia con prácticas constructivas de la zona. Por la variabilidad en la tipología en estas estructuras, no se realizó un análisis tan profundo de la distribución del daño. Se realizó una clasificación de acuerdo con el material correspondiente a su estructura principal de carga: concreto, acero y mampostería. En aquellas en las que no fue posible identificar con claridad el material o los materiales, también se clasificaron como atípicas. En la tabla 4.6 y en la fig. 4.66 se presenta la distribución y número de estructuras dañadas en los diferentes elementos estructurales. El mayor número de estructuras atípicas corresponden a estructuras de mampostería (912), seguidas por las estructuras en las que no se identifica el material estructural (535), las de concreto (284) y muy pocas de acero (50).

Los porcentajes de daño nulo para este tipo de estructuras son similares a los de los otros prototipos, con una mayor concentración del daño en los muros. Las estructuras atípicas de concreto son en las que tienen mayores porcentajes de daño en columnas y vigas, mientras que las de mampostería mostraron mayores daños en muros, en consistencia con el uso de marcos para las estructuras de concreto y de muros de carga para la mampostería.

Tabla 4.6. Distribución de daño en las estructuras atípicas.

	Atípica	Acero	Mampostería	Concreto
Nulo	62.72%	75.76%	60.16%	56.02%
Muros	33.29%	18.18%	38.06%	32.54%
Columnas	8.56%	13.64%	7.85%	19.33%
Vigas	6.80%	10.61%	4.82%	14.99%

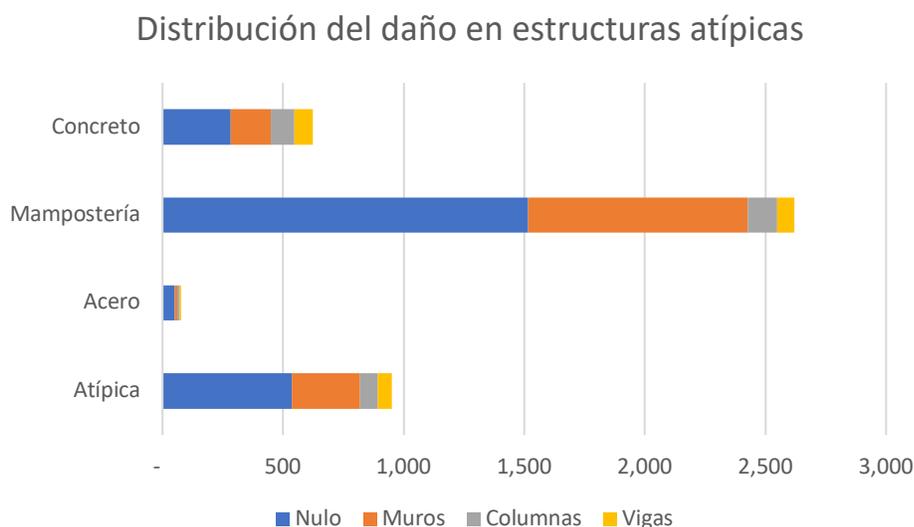
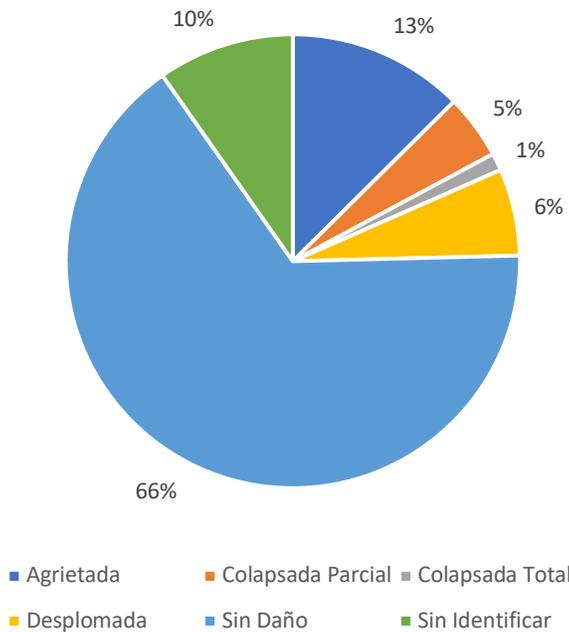


Figura 4.66– Número de estructuras atípicas dañadas por elemento estructural.

4.6 DAÑO EN BARDAS

Las bardas perimetrales son elementos no estructurales muy importantes dentro de los centros escolares. Debido a su configuración, al ser elementos aislados, pueden ser muy vulnerables ante las acciones sísmicas, especialmente fuera de plano. Es por esta razón que en este apartado se presenta un análisis específico del daño en este tipo de elementos. En la fig. 4.67 se analiza una muestra representativa de la distribución del daño en bardas. Puede observarse que, de esta muestra, el 66% de las bardas no tuvo daño alguno. Del 34% restante, 10% no han sido identificadas con alguno de los tipos de daño. De las bardas con daño, el mayor porcentaje corresponde a agrietamientos. Solamente un 6% exhibió colapso total o parcial y solamente el 6% mostró fallas fuera de plano. Este comportamiento de las bardas perimetrales permite observar que, en términos generales, el fue el esperado, trabajando primordialmente dentro de su plano. En las figs. 4.68 a la 4.70 se muestran algunas imágenes de los diferentes tipos de falla en las bardas.



BARDAS	CANTIDAD	PORCENTAJE
Agrietada	71	13%
Colapsada Parcial	26	5%
Colapsada Total	7	1%
Desplomada	35	6%
Sin Daño	371	66%
Sin Identificar	55	10%
Total	565	100%

Figura 4.67– Distribución de daño en bardas en una muestra representativa.



Figura 4.68– Falla de bardas perimetrales con desplome (inclinación)



Figura 4.69– Colapso parcial o total de bardas



Figura 4.70– Agrietamiento en el plano de bardas perimetrales

4.7 CONCLUSIONES

Se presenta el análisis de las estructuras reportadas con daño en la campaña de levantamiento de daños coordinada por el INIFED después de los sismos del 7 y 19 de septiembre del 2017. Se revisaron 8,329 estructuras en nueve diferentes estados. Los estados en los que se revisó el mayor número de estructuras fueron Chiapas, Oaxaca y el Estado de México. En estos estados fueron en los que se reportaron las mayores intensidades sísmicas (Chiapas y Oaxaca en el evento del 7 de septiembre y el Estado de México en el evento del 19 de septiembre). Para el caso del estado de Morelos, aunque fue el estado mayormente afectado por el evento del 19 de septiembre, no se cuenta con mucha de la información de los planteles educativos. En el informe final del proyecto se incluirá la información del estado de Morelos, misma que fue recibida pocos días antes de la elaboración final de este segundo informe parcial. En la CDMX, un gran porcentaje de la infraestructura educativa se revisó en los primeros días por las campañas de revisión de los Directores Responsables de Obra que no necesariamente levantaron dictámenes para el INIFED.

El análisis se realizó respecto a los diferentes prototipos para infraestructura educativa definidos por el INIFED, agrupándolos por el material de la estructura principal: prototipos regionales (mampostería), prototipos urbanos de concreto y prototipos de estructuras metálicas. El mayor número de edificaciones corresponde a prototipos regionales y prototipos atípicos, seguido por prototipos urbanos de concreto, mientras que los prototipos metálicos son los que se encontraron en menor número.

En los estados de Chiapas y Oaxaca, los prototipos más predominantes son los regionales, seguidos por los urbanos de concreto de un nivel. Respecto a las estructuras metálicas, existe una mayor concentración de ellas en el estado de Oaxaca en comparación con Chiapas. En el Estado de México y en la CDMX existe una mayor concentración de estructuras urbanas de concreto de dos niveles y de estructuras metálicas, aunque en una proporción menor. Esta distribución es consistente con el número de zonas rurales y urbanas en cada uno de esos estados.

El año de construcción es un parámetro muy importante para definir la vulnerabilidad de la infraestructura educativa, tanto por el posible daño acumulado a lo largo del efecto de distintos eventos previos y deterioro de la estructura como por los códigos y prácticas de diseño y constructivas con las que se construyeron. A partir del sismo del 19 de septiembre de 1985, las prácticas de diseño sismorresistente en el país fueron ampliamente modificadas. De acuerdo con los años de construcción, un gran porcentaje de la infraestructura educativa se ha construido en las décadas de los 70 y los 80, especialmente en los prototipos regionales y los urbanos de concreto. El inventario de los prototipos metálicos data en su mayoría de la

década de los 60 y 70. Respecto al balance entre el número de edificaciones según su fecha de construcción, la proporción para todos los prototipos es de casi dos estructuras anteriores a 1985 por una posterior a 1985.

Respecto a la distribución del daño, un alto porcentaje de estructuras tuvo niveles de daño nulo o ligero (alrededor de un 75% para todos los prototipos). El prototipo con menor porcentaje de estructuras con daño nulo es el conjunto de prototipos metálicos. El elemento estructural con mayores daños en este conjunto de prototipos corresponde a los muros, que en su mayoría son de mampostería de tabique rojo. Es probable que el alto porcentaje de daño para este tipo de estructuras se deba a las grandes demandas de deformación sobre los muros. También las estructuras urbanas, en las que hubo los mayores porcentajes de daños, corresponden a aquellas de dos y tres niveles, que representan un bajo porcentaje del universo de estructuras y que son los prototipos más flexibles. El daño en vigas y columnas es muy bajo para todos los prototipos de marcos (menos del 20% en las urbanas de concreto y menos del 10% en las metálicas). El caso de las estructuras metálicas en Oaxaca es de destacarse, ya que aún cuando en Oaxaca y Chiapas se cuenta con casi el mismo universo de este tipo de estructuras, el daño reportado en este estado es mayor.

Para el caso de los prototipos regionales, como era de esperarse, la mayor cantidad de daño ocurrió en los muros de carga, con porcentajes menores al 5% de daño en dalas y castillos. Dado que el prototipo regional es el más utilizado en las zonas inspeccionadas, es muy importante reconocer que el 64% de las estructuras tuvieron daño nulo en muros y sólo el 13% daño ligero. Solamente el 4% tuvieron daño grave en muros.

CAPÍTULO 5

EDIFICIOS INSPECCIONADOS

5.1 VISITAS DE CAMPO

En la ciudad de México y en cinco ciudades del istmo de Tehuantepec del estado de Oaxaca se inspeccionaron 21 planteles, con un total de 124 edificios escolares de uno a cuatro niveles. En ellas se cubrieron buena parte de la gran diversidad de tipos de estructuras, así como de diferentes años de construcción. El objetivo fue constatar las afectaciones en la infraestructura escolar por los dos terremotos de septiembre de 2017, con el fin de identificar los tipos de daños y la calidad de la información capturada en las cédulas después de estos dos grandes sismos.

En la ciudad de México fueron tres planteles cuyas inspecciones se realizaron entre el 15 de enero al 8 de febrero de 2018. En las cinco ciudades del estado de Oaxaca, todas ellas localizadas en las llanuras aluviales del istmo de Tehuantepec. En estas ciudades se inspeccionaron 17 planteles durante la segunda semana de mayo de 2018: ocho en Juchitán de Zaragoza, tres en El Espinal, tres en Asunción Ixtaltepec, uno en San Pedro Comitancillo y dos en Ixtepec (fig 5.1).

Para las inspecciones se contó con el apoyo del personal de INIFED y los responsables de las escuelas visitadas.

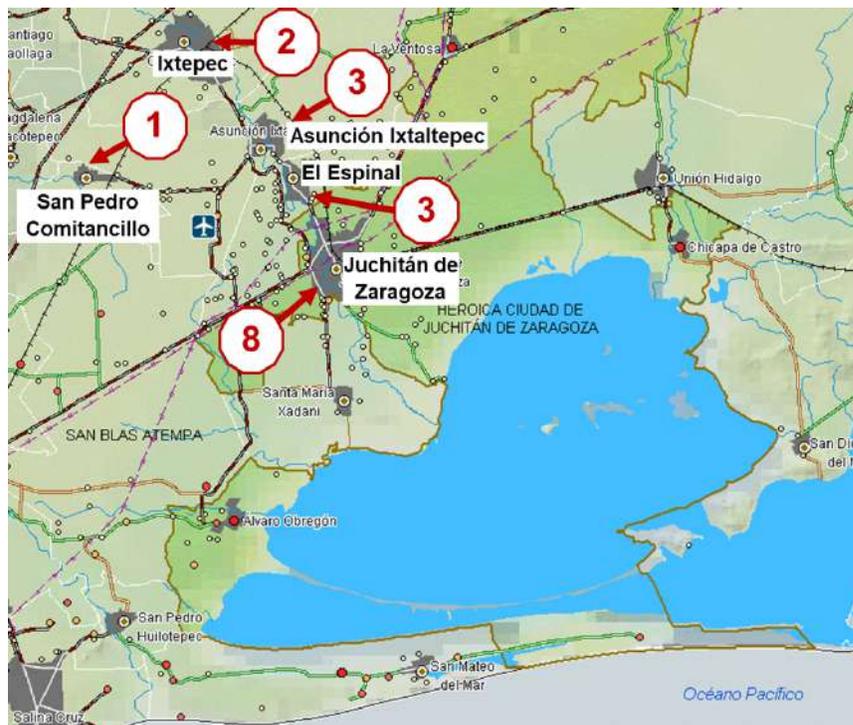


Figura 5.1 Ciudades y número de planteles visitados en Oaxaca

5.1.1 CIUDAD DE MÉXICO, CDMX

5.1.1.1 Escuela primaria “Diego Rivera Barrientos”

En el primer informe preliminar se incluyó la visita realizada en este plantel que está integrado por dos edificios de un nivel y uno de cuatro niveles (fig 5.2). De acuerdo con la información recabada la construcción data 1972. No presentó daños como consecuencia de los sismos del 19 y 20 de septiembre de 1985. Sin embargo, debido a que las escuelas son consideradas dentro del Grupo A, de acuerdo con el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal, éstas tenían que ser revisadas y, en su caso, rehabilitadas para cumplir con las Normas de Emergencia publicadas después de los eventos sísmicos de 1985. Por tal razón, la estructura fue rehabilitada en 1986 colocando cables postensados en las fachadas del edificio.

Las conclusiones y recomendaciones fueron que en los edificios del plantel no presentan daños por efecto del sismo del 19 de septiembre de 2107. Tanto el desnivel como el desplomo que del edificio de cuatro niveles ha sido por efecto de hundimientos propios del terreno en donde se encuentra desplantado. De acuerdo con el estudio presentado por una empresa el desplomo que presenta la estructura es de 1.5%, mayor al 1% que marca el reglamento de construcciones y por lo tanto se indica que se deberá realizar una nivelación del edificio.



Figura 5.2 Vista frontal del edificio de cuatro niveles

Debido a que la solución empleada en la rehabilitación del edificio, cables postensados, cumplió con su objetivo, es recomendable que se reintegren estos elementos en su totalidad, ya que implicaría trabajos menos invasivos en el proceso de colocación de los nuevos elementos.

Es necesario hacer un planteamiento integral de los trabajos de rehabilitación del edificio que incluya la reposición de los cables y la nivelación del edificio.

Es deseable que se realicen pruebas de vibración ambiental antes y después de los trabajos de rehabilitación con la finalidad de conocer las propiedades dinámicas de la estructura.

Por último, se deberá contar con un programa de mantenimiento preventivo a largo plazo para evitar problemas por la falta de éste. Dentro de este programa es necesario planear la forma de evitar que las palomas se posen en el edificio y sigan causando los problemas de corrosión observados.

Para los nuevos cables, se propone colocar fundas resistentes a las condiciones de intemperie o algún otro material que ayuden a prolongar la vida de los mismos.

5.1.1.2 Escuela secundaria No. 72 “DIEGO RIVERA”

En plantel está compuesta de cuatro edificios con estructura de concreto reforzado: dos de un nivel, y dos más de tres y cuatro niveles (figs 5.3 y 5.4). Uno de los edificios de un nivel tiene un cuerpo anexo con estructura ligera Atípica.

En el edificio de cuatro niveles tipo U4C se observaron diagonales de contraventeo lo que sugiere que el edificio fue rehabilitado después de los sismos de septiembre de 1985, pero no se sabe si por problemas en eventos anteriores o por requisitos reglamentarios. Existe una escalera metálica que también se supone fue parte de la rehabilitación de la escuela (fig 5.3).

En la escalera del edificio de cuatro niveles se observó desconchamiento de concreto en una columna entre el primer y segundo nivel, que no se puede atribuir a los movimientos de los sismos de septiembre de 2017. Se aprecia el acero con corrosión avanzada y esto es lo que posiblemente provocó la caída del recubrimiento. En algunos otros lugares también se observaron problemas por la falta de mantenimiento provocando caída de recubrimiento de concreto y oxidación de éste.



Figura 5.3 Vistas de los edificios de uno y cuatro niveles



Figura 5.4 Vistas del edificio de tres niveles

5.1.1.3 Jardín de Niños “Anton S. Makarenko”

El plantel lo conforman dos edificios de aulas de un nivel, su estructura es metálica con losa de concreto aparentemente del tipo A70 (fig 5.5). Además, cuenta con dos estructuras anexas de estructura metálica. No se observaron daños en los edificios. Tiene diagonales de contraventeo pero no se sabe si fue por daño o requisitos reglamentarios que se colocaron. Habían sido reconstruida parte de su barda para remplazar la sección dañada durante el sismo del 19 de septiembre de 2017. Se detectaron algunos problemas por falta de mantenimiento (fig 5.5) pero nada que ponga en riesgo la seguridad de la escuela.



Figura 5.5 Vista de uno de los edificios

5.1.2 CIUDAD DE JUCHICHÁN DE ZARAGOZA, OAXACA

5.1.2.1 Escuela primaria "Centro Escolar Juchitán"

La escuela tenía un edificio de dos niveles con una planta en forma de "U" fundada el 11 de septiembre de 1938 por el General Heliodoro Charis Castro. Durante el sismo de 7 de septiembre de 2017 los daños que sufrió el edificio fueron tales que las autoridades correspondientes decidieron demolerla (fig 5.6).



Figura 5.6 Daños diversos en la escuela (Fotos: Rodrigo Martínez)



Figura 5.7 Vistas de los siete edificios reconstruidos

En su lugar se reconstruyeron siete edificios del tipo U2C según el catálogo INIFED. Es decir que los edificios tienen una estructura de dos niveles con columnas, muros, vigas y losas monolíticas de concreto reforzado, así como varios muros de mampostería (fig 5.7). Un detalle a resaltar es que la planta alta del edificio F está comunicada a los edificios B y C con sendos puentes peatonales (fig 5.8).

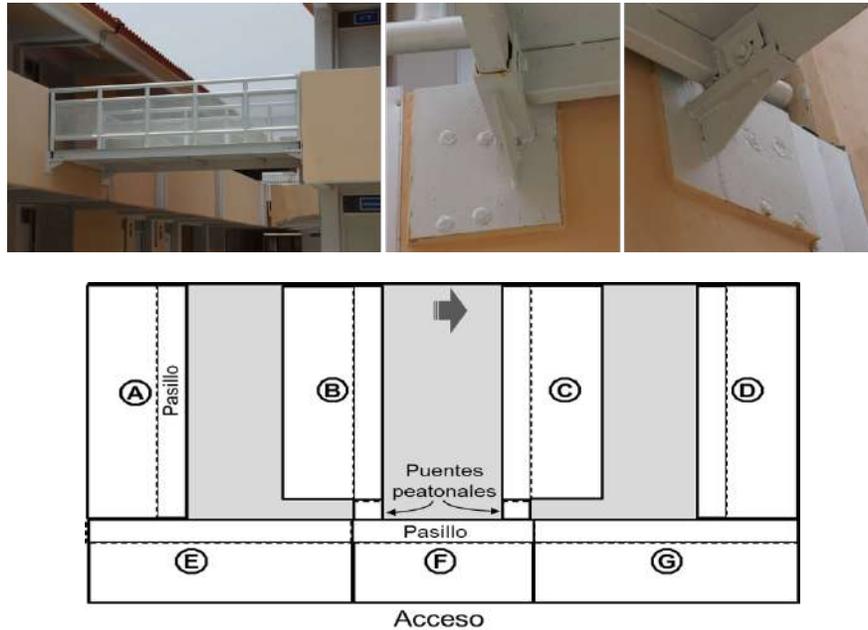


Figura 5.8 Detalles del puente y tubos entre los edificios

5.1.2.2 Escuela primaria "José Vasconcelos"

Conforme a lo observado en la inspección realizada, la escuela cuenta con dos edificios de un aula de un nivel tipo Regional y dos Atípicas de un nivel con dos aulas; además, según informó el director del plantel existía un edificio con estructura de concreto de dos niveles tipo U2C que había sido demolido (fig 5.9). El edificio demolido al parecer había sido construido con base en diseño 1970. Se nos explicó que varias de sus columnas y muros se habían dañado, pero queda la duda de la magnitud del daño. También se observó que habían sido instaladas aulas provisionales (fig 5.9).

En edificios C y D con estructura Atípica de mampostería confinada evidencia daños. En el edificio C en una de las fachadas laterales los daños fueron graves, ya que en los castillos habían grietas mayores de 2 mm. Aparentemente fue provocado por interactuar con una de las columnas que soportan la techumbre de la cancha deportiva (fig 5.10) y con el edificio B de la escuela secundaria "General José Gregorio Meléndez". En el edificio D se midieron anchos de grietas en la mampostería entre 1 y 5 mm, lo que equivale a daño intermedio (fig 5.11). Los dos edificios tipo Regional eran con diseño 1986, y en ellos no se observaron daños (fig 5.12). En ninguno de los edificios se pudo conocer el año de construcción.



Figura 5.9 Esquema de la ubicación de los edificios del plantel y zona donde fue demolido el edificio G



Figura 5.10 Edificio C de estructura Atípica con daño en castillos y muros de mampostería



Figura 5.11 Edificio D de estructura Atípica con daño en muros de mampostería confinada



Figura 5.12 Edificio B tipo Regional sin daño

5.1.2.3 Secundaria “General José Gregorio Meléndez”

En este plantel que tenían tres edificios, se habían demolido el A tipo U2C de 10 crujías y B que aparentemente era tipo U1C pero atípica de 11 crujías, y se conservó el edificio C atípico de un nivel como bodega, en el que aparentemente solo tenía daño ligero (figs 5.13 a 5.15). En el predio del plantel habían sido instaladas aulas provisionales.

Personal del plantel nos proporcionó algunas fotos de los dos edificios demolidos. En las figs 5.14 y 5.15 se muestran algunas de ellas. Se aprecia que en el edificio B daños graves en particular donde se adicionó un aula atípica en la fachada Este, la que aparentemente chocó con el edificio C de la escuela primaria "José Vasconcelos". En el edificio A los daños graves parece se presentaron en la planta alta por efectos de columna corta.



Figura 5.13 Esquema de la ubicación de los tres edificios y el edificio C atípico



Figura 5.14 Vista del edificio A y algunos de sus daños



Figura 5.15 Vista del edificio B y algunos de sus daños

5.1.2.4 Escuela Telesecundaria

El plantel consta de tres edificios, uno de estructura Atípica destinada a baños, uno tipo Regional de un aula, y un más tipo Regional de tres aulas recién construido, solo restaba por colocar las ventanas, puertas e instalaciones. En donde estaba este último edificio, previamente había otro similar que debió demolerse por los daños que presentó, pero no se pudo averiguar por qué debió demolerse.

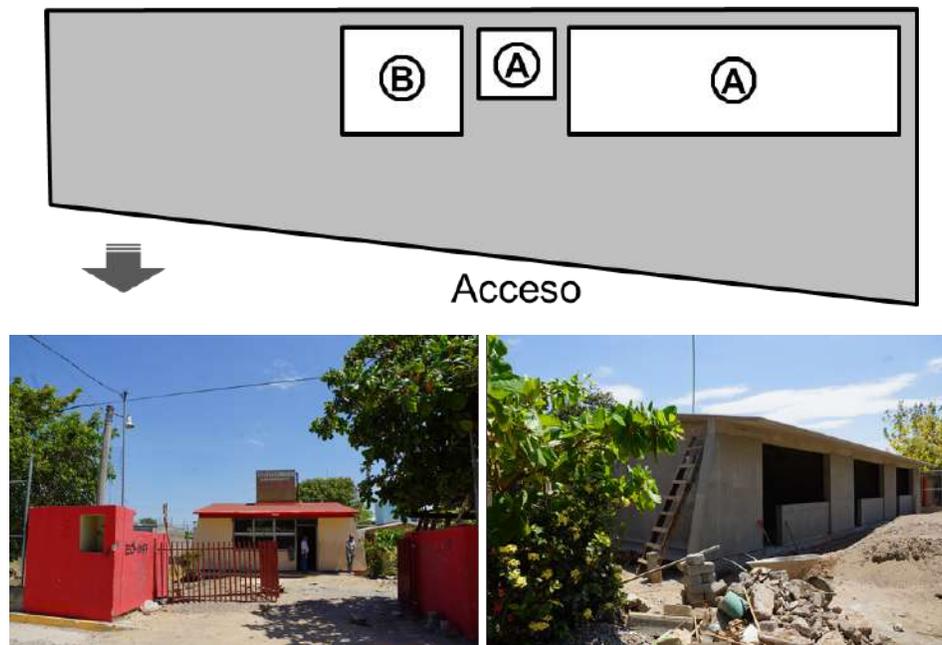


Figura 5.16 Vista de los edificios de la telesecundaria

5.1.2.5 Escuela secundaria "General Heliodoro Charis Castro"

El plantel constaba originalmente de nueve edificios (fig 5.17): cuatro de un nivel del tipo U1 de marcos metálicos prefabricados con muros de mampostería confinada y con losa de concreto, correspondiente al diseño 1970, uno atípico de concreto reforzado había sido demolido (edificio B), dos con igual tipo de estructura pero de dos niveles (U2, diseño 1970), uno de ellos también fue demolido (edificio E), uno con estructura metálica tipo T80 y por último uno de un nivel con cinco aulas tipo Regional Atípica, ya que al parecer fue construida con base en el diseño de uno y tres aulas más un aula entre los dos (fig 5.18).

Durante la visita se observó que estaba en proceso de reconstrucción los edificios B y E (fig 5.19) con estructura de concreto reforzado de los tipos U1C y U2C, respectivamente. Se apreció que estaban construyendo las columnas de planta baja. En la cimentación llama la atención que no se aplica ninguna impermeabilización en los muros o muretes de la cimentación para evitar que el agua se transmita por capilaridad a los muros de planta baja. Los restos de concreto reforzado pertenecientes de la estructura Atípica del edificio B demolido, se observaron agregados de dimensiones superiores a 2 cm (fig 5.19). Las estructuras que fueron demolidas queda las dudas en cuántos elementos estructurales se presentó daño grave, y si era necesaria su demolición en términos de costo y tiempo con respecto a una rehabilitación.

El edificio D estaba siendo reparado con mallas metálicas. En las fotos de la fig 5.20 puede apreciarse diversos problemas: inadecuada construcción de los muros de mampostería, deficiente acoplamiento entre los marcos metálicos y los muros de relleno, conexiones inadecuadas entre los muros de mampostería longitudinales con los muros transversales ubicados fuera del marco metálico, mala colocación de tubos de las instalaciones eléctricas, corrosión de los marcos metálicos y trabajos de reparación que parece no toma bien en cuenta tales deficiencias.

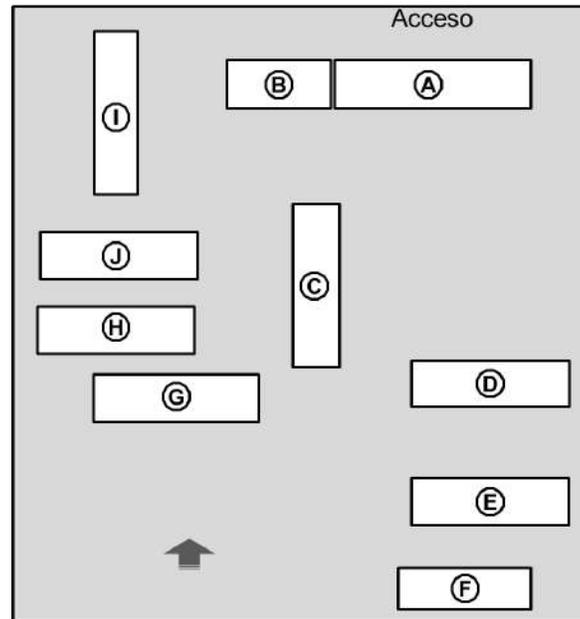


Figura 5.17 Esquema del plantel con la ubicación de los edificios



Figura 5.18 Edificio F tipo Regional Atípica de cinco aulas y foto del aula adicional construida en medio de dos Regionales de una y tres aulas



Figura 5.19 Reconstrucción del edificio B y restos de uno de elementos dañados



Figura 5.20 Daños del edificio D, ejemplo de algunas deficiencias y reparaciones

Este problema de incompatibilidad entre las deformaciones de la estructura metálica y los muros de mampostería también se presentó en los edificios A, C, H y G de un nivel (figs 5.21 y 5.22). Se sugiere realizar una revisión estructural con base en las actuales normas de diseño para determinar qué reforzamiento debería realizarse a estos edificios.

En los edificios C, D y G se aprecian grietas en varios dados de concreto de la cimentación donde se apoyan las columnas metálicas y que sobresalen del nivel del terreno (fig 5.22). Estas pueden ser indicios de efectos las aceleraciones verticales. En la misma figura se muestran fotografías con daños en una puerta metálica del edificio C ocasionados por los movimientos verticales durante los sismos de septiembre 2017.

Además de los edificios inspeccionados, había uno en construcción identificado en la fig 5.17 como edificio J. Su estructuración era Atípica de muros de tabicón con marcos de concreto y dos de sus muros se habían desplomado.

La barda del plantel evidencia graves daños por falta de mantenimiento y por los efectos de los sismos (fig 5.23).



Figura 5.21 Daños en el edificio A



Figura 5.22 Daños observados en los edificios C y H



Figura 5.23 Daño grave en barda perimetral del plantel

5.1.2.6 Escuela primaria "Evaristo C. Gurrión" o "Enrique Liekens"

Este plantel contaba con doce edificios de un nivel (fig 5.24), de la visita se observaron tres de un aula del tipo Regional (edificios A, D y F), una del tipo HM correspondiente al diseño 1966 destinada a baños (edificio L) y una de Atípica (edificio I). Habían sido demolidos los edificios B, C, E, G, H, J y K del tipo HM con diseño 1966 y el edificio C con estructuración Atípica. Provisionalmente se había colocado tres cuerpos de aulas y estaba en proceso de reconstrucción dos edificios tipo Regional. En el predio del plantel habían sido instaladas aulas provisionales.

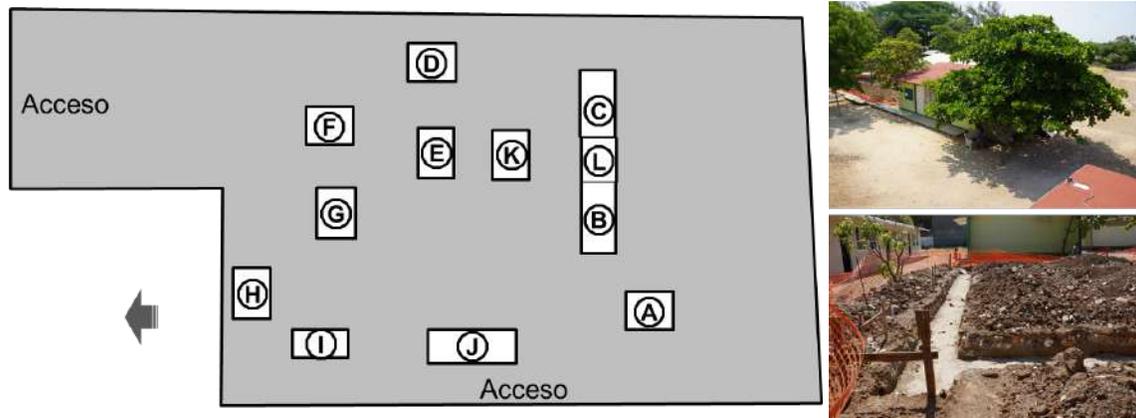


Figura 5.24 Esquema del plantel con la ubicación de los edificios y vista de las zonas excavadas

El edificio C, destinado a baños, su estructura metálica presentaba problemas de oxidación por falta de mantenimiento y daños por pandeo local. Todos sus muros tenían daños, y desprendimiento y caída de plafones (fig 5.25).

En los tres edificios tipo Regional se observaron grietas en todos sus muros de mampostería confinada. Las anchuras de las grietas fueron menores de 0.5 mm, es decir se presentó daño ligero. El personal de la escuela informó que los edificios D y F habían sido construidos hacia aproximadamente 3 y 15 años, respectivamente (figs 5.26 y 5.27).



Figura 5.25 Daños en el edificio B



Figura 5.26 Daños en el edificio D



Figura 5.27 Daños en el edificio G

5.1.2.7 Jardín de Niños "Gabriel López Chiñas"

La escuela fue construida en septiembre 1980, según se menciona en una placa que se encuentra a la entrada de la escuela. Cuenta con nueve edificios de un nivel (fig 5.28): cinco son tipo Regional con contrafuertes diseño 1986, identificados como edificios C, D y F de un aula, edificio E de dos aulas y edificio B de tres aulas, edificios G y H de mampostería Atípica, edificio I de estructura ligera y edificio A de cuatro aulas A70 de marcos metálicos prefabricados con muros de mampostería confinada y con losa de concreto, correspondiente al diseño 1970.

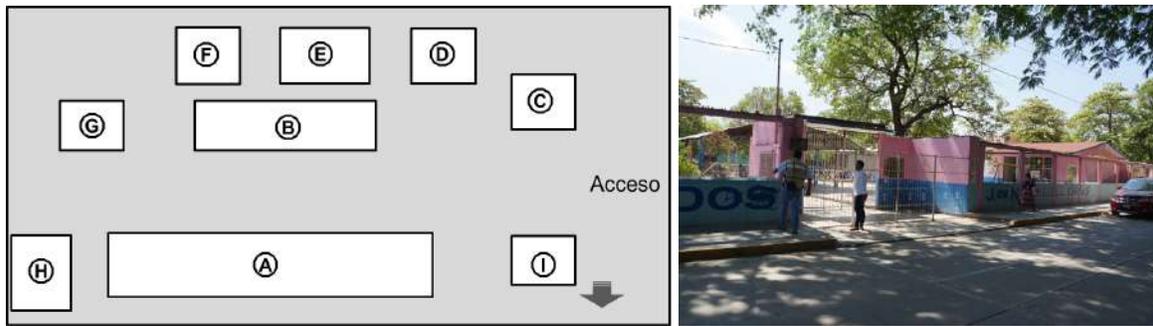


Figura 5.28 Esquema de la distribución de edificios y vista exterior del plantel

En el edificio A su estructura metálica presentaba algunos problemas de oxidación por inadecuado mantenimiento, caída de aplanados en los muros de relleno de los marcos transversales, daños graves en muros de mampostería fuera del plano de los marcos y daño por pandeo local en una de las columnas metálicas. Se observaron problemas de incompatibilidad entre las deformaciones de la estructura metálica y los muros de mampostería. Varios de los pretilos de mampostería que colindan con las puertas de las aulas se agrietaron (fig 5.29).



Figura 5.29 Edificio A y sus daños

El edificio H, de estructura Atípica de mampostería, en sus muros tiene algunas anchuras de grietas mayores de 5 mm y los otros con estructura Atípica aparentemente no tiene daños. En los edificios tipo Regional solo se detectaron grietas con anchuras inferiores a 1 mm. El daño mayor ocurrió en un muro que se colocó entre los edificios E y F en la cara Sur (fig 5.30).

En la fig 5.31 se muestra la cubierta de la plaza cívica con evidencia de oxidación en sus armaduras.



Figura 5.30 Esquema de la distribución de edificios y vista exterior del plantel



Figura 5.31 Cubierta de la plaza cívica y detalle de las armaduras oxidadas

5.1.2.8 Escuela primaria bilingüe "Saúl Martínez"

Es una escuela primaria bilingüe está integrada por seis edificios y dos cuerpos anexos (fig 5.32): el edificio A de cinco aulas con una estructura Atípica de muros de mampostería confinada y techo de losa de concreto, edificios B y C de un aula tipo Regional con contrafuertes están unidos entre ambos por el cuerpo G para constituir un aula adicional (fig 5.33).

El edificio F parece que fue afectada por la interacción con el portal de la entrada y con la barda, provocando un efecto de torsión (fig 5.34). Esta barda, la cual había sido demolida y solo se pueden observar algunos restos. Los muros con contrafuertes (dirección paralela a la calle) presentan grietas inclinadas en forma de cruz con anchuras en una de las caras superan los 5 mm.

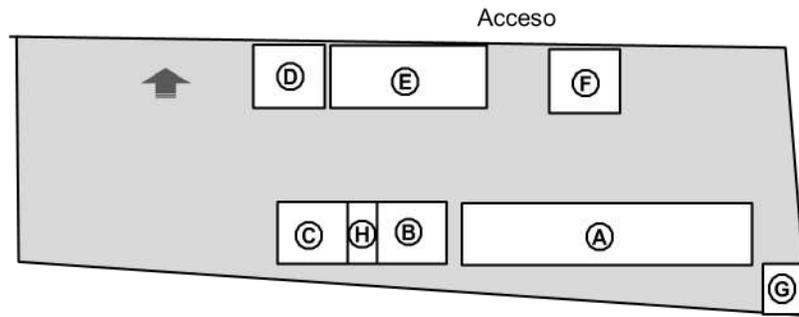


Figura 5.32 Esquema de la distribución de los edificios del plantel



Figura 5.33 Vista de edificio C, H y B



Figura 5.34 Daños del edificio F

Buena parte del resto de la barda perimetral está desplomada. Fue posible apreciar sus movimientos de vibración lateral con el paso de vehículos lo que evidencia riesgo a voltearse. En el resto de los edificios solo se detectaron daños menores o previos a los sismos de septiembre de 2017 (fig 5.35).

Al momento de la visita, se encontraba en construcción el edificio D (fig 5.36). Se nos informó que los edificios D original Atípica y E estaban unidos. Al parecer por la interacción entre ambos provocaron daños al edificio D de tal magnitud que se decidió demolerlo. Cabe mencionar que no se tienen evidencia que el daño fuera de tal magnitud que fuera necesaria su demolición.



Figura 5.35 Edificio A y desplomo de barda perimetral del predio



Figura 5.36 Reconstrucción del edificio D

5.1.3 CIUDAD EL ESPINAL, OAXACA

5.1.3.1 Primaria “General Luís B Toledo”

El plantel cuenta con un edificio tipo Regional con daños ligeros (grietas menores de 0.2 mm en los contrafuertes). Dos edificios regionales, una de tres aulas sin contrafuerte con daños en sus muros de mampostería (grietas entre 1 y 5 mm) y otra de un aula con contrafuerte sin daño, pero estos dos edificios fueron acoplados con la construcción de un aula entre el espacio que las separaba, sus muros tienen grietas en la parte adosada. En este caso este acoplamiento con la regional con contrafuerte al parecer evitó que tuviese el daño grave que se presentó en las tres regionales que ya habían sido demolidas. La regional con cuatro aulas sin contrafuerte y un tinaco tuvo daño intermedio aparentemente, pero queda claro si es una regional convencional. Este edificio estaba siendo reparado. Además, habían reconstruido dos edificios tipo Regional, y al parecer estaba por iniciar la construcción de otro edificio.

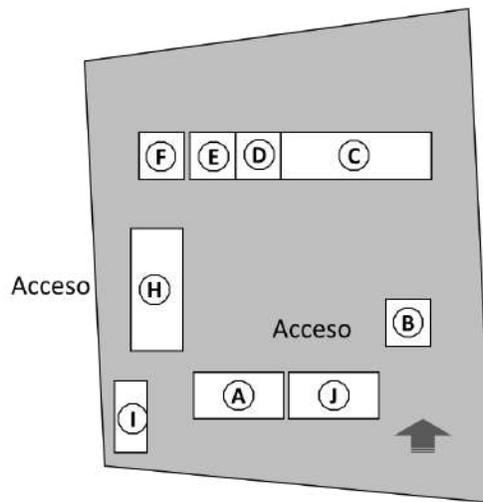


Figura 5.37 Esquema de la distribución de los edificios del plantel

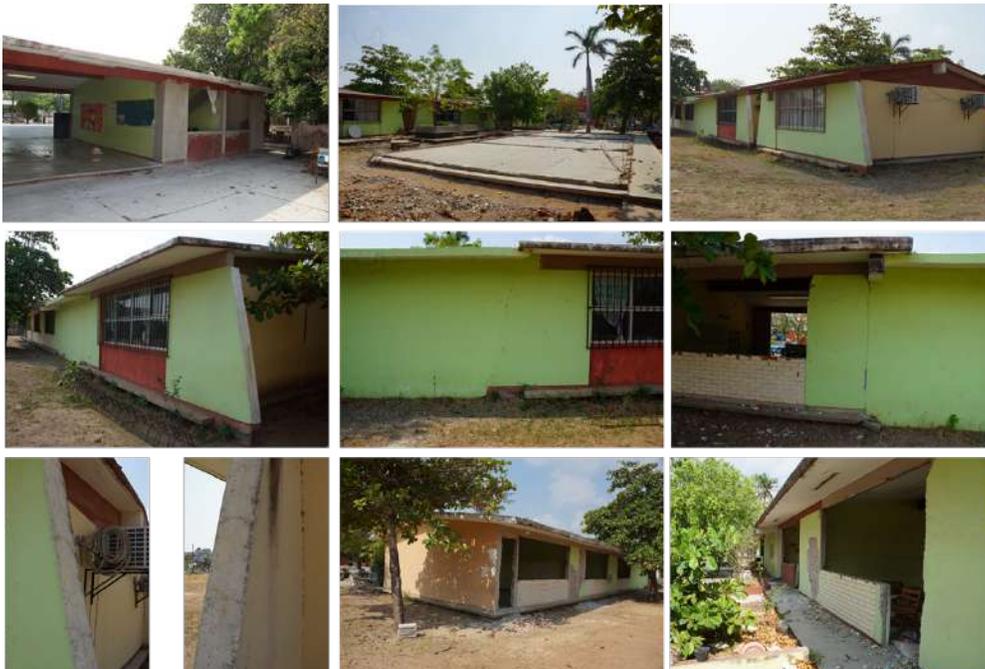


Figura 5.38 Vista de los daños en edificios del plantel



Figura 5.39 Reconstrucción de los tres edificios tipo Regional

5.1.3.2 Escuela secundaria Técnica n° 18

La escuela está compuesta de 17 edificios y una estructura de instalaciones (O). En la visita se observaron que los edificios A, B, M, J son tipo A70, los edificios C y G son tipo T71, los edificios F y K son UIC, los edificios D, E, R, I, H y P son tipo Regional de una a tres aulas, los edificios N y L con estructura Atípica y el edificio Q con estructura de mampostería confinada atípica de dos niveles perteneciente a la Supervisión de Escuelas Secundarias del estado de Oaxaca.

De la inspección realizada, se apreció que todos los edificios tipo A70 sufrieron daño en las columnas por estar en contacto con los muros de mampostería, provocando pandeo y aplastamiento de las columnas. Los muros sufrieron en algunos daños. El edificio L con estructura Atípica sufrió colapso parcial.

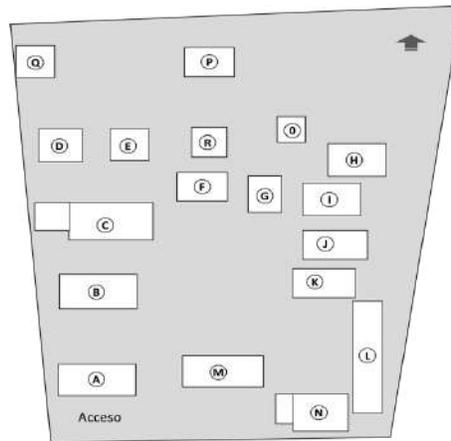


Figura 5.40 Esquema del plantel con la ubicación de los edificios y vista de las zonas excavadas



Figura 5.41 Vistas de los edificios alrededor de la plaza cívica



Figura 5.42 Vistas del edificio G



Figura 5.43 Daños en el edificio M



Figura 5.44 Daños en edificios K, F e I



Figura 5.45 Vista de edificios con daños ligeros o los del tipo Regional recién reconstruidas



Figura 5.46 Daños en edificios atípicos



Figura 5.47 Daños en la barda del plantel



Figura 5.48 Edificio Q perteneciente a la Supervisión de Escuelas Secundarias con daños menores

5.1.3.3 COBAO n°02

Se trata del Colegio de Bachilleres del Estado de Oaxaca (COBAO) y en este plantel hay edificios de diferentes años. Según una placa del año 1997 que conmemora el 15 aniversario del COBAO sugiere que fue inaugurado en 1982. Los tipos de edificios son cinco A70 (marcos de estructura metálica prefabricada rellenos de muros de mampostería y techo con losa de concreto (diseño 1970), ocho de tipo A84C (diseño 1970) y dos de tipo U1C (diseño 1990).

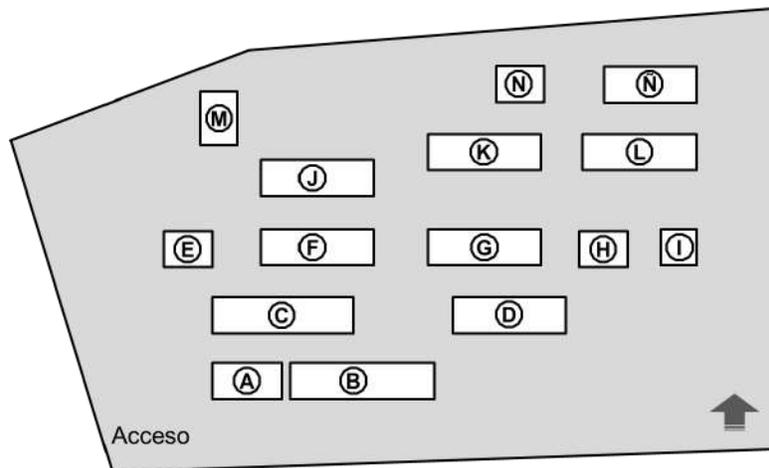


Figura 5.49 Esquema de la distribución de los edificios del plantel

Este plantel cuenta con once edificios con estructuras tipo A70, A84 y U1C. En la inspección se apreciaron daños graves en los edificios tipo A70, caracterizado por pandeo local de columnas a consecuencia del acortamiento de estas. En los pocos marcos longitudinales que tienen muros de relleno en la dirección longitudinal llegó a pandearse también las vigas y el daño en columnas fue menor. En los edificios tipo A84 el daño grave solo ocurrió en los muros de mampostería. En las figs 5.50 a 5.53 aparecen diversas fotos de los daños los edificios tipo A70 y A84. En las U1C no tuvieron daños estructurales, pero en una de ellas que tiene un muro transversal deslizado que se dañó el canal perimetral (fig 5.54).



Figura 5.50 Daños en el edificio F



Figura 5.51 Daños en el edificio J



Figura 5.52 Daños en el edificio F



Figura 5.53 Daños en el edificio K



Figura 5.54 Daños en el edificio N

5.1.4 CIUDAD DE ASUNCIÓN IXTALTEPEC, OAXACA

5.1.4.1 Secundaria Técnica n° 19

La escuela la componen once edificios (figs 5.55 a 5.60): cuatro son tipo A70 (edificios A, D, E y F), cuatro más son tipo A84 (edificios B, C, J y I), uno tipo T70 (edificio H), uno atípico (edificio D), y un gimnasio y auditorio (edificio K).

De la inspección realizada, se observó que en los edificios A, D y E sufrieron daño en las columnas por estar en contacto con los muros, provocando pandeo y aplastamiento de las columnas. Se observó desplomo de algunas estructuras tipo A70 y sus muros divisorios con daños por una mala solución constructiva. El edificio D había sido demolido. En el edificio J tipo A84 tenía daños graves en muros y en otro del mismo tipo (edificio I) solo en los recubrimientos (figs 5.56 a 5.58). En este plantel se requirió instalar aulas provisionales.

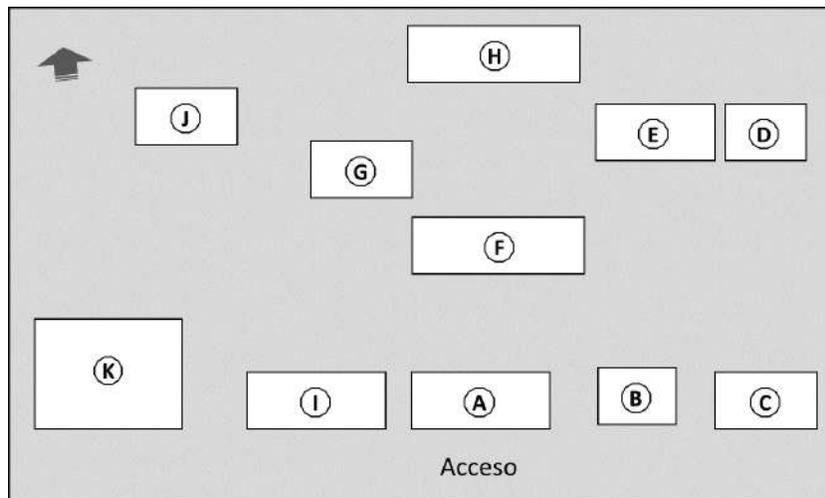


Figura 5.55 Esquema del plantel con la ubicación de los edificios



Figura 5.56 Daños en edificios A y E



Figura 5.57 Daños en el edificio E



Figura 5.58 Daños en el edificio J tipo A84



Figura 5.59 Daños en el edificio H por falta de mantenimiento previos a los sismos de 2017



Figura 5.60 Vista del edificio H

5.1.4.2 Primaria “Margarita Maza de Juárez”

Al momento de la visita, habían sido demolidos todos los edificios (según nos informaron eran tres A70 con techo de losa de concreto una de 9 crujías y dos de 17 crujías) y solo se apreciaba la techumbre de la plaza cívica y un monumento. La escuela operaba con aulas provisionales instaladas alrededor de las áreas que ocupaban los edificios (fig 5.61).



Figura 5.61 Vista del plantel

5.1.4.3 Jardín de niños “Dominga Guzmán Rasgado”

La escuela se ubica junto a la antigua casa-escuela El Centenario (1920) que sufrió severos daños (fig 5.62). Contaba con dos edificios, uno del tipo A70 (acero) que fue demolido. El otro edificio que no sufrió daños es del tipo Regional con contrafuertes de tres aulas y en el que se construyó un pequeño cuarto de mampostería adosado a los muros del contrafuerte. En los muros longitudinales hay una grieta a lo largo de la junta fría entre el castillo inclinado del contrafuerte y el muro del cuarto cuyo ancho supera los 5 mm. Esta grieta existía previo a los sismos de 2017. No obstante que no tuvo daños está desocupada por el riesgo de que se desplomen el muro colindante de la casa-escuela El Centenario.



Figura 5.62 Vistas de la escuela

5.1.5 CIUDAD DE SAN PEDRO COMITANCILLO, OAXACA

5.1.5.1 Secundaria Técnica n° 17

El plantel consta actualmente de cinco edificios de un nivel tipo UIC diseño 1970 (dos de 9 crujías; dos de 6 crujías en la dirección longitudinal, una rellena con muros de mampostería; y el restante de 8 crujías) fig 5.63. En la mayoría de las crujías en la dirección longitudinal había un pretil de mampostería desligado con una junta. Además, había una estructura adicional que no pudo inspeccionada.



Google Maps 2018

Figura 5.63 Mapa del plantel con la ubicación de los seis edificios

En tres de los edificios, con seis, ocho y nueve crujías, y con todas las crujías con pretiles, sus daños fueron ligeros. En cambio, en el edificio restante de nueve crujías con pretiles en todas ellas tenía daños intermedios a graves, esto se atribuye por inadecuada junta constructiva entre el pretil y el marco de concreto armado (fig 5.64). El edificio que tenía en una crujía longitudinal un muro de mampostería, sus daños fueron graves en el marco de concreto reforzado que lo confinaba (figs 5.65). En este edificio se evidenciaba una mala calidad del concreto con grava de río superior a 2 mm y mala adherencia entre el agregado y la pasta de cemento (fig 5.65). Además, había sido demolido un edificio, al parecer era también del tipo UIC (fig 5.66), y estaba reconstruyéndose una Regional de dos aulas, empleando el mismo tipo de agregado.



Figura 5.64 Daños en los edificios del plantel



Figura 5.65 Daños en uno de los edificios



Figura 5.66 Agregados inadecuado empleados en la estructura demolida y en la reconstrucción de un edificio tipo Regional

5.1.6 CIUDAD DE IXTEPEC, OAXACA

5.1.6.1 Escuela primaria Revolución

El plantel se componía por once edificios, dos de ellos se demolieron. El tipo de estructuras eran A70, HM, Regional y Atípica. Durante la visita se observó la reconstrucción de la cimentación de los dos edificios. Se apreciaron las zapatas corridas para el desplante de sus estructuras. Varios otros ya habían sido reparados casi en su totalidad por lo que ya no fue posible constatar el tipo de daño. Se observó que uno de los edificios del tipo A70, con techo de concreto, había sido reforzado con muros de concreto reforzados excéntricos a los ejes del propio edificio. El refuerzo fue previo a los sismos de septiembre de 2017. En algunos dados de concreto de la cimentación se detectaron grietas verticales (fig 5.67 a 5.70).



Figura 5.67 Vista del plantel y reconstrucción de edificios tipo Regional



Figura 5.68 Daños y reparaciones en un edificio tipo Regional



Figura 5.69 Daños en muros de relleno en un marco de un edificio con marcos metálicos



Figura 5.70 Daños y reparaciones en edificios tipo A70 que se habían reforzado previo a los sismos de 2017

5.1.6.2 Escuela primaria Cámara Junior

Esta escuela con edificios con una estructura Atípica de mampostería confinada, no fue posible ingresar para su inspección. Lo que se observaba del exterior era que aparentemente está por iniciarse su rehabilitación. En todo caso, estaba en proceso de demolición varios de los muros de mampostería. Algunos de estos muros evidenciaban que habían sido reforzados con mallas metálicas (fig 5.71).



Figura 5.71 *Daños en los edificios del plantel*

5.2 EDIFICIOS MEDIDOS DINÁMICAMENTE

5.2.1 EDIFICIOS SELECCIONADOS Y METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

En esta sección del informe se presenta el estudio experimental para estimar las principales frecuencias de vibración con base en las pruebas de vibración ambiental realizadas el 11 de mayo de 2018 de cinco edificios tipo U2C de la escuela primaria “Centro Escolar Juchitán” recién construidos, y las realizadas el 12 de mayo de 2018 de un edificio tipo Regional de un aula de las escuelas primarias "José Vasconcelos" y "Evaristo C. Gurrión" o "Enrique Liekens", y de un edificio de tres aulas tipo Regional de la Telesecundaria (fig 5.72).



- ① Escuela primaria "Centro Escolar Juchitán"
- ② Escuela primaria "José Vasconcelos"
- ③ Escuela primaria "Evaristo C. Gurrión" y "Enrique Liekens"
- ④ Escuela Telesecundaria
- ⑤ Jardín de Niños "Gabriel López Chiñas"
- ⑥ Escuela secundaria "Gral Heliodoro Charis Castro"
- ⑦ Escuela primaria bilingüe "Saúl Martínez"
- ⑧ Secundaria "Gral José Gregorio Meléndez"

Figura 5.72 Mapa de la ciudad de Juchitán de Zaragoza con la localización de los siete planteles inspeccionados y en los cuatro donde se realizaron pruebas de vibración ambiental

Las pruebas de vibración ambiental se realizaron con base en la metodología experimental desarrollada en el IIUNAM (Murià Vila, 2007). El procesamiento de la información consiste en un análisis de señales aleatorias a través de la transformada rápida de Fourier, para obtener las densidades espectrales promedio, así como las correspondientes funciones de transferencia, en fase y amplitud, y de coherencia entre pares de señales (Bendat y Piersol, 1986). Para tal fin se empleó un programa de cómputo elaborado en el IIUNAM (Murià- Vila *et al*, 2006).

El equipo empleado fue de muy alta resolución, de la marca Kinometrics, que permite registrar movimientos tanto de vibración ambiental como de sismos de gran intensidad. El dispositivo experimental consistió de seis acelerómetros triaxiales, ocho acelerómetros uniaxiales, cuatro digitizadores Q330 de seis canales con receptor GPS cada uno para enviar por cable o radio las señales a un controlador y registrador.

Los acelerómetros se conectaron a los Q330 a través de cables blindados, y con el controlador y los Q330 se estableció una red IP para sincronizar, capturar y registrar las señales de los sensores considerados. En las figs 5.73 y 5.74 se muestran el puesto de registro instalado y algunos puntos instrumentados con acelerómetros en las escuelas primaria “Centro Escolar Juchitán” y Telesecundaria.



Figura 5.73 Puesto central de registro instalado en las escuelas “Centro Escolar Juchitán” y Telesecundaria



Figura 5.74 Vista de puntos instrumentados con acelerómetro en las escuelas “Centro Escolar Juchitán” y Telesecundaria

5.2.2 INSTRUMENTACIÓN, PROGRAMA DE PRUEBAS Y RESULTADOS

5.2.2.1 Escuela primaria "Centro Escolar Juchitán"

Teniendo en cuenta la respuesta dinámica de los edificios y la posible interacción entre ellos, se establecieron 22 puntos estratégicos de medición en las estructuras y dos puntos en el terreno de la escuela. Los componentes horizontales coinciden con los ejes principales de la planta de los edificios. Los puntos de medición seleccionados en los edificios y el programa de pruebas se muestran en las figs 5.75 a 5.77.

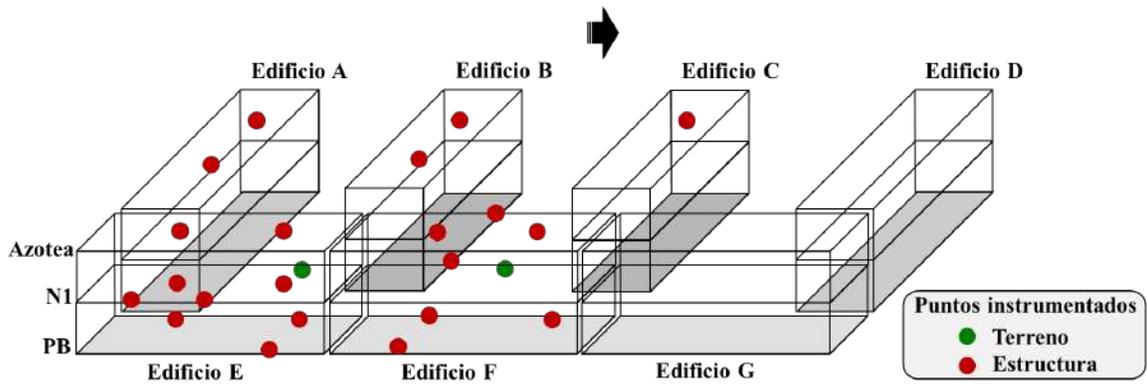


Figura 5.75 Puntos de medición en los edificios A, B, C, E y F

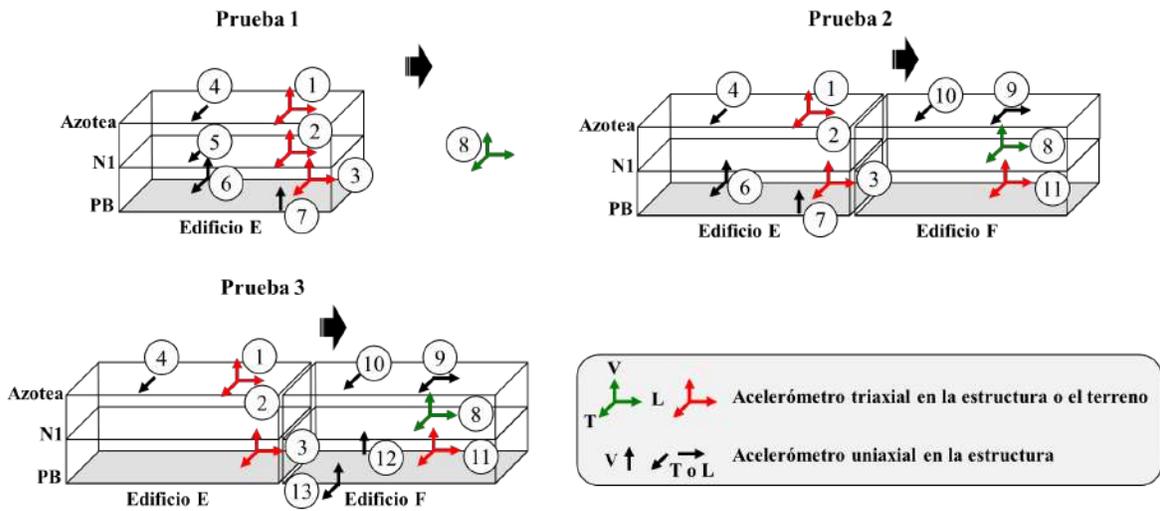


Figura 5.76 Pruebas 3 a 6 en los edificios E y F

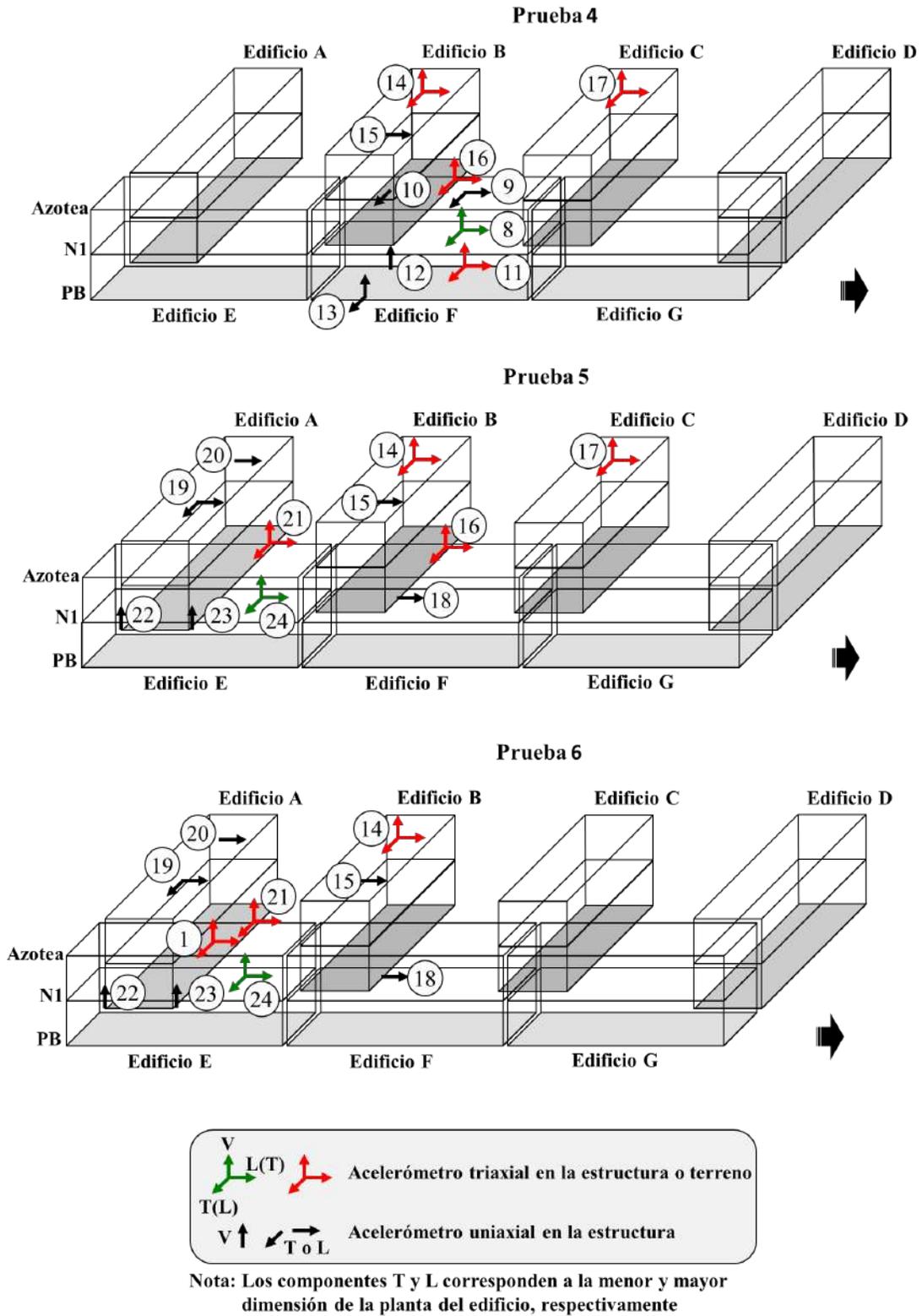


Figura 5.77 Pruebas 3 a 6 en los edificios A, B, C, E y F

El programa de pruebas de vibración ambiental consistió en seis pruebas con diferentes distribuciones y orientaciones de los acelerómetros para medir las vibraciones en los puntos seleccionados en los edificios A, B, C, E y F. En cada prueba la duración de las capturas de las señales de los acelerómetros fue de 20 minutos y con una frecuencia de muestreo de 100 Hz.

Para la identificación de las frecuencias de los modos de vibrar más significativos de la estructura y según el componente del sistema que se trate, se escogieron ciertos puntos instrumentados como referencia, con los cuales se calcularon las funciones de transferencia o cocientes espectrales con respecto a los demás puntos instrumentados. Dichos cocientes espectrales permiten definir las diferentes frecuencias de los modos de vibrar.

Para identificar las frecuencias naturales de vibración de los edificios se emplearon como primera estimación los datos de las figs 5.78 y 5.79, en las cuales se muestran las densidades espectrales obtenidas de los registros de azotea del edificio (puntos 1 y 4) y del terreno (punto 8), así como los cocientes espectrales entre los puntos de azotea y terreno en los componentes L y T. En los cocientes espectrales se distinguen varias ordenadas asociadas a diferentes frecuencias de vibración, las cuales conciernen a los movimientos que se amplifican con respecto al terreno. Con el análisis de los espectros de todas las pruebas fue posible la identificación de las frecuencias de los modos de vibración significativas del edificio en los componentes L, T y torsión. Para identificar cuál de estas frecuencias corresponden a los modos de vibrar del edificio, se emplean los espectros de potencia calculados, así como los ángulos de fase entre los puntos de medición y los valores de coherencia. Ejemplos de estos espectros se muestran en las figs 5.80 y 5.81.

Con el análisis espectral de las seis pruebas se logró identificar claramente las del primer modo del componente L de cada edificio. Para las frecuencias de los componentes T y torsión solo fue posible determinar un intervalo de frecuencias donde se encuentra su valor. Esto se atribuye a los movimientos rotacionales del suelo y a efectos de acoplamiento con los modos de vibrar de los componentes entre los componentes T y de torsión, así como entre la interacción entre los modos de vibrar de los edificios. Este último efecto fue más notorio en el edificio F, ya que se ve favorecida la interacción entre los edificios por los puentes peatonales que los unen. En la tabla 5.1 se presentan los valores de las frecuencias naturales de vibración de los cinco edificios estimadas de los registros de vibración ambiental.

Tabla 5.1 Frecuencias significativas de vibración, en Hz, en los componentes L, T y torsión de los edificios A, B, C, E y F

Edificio	Componente L		Componente T		Torsión
	1	2	1	2	1
E	8.1	26.3	9.0-11.0	30.0-31.0	16.0-17.0
F	8.3	25.3-27.3	11.0-12.0	30.0-31.0	17.5-21.0
A	9.5	26.8	10.0-13.0	30.0-31.0	12.5-14.0
B	7.8	24.9	8.5-9.0	23.0-26.0	12.5-15.5
C	9.0	26.0-28.0	8.3-9.0	26.0-28.0	14.5-16.0

La fig 5.82 muestra las densidades espectrales obtenidas de los registros del punto 8 ubicado en el terreno y los cocientes espectrales de Nakamura en los componentes L y T (Nakamura, 2000). Con esta información se identifican aproximadamente las frecuencias dominantes de sitio y que se ubican aproximadamente entre 1.0 y 3.90 Hz. En la fig 5.83 se comparan los espectros promedio obtenidos de mediciones simultáneas entre el terreno (punto 8) y el de PB (punto 3) del edificio. Pueden observarse altas coherencias entre las frecuencias de 1.0 y 3.2 Hz, y esto se observa igual en los cocientes entre el patio y PB de los demás edificios.

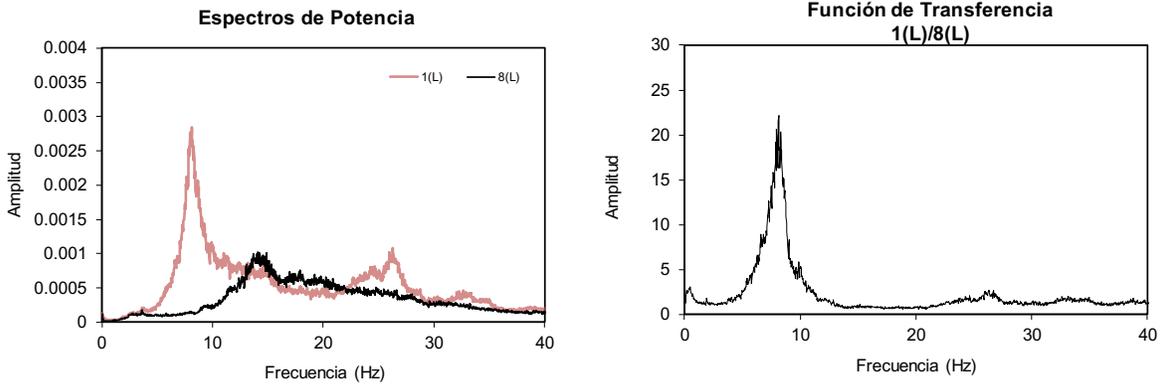


Figura 5.78 Densidades espectrales de los puntos 1 (azotea) y 8 (terreno), y el cociente espectral entre 1/8 del componente L

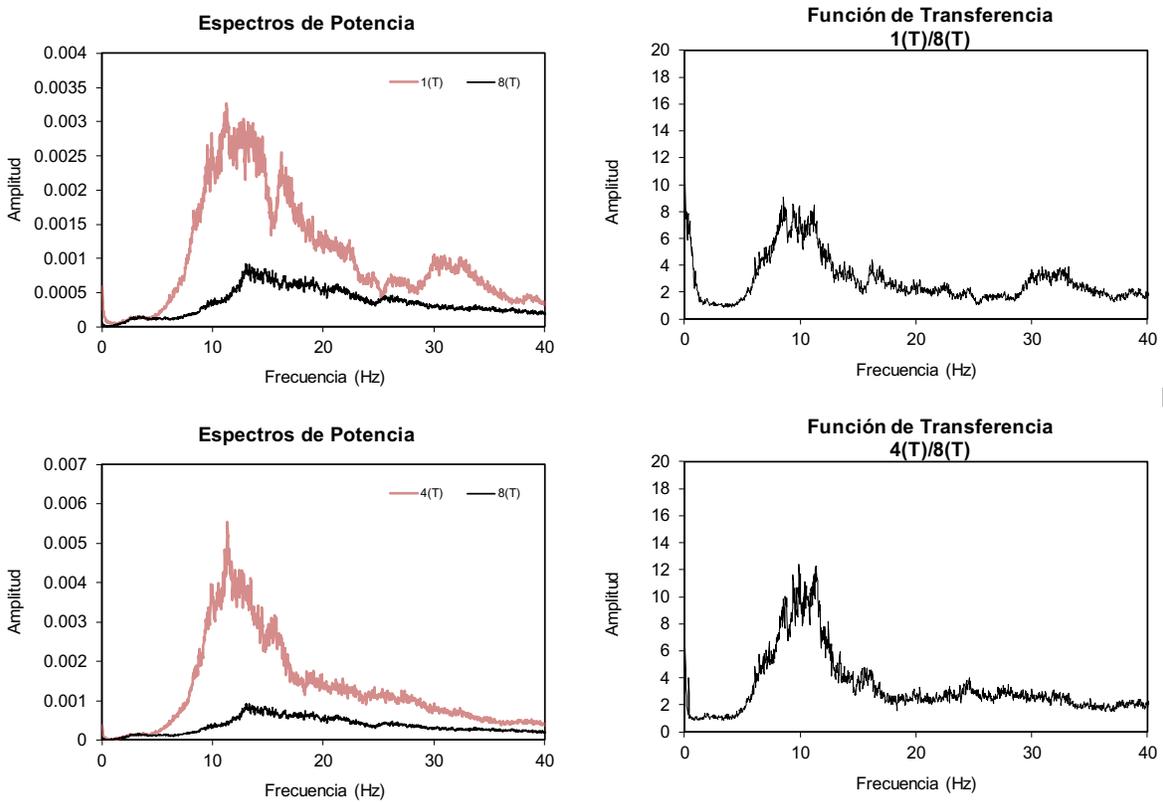


Figura 5.79 Densidades espectrales de los puntos 1 (azotea), 4 (azotea) y 8 (terreno), y el cociente espectral entre 1/8 y 4/8 del componente T

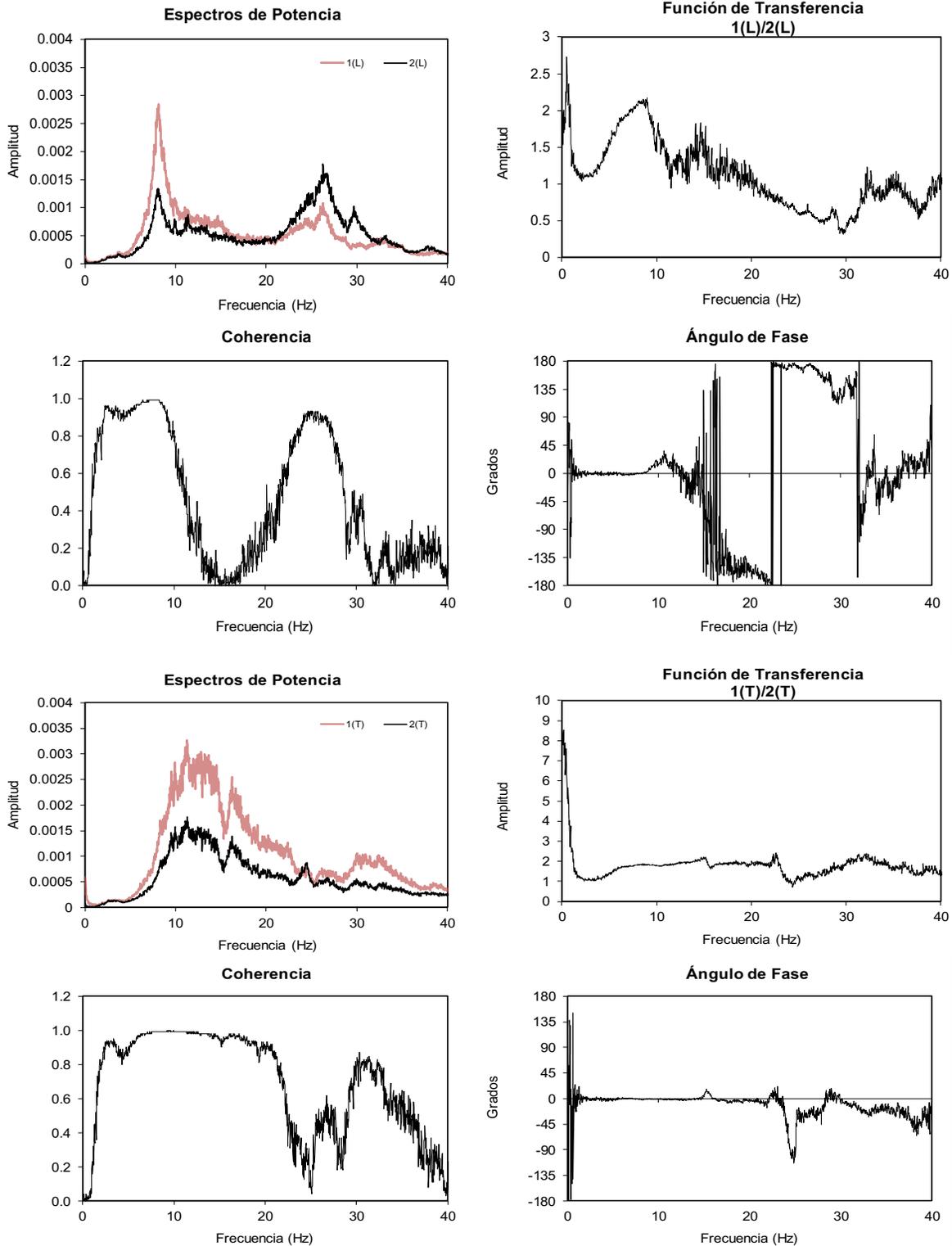


Figura 5.80 Densidades espectrales, cociente espectral, ángulo de fase y coherencia de los puntos 1 (azotea) y 2 (N1) en los componentes L y T del edificio

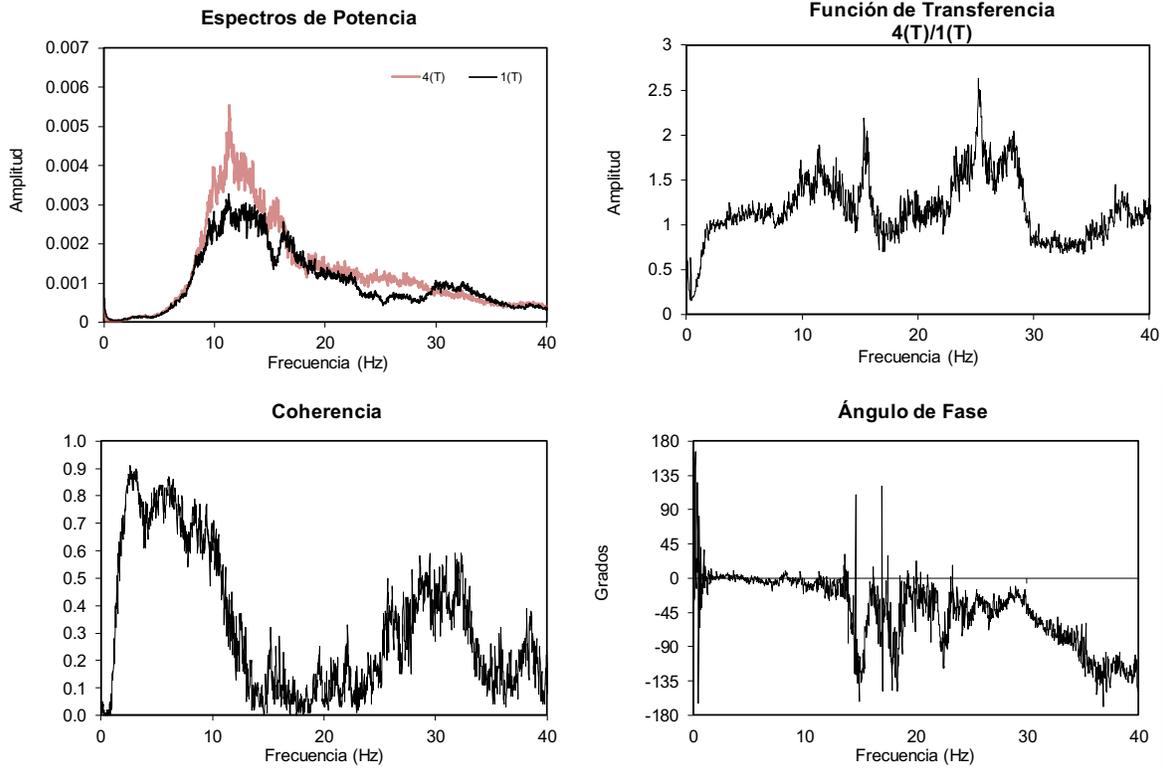


Figura 5.81 Densidades espectrales, cociente espectral, ángulo de fase y coherencia de los puntos 1 (azotea) y 4 (azotea) en el componente T

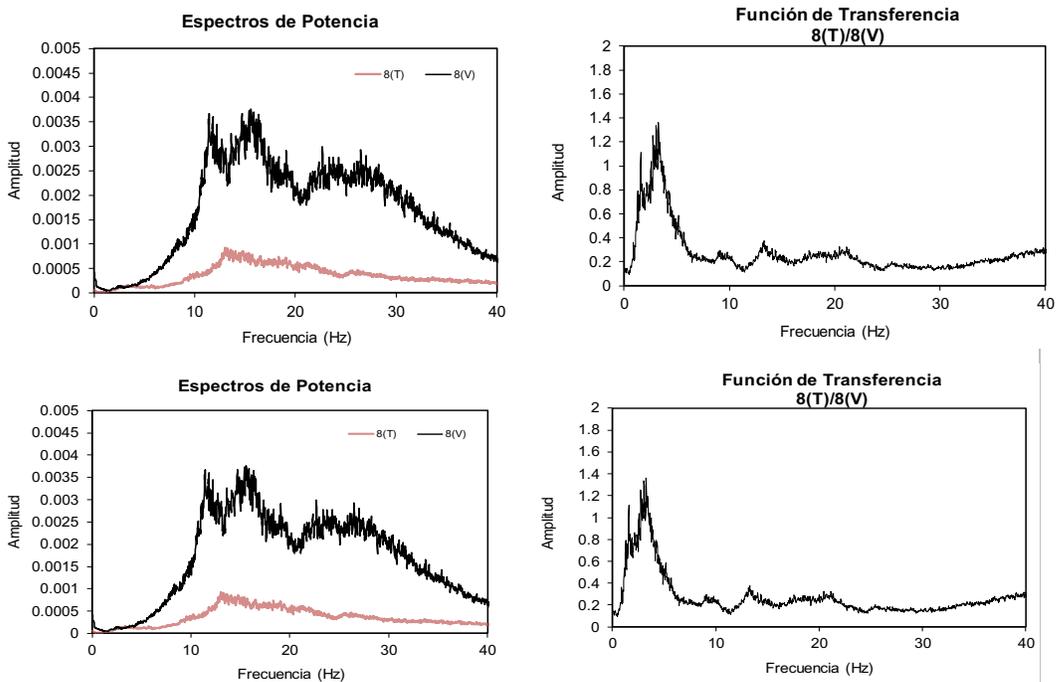


Figura 5.82 Densidades espectrales del punto 8 en el terreno y el cociente de Nakamura, en los componentes L y T

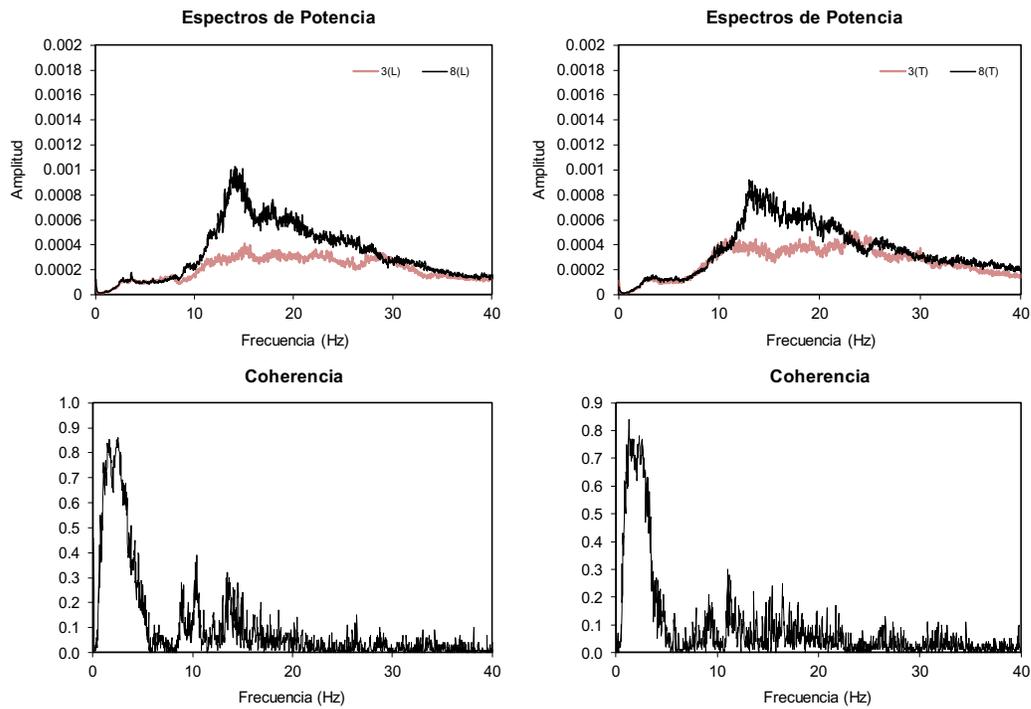


Figura 5.83 Densidades espectrales, cociente espectral y coherencia de los puntos 3 (PB) y 8 (terreno) en los componentes L y T

5.2.2.2 Escuela primaria "José Vasconcelos"

La respuesta dinámica del edificio se midió en seis puntos estratégicos de su estructura y un punto en el terreno de la escuela. Los componentes horizontales coinciden con los ejes principales de la planta del edificio. Los puntos de medición seleccionados se muestran en la fig 5.84.

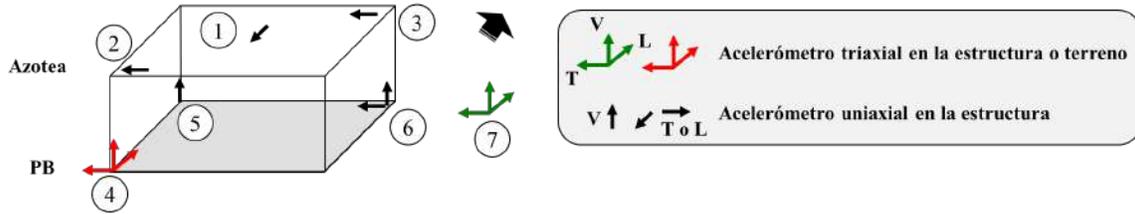


Figura 5.84 Puntos de medición

El programa de pruebas de vibración ambiental consistió en una prueba con el arreglo de los acelerómetros de la fig 5.84. También la duración de las capturas de las señales de los acelerómetros fue de 20 minutos y con una frecuencia de muestreo de 100 Hz. Para identificar las frecuencias naturales de vibración del edificio se emplearon los espectros de las figs 5.85 y 5.86, en las cuales se muestran las densidades espectrales obtenidas de los registros de azotea del edificio (puntos 1, 2 y 3) y del terreno (punto 7), y los cocientes espectrales entre los puntos de azotea y terreno en los componentes L y T. Para identificar cuál de estas frecuencias corresponden a la frecuencia del modo fundamental de torsión, se emplean los espectros de potencia, los ángulos de fase entre los puntos de medición de azotea y los valores de coherencia (fig 5.87). Con el análisis de los espectros de la prueba se identificaron los intervalos donde se encuentran los valores de las frecuencias fundamentales de vibración del edificio en los componentes L, T y torsión. En la tabla 5.2 se presentan los valores de las frecuencias naturales de vibración del edificio.

Tabla 5.2 Frecuencias fundamentales de vibración, en Hz

Componente L	Componente T	Torsión
11.0-14.0	10.5-12.0	18.0-20.0

La fig 5.88 muestra las densidades espectrales obtenidas de los registros del punto 7 ubicado en el terreno y los cocientes espectrales de Nakamura en los componentes L y T (Nakamura, 2000). Con esta información se estima que las frecuencias dominantes de sitio son 0.4, 1.4 y 3.8 Hz.

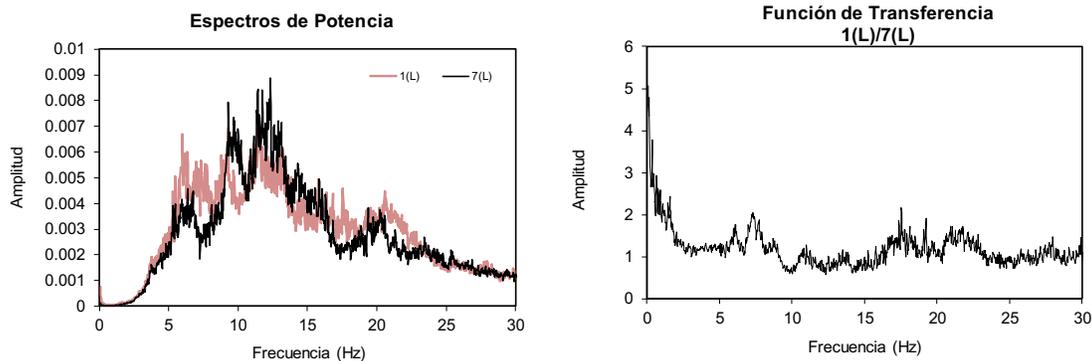


Figura 5.85 Densidades espectrales de los puntos 1 (azotea) y 7 (terreno), y el cociente espectral entre 1/7 del componente L

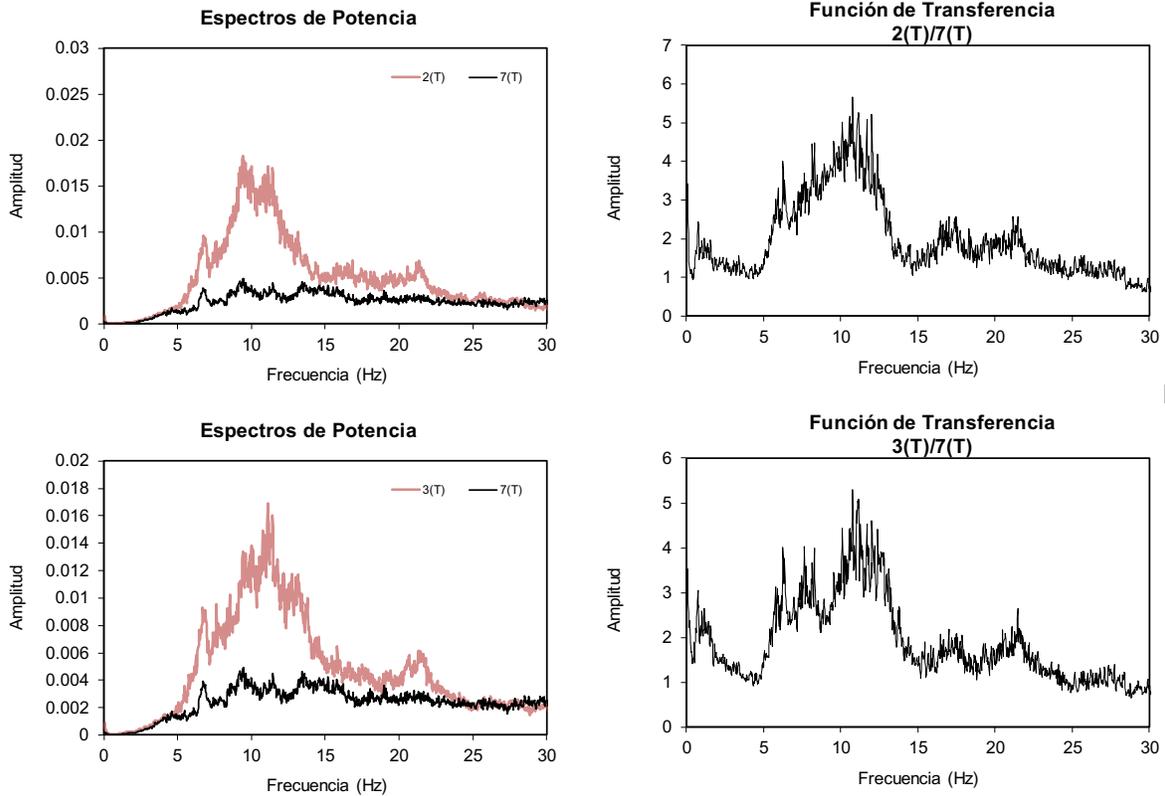


Figura 5.86 Densidades espectrales de los puntos 2 (azotea), 3 (azotea) y 7 (terreno), y el cociente espectral entre 2/7 y 3/7 del componente T

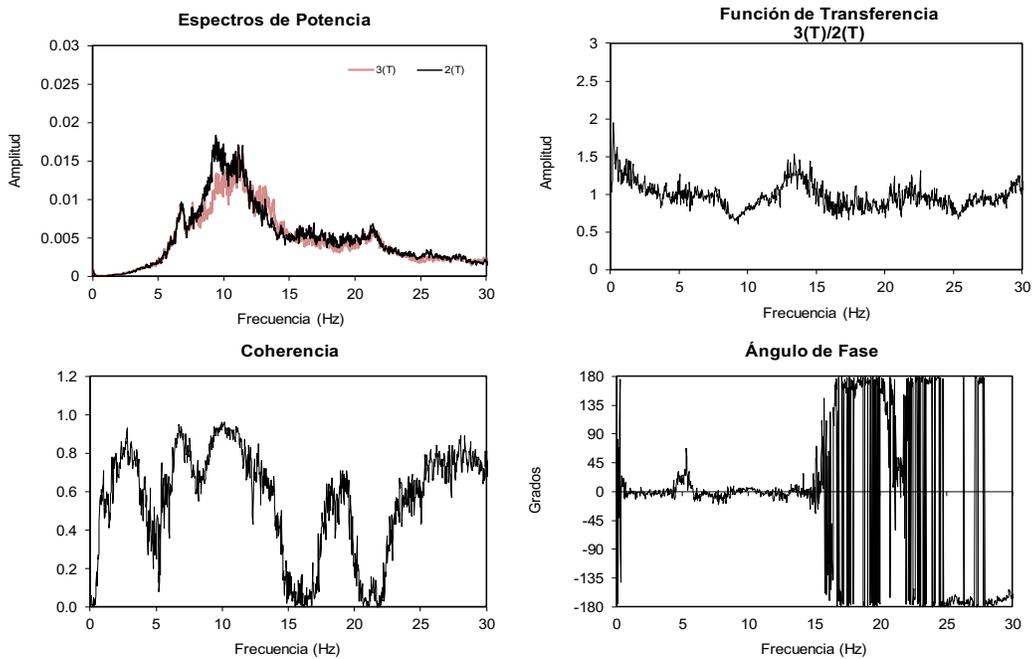


Figura 5.87 Densidades espectrales, cociente espectral, ángulo de fase y coherencia de los puntos 2 (azotea) y 3 (azotea) en el componente T

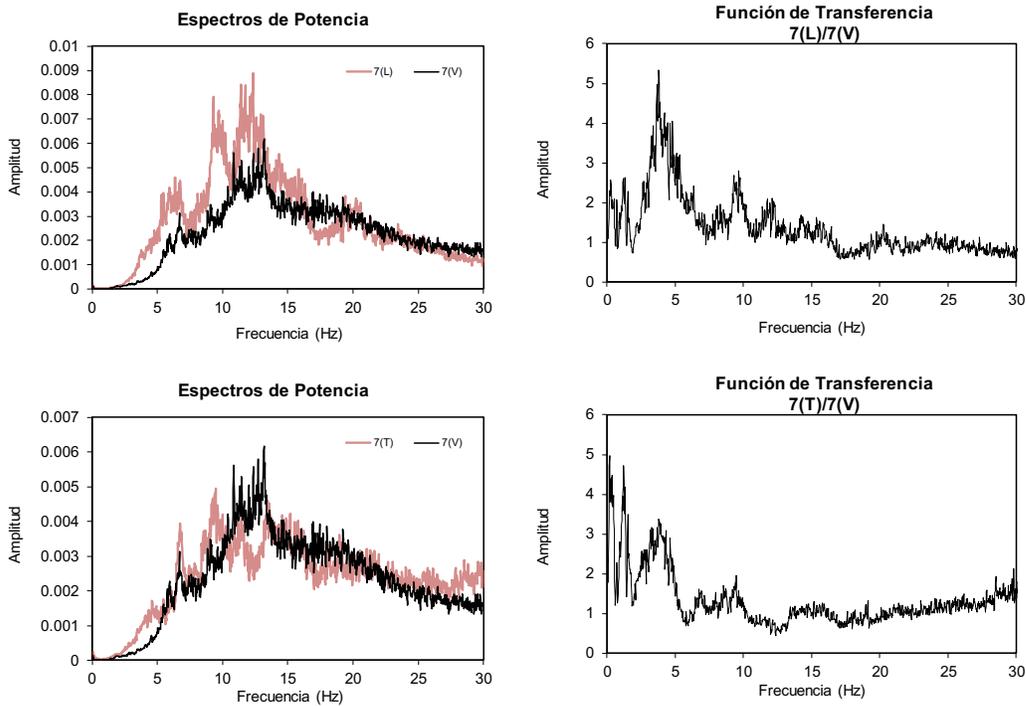


Figura 5.88 Densidades espectrales del punto 7 en el terreno y el cociente de Nakamura, en los componentes L y T

5.2.2.3 Escuela primaria "Evaristo C. Gurrion" o "Enrique Liekens"

La respuesta dinámica del edificio se midió y analizó de igual forma al caso anterior. En la fig 5.89 se muestra la distribución de los acelerómetros empleados para registrar los movimientos de vibración ambiental.

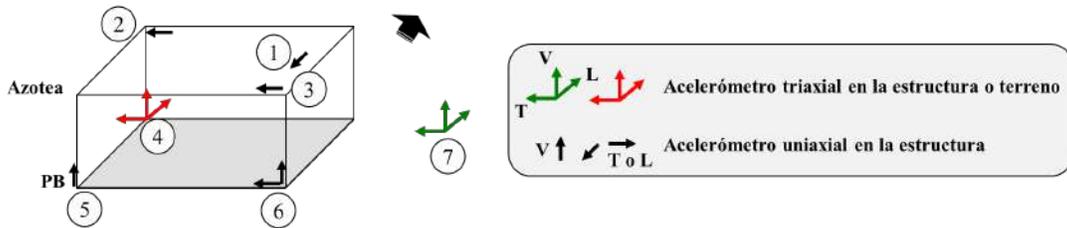


Figura 5.89 Puntos de medición

Para identificar las frecuencias naturales de vibración de los edificios se emplearon los espectros de las figs 5.90 a 5.92. Con el análisis de los espectros obtenidos de la prueba se determinaron los intervalos donde se encuentran los valores de las frecuencias fundamentales de vibración del edificio en los componentes L, T y torsión. En la tabla 5.3 se presentan los valores de las frecuencias naturales de vibración del edificio.

Tabla 5.3 Frecuencias fundamentales de vibración, en Hz

Componente L	Componente T	Torsión
13.0-14.0	11.0-12.5	15.8-16.5

La fig 5.93 muestra las densidades espectrales obtenidas de los registros del punto 7 ubicado en el terreno y los cocientes espectrales de Nakamura en los componentes L y T (Nakamura, 2000). Con esta información se estima que las frecuencias dominantes de sitio están aproximadamente entre 2.2 y 4.6 Hz.

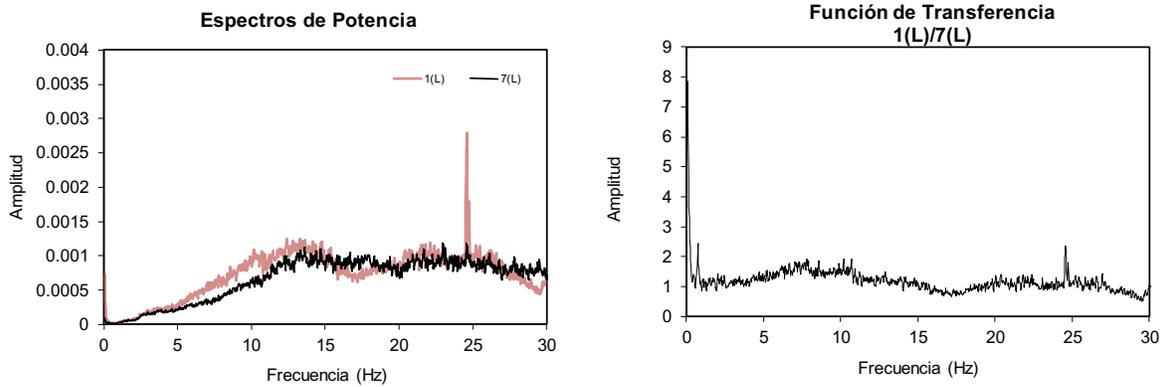


Figura 5.90 Densidades espectrales de los puntos 1 (azotea) y 7 (terreno), y el cociente espectral entre 1/7 del componente L

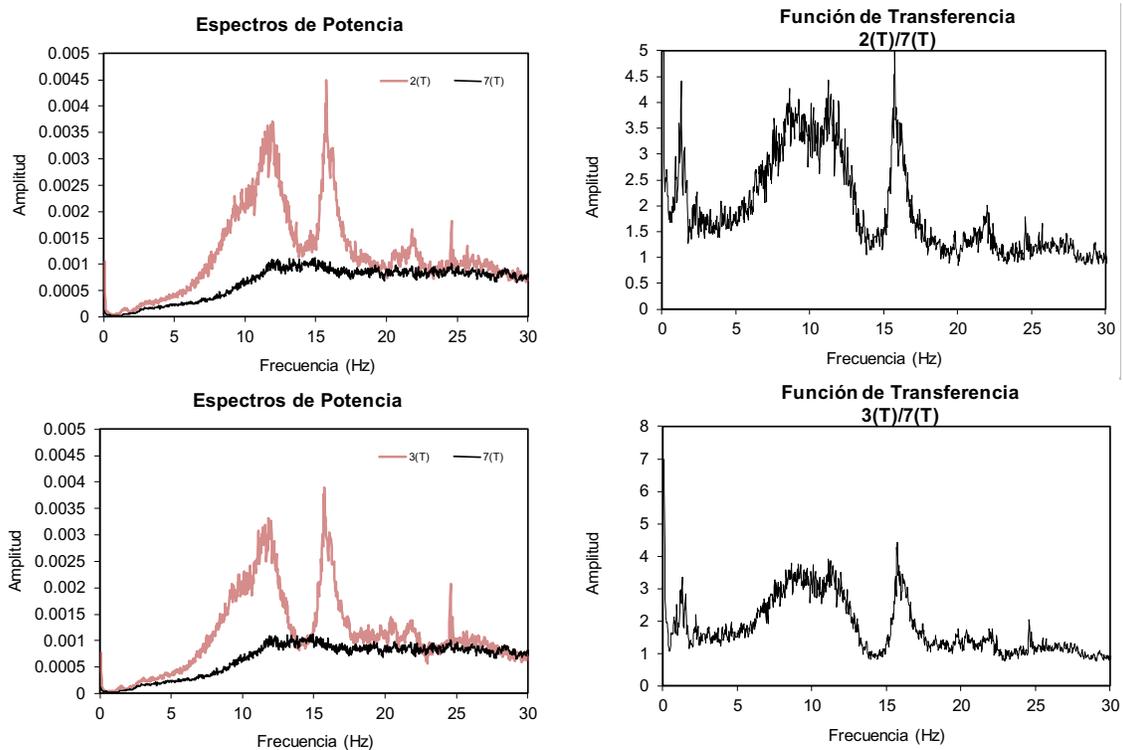


Figura 5.91 Densidades espectrales de los puntos 2 (azotea), 3 (azotea) y 7 (terreno), y el cociente espectral entre 2/7 y 3/7 del componente T

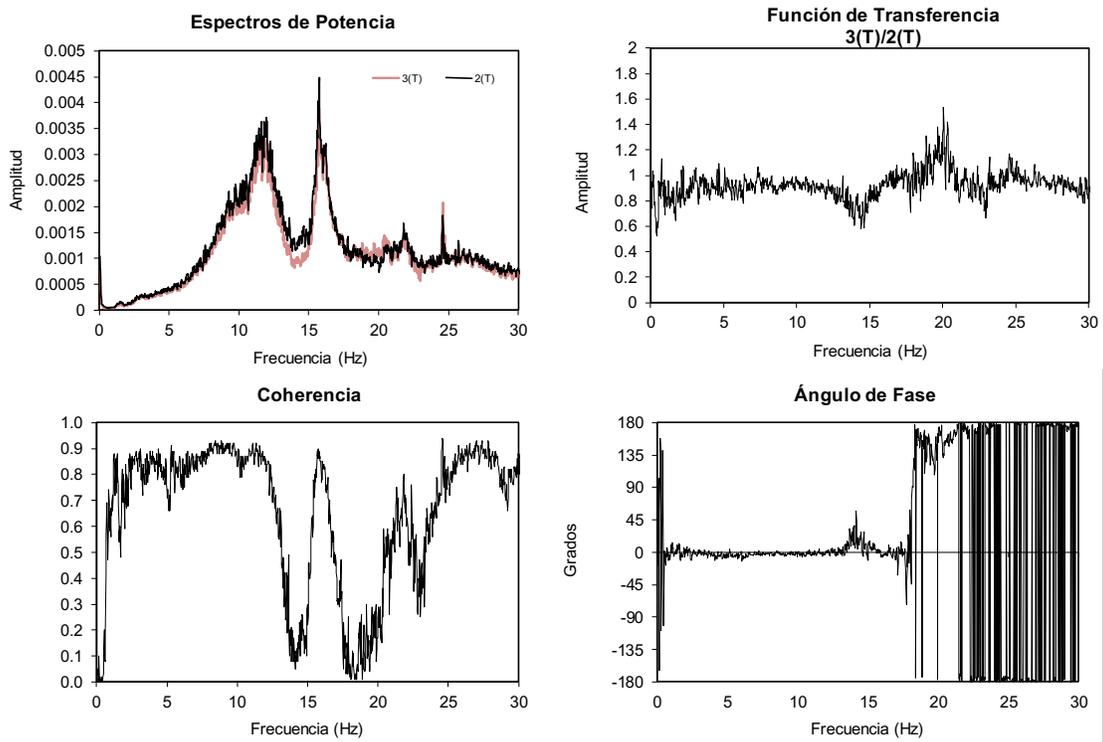


Figura 5.92 Densidades espectrales, cociente espectral, ángulo de fase y coherencia de los puntos 2 (azotea) y 3 (azotea) en el componente T

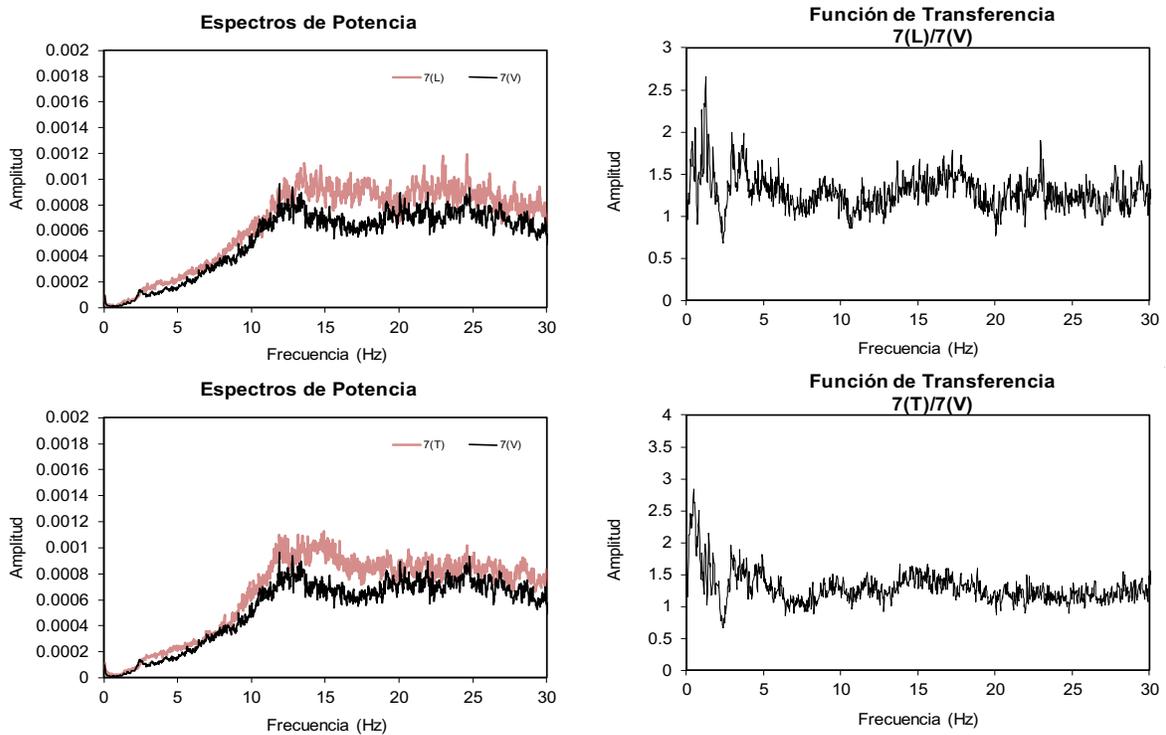


Figura 5.93 Densidades espectrales del punto 7 en el terreno y el cociente de Nakamura, en los componentes L y T

5.2.2.4 Escuela Telesecundaria

La respuesta dinámica del edificio se midió y analizó de igual forma a los dos casos previos. En la fig 5.94 se muestra la distribución de los acelerómetros empleados para registrar los movimientos de vibración ambiental.

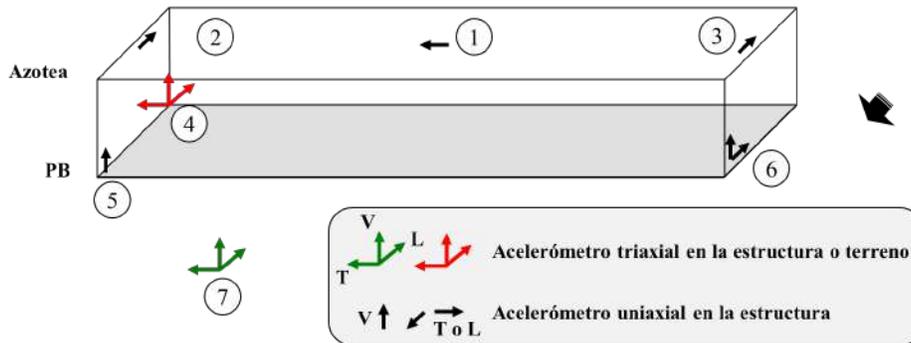


Figura 5.94 Puntos de medición

Para identificar las frecuencias naturales de vibración del edificio se emplearon los espectros de las figs 5.95 a 5.97. Con el análisis de los espectros obtenidos de la prueba se estimaron los intervalos donde se encuentran los valores de las frecuencias fundamentales de vibración del edificio en los componentes L, T y torsión. En la tabla 5.4 se presentan los valores de las frecuencias naturales de vibración del edificio.

Tabla 5.4 Frecuencias fundamentales de vibración, en Hz

Componente L	Componente T	Torsión
15.4-15.9	14.3-14.5	22.5-23.5

La fig 5.98 muestra las densidades espectrales obtenidas de los registros del punto 7 ubicado en el terreno y los cocientes espectrales de Nakamura en los componentes L y T (Nakamura, 2000). Con esta información se estima que las frecuencias dominantes de sitio son 0.5, 3.1 y 4.2.0 y 3.90 Hz.

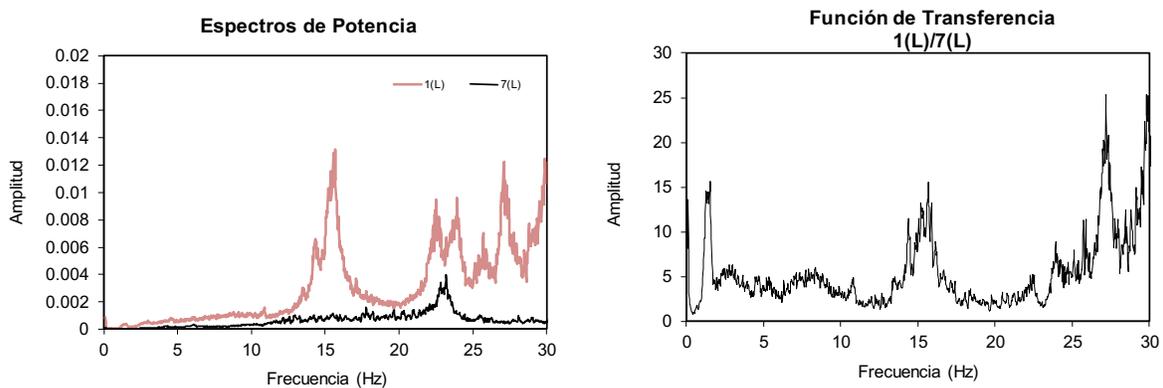


Figura 5.95 Densidades espectrales de los puntos 1 (azotea) y 7 (terreno), y el cociente espectral entre 1/7 del componente L

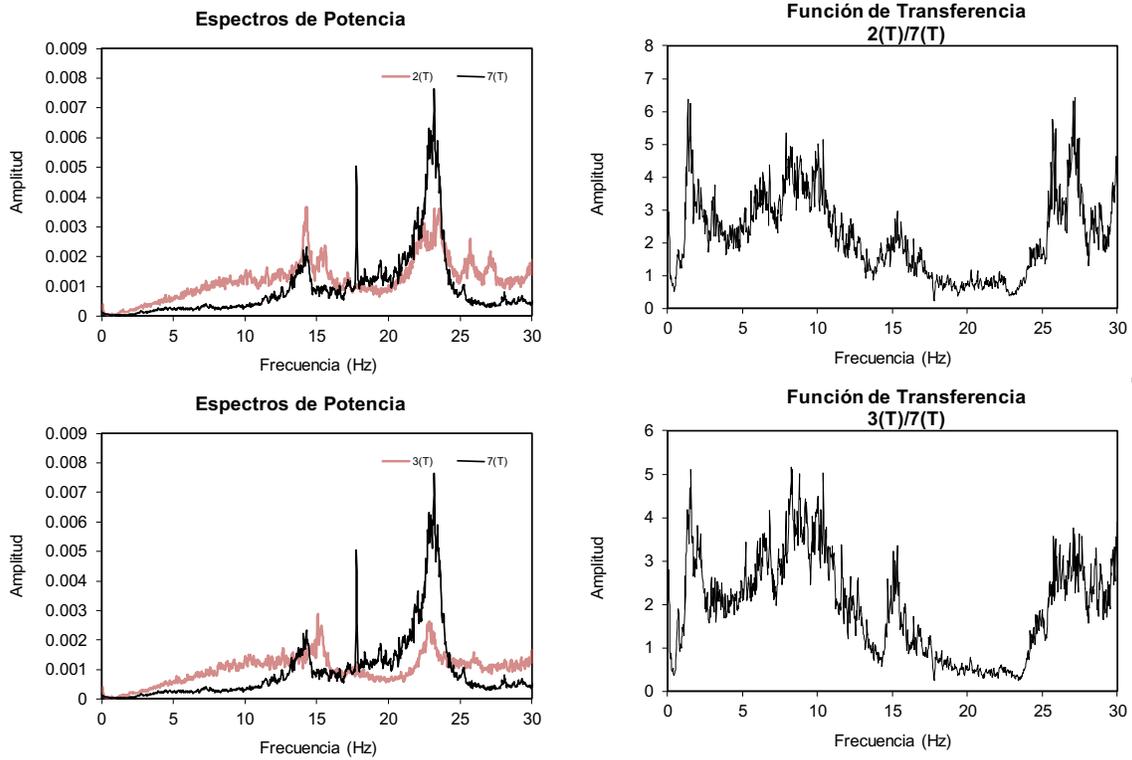


Figura 5.96 Densidades espectrales de los puntos 2 (azotea), 3 (azotea) y 7 (terreno), y el cociente espectral entre 2/7 y 3/7 del componente T

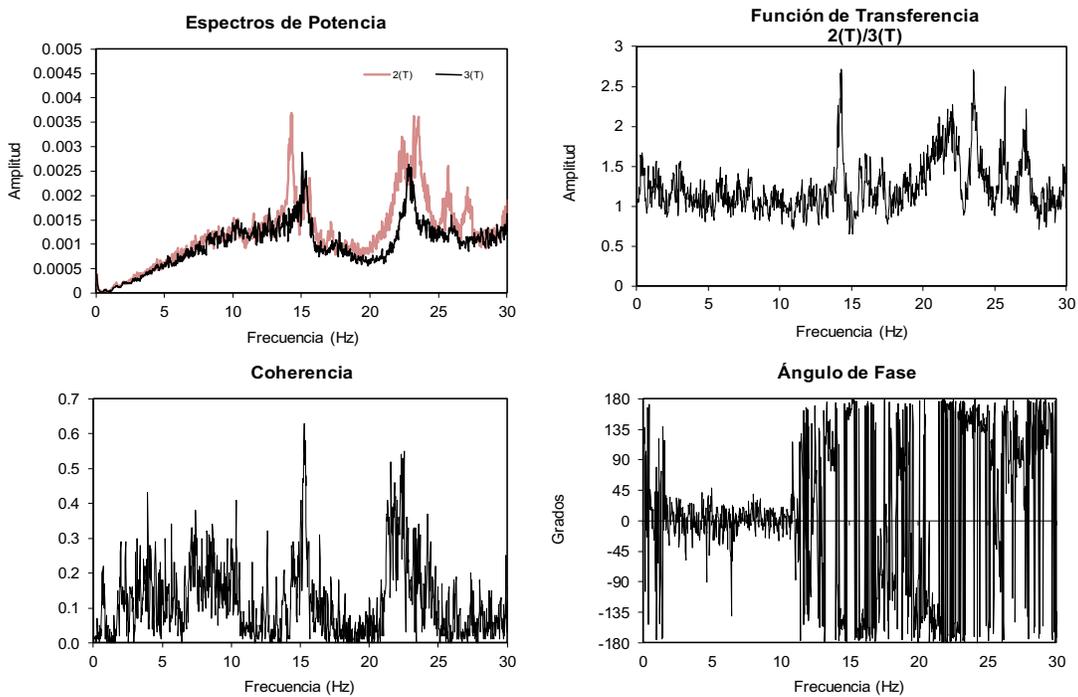


Figura 5.97 Densidades espectrales, cociente espectral, ángulo de fase y coherencia de los puntos 2 (azotea) y 3 (azotea) en el componente T

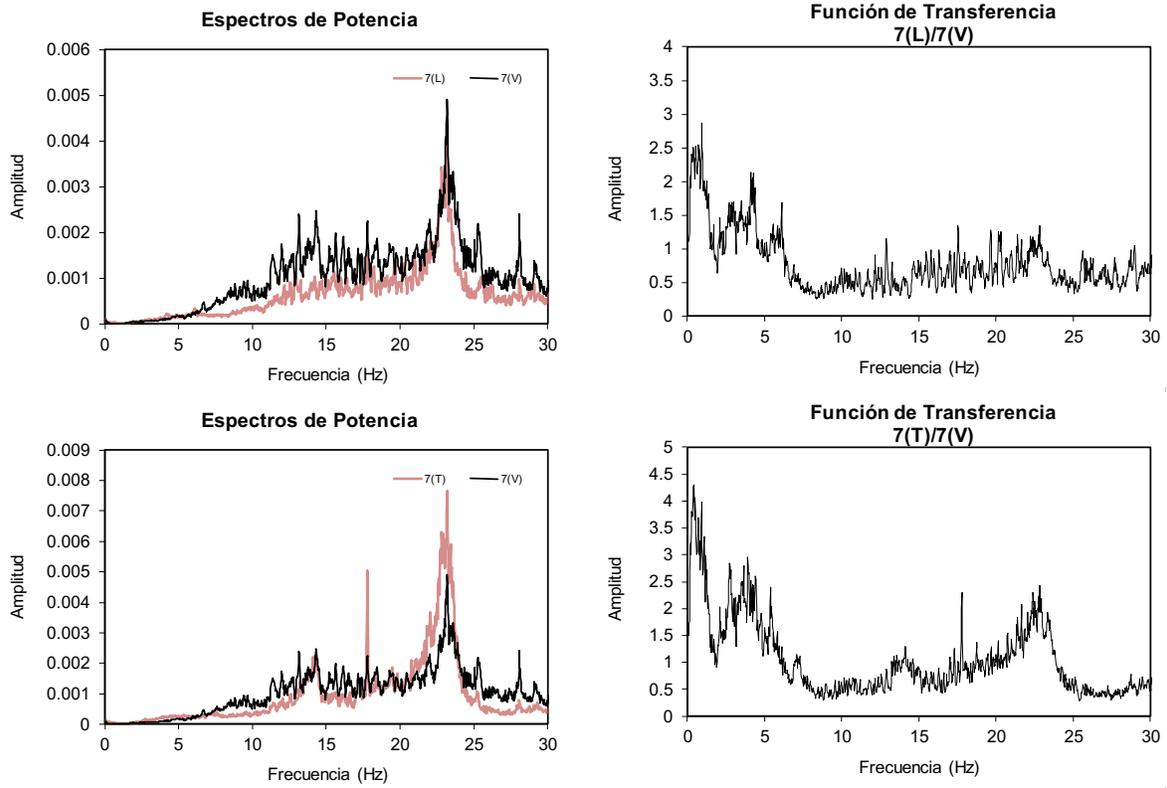


Figura 5.98 Densidades espectrales del punto 7 en el terreno y el cociente de Nakamura, en los componentes L y T

CAPÍTULO 6

COMPORTAMIENTO NUMÉRICO DE EDIFICIOS ESCOLARES

6.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo se presentan los primeros resultados del análisis estructural de edificios escolares (anexo 4.1). Se presentan los criterios seguidos para la selección de prototipos, el resultado de aplicar la taxonomía GLoSI y la definición de los edificios índice. Se describen los prototipos analizados, las consideraciones de análisis y los resultados en términos de sus propiedades dinámicas y la distribución de elementos mecánicos en los elementos estructurales.

6.2 SELECCIÓN DE PROTOTIPOS

Los prototipos por analizar fueron seleccionados de acuerdo con el análisis de la base de datos de las cédulas (capítulos 3 y 4) y a partir de los daños observados estructuralmente. Así, se eligieron la estructura regional de una, dos, tres y cuatro aulas, el U1C (estructura urbana de concreto reforzado de un sólo nivel), U2C (estructura urbana de concreto reforzado de dos niveles) y el U3C (estructura urbana de tres niveles).

6.2.1 TAXONOMÍA GLOSI

En seguimiento a la metodología de GLoSI: “*Global Structural Classification for Reinforced Concrete (RC) and Load Bearing Masonry (LBM) School Buildings*” (Banco Mundial, 2018), en las figs 6.1 a 6.4 se muestran los atributos para cada uno de los prototipos elegidos.

Estructura regional RC-17, 4 aulas, 3 aulas, 2 aulas y 1 aula.

I. Main Structure System	→	CM
II. Height Range (No. of Stories)	→	LR
III. Seismic Design Level	→	MD
IV. Diaphragm Type	→	RR
V. Structural Irregularity	→	NO
VI. Wall Panel Length	→	LP
VII. Wall Opening	→	LO
VIII. Foundation Type and Flexibility	→	SF
IX. Seismic Pounding Risk	→	NP
X. Seismic Retrofitting	→	OS
XI. Structural Heath Conditions	→	FC
XII. Vulnerable Non-Structural Components	→	NV

Figura 6.1 – Taxonomía GLoSI para las estructuras regional RC-17, 4 aulas, 3 aulas, 2 aulas y 1 aula.

Estructura tipo U1-C

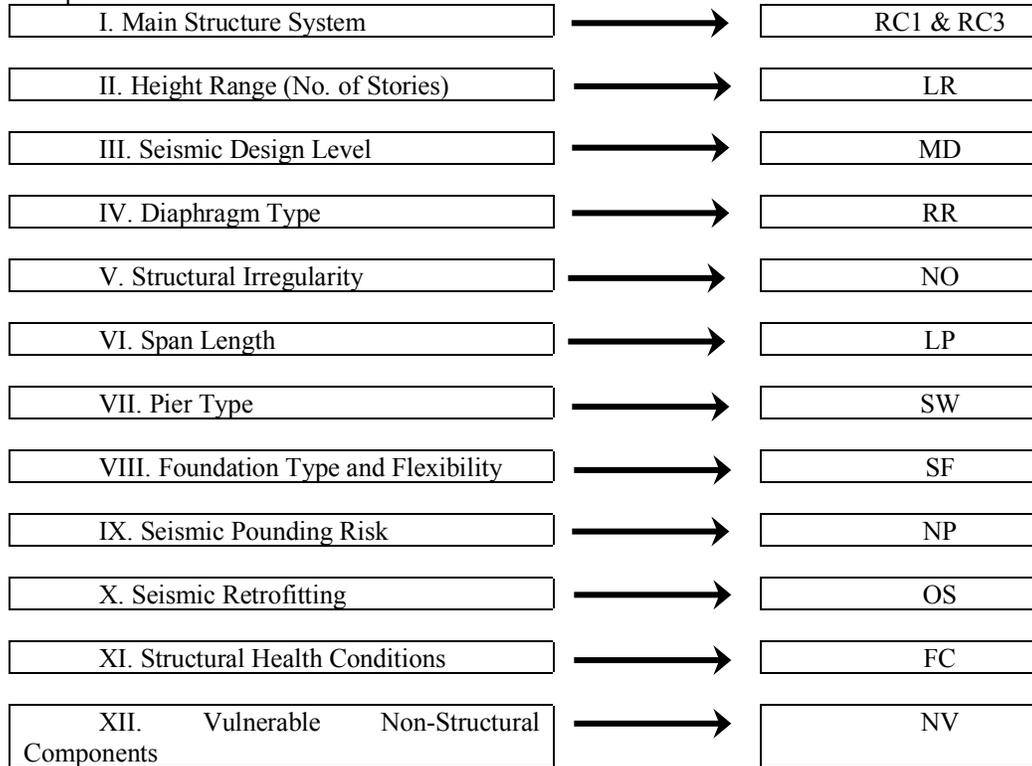


Figura 6.2 – Taxonomía GLoSI para una estructura tipo U1-C

Estructura tipo U2-C

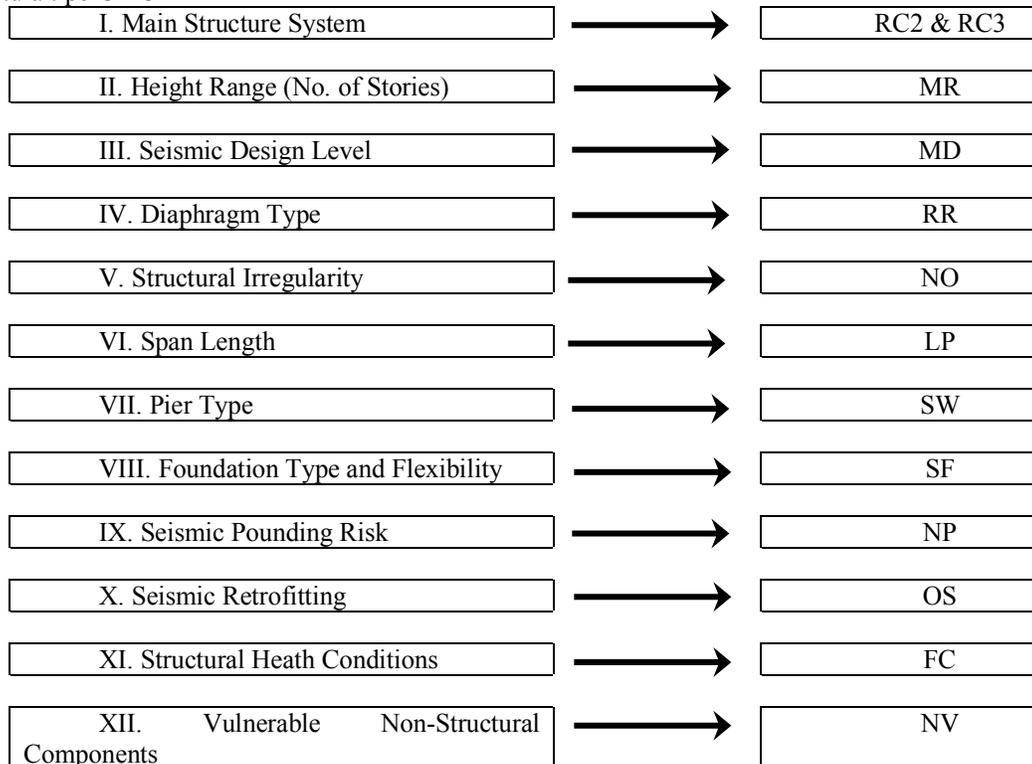


Figura 6.3 – Taxonomía GLoSI para una estructura tipo U2-C

Estructura tipo U3-C

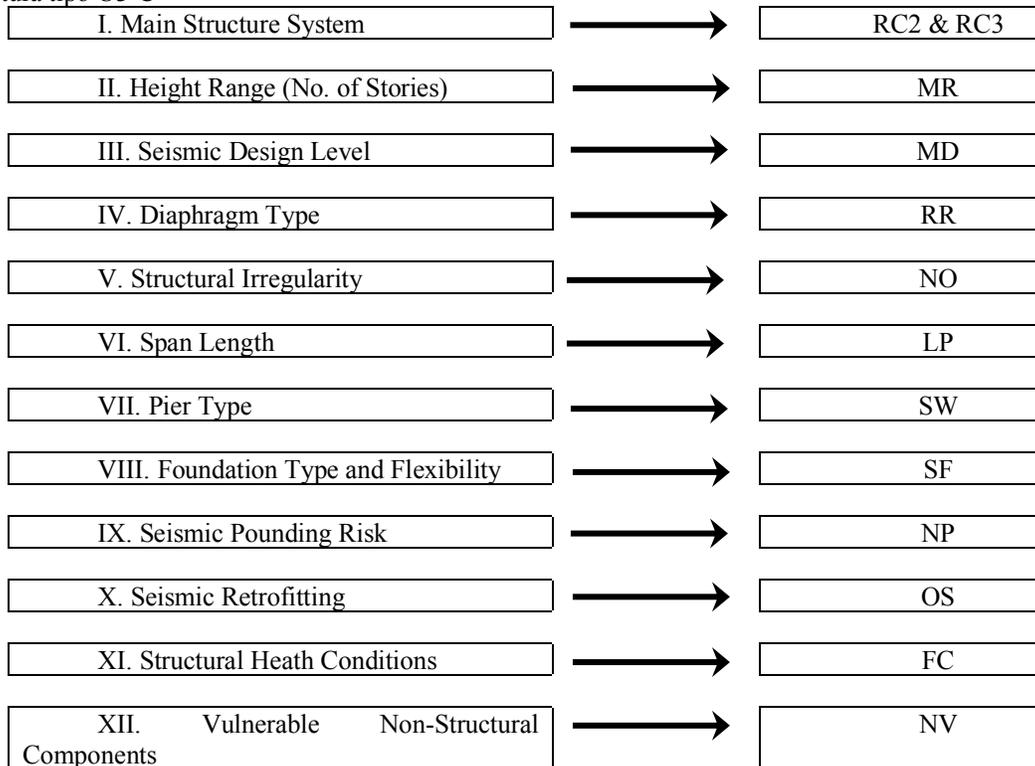


Figura 6.4 – Taxonomía GLoSI para una estructura tipo U3-C

6.3 DEFINICIÓN DE EDIFICIOS ÍNDICE

Teniendo como guía el documento “*Proposed simplified methodology for the vulnerability assessment of LBM and RC School Buildings*” (Banco Mundial, 2018) se completaron las tablas 6.1 a 6.4 para los distintos prototipos.

Tabla 6.1 – Estructura regional RC-17, 4 aulas, 3 aulas, 2 aulas y 1 aula

General Aspects	Design Variable	Selected Criteria for building archetypes present study
General configurations for design	Support configuration	Linear springs
	SSI - Structure Soil Consideration	Considered
	Occupancy and use	Educational
	Design Standard Code	NTC – para el Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería – RCDF 2017
	Construction quality	Medium
	Maintenance	Poor
	Material properties and quality	Based on literature
	Initial damping	5%
Related geometric properties	Irregularities	Regular and symmetric building
	Basements	Not considered
	Number of stories	1
	Inter-story height	3.15 m
	Distribution of bays	Uniform
	Number of bays	1/2/3/4 bays in X / 1 bay in Y
	Typical bay length	6.0 m in X / 8.0 m in Y
	Typical classroom dimension	6.0 x 8.0 m
	Ratio of beam height and slab height	1:5 & 1:4
	Column cross section variations	NA
	Max. ratio section dim. For beams and columns	NA
	Column/Beam over-strength ratio	NA
	Wall thickness	0.21 m & 0.14 m
	Gable height	0.71 m
Loads configuration	Add dead loads (on roof)	90 kg/m ²
	Live loads	40 kg/m ² (max)
		20 kg/m ² (seismic)
Seismic design parameters	Seismic design category	Low Energy Dissipation
	Inelastic forces reduction factor, [Q]	Q=2
	Design ground motion intensity	C=2.16g
	Soil Type	III
	Max. roof drift allowed	0.003
Non-struct. Elem.	Gables	Not isolated from structure elements
	Partions walls, facades and others	Not isolated from structure elements
Basic considerations for Non-linear analysis	Configuration model	3D Model
	Direction of seismic analysis	X.Dir / Y.Dir (no vertical component)
	Framing categories of analysis	Principal framing
	Diaphragm considerations	Rigid floor
	Capacity model for structural elements	Bi-linear
	Plastic rotation limits for structural element	Based on Guía para el Análisis de Estructuras de Mampostería del SMIE
	Plastic shear hinges location	At 5% of span length from bottom node
	P-Δ, Global effects	Considered
	P-Δ, Local effects	Not considered
	Software	ETABS 2016 v16.2.1

Tabla 6.2 – Estructura tipo U1-C

General Aspects	Design Variable	Selected Criteria for building archetypes present study
General configurations for design	Support configuration	Linear springs
	SSI - Structure Soil Consideration	Considered
	Occupancy and use	Educational
	Design Standard Code	NTC – para el Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto – RCDF 2017
	Construction quality	Medium
	Maintenance	Poor
	Material properties and quality	Based on literature
	Initial damping	5%
Related geometric properties	Irregularities	Regular and symmetric building
	Basements	Not considered
	Number of stories	1
	Inter-story height	2.50 m
	Distribution of bays	Uniform
	Number of bays	13 bay in X / 1 bay in Y
	Typical bay length	3.24 m in X / 8.0 m in Y
	Typical classroom dimension	6.48 x 8.0 m
	Ratio of beam height and slab height	1:5.3 & 1:5.5
	Column cross section variations	No
	Max. ratio section dim. For beams and columns	1.177:1
	Column/Beam over-strength ratio	<1.2
	Wall thickness	0.20 m, 0.15 m & 0.14 m
	Gable height	0.93 m
Loads configuration	Add dead loads (on roof)	90 kg/m ²
	Live loads	40 kg/m ² (max.)
		20 kg/m ² (seismic.)
Seismic design parameters	Seismic design category	Intermediate Energy Dissipation
	Inelastic forces reduction factor, [Q]	Q=2
	Design ground motion intensity	C=2.16g
	Soil Type	III
	Max. roof drift allowed	0.006
Non-struct. Elem.	Gables	Not isolated from structure elements
	Partions walls, facades and others	Not isolated from structure elements
Basic considerations for Non-linear analysis	Configuration model	3D Model
	Direction of seismic analysis	X.Dir / Y.Dir (no vertical component)
	Framing categories of analysis	Principal framing
	Diaphragm considerations	Rigid floor
	Capacity model for structural elements	Bi-linear
	Plastic rotation limits for structural element	Based on ASCE 41-13
	Plastic shear hinges location	At 5% of span length from bottom node
	P-Δ, Global effects	Considered
	P-Δ, Local effects	Not considered
Software	ETABS 2016 v16.2.1	

Tabla 6.3 – Estructura tipo U2-C

General Aspects	Design Variable	Selected Criteria for building archetypes present study
General configurations for design	Support configuration	Linear springs
	SSI - Structure Soil Consideration	Considered
	Occupancy and use	Educational
	Design Standard Code	NTC – para el Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto – RCDF 2017
	Construction quality	Medium
	Maintenance	Poor
	Material properties and quality	Based on literature
	Initial damping	5%
Related geometric properties	Irregularities	Regular and symmetric building
	Basements	Not considered
	Number of stories	2
	Inter-story height	2.50 m
	Distribution of bays	Uniform
	Number of bays	13 bay in X / 1 bay in Y
	Typical bay length	3.24 m in X / 8.0 m in Y
	Typical classroom dimension	6.48 x 8.0 m
	Ratio of beam height and slab height	1:5, 1:5.3 & 1:5.5
	Column cross section variations	No
	Max. ratio section dim. For beams and columns	1.17:1 X 1.83:1 Y 2 ^o f 1.22:1 X 1.83:1 Y 1 st f
	Column/Beam over-strength ratio	<1.2
	Wall thickness	0.20 m, 0.15 m & 0.14 m
	Gable height	0.93 m
Loads configuration	Add dead loads (on roof)	90 kg/m ²
	Live loads	40 kg/m ² / 250 kg/m ² (max.)
		20 kg/m ² / 180 kg/m ² (seismic)
Seismic design parameters	Seismic design category	Intermediate Energy Dissipation
	Inelastic forces reduction factor, [Q]	Q=2
	Design ground motion intensity	C=2.16g
	Soil Type	III
	Max. roof drift allowed	0.006
Non-struct. Elem.	Gables	Not isolated from structure elements
	Partions walls, facades and others	Not isolated from structure elements
Basic considerations for Non-linear analysis	Configuration model	3D Model
	Direction of seismic analysis	X.Dir / Y.Dir (no vertical component)
	Framing categories of analysis	Principal
	Diaphragm considerations	Rigid floor
	Capacity model for structural elements	Bi-linear
	Plastic rotation limits for structural element	Based on ASCE 41-13 recommendations
	Plastic shear hinges location	At 5% of span length from bottom node
	P-Δ, Global effects	Considered
	P-Δ, Local effects	Not considered
Software	ETABS 2016 v16.2.1	

Tabla 6.4 – Estructura tipo U3-C

General Aspects	Design Variable	Selected Criteria for building archetypes present study
General configurations for design	Support configuration	Linear springs
	SSI - Structure Soil Consideration	Considered
	Occupancy and use	Educational
	Design Standard Code	NTC – para el Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto – RCDF 2017
	Construction quality	Medium
	Maintenance	Poor
	Material properties and quality	Based on literature
	Initial damping	5%
Related geometric properties	Irregularities	Regular and symmetric building
	Basements	Not considered
	Number of stories	2 / 3
	Inter-story height	2.50 m
	Distribution of bays	Uniform
	Number of bays	13 bay in X / 1 bay in Y
	Typical bay length	3.24 m in X / 8.0 m in Y
	Typical classroom dimension	6.48 x 8.0 m
	Ratio of beam height and slab height	1:5, 1:5.3 & 1:5.5
	Column cross section variations	No
	Max. ratio section dim. For beams and columns	1.17:1 X 1.83:1 Y 2 ^o f 1.22:1 X 1.83:1 Y 1 st f
	Column/Beam over-strength ratio	<1.2
	Wall thickness	0.20 m, 0.15 m & 0.14 m
Gable height	0.93 m	
Loads configuration	Add dead loads (on roof)	90 kg/m ²
	Live loads	40 kg/m ² / 250 kg/m ² (max.) 20 kg/m ² / 180 kg/m ² (seismic)
Seismic design parameters	Seismic design category	Intermediate Energy Dissipation
	Inelastic forces reduction factor, [Q]	Q=2
	Design ground motion intensity	C=2.16g
	Soil Type	III
Non-struct. Elem.	Max. roof drift allowed	0.006
	Gables	Not isolated from structure elements
Basic considerations for Non-linear analysis	Partions walls, facades and others	Not isolated from structure elements
	Configuration model	3D Model
	Direction of seismic analysis	X.Dir / Y.Dir (no vertical component)
	Framing categories of analysis	Principal
	Diaphragm considerations	Rigid floor
	Capacity model for structural elements	Bi-linear
	Plastic rotation limits for structural element	Based on ASCE 41-13 recommendations
	Plastic shear hinges location	At 5% of span length from bottom node
	P-Δ, Global effects	Considered
	P-Δ, Local effects	Not considered
Software	ETABS 2016 v16.2.1	

6.4 ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE PROTOTIPOS SELECCIONADOS (EDIFICIOS ÍNDICE)

6.4.1 DESCRIPCIÓN

En las tablas 6.5 a 6.8 se resumen las características de los “edificios índice” analizados. Se incluyen los materiales, geometría y sistema estructural propio, obtenidos de los planos previos al temblor del 85 en comparación con los más actualizados, como se muestra a continuación.

Tabla 6.5 – Descripción de estructura Regional RC

Materiales			Geometría			Sistema estructural		
Concepto	Antes del 85	Después del 85	Concepto	Antes del 85	Después del 85	Concepto	Antes del 85	Después del 85
Concreto - f'c (kg/cm ²)	200	250	Sep. entre ejes en X (m)	6.12	6.00	Trabes long. en azotea	T-1 21x40 T-2 122x15	T-1 21x40 T-2 25x50
- E (kg/cm ²)	141,421	221,359	Crujías en X	3	1, 2, 3, 4		Losa (azotea)	Losa maciza, colada en sitio con pendiente 17.7% e=10 cm o Vigüeta y bovedilla
- g _{vol} (kg/m ³)	2200	2200	Sep. entre ejes en Y (m)	8.00	8.00	Muros		
Acero de refuerzo			Crujías en Y	1	1			
- fy (kg/cm ²)	4200	4200	Altura de entrepiso (m)	2.85	3.15			
- E (kg/cm ²)	2,100,000	2,100,000	No. De niveles	1	1			
- g _{vol} (kg/m ³)	7850	7850						

Tabla 6.6 – Descripción de estructura tipo U1-C

Materiales			Geometría			Sistema estructural		
Concepto	Antes del 85	Después del 85	Concepto	Antes del 85	Después del 85	Concepto	Antes del 85	Después del 85
Concreto - f'c (kg/cm ²)	200	250	Sep. entre ejes en X (m)	3.19	3.24	Columnas	25 x 45	40 x 45
- E (kg/cm ²)	141,421	221,359	Crujías en X	12	11	Trabe long. en azotea	20 x 47	20 x 63
- g _{vol} (kg/m ³)	2200	2200	Sep. entre ejes en Y (m)	8.00	8.00			
Acero de refuerzo			Crujías en Y	1	1	Trabe trans en azotea	25 x 45 / 55	25 x 55
- fy (kg/cm ²)	4200	4200	Altura de entrepiso (m)	3.48	3.48	Losa (azotea)	Losa maciza, con pendiente 1.6% e=10 cm o Vigüeta y bovedilla	Losa maciza, colada en sitio 10% e=10 cm
- E (kg/cm ²)	2,100,000	2,100,000	No. De niveles	1	1			
- g _{vol} (kg/m ³)	7850	7850						

Tabla 6.7 – Descripción de estructura tipo U2-C

Materiales			Geometría			Sistema estructural		
Concepto	Antes del 85	Después del 85	Concepto	Antes del 85	Después del 85	Concepto	Antes del 85	Después del 85
Concreto - f'c (kg/cm ²) - E (kg/cm ²) - g _{vol} (kg/m ³)	200 141,421 2200	250 221,359 2200	Sep. entre ejes en X (m)	3.19	3.24	Columnas	25 x 45	30 x 45
			Crujías en X	12	13	Trabe long. entrepiso	20 x 55	20 x 55
			Sep. entre ejes en Y (m)	8.00	8.00	Trabe long. en azotea	20 x 47	20 x 53
Acero de refuerzo - fy (kg/cm ²) - E (kg/cm ²) - g _{vol} (kg/m ³)	4200 2,100,000 7850	4200 2,100,000 7850	Crujías en Y	1	1	Trabe trans entrepiso	25 x 55	25 x 55
						Trabe trans en azotea	25 x 45 / 55	25 x 55
			Altura de entrepiso (m)	2.85(en) 3.03 (az)	2.85 (en) 3.03 (az)	Losa entrepiso	Losa maciza e=11 cm o Vigüeta y bovedilla	Losa maciza e=11 cm
No. De niveles	2	2	Losa azotea	Losa maciza, con pendiente 1.6% e=10 cm o Vigüeta y bovedilla	Losa maciza, con pendiente 10% e=10 cm			
Muros diafragma	No	Mampostería y concreto						

Tabla 6.8 – Descripción de estructura tipo U3-C

Materiales			Geometría			Sistema estructural		
Concepto	Antes del 85	Después del 85	Concepto	Antes del 85	Después del 85	Concepto	Antes del 85	Después del 85
Concreto - f'c (kg/cm ²) - E (kg/cm ²) - g _{vol} (kg/m ³)	200 141,421 2200	250 221,359 2200	Sep. entre ejes en X	3.19	3.24	Columnas	25 x 45	30 x 45
			Crujías en X	12	13	Trabe long. entrepiso	20 x 55	20 x 55
			Sep. entre ejes en Y (m)	8.00	8.00	Trabe long. en azotea	20 x 47	20 x 53
Acero de refuerzo - fy (kg/cm ²) - E (kg/cm ²) - g _{vol} (kg/m ³)	4200 2,100,000 7850	4200 2,100,000 7850	Crujías en Y	1	1	Trabe trans entrepiso	25 x 55	25 x 55
						Trabe trans en azotea	25 x 45 / 55	25 x 55
			Altura de entrepiso (m)	2.85(en) 3.03 (az)	2.85 (en) 3.03 (az)	Losa entrepiso	Losa maciza e=11 cm o Vigüeta y bovedilla	Losa maciza e=11 cm
No. De niveles	3	3	Losa azotea	Losa maciza, con pendiente 1.6% e=10 cm o Vigüeta y bovedilla	Losa maciza, con pendiente 10% e=10 cm			
Muros diafragma	No	Mampostería y concreto						

La diferencia estructural más relevante entre las escuelas regionales RC diseñadas antes del año 1985 y las diseñadas después, radica, en que las segundas cuentan con contrafuertes localizados en los extremos de los muros más débiles debido a las aberturas de vanos por las ventanas y puertas.

Las escuelas urbanas U1-C, U2-C y U3-C diseñadas después del año 1985 cuentan con columnas con mayor inercia debido a las dimensiones de sus secciones transversales, así como muros diafragma de mampostería y de concreto a lo largo de sus dos ejes ortogonales, a diferencia de sus homónimas diseñadas antes de 1985, en las cuales todos los muros se encuentran desligados del marco principal de la estructura mediante juntas.

6.5 CONSIDERACIONES DEL ANÁLISIS

6.5.1 SISTEMA USADO

Los modelos de las escuelas, tanto las anteriores a 1985 como las posteriores, se realizaron con el programa ETABS 2016 v.16.2.0 para obtener el análisis lineal, así como el análisis no lineal. Los criterios tomados en cuenta para el modelado fueron los siguientes:

- Columnas y vigas – elementos barra.
- Muros y rampa de escaleras – elementos cascarón.
- Losas – membrana plana con diafragma rígido.

Para este informe preliminar, las restricciones en la base se consideraron empotradas en todos los casos. Se realizaron modelos para el terreno tipo II en las zonas C y D con resortes en la base, a manera de comparación con los empotrados. Como actividad futura se modelarán las estructuras con resortes para terreno tipo III.

En el caso del análisis no lineal el criterio tomado para modelar los muros de mampostería de carga fue con elementos barra, simulando una columna ancha y los muros diafragma como diagonal equivalente.

6.5.2 CARGAS

Los modelos realizados en esta etapa consideran cargas de reglamento. En la siguiente fase del proyecto y para el informe final se incluirá la comparación con las cargas “reales”.

Tabla 6.9 – Análisis de cargas de las escuelas diseñadas antes de 1985**EN AZOTEA A DOS AGUAS**

Losa (h=10 cm)	240.00	kg/m ²	240.00	kg/m ²	240.00	kg/m ²
Petatillo	20.00	kg/m ²	20.00	kg/m ²	20.00	kg/m ²
Impermeabilizante	10.00	kg/m ²	10.00	kg/m ²	10.00	kg/m ²
Instalaciones	10.00	kg/m ²	10.00	kg/m ²	10.00	kg/m ²
Sobrecarga de reglamento	40.00	kg/m ²	40.00	kg/m ²	40.00	kg/m ²
Carga Muerta Total	320.00	kg/m ²	320.00	kg/m ²	320.00	kg/m ²
	CV máx		CV inst.		CV media	
Carga Viva Azotea pend <5%	100	kg/m ²	70	kg/m ²	15	kg/m ²
CARGA TOTAL	420	kg/m²	390	kg/m²	335	kg/m²

EN ENTREPISO

Losa (e=11 cm)	264.00	kg/m ²	264.00	kg/m ²	264.00	kg/m ²
Acabados	110.00	kg/m ²	110.00	kg/m ²	110.00	kg/m ²
Instalaciones	10.00	kg/m ²	10.00	kg/m ²	10.00	kg/m ²
Sobrecarga por reglamento	40.00	kg/m ²	40.00	kg/m ²	40.00	kg/m ²
Carga Muerta Total	424.00	kg/m ²	424.00	kg/m ²	424.00	kg/m ²
	CV máx		CV inst.		CV media	
Carga Viva Aulas	250	kg/m ²	180	kg/m ²	100	kg/m ²
CARGA TOTAL	674	kg/m²	604	kg/m²	524	kg/m²

EN ESCALERAS

Losa (e=11 cm)	264.00	kg/m ²	264.00	kg/m ²	264.00	kg/m ²
Escalones	195.00	kg/m ²	195.00	kg/m ²	195.00	kg/m ²
Acabados	110.00	kg/m ²	110.00	kg/m ²	110.00	kg/m ²
Instalaciones	10.00	kg/m ²	10.00	kg/m ²	10.00	kg/m ²
Sobrecarga por reglamento	40.00	kg/m ²	40.00	kg/m ²	40.00	kg/m ²
Carga Muerta Total	619.00	kg/m ²	619.00	kg/m ²	619.00	kg/m ²
	CV máx		CV inst.		CV media	
Carga Viva Escaleras	350	kg/m ²	150	kg/m ²	40	kg/m ²
CARGA TOTAL	969	kg/m²	769	kg/m²	659	kg/m²

EN BARANDALES

Barandal de acero	4	kg/m
Carga Muerta Total	4	kg/m
	CV	
Carga Viva Escaleras	100	kg/m
CARGA TOTAL	104	kg/m

Tabla 6.10 – Análisis de cargas de las escuelas diseñadas después de 1985

EN AZOTEA A DOS AGUAS

Losa (h=10 cm)	240.00	kg/m ²	240.00	kg/m ²	240.00	kg/m ²
Petatillo	20.00	kg/m ²	20.00	kg/m ²	20.00	kg/m ²
Impermeabilizante	10.00	kg/m ²	10.00	kg/m ²	10.00	kg/m ²
Instalaciones	10.00	kg/m ²	10.00	kg/m ²	10.00	kg/m ²
Sobrecarga de reglamento	40.00	kg/m ²	40.00	kg/m ²	40.00	kg/m ²
Carga Muerta Total	320.00	kg/m ²	320.00	kg/m ²	320.00	kg/m ²
	CV máx		CV inst.		CV media	
Carga Viva Azotea pend >5%	40	kg/m ²	20	kg/m ²	5	kg/m ²
CARGA TOTAL	360	kg/m²	340	kg/m²	325	kg/m²

EN ENTREPISO

Losa (e=11 cm)	264.00	kg/m ²	264.00	kg/m ²	264.00	kg/m ²
Acabados	110.00	kg/m ²	110.00	kg/m ²	110.00	kg/m ²
Instalaciones	10.00	kg/m ²	10.00	kg/m ²	10.00	kg/m ²
Sobrecarga por reglamento	40.00	kg/m ²	40.00	kg/m ²	40.00	kg/m ²
Carga Muerta Total	424.00	kg/m ²	424.00	kg/m ²	424.00	kg/m ²
	CV máx		CV inst.		CV media	
Carga Viva Aulas	250	kg/m ²	180	kg/m ²	100	kg/m ²
CARGA TOTAL	674	kg/m²	604	kg/m²	524	kg/m²

EN ESCALERAS

Losa (e=11 cm)	264.00	kg/m ²	264.00	kg/m ²	264.00	kg/m ²
Escalones	195.00	kg/m ²	195.00	kg/m ²	195.00	kg/m ²
Acabados	110.00	kg/m ²	110.00	kg/m ²	110.00	kg/m ²
Instalaciones	10.00	kg/m ²	10.00	kg/m ²	10.00	kg/m ²
Sobrecarga por reglamento	40.00	kg/m ²	40.00	kg/m ²	40.00	kg/m ²
Carga Muerta Total	619.00	kg/m ²	619.00	kg/m ²	619.00	kg/m ²
	CV máx		CV inst.		CV media	
Carga Viva Escaleras	350	kg/m ²	150	kg/m ²	40	kg/m ²
CARGA TOTAL	969	kg/m²	769	kg/m²	659	kg/m²

EN BARANDALES

Barandal (e=12 cm)	297	kg/m
Carga Muerta Total	297	kg/m
	CV	
Carga Viva Escaleras	100	kg/m
CARGA TOTAL	397	kg/m

Las combinaciones de carga utilizadas se realizaron conforme a las Normas Técnicas Complementarias sobre Criterios y Acciones para el Diseño Estructural de las Edificaciones del Reglamento de Construcciones de la Ciudad de México del 2017.

A efecto de revisar la capacidad estructural de las escuelas, se utilizó el criterio de resistencia última o diseño por factores de carga y resistencia (LRFD). Para ello, se consideran las combinaciones de carga que a continuación se enumeran:

1. $1.5(\text{PP} + \text{CM} + \text{Sobrecarga}) + 1.7 \text{CVmáx}$
2. $1.1(\text{PP} + \text{CM} + \text{Sobrecarga} + \text{CVinst} + \text{Sismo } x + 0.3 \text{ Sismo } y)$
3. $1.1(\text{PP} + \text{CM} + \text{Sobrecarga} + \text{CVinst} + \text{Sismo } x - 0.3 \text{ Sismo } y)$
4. $1.1(\text{PP} + \text{CM} + \text{Sobrecarga} + \text{CVinst} - \text{Sismo } x + 0.3 \text{ Sismo } y)$
5. $1.1(\text{PP} + \text{CM} + \text{Sobrecarga} + \text{CVinst} - \text{Sismo } x - 0.3 \text{ Sismo } y)$
6. $1.1(\text{PP} + \text{CM} + \text{Sobrecarga} + \text{CVinst} + \text{Sismo } y + 0.3 \text{ Sismo } x)$
7. $1.1(\text{PP} + \text{CM} + \text{Sobrecarga} + \text{CVinst} + \text{Sismo } y - 0.3 \text{ Sismo } x)$
8. $1.1(\text{PP} + \text{CM} + \text{Sobrecarga} + \text{CVinst} - \text{Sismo } y + 0.3 \text{ Sismo } x)$
9. $1.1(\text{PP} + \text{CM} + \text{Sobrecarga} + \text{CVinst} - \text{Sismo } y - 0.3 \text{ Sismo } x)$

Para la revisión de deformaciones se utilizarán las siguientes combinaciones de carga

10. $1.0(\text{PP} + \text{CM} + \text{Sobrecarga} + \text{CVmáx})$

donde:

- CM: Carga muerta, específicamente el peso propio de la estructura.
 Sobrecarga: Carga muerta que incluye peso de instalaciones, acabados, etc (instalaciones genéricas).
 CVmax: Carga viva máxima.
 CVinst: Carga viva instantánea
 CVmed: Carga viva media
 Sismo x: Fuerza sísmica en dirección X.
 Sismo y: Fuerza sísmica en dirección Y.

6.5.3 PROPIEDADES AGRIETADAS, SEGÚN NTC CORRESPONDIENTE

Las Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal de 2017, dice que cuando se apliquen métodos de análisis lineal, en el cálculo de las rigideces de los miembros estructurales se tomará en cuenta el efecto de agrietamiento. Para asegurar que se tome en cuenta el agrietamiento de manera adecuada, la inercia se debe afectar por los factores de la siguiente tabla.

Tabla 6.11 – Factores de agrietamiento por elemento estructural

Elemento	Momento de inercia
Vigas y muros agrietados	0.5 I_g
Columnas agrietadas	0.7 I_g
Columnas y muros no agrietados	I_g

6.5.4 ESPECTRO SÍSMICO

6.5.4.1 Selección de Espectro Sísmico de Diseño

En esta primera etapa del proyecto y debido a que es de uso común el Manual de Diseños de Obras Civiles para Diseño por Sismo de la Comisión Federal de Electricidad se hizo un primer ejercicio con los espectros de este documento. Actualmente se están revisando las estructuras con las normas mexicanas NMX.

6.5.4.2 Ejemplos de espectros en Zonas B, C y D, tipos I, II y III

La concepción de los espectros estipulados en el Manual de Obras Civiles Diseño por Sismo, CFE 2015, se generan bajo la siguiente filosofía:

- Los espectros de diseño varían en forma continua dentro del territorio mexicano.
- La construcción de los espectros de diseño se inicia con un parámetro relacionado con el peligro sísmico, que es la aceleración máxima en terreno rocoso, y se continúa con factores con que se toman en cuenta las condiciones del terreno.
- Los espectros de diseño son transparentes, es decir, carecen de factores de reducción ajenos al peligro sísmico.
- Las ordenadas espectrales corresponden al 5% del amortiguamiento crítico estructural. Podrán modificarse cuando se justifique un valor de amortiguamiento diferente o se consideren efectos de interacción suelo-estructura. Ver figura 6.5.
- A periodo estructural largo, los espectros de desplazamiento que se derivan de los espectros de aceleración tienden correctamente a los desplazamientos máximos del terreno.
- Se suministran espectros de diseño para el estado límite de servicio que no están afectados por la no linealidad del suelo.
- Se proporcionan aceleraciones para tres niveles de importancia estructural: convencional (B), importante (A) y muy importante (A+) (sólo para zonas de alta sismicidad).

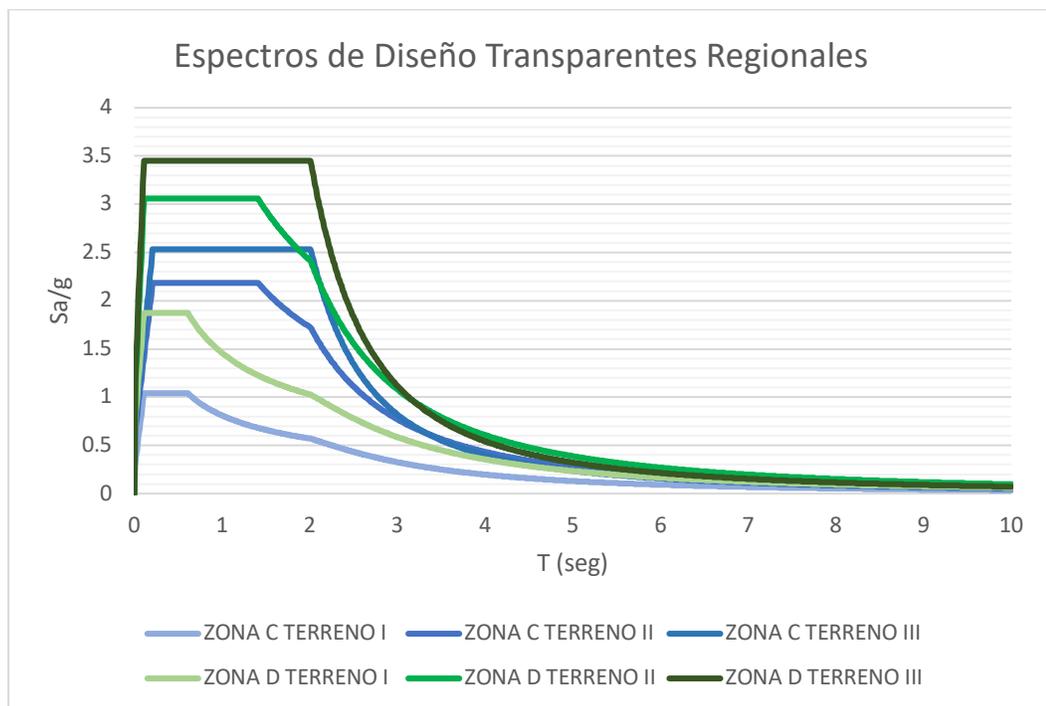


Figura. 6.5 – Espectros de Diseño Transparentes Regionales, de las Zona C & D, Terrenos I, II & III

Una vez obtenidos los Espectros de Diseño Transparentes Regionales (fig. 6.5), con ayuda del software PRODISIS v4.1, se procede a obtener los Espectros de Diseño Modificados (figs. 6.6 y 6.7) de acuerdo con lo establecido en la sección 3.3 del Manual de Diseño de Obras Civiles (M.D.O.C.) Diseño por Sismo (CFE, 2015).

- El factor de importancia adoptado es igual 1.5, como se estipula en el inciso 3.1.4 del MDOC Diseño por Sismo (CFE, 2015).
- El coeficiente de amortiguamiento, se obtuvo de la tabla 3.1, del M.D.O.C. Diseño por Sismo (CFE, 2015).
- El coeficiente de sobrerresistencia $[R_0]$ adoptó el valor de 2, de acuerdo a lo estipulado en el M.D.O.C. Diseño por sismo (CFE, 2015), inciso 3.3.1.3.
- El factor de redundancia $[\rho]$ es igual a 0.8 para estructuras a base de marcos con una sola crujía. Para el sentido en donde se tengan dos o más crujías, se empleó un valor de 1.25, como lo establece el inciso 3.3.1.4

del M.D.O.C. Diseño por Sismo (CFE, 2015). Por lo tanto, se tendrán dos espectros de diseño, uno para cada sentido de la estructura como se observa en las figs. 6.6 y 6.7.

- El factor de irregularidad [F.I.] se obtuvo de acuerdo a lo establecido en el inciso 3.3.2.4 del M.D.O.C. Diseño por Sismo (CFE, 2015).
- El factor de comportamiento sísmico [Q] adoptó el valor igual a 2 como estipula el inciso 3.3.1.1 del M.D.O.C. Diseño por Sismo (CFE, 2015).

En las tablas 6.12 y 6.13 se presentan los parámetros espectrales descritos en el inciso 3.1.6.2 del MDOC Diseño por Sismo CFE 2015: aceleraciones máximas en la roca (a_0^r), aceleración máxima del terreno (a_0) y la aceleración máxima espectral (c), con los cuales se generaron los Espectros de Diseño Transparentes Regionales y los Espectros de Diseño Modificados y cuyas aceleraciones máximas se muestran en las tres últimas columnas de las tablas 6.12 y 6.13. Para las zonas C y D, respectivamente.

Tabla 6.12 – Aceleraciones máximas espectrales del Espectro de Diseño Transparente Regional y del Espectro de Diseño Modificado (Zona C).

Zona C								
Terreno	Aceleración máxima en la roca (cm/s ²)	Parámetros para Espectros regionales		Importancia de estructura	Amortiguamiento	Sa máxima (espectro transparente)	Sa máxima (espectro de diseño, $\rho=0.8$)	Sa máxima (espectro de diseño, $\rho=1.25$)
		a_0	c					
Terreno I	199.99	199.99	680.42	A	5%	1.041	0.636	0.4071
Terreno II	199.99	419.99	1427.25	A	5%	2.184	1.318	0.8494
Terreno III	199.99	459.98	1655.95	A	5%	2.532	1.541	0.9863

Tabla 6.13 – Aceleraciones máximas espectrales del Espectro de Diseño Transparente Regional y del Espectro de Diseño Modificado (Zona D).

Zona D								
Terreno	Aceleración máxima en la roca (cm/s ²)	Parámetros para Espectros regionales		Importancia de estructura	Amortiguamiento	Sa máxima (espectro transparente)	Sa máxima (espectro de diseño, $\rho=0.8$)	Sa máxima (espectro de diseño, $\rho=1.25$)
		a_0	c					
Terreno I	≥ 200	490	1225	A	5%	1.873	1.145	0.733
Terreno II	≥ 200	690	2000	A	5%	3.059	1.911	1.2237
Terreno III	≥ 200	752	2256	A	5%	3.451	2.157	1.3803

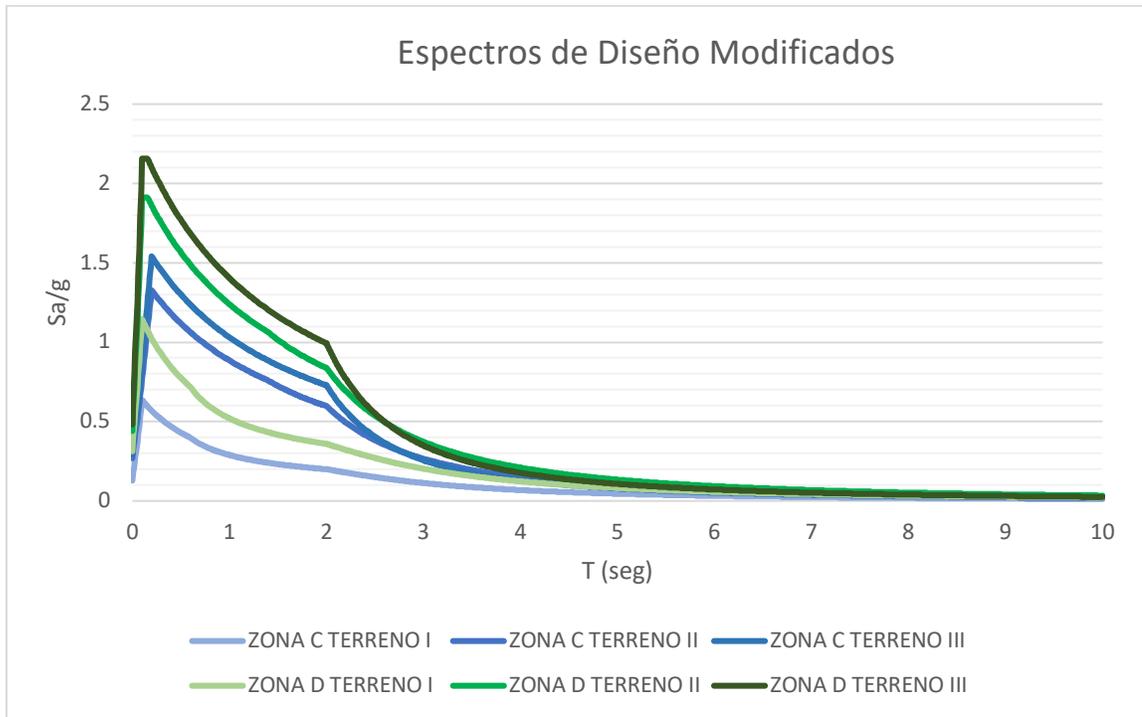


Figura. 6.6 – Espectros de Diseño Modificados, de las Zonas C & D, Terrenos I, II & III (Redundancia igual a 0.8)

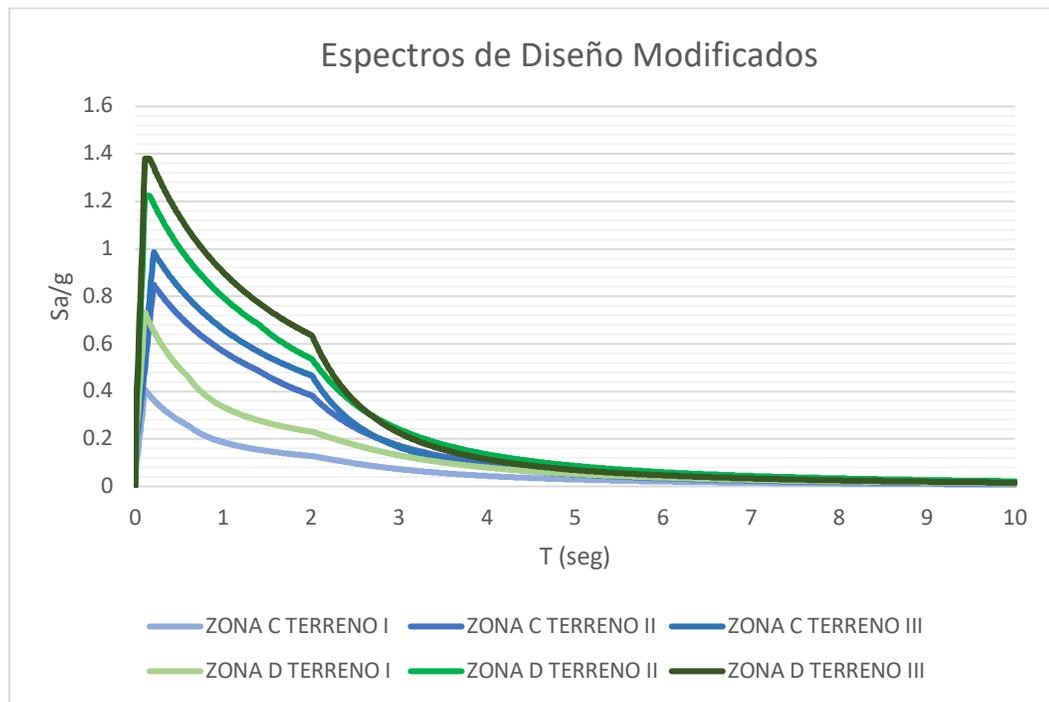


Figura. 6.7 – Espectros de Diseño Modificados, de las Zonas C & D, Terrenos I, II & III (Redundancia igual a 1.25)

6.5.4.3 Manual de Obras Civiles Diseño por Sismo, CFE 1993.

Adicionalmente, de manera comparativa se analizaron las escuelas bajo la sollicitación sísmica establecida en el MDOC-CFE 1993, cuya ordenada espectral se multiplicó por 1.33 (valor recomendado (U. Mena, 2018) los espectros de diseño obtenidos con el Manual de Diseño de Obras Civiles (M.D.O.C.) Diseño por Sismo, de 1993. Los espectros obtenidos se observan en la figura 6.8.

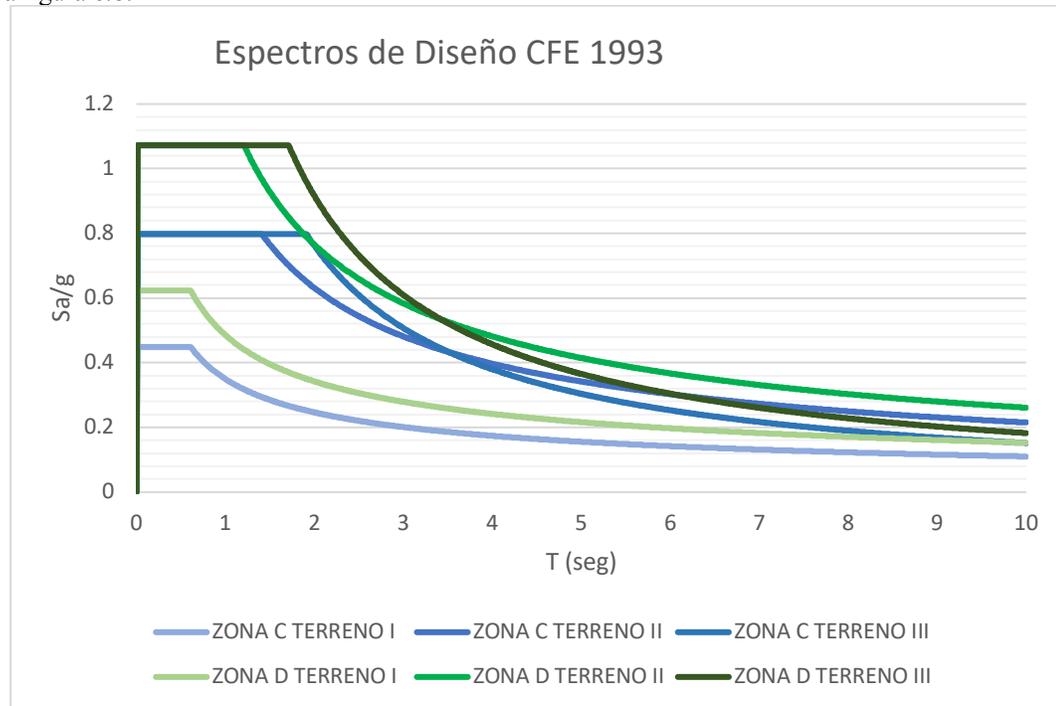


Figura. 6.8 – Espectros de Diseño, de las Zonas C & D, Terrenos I, II & III de CFE 1993

6.6 RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS ESTRUCTURALES

Se realizó un primer acercamiento del análisis de tres de los edificios, que se identificó que tuvieron los mayores daños estructurales. Se compararon los resultados obtenidos con el espectro de 1993 multiplicado por 1.33 y con el espectro de 2015. Los resultados se presentan en las tablas 6.14 a 6.16. Se compararon el prototipo de la escuela Regional de 1 aula, la escuela urbana UC-1 y la UC-2.

Cabe mencionar que la gran mayoría de los edificios escolares está diseñada y construida con normativas anteriores 2015. Por ello, los análisis y revisiones descritos en este capítulo, están enfocados en determinar la capacidad de resistencia que se debe añadir a la infraestructura existente de modo que cumplan con el nivel de desempeño establecido de Ocupación Inmediata.

Tabla 6.14 – Resultados obtenidos para el prototipo RC-17 de un entre eje de mampostería

			En todos los casos se consideró Grupo A (F.I=1.5), Q=2, $\alpha=0.8$ y se empleó coeficiente sísmico CFE 1993 multiplicado por 1.33, de acuerdo a lo comentado por el Dr. Ulises Mena.				En todos los casos se consideró Grupo A (F.I.=1.5), para RC-17 IEE se consideró Q=1.5, R0=2.0, $\xi=0.05$, $\rho=0.80$, $\alpha=1.0$ y se empleó coeficiente sísmico obtenido del MDOC 2015, para el periodo fundamental de la estructura.		
ESCUELA TIPO	DESCRIPCION	ZONA	TIPO TERRENO	C.S. (C.S. RED.)	RESULTADOS	COMENTARIOS	C.S. RED. (X / Y)	RESULTADOS	COMENTARIOS
RC-17 IEE MAMPOSTERÍA	6x8m, losa de concreto e=10cm, zapatas corridas de piedra b=50,60 y 80cm. Qa=7,10 y 15ton/m2	C	I	0.36x1.33=0.4788 (0.4489)	OK		0.40 / 0.36	OK	
			II	0.64x1.33=0.8512 (0.798)	Requiere reforzamiento	Fallan los muros en los contrafuertes, por capacidad a tensión debido a acero longitudinal escaso.	0.68 / 0.61	Requiere reforzamiento	Fallan los muros en los contrafuertes, por capacidad a tensión debido a acero longitudinal escaso en castillos.
			III	0.64x1.33=0.8512 (0.798)	Requiere reforzamiento	Fallan los muros en los contrafuertes, por capacidad a tensión debido a acero longitudinal escaso.	0.78 / 0.70	Requiere reforzamiento	Fallan los muros en los contrafuertes, por capacidad a tensión debido a acero longitudinal escaso en castillos.
		D	I	0.50x1.33=0.665 (0.6234)	OK		0.99 / 0.87	Requiere reforzamiento	Fallan los muros en los contrafuertes, por capacidad a tensión debido a acero longitudinal escaso en los castillos.
			II	0.86x1.33=1.1438 (1.0723)	Requiere reforzamiento	Fallan los muros en los contrafuertes, por capacidad a tensión debido a acero longitudinal escaso y por cortante.	1.64 / 1.43	Requiere reforzamiento	Fallan los muros en los contrafuertes, por capacidad a tensión debido a acero longitudinal y sección transversal escasos y por cortante.
			III	0.86x1.33=1.1438 (1.7023)	Requiere reforzamiento	Fallan los muros en los contrafuertes, por capacidad a tensión debido a acero longitudinal escaso y por cortante.	1.85 / 1.61	Requiere reforzamiento	Fallan los muros en los contrafuertes, por capacidad a tensión debido a acero longitudinal y sección transversal escasos y por cortante.

Tabla 6.15 – Resultados obtenidos para el prototipo U1-C

				En todos los casos se consideró Grupo A (F.I=1.5), Q=2, $\alpha=0.8$ y se empleó coeficiente sísmico CFE 1993 multiplicado por 1.33, de acuerdo a lo comentado por el Dr. Ulises Mena.			En todos los casos se consideró Grupo A (F.I=1.5), para U1-C Q=2.0, R0=2.0, $\xi=0.05$, $\rho=0.80$ (en el lado corto) y $\rho=1.25$ (en el lado largo), $\alpha=0.90$ y se empleó coeficiente sísmico obtenido del MDOC 2015, para el periodo fundamental de la estructura.		
ESCUELA TIPO	DESCRIPCION	ZONA	TIPO TERRENO	C.S. (C.S. RED.)	RESULTADOS	COMENTARIOS	C.S. RED. (X / Y)	RESULTADOS	COMENTARIOS
U1-C (1 NIVEL, CONCRETO)	36.84x11.4m Zapatatas aisladas con Tls, marcos de concreto, columnas 40x45cm, trabes 20x53cm, losa e=10cm, muros desligados	C	I	0.36x1.33= 0.4788 (0.4489)	OK		0.56 / 0.36	OK	
			II	0.64x1.33= 0.8512 (0.798)	Requiere reforzamiento	Fallan 10 columnas, ejes 1, 2 y 3 (acero longitudinal escaso), Fallan 6 trabes T-3, ejes 1, 2, 3, 10, 11 y 12 (acero longitudinal en el lecho superior escaso).	1.31 / 0.85	Requiere reforzamiento	Fallan todas las columnas, 24 en total (16 por acero longitudinal escaso y 8 necesitan incrementar su sección por que el acero longitudinal requerido excede el máximo permitido). Fallan todas las trabes T-3, 12 en total (acero longitudinal en el lecho superior e inferior escaso).
			III	0.64x1.33= 0.8512 (0.798)	Requiere reforzamiento	Fallan 10 columnas, ejes 1, 2 y 3 (acero longitudinal escaso). Fallan 6 trabes T-3, ejes 1, 2, 3, 10, 11 y 12 (acero longitudinal en el lecho superior escaso).	1.52 / 0.99	Requiere reforzamiento	Fallan todas las columnas, 24 en total (10 por acero longitudinal escaso y 14 necesitan incrementar su sección por que el acero longitudinal requerido excede el máximo permitido, además 6 columnas cuentan con acero transversal escaso). Fallan todas las trabes T-3, 12 en total (acero longitudinal en el lecho superior e inferior escaso).
		D	I	0.50x1.33= 0.665 (0.6234)	OK		1.00 / 0.66	Requiere reforzamiento	Fallan 16 columnas, ejes 1, 2, 3, 4, 9, 10, 11 y 12 (acero longitudinal escaso), Fallan 10 trabes T-3, ejes 1, 2, 3, 4, 5, 8, 9, 10, 11 y 12 (acero longitudinal en el lecho superior e inferior escaso).
			II	0.86x1.33= 1.1438 (1.7023)	Requiere reforzamiento	Fallan todas las columnas, 24 en total (acero longitudinal escaso), Falla una trabe T-1, eje A (acero longitudinal en el lecho superior e inferior escaso). Falla una viga faldón F-1, eje A' (acero longitudinal en el lecho superior escaso). Fallan todas las trabes T-3, 12 en total (acero longitudinal en el lecho superior e inferior escaso).	1.84 / 1.19	Requiere reforzamiento	Fallan todas las columnas, 24 en total (necesitan incrementar su sección por que el acero longitudinal requerido excede el máximo permitido, además 16 columnas cuentan con acero transversal escaso). Falla una trabe T-1, eje A (acero longitudinal en el lecho superior e inferior escaso). Falla una viga faldón F-1, eje A' (acero longitudinal en el lecho superior escaso). Fallan todas las trabes T-3, 12 en total (acero longitudinal en el lecho superior e inferior escaso).
			III	0.86x1.33= 1.1438 (1.7023)	Requiere reforzamiento	Fallan todas las columnas, 24 en total (acero longitudinal escaso), Falla una trabe T-1, eje A (acero longitudinal en el lecho superior e inferior escaso). Falla una viga faldón F-1, eje A' (acero longitudinal en el lecho superior escaso). Fallan todas las trabes T-3, 12 en total (acero longitudinal en el lecho superior e inferior escaso).	2.08 / 1.34	Requiere reforzamiento	Fallan todas las columnas, 24 en total (necesitan incrementar su sección por que el acero longitudinal requerido excede el máximo permitido, además 20 columnas cuentan con acero transversal escaso). Falla 2 trabes T-1, eje A, y una trabe T-2, en el eje B (acero longitudinal en el lecho superior e inferior escaso). Falla una viga faldón F-1, eje A' (acero longitudinal en el lecho superior e inferior escaso). Fallan todas las trabes T-3, 12 en total (acero longitudinal en el lecho superior e inferior escaso).

Tabla 6.16 – Resultados obtenidos para el prototipo U2-C

				En todos los casos se consideró Grupo A (F.I=1.5), Q=2, $\alpha=0.8$ y se empleó coeficiente sísmico CFE 1993 multiplicado por 1.33, de acuerdo a lo comentado por el Dr. Ulises Mena.			En todos los casos se consideró Grupo A (F.I.=1.5), para U2-C Q=1.5, R0=2.0, $\xi=0.05$, $\rho=0.80$ (en el lado corto) y $\rho=1.25$ (en el lado largo), $\alpha=0.90$ y se empleó coeficiente sísmico obtenido del MDOC 2015, para el periodo fundamental de la estructura.		
ESCUELA TIPO	DESCRIPCION	ZONA	TIPO TERRENO	C.S. (C.S. RED.)	RESULTADOS	COMENTARIOS	C.S. RED. (lado largo / lado corto)	RESULTADOS	COMENTARIOS
U2-C (2 NIVELES, CONCRETO)	42.12x8m Zapatas corridas con CTs, marcos de concreto, columnas 30x45cm, traveses 25x55cm, losa e=11cm, muros de concreto, azotea a dos aguas.	C	I	0.36x1.33= 0.4788 (0.4489)	OK		0.30 / 0.20	OK	
			II	0.64x1.33= 0.8512 (0.798)	OK		0.48 / 0.34	OK	
			III	0.64x1.33= 0.8512 (0.798)	OK		0.55 / 0.39	OK	
		D	I	0.50x1.33= 0.665 (0.6234)	OK		0.73 / 0.48	OK	
			II	0.86x1.33= 1.1438 (1.7023)	Requiere reforzamiento	Fallan columnas aldañas a muros de concreto por capacidad a tensión.	1.19 / 0.75	Requiere reforzamiento	Fallan columnas aldañas a muros de concreto por capacidad a tensión.
			III	0.86x1.33= 1.1438 (1.7023)	Requiere reforzamiento	Fallan columnas aldañas a muros de concreto por capacidad a tensión.	1.34 / 0.84	Requiere reforzamiento	Fallan columnas aldañas a muros de concreto por capacidad a tensión.

6.6.1 RESISTENCIA NOMINAL

Las resistencias nominales fueron calculadas con las fórmulas y criterios establecidos en las Normas Técnicas Complementarias vigentes, correspondientes a sus materiales.

6.6.1.2 Con $F_R=1$ y propiedades nominales (de planos)

En las tablas 6.17 y 6.18 se presentan las resistencias nominales para la estructura Regional y para las de concreto.

Tabla 6.17 – Resistencias nominales para el prototipo regional

		Sección	RC - 1 aula	RC - 2 aulas	RC - 3 aulas		RC - 4 aulas
			Después del 85	Después del 85	Antes del 85	Después del 85	Después del 85
			Resistencia nominal				
Vigas	M+ (t.m)	T1	5.45	5.45	5.51	5.45	5.45
		T2	11.78	7.09	2.64	7.09	7.09
	M- (t.m)	T1	7.14	7.14	7.22	7.14	7.14
		T2	4.78	11.55	2.64	9.34	9.34
	V (t)	T1	3.99	3.99	3.91	3.99	3.99
		T2	4.43	5.63	6.94	5.23	5.23
Muros de mampostería	Vm (t)	M corto CF	2.83	2.83	2.29	2.83	2.83
		M corto	-	2.06	3.26	2.06	2.06
		M largo	9.94	9.94	9.94	9.94	9.94

Tabla 6.18 – Resistencias nominales para los prototipos de concreto

		Sección	U1-C		U2-C		U3-C		
			Antes del 85	Después del 85	Antes del 85	Después del 85	Antes del 85	Después del 85	
			Resistencia nominal						
Azotea	Vigas	M+ (t.m)	T1	6.63	12.56	4.49	7.86	9.64	16.11
			T2	16.00	12.56	15.74	7.86	19.18	16.11
			T3	-	11.69	-	11.69	-	11.69
		M- (t.m)	T1	6.63	12.56	4.49	7.86	11.60	11.08
			T2	15.12	12.56	14.74	7.86	15.12	11.08
			T3	-	22.31	-	16.54	-	16.54
	V (t)	T1	3.95	5.18	4.05	4.37	4.93	5.81	
		T2	6.32	5.18	6.32	4.37	6.30	5.81	
		T3	-	7.64	-	7.64	-	6.64	
			T4	-	-	-	5.84	-	5.84

			U1-C		U2-C		U3-C		
			Antes del 85	Después del 85	Antes del 85	Después del 85	Antes del 85	Después del 85	
		Sección	Resistencia nominal						
Entrepiso	Vigas	M+ (t.m)	T1	-	-	7.91	15.74	15.04	17.14
			T2	-	-	22.31	15.74	19.91	17.14
			T3	-	-	-	16.00	-	22.31
			T4	-	-	-	11.69	-	36.40
		M- (t.m)	T1	-	-	10.41	15.74	21.47	19.91
			T2	-	-	27.21	15.74	38.05	19.91
			T3	-	-	-	27.21	-	11.69
			T4	-	-	-	27.21	-	27.21
		V (t)	T1	-	-	4.85	5.75	7.25	7.22
			T2	-	-	8.55	5.75	6.79	7.22
			T3	-	-	-	8.55	-	8.47
			T4	-	-	-	8.55	-	8.55

6.6.2 PERIODOS Y MODOS DE VIBRAR

En la tabla 6.19, se encuentra un resumen de las propiedades dinámicas obtenidas de los análisis dinámicos lineales espectrales.

Tabla 6.19 – Resumen de las propiedades dinámicas

Escuela	Época de construcción	Periodo fundamental en X (s)	Periodo fundamental en Y (s)
RC – 1 aula	Después del 85	0.085	0.071
RC – 2 aulas	Después del 85	0.094	0.076
RC – 3 aulas	Antes del 85	0.10	0.075
	Después del 85	0.098	0.079
RC – 4 aulas	Después del 85	0.101	0.080
U1-C	Antes del 85	0.540	0.371
	Después del 85	0.228	0.213
U2-C	Antes del 85	0.430	0.394
	Después del 85	0.098	0.054
U3-C	Antes del 85	0.584	0.747
	Después del 85	0.186	0.089

6.6.3 DISTRIBUCIÓN DE FUERZAS

En función del análisis realizado con el programa ETABS 2016, se tomaron los elementos (columnas, vigas y muros) con mayor esfuerzo, para cada caso de estudio del suelo y tipo de terreno, y se compararon con las resistencias nominales a la falla de cada uno de los prototipos.

6.6.3.1 Escuela Urbana U-1C

Vigas

Las vigas T3 fallan a flexión bajo todas las solicitaciones sísmicas correspondientes a los espectros reducidos utilizados, excepto para la zona C terreno I. En el caso de las vigas T1 y T2 fallan a flexión, únicamente, para la zona D terreno III, como se observa en la tabla 6.20.

Tabla 6.20 – Comparación de la resistencia nominal con la fuerza actuante en vigas

		Sección	Actuales				Sección	Actuales	
			Resistencia nominal	Fuerza actuante				Resistencia nominal	Fuerza actuante
Zona C T-I	M+ (t.m)	T1	12.56	3.52	Zona D T-I	M+ (t.m)	T1	12.56	6.49
		T2	12.56	3.52			T2	12.56	6.49
		T3	11.69	8.33			T3	11.69	14.86
	M- (t.m)	T1	12.56	3.88		M- (t.m)	T1	12.56	6.85
		T2	12.56	3.88			T2	12.56	6.85
		T3	22.31	17.88			T3	22.31	26.69
	V (t)	T1	24.56	3.63		V (t)	T1	24.56	5.47
		T2	24.56	3.63			T2	24.56	5.47
		T3	37.82	8.51			T3	37.82	10.84
Zona C T-II	M+ (t.m)	T1	12.56	8.52	Zona D T-II	M+ (t.m)	T1	12.56	12.01
		T2	12.56	8.52			T2	12.56	12.01
		T3	11.69	24.20			T3	11.69	35.34
	M- (t.m)	T1	12.56	8.88		M- (t.m)	T1	12.56	12.37
		T2	12.56	8.88			T2	12.56	12.37
		T3	22.31	33.08			T3	22.31	44.23
	V (t)	T1	24.56	6.73		V (t)	T1	24.56	8.88
		T2	24.56	6.73			T2	24.56	8.88
		T3	37.82	11.81			T3	37.82	14.76
Zona C T-III	M+ (t.m)	T1	12.56	9.92	Zona D T-II	M+ (t.m)	T1	12.56	13.59
		T2	12.56	9.92			T2	12.56	13.59
		T3	11.69	28.69			T3	11.69	40.39
	M- (t.m)	T1	12.56	10.28		M- (t.m)	T1	12.56	13.95
		T2	12.56	10.28			T2	12.56	13.95
		T3	22.31	37.57			T3	22.31	49.28
	V (t)	T1	24.56	7.59		V (t)	T1	24.56	9.86
		T2	24.56	7.59			T2	24.56	8.88
		T3	37.82	13.00			T3	37.82	16.10

Columna C-1

El diagrama de interacción carga axial con la flexión respecto a los ejes de simetría de las columnas más demandadas de la escuela U1-C se muestra en las figs. 6.9 y 6.10. Como se puede observar, la columna fallará por flexión en la dirección “Y” para los terrenos II y III en la zona C y todos los terrenos en la zona D.

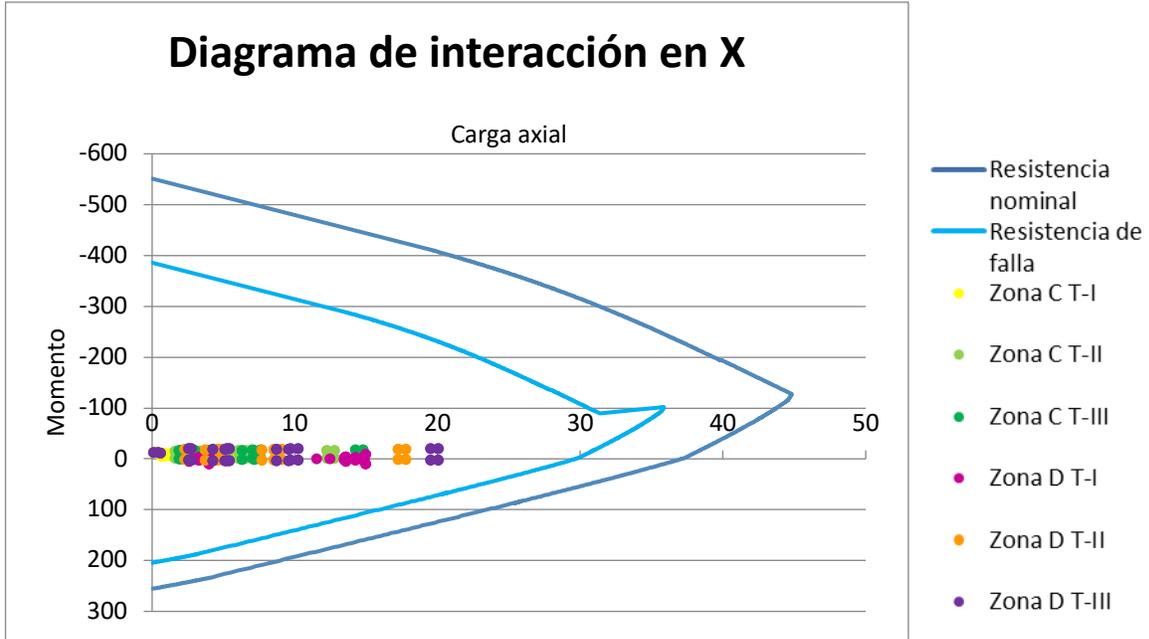


Figura. 6.9 – Diagrama de interacción en X

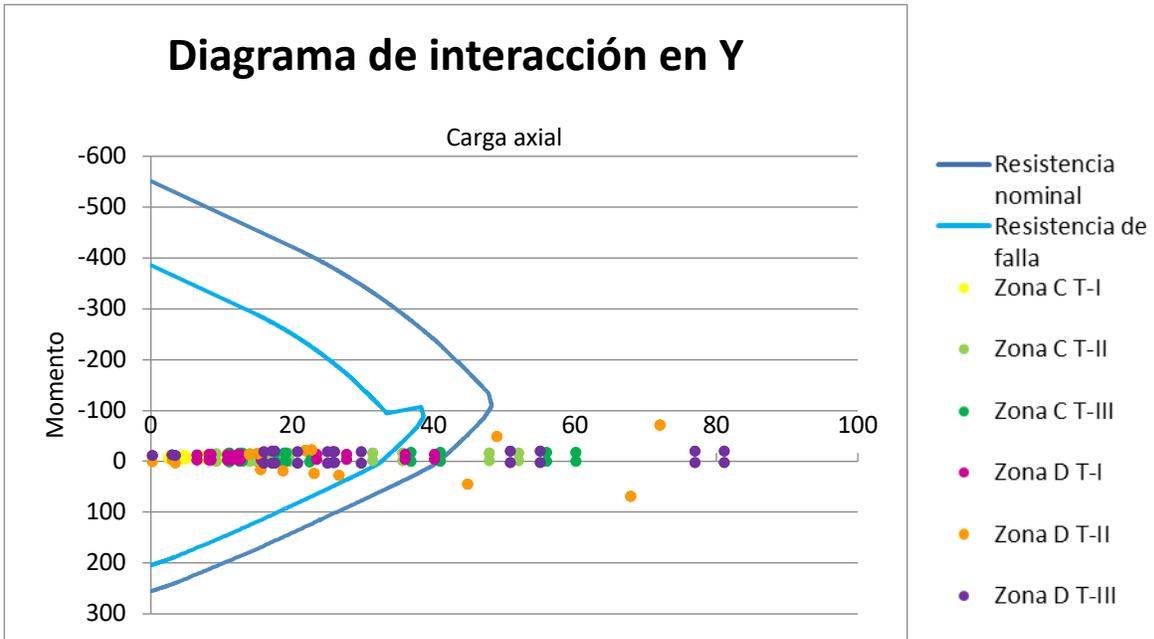


Figura. 6.10 – Diagrama de interacción en Y

6.6.3.2 Escuela Urbana U-2C

Vigas en azotea

Las vigas T1, localizadas en la planta de azotea, fallan a flexión bajo la sollicitación sísmica correspondiente al espectro reducido para la zona D terreno III, como se observa en la tabla 6.21

Tabla 6.21 – Comparación de la resistencia nominal con la fuerza actuante en vigas de azotea

		Sección	Actuales				Sección	Actuales	
			Resistencia nominal	Fuerza actuante				Resistencia nominal	Fuerza actuante
Zona C T-I	M+ (t.m)	T1	7.86	1.02	Zona D T-I	M+ (t.m)	T1	7.86	2.57
		T2	7.86	1.02			T2	7.86	2.57
		T3	11.69	6.99			T3	11.69	6.99
		T4	11.69	0.00			T4	11.69	0.00
	M- (t.m)	T1	7.86	3.04		M- (t.m)	T1	7.86	5.35
		T2	7.86	3.04			T2	7.86	5.35
		T3	16.54	10.44			T3	16.54	10.44
		T4	11.69	2.49			T4	11.69	2.49
	V (ton)	T1	23.75	2.74		V (ton)	T1	23.75	4.06
		T2	23.75	2.74			T2	23.75	4.06
		T3	37.82	7.79			T3	37.82	7.79
		T4	20.93	2.07			T4	20.93	2.07
Zona C T-II	M+ (t.m)	T1	7.86	1.68	Zona D T-II	M+ (t.m)	T1	7.86	4.93
		T2	7.86	1.68			T2	7.86	4.93
		T3	11.69	6.99			T3	11.69	6.99
		T4	11.69	0.00			T4	11.69	0.00
	M- (t.m)	T1	7.86	4.03		M- (t.m)	T1	7.86	7.82
		T2	7.86	4.03			T2	7.86	7.82
		T3	16.54	10.44			T3	16.54	10.44
		T4	11.69	2.49			T4	11.69	2.49
	V (t)	T1	23.75	3.30		V (t)	T1	23.75	5.46
		T2	23.75	3.30			T2	23.75	5.46
		T3	37.82	7.79			T3	37.82	7.79
		T4	20.93	2.07			T4	20.93	2.07

Zona C T-III	M+ (t.m)	T1	7.86	1.93	Zona D T-III	M+ (t.m)	T1	7.86	5.74
		T2	7.86	1.93			T2	7.86	5.74
		T3	11.69	6.99			T3	11.69	6.99
		T4	11.69	0.00			T4	11.69	0.00
	M- (t.m)	T1	7.86	4.40		M- (t.m)	T1	7.86	8.63
		T2	7.86	4.40			T2	7.86	8.63
		T3	16.54	10.44			T3	16.54	10.44
		T4	11.69	2.49			T4	11.69	2.49
	V (t)	T1	23.75	3.52		V (t)	T1	23.75	5.92
		T2	23.75	3.52			T2	23.75	5.92
		T3	37.82	7.79			T3	37.82	7.79
		T4	20.93	2.07			T4	20.93	2.07

Vigas de entrepiso

En el caso de las vigas de entrepiso, ninguna falla ante las solicitaciones utilizadas. (tabla 6.22).

Tabla 6.22 – Comparación de la resistencia nominal con la fuerza actuante en vigas de entrepiso

		Sección	Actuales				Sección	Actuales	
			Resistencia nominal	Fuerza actuante				Resistencia nominal	Fuerza actuante
Zona C T-I	M+ (t.m)	T1	15.74	1.57	Zona D T-I	M+ (t.m)	T1	15.74	2.05
		T2	15.74	1.57			T2	15.74	2.05
		T3	16.00	15.49			T3	16.00	15.49
		T4	11.69	5.33			T4	11.69	5.33
	M- (t.m)	T1	15.74	3.97		M- (t.m)	T1	15.74	6.29
		T2	15.74	3.97			T2	15.74	6.29
		T3	27.21	26.10			T3	27.21	26.10
		T4	27.21	10.20			T4	27.21	10.20
	V (t)	T1	25.86	5.67		V (t)	T1	25.86	5.99
		T2	25.86	5.67			T2	25.86	5.99
		T3	38.72	19.21			T3	38.72	19.21
		T4	28.66	7.42			T4	28.66	7.42
Zona C T-II	M+ (t.m)	T1	15.74	1.57	Zona D T-II	M+ (t.m)	T1	15.74	4.02
		T2	15.74	1.57			T2	15.74	4.02
		T3	16.00	15.49			T3	16.00	15.49
		T4	11.69	5.33			T4	11.69	5.33
	M- (t.m)	T1	15.74	4.96		M- (t.m)	T1	15.74	8.77
		T2	15.74	4.96			T2	15.74	8.77
		T3	27.21	26.10			T3	27.21	26.10
		T4	27.21	10.20			T4	27.21	10.20

	V (t)	T1	25.86	5.67		V (t)	T1	25.86	7.48
		T2	25.86	5.67			T2	25.86	7.48
		T3	38.72	19.21			T3	38.72	19.21
		T4	28.66	7.42			T4	28.66	7.42
Zona C T-III	M+ (t.m)	T1	15.74	1.66	Zona D T-III	M+ (t.m)	T1	15.74	4.83
		T2	15.74	1.66			T2	15.74	4.83
		T3	16.00	15.49			T3	16.00	15.49
		T4	11.69	5.33			T4	11.69	5.33
	M- (t.m)	T1	15.74	5.34		T1	15.74	9.58	
		T2	15.74	5.34		T2	15.74	9.58	
		T3	27.21	26.10		T3	27.21	26.10	
		T4	27.21	10.20		T4	27.21	10.20	
V (t)	T1	25.86	5.67	T1	25.86	7.97			
	T2	25.86	5.67	T2	25.86	7.97			
	T3	38.72	19.21	T3	38.72	19.21			
	T4	28.66	7.42	T4	28.66	7.42			

Columna C-1 y C-2

El diagrama de interacción carga axial con la flexión respecto a los ejes de simetría de las columnas C-1 y C-2 más demandadas de la escuela U2-C, se presentan en las figs. 6.11 a 6.14. La columna C-2 fallará por flexión-tensión en ambas direcciones para los terrenos II y III en la zona D.

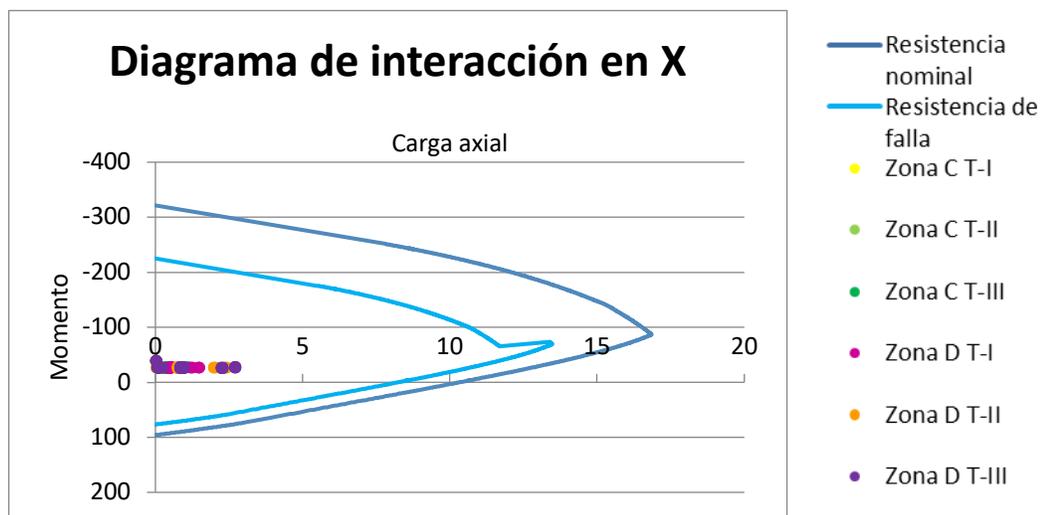


Figura. 6.11 – Diagrama de interacción en X

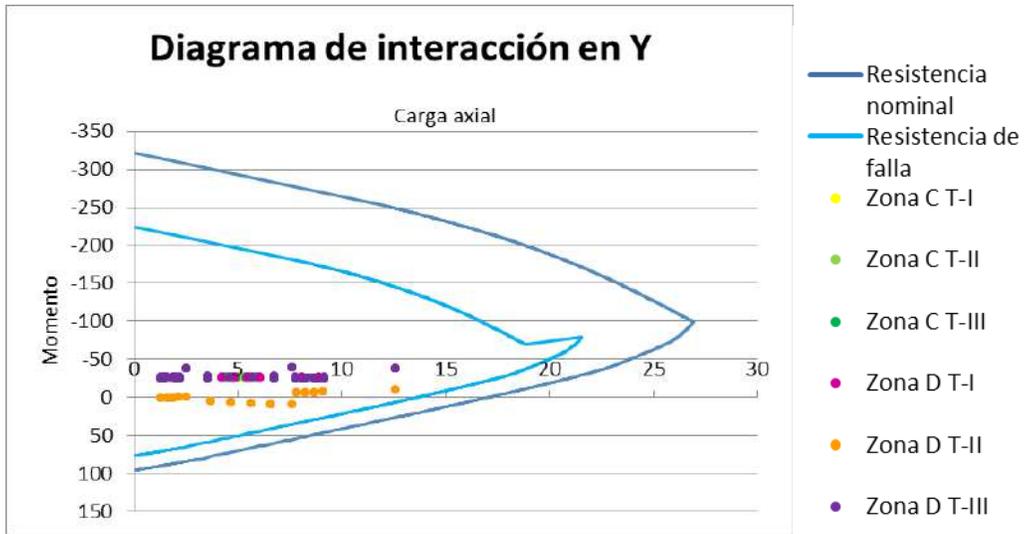


Figura. 6.12 – Diagrama de interacción en Y

Columna C-2

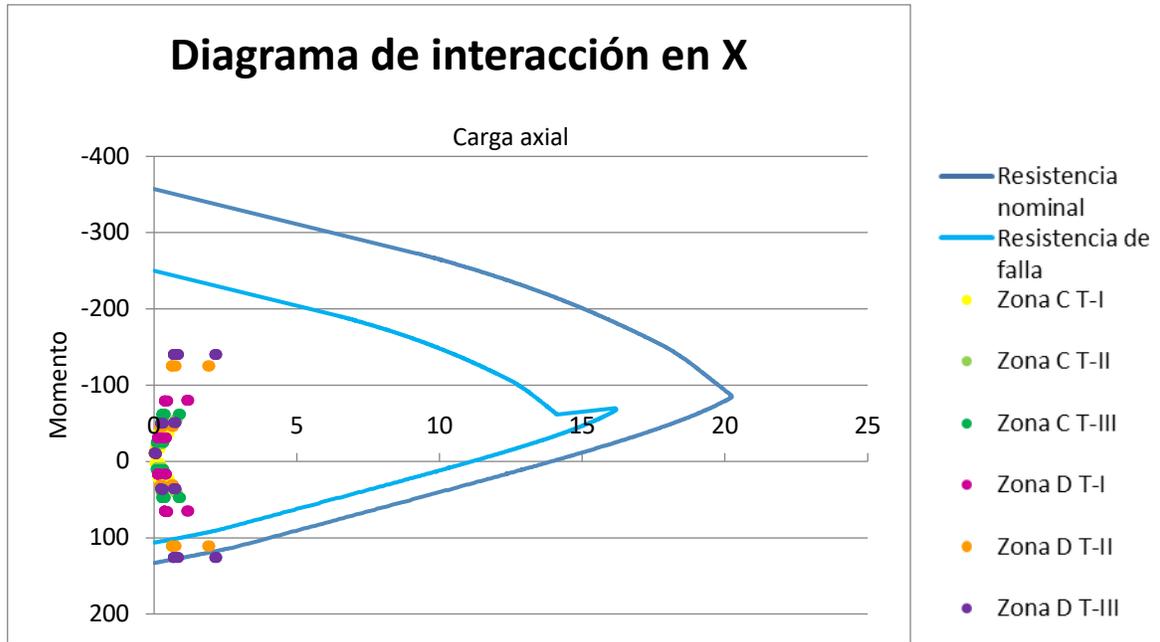


Figura. 6.13 – Diagrama de interacción en X

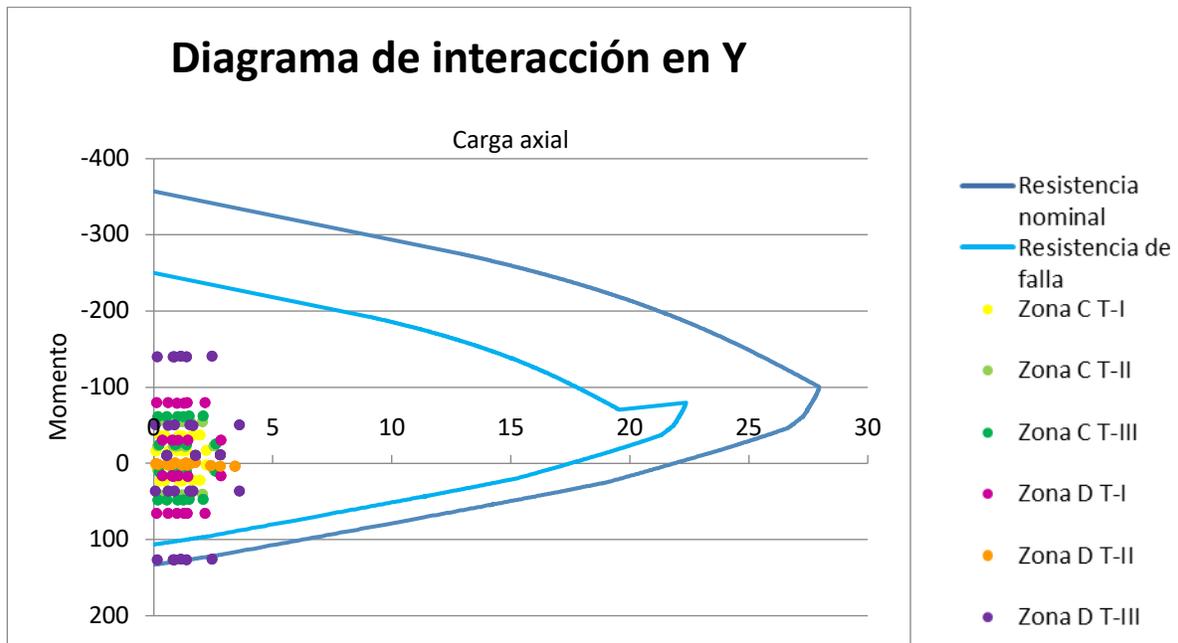


Figura. 6.14 – Diagrama de interacción en Y

Muros diafragma de concreto

En la tabla 6.23, se presenta la comparación entre resistencia nominal y fuerza actuante para muros de concreto. Los muros de concreto demandados por fuerzas cortantes sobrepasan sus resistencias de diseño debidas a solicitaciones sísmicas correspondientes a los espectros reducidos de la zona D con terrenos II y III.

Tabla 6.23 – Comparación de la resistencia nominal con la fuerza actuante en muros diafragma

		Sección	Actuales	
			Resistencia nominal	Fuerza actuante
Zona C T-I	V (t)	M1	218.96	50.52
		M2	323.23	89.75
		M3	323.23	89.75
		MT-R	18.45	3.62
Zona C T-II	V (t)	M1	218.96	81.13
		M2	323.23	152.35
		M3	323.23	152.35
		MT-R	18.45	5.67
Zona C T-III	V (t)	M1	218.96	92.67
		M2	323.23	171.68
		M3	323.23	171.68
		MT-R	18.45	6.31
Zona D T-I	V (t)	M1	218.96	122.14
		M2	323.23	212.09
		M3	323.23	212.09
		MT-R	18.45	7.67

Zona D T-II	V (t)	M1	218.96	198.43
		M2	323.23	331.55
		M3	323.23	331.55
		MT-R	18.45	11.65
Zona D T-III	V (t)	M1	218.96	221.21
		M2	323.23	370.41
		M3	323.23	370.41
		MT-R	18.45	12.94

6.6.3.3 Escuela Urbana U-3C

Vigas de azotea

Las vigas T1 y T2, localizadas en la planta de azotea, fallan a flexión bajo la sollicitación sísmica correspondiente al espectro reducido para la zona D terreno II y III. (tabla 6.24).

Tabla 6.24 – Comparación de la resistencia nominal con la fuerza actuante en vigas de azotea

		Sección	Actuales				Sección	Actuales			
			Resistencia nominal	Fuerza actuante				Resistencia nominal	Fuerza actuante		
Zona C T-I	M+ (t.m)	T1	17.14	8.02	Zona D T-I	M+ (ton.m)	T1	17.14	10.91		
		T2	17.14	6.20			T2	17.14	7.47		
		T3	22.31	6.03			T3	22.31	6.03		
		T4	36.40	0.26			T4	36.40	0.77		
	M- (t.m)	T1	19.91	9.82		T1	19.91	11.81			
		T2	19.91	11.54		T2	19.91	12.03			
		T3	11.69	10.81		T3	11.69	10.81			
		T4	27.21	6.72		T4	27.21	6.72			
	V (t)	T1	27.34	7.77		T1	27.34	8.18			
		T2	27.34	8.93		T2	27.34	8.00			
		T3	38.65	7.89		T3	38.65	7.89			
		T4	23.63	4.54		T4	23.63	4.54			
Zona C T-II	M+ (t.m)	T1	17.14	12.29	Zona D T-II	M+ (t.m)	T1	17.14	19.84		
		T2	17.14	8.34			T2	17.14	13.04		
		T3	22.31	6.03			T3	22.31	6.03		
		T4	36.40	0.77			T4	36.40	0.77		
	M- (t.m)	T1	19.91	13.19		T1	19.91	20.74			
		T2	19.91	13.44		T2	19.91	19.18			
		T3	11.69	10.81		T3	11.69	10.81			
		T4	27.21	6.72		T4	27.21	6.72			
	V (t)	T1	27.34	9.02		V (t)	T1	27.34	13.60		
		T2	27.34	8.77			T2	27.34	12.03		
		T3	38.65	7.89			T3	38.65	7.89		
		T4	23.63	4.54			T4	23.63	4.54		
	Zona C T-III	M+ (t.m)	T1	17.14		14.31	Zona D T-III	M+ (t.m)	T1	17.14	22.46
			T2	17.14		9.42			T2	17.14	15.13
			T3	22.31		6.03			T3	22.31	6.03
			T4	36.40		0.77			T4	36.40	0.77
M- (t.m)		T1	19.91	14.31	T1	19.91		23.36			
		T2	19.91	15.09	T2	19.91		21.27			
		T3	11.69	10.81	T3	11.69		10.81			
		T4	27.21	6.72	T4	27.21		6.72			
V (t)		T1	27.34	10.24	T1	27.34		15.19			
		T2	27.34	9.70	T2	27.34		13.21			
		T3	38.65	7.89	T3	38.65		7.89			
		T4	23.63	4.54	T4	23.63		4.54			

Vigas de entrepiso

Las vigas T1 y T2 localizadas en la planta de entrepiso, fallan a flexión bajo la solicitación sísmica correspondiente al espectro reducido en la zona C con terrenos II y III, y para la Zona D para terrenos I, II y III.(tabla 6.25). En el caso de las vigas T3 falla ante todas las solicitaciones utilizadas.

Tabla 6.25 – Comparación de la resistencia nominal con la fuerza actuante en vigas de entrepiso

		Sección	Actuales				Sección	Actuales	
			Resistencia nominal	Fuerza actuante				Resistencia nominal	Fuerza actuante
Zona C T-I	M+ (t.m)	T1	15.74	8.02	Zona D T-I	M+ (t.m)	T1	15.74	15.18
		T2	15.74	6.20			T2	15.74	10.01
		T3	16.00	20.90			T3	16.00	20.90
		T4	11.69	1.22			T4	11.69	1.22
	M- (t.m)	T1	15.74	9.82		T1	15.74	16.98	
		T2	15.74	11.54		T2	15.74	17.07	
		T3	27.21	36.33		T3	27.21	36.33	
		T4	27.21	14.72		T4	27.21	14.72	
	V (t)	T1	25.86	7.77		T1	25.86	12.24	
		T2	25.86	8.93		T2	25.86	12.10	
		T3	38.72	28.25		T3	38.72	28.25	
		T4	28.66	9.55		T4	28.66	9.55	

Zona C T-II	M+ (ton.m)	T1	15.74	17.16	Zona D T-II	M+ (ton.m)	T1	15.74	27.83
		T2	15.74	11.27			T2	15.74	17.70
		T3	16.00	20.63			T3	16.00	20.90
		T4	11.69	0.37			T4	11.69	1.22
	M- (t.m)	T1	15.74	18.95		T1	15.74	29.62	
		T2	15.74	19.03		T2	15.74	26.99	
		T3	27.21	36.11		T3	27.21	36.33	
		T4	27.21	14.72		T4	27.21	14.72	
	V (t)	T1	25.86	13.48		T1	25.86	20.14	
		T2	25.86	13.20		T2	25.86	17.79	
		T3	38.72	28.13		T3	38.72	28.25	
		T4	28.66	9.55		T4	28.66	9.55	
Zona C T-III	M+ (ton.m)	T1	15.74	20.01	Zona D T-III	M+ (ton.m)	T1	15.74	31.53
		T2	15.74	12.83			T2	15.74	20.59
		T3	16.00	20.90			T3	16.00	20.90
		T4	11.69	1.22			T4	11.69	1.22
	M- (t.m)	T1	15.74	21.81		T1	15.74	33.33	
		T2	15.74	21.31		T2	15.74	29.88	
		T3	27.21	36.33		T3	27.21	36.33	
		T4	27.21	14.72		T4	27.21	14.72	
	V (t)	T1	25.86	15.26		T1	25.86	22.46	
		T2	25.86	14.50		T2	25.86	19.44	
		T3	38.72	28.46		T3	38.72	28.25	
		T4	28.66	9.55		T4	28.66	9.55	

Columna C-1

El diagrama de interacción carga axial con la flexión respecto a los ejes de simetría de las columnas C-1 y C-2 más demandadas de la escuela U3-C, se muestran en las figs. 6.15 a 6.18. La columna C-2 falla por flexión-tensión en la dirección “Y” para los terrenos II y III en la zona D.

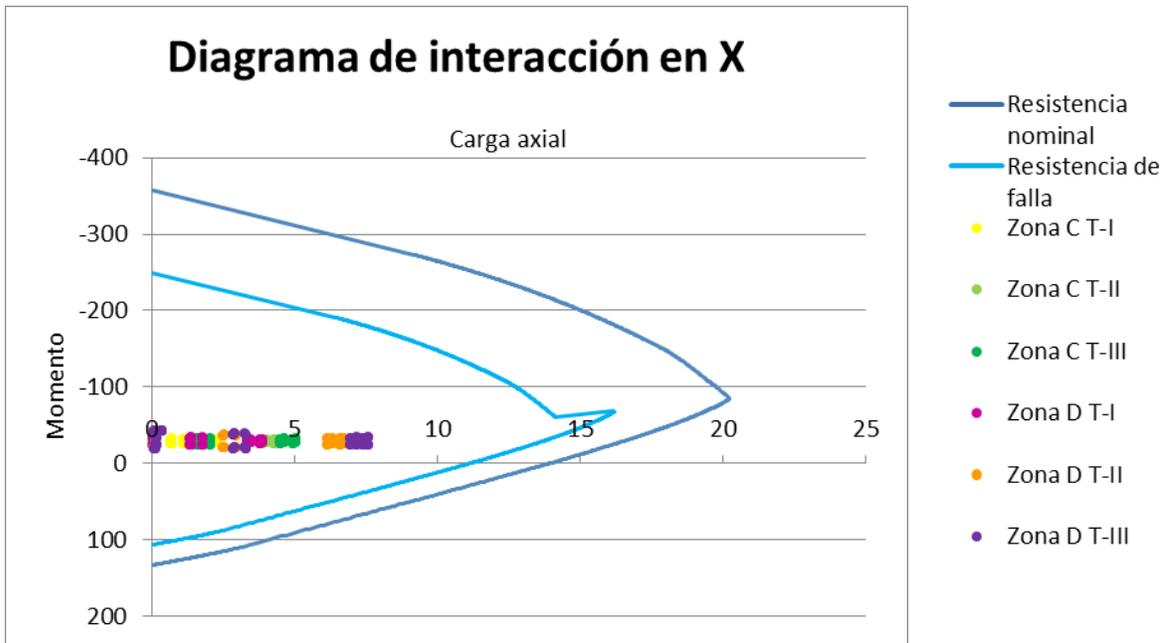


Figura. 6.15 – Diagrama de interacción en X

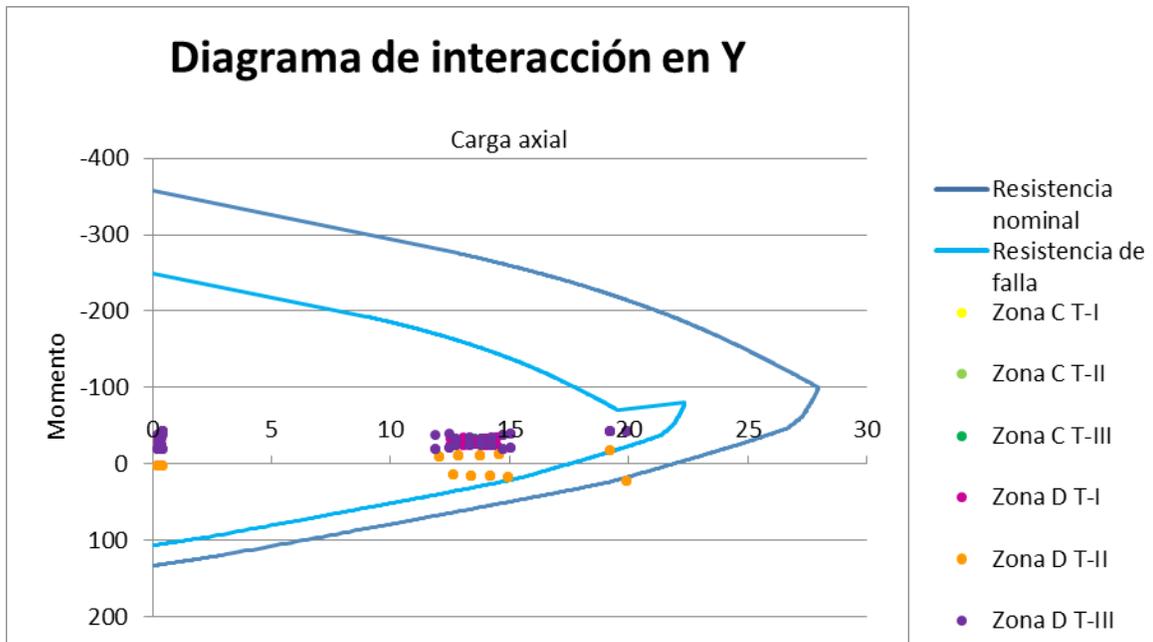


Figura. 6.16 – Diagrama de interacción en Y

Columna C-2

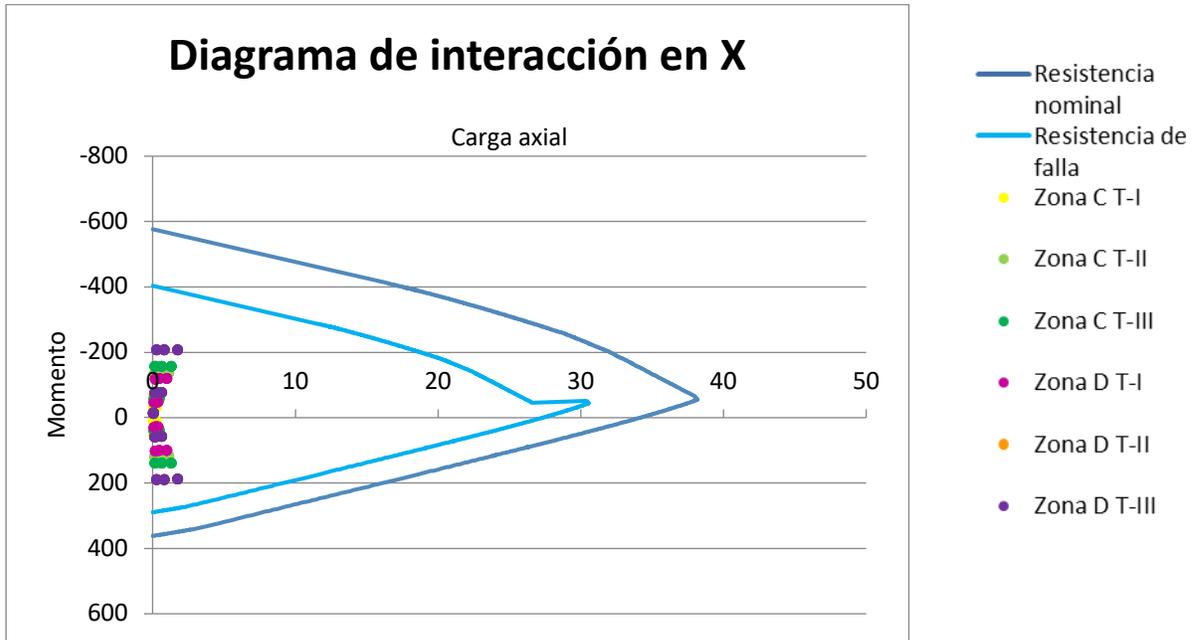


Figura. 6.17 – Diagrama de interacción en X

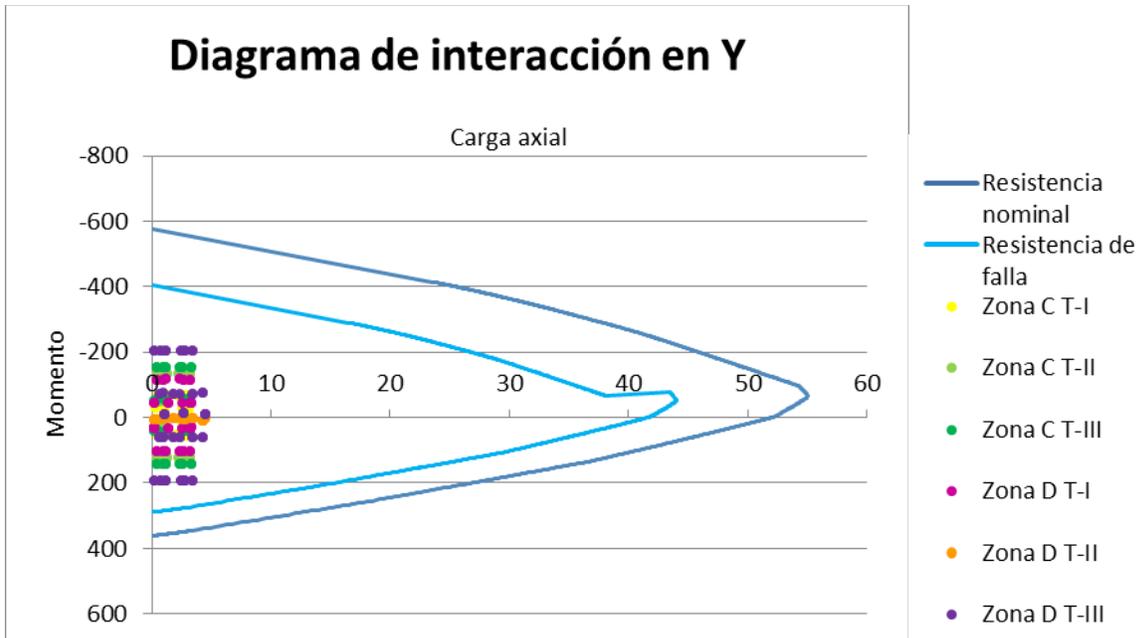


Figura. 6.18 – Diagrama de interacción en Y

Muros diafragma de concreto y mampostería

Los muros de concreto y mampostería demandados por fuerzas cortantes sobrepasan sus resistencias de diseño debidas a sollicitaciones sísmicas correspondientes a los espectros reducidos en todos los terrenos de la zona D. (tabla 6.26).

Tabla 6.26 – Comparación de la resistencia nominal con la fuerza actuante en muros diafragma

		Sección	Actuales	
			Resistencia nominal	Fuerza actuante
Zona C T-I	V (t)	M1	274.35	102.00
		M2	449.53	262.00
		M3	449.53	176.00
		MT-R	18.45	9.52
Zona C T-II	V (t)	M1	274.35	212.00
		M2	449.53	329.50
		M3	449.53	219.00
		MT-R	18.45	13.00
Zona C T-III	V (t)	M1	274.35	244.00
		M2	449.53	376.00
		M3	449.53	237.00
		MT-R	18.45	13.00
Zona D T-I	V (t)	M1	274.35	184.00
		M2	449.53	476.00
		M3	449.53	306.00
		MT-R	18.45	18.00
Zona D T-II	V (t)	M1	274.35	329.00
		M2	449.53	779.00
		M3	449.53	500.00
		MT-R	18.45	29.00
Zona D T-III	V (t)	M1	274.35	372.00
		M2	449.53	877.00
		M3	449.53	564.00
		MT-R	18.45	33.00

6.6.3.4 Escuelas Regionales

En el caso de todas las escuelas Regionales las fuerzas cortantes demandadas en muros de mampostería sobrepasan sus resistencias nominales para todos los espectros reducidos utilizados. (tablas 6.27 a 6.30). En las tablas 6.27 a 6.30 se incluyen los resultados para edificaciones Regionales de 1,2,3 y 4 aulas, respectivamente.

Tabla 6.27 – Comparación de la resistencia nominal con la fuerza actuante en muros diafragma en prototipo regional RC-1 aula

			Actuales		
			Sección	Resistencia nominal	Fuerza actuante
Zona C	T-I	V (t)	Muro CF	2.83	4.08
			Muro Largo	9.94	6.80
Zona C	T-II	V (t)	Muro CF	2.83	6.50
			Muro Largo	9.94	11.72
Zona C	T-III	V (t)	Muro CF	2.83	7.34
			Muro Largo	9.94	13.34
Zona D	T-I	V (t)	Muro CF	2.83	9.13
			Muro Largo	9.94	16.64
Zona D	T-II	V (t)	Muro CF	2.83	14.77
			Muro Largo	9.94	27.29
Zona D	T-III	V (t)	Muro CF	2.83	16.55
			Muro Largo	9.94	30.65

Tabla 6.28 – Comparación de la resistencia nominal con la fuerza actuante en muros diafragma en prototipo regional RC-2 aulas

			Actuales		
			Sección	Resistencia nominal	Fuerza actuante
Zona C T-I	V (t)	Muro CF	2.83	3.54	
		Muro Largo	9.94	7.83	
		Muro Corto	2.06	2.85	
Zona C T-II	V (t)	Muro CF	2.83	5.43	
		Muro Largo	9.94	13.34	
		Muro Corto	2.06	4.70	
Zona C T-III	V (t)	Muro CF	2.83	6.12	
		Muro Largo	9.94	15.19	
		Muro Corto	2.06	5.37	
Zona D T-I	V (t)	Muro CF	2.83	7.74	
		Muro Largo	9.94	19.06	
		Muro Corto	2.06	6.96	
Zona D T-II	V (t)	Muro CF	2.83	9.07	
		Muro Largo	9.94	26.32	
		Muro Corto	2.06	13.06	
Zona D T-III	V (t)	Muro CF	2.83	13.85	
		Muro Largo	9.94	35.23	
		Muro Corto	2.06	12.93	

Tabla 6.29 – Comparación de la resistencia nominal con la fuerza actuante en muros diafragma en prototipo regional RC-3 aulas

		Sección	Actuales	
			Resistencia nominal	Fuerza actuante
Zona C T-I	V (t)	Muro CF	2.83	3.25
		Muro Largo	9.94	8.72
		Muro Corto	2.06	2.64
Zona C T-II	V (t)	Muro CF	2.83	4.86
		Muro Largo	9.94	14.74
		Muro Corto	2.06	4.18
Zona C T-III	V (t)	Muro CF	2.83	5.47
		Muro Largo	9.94	16.77
		Muro Corto	2.06	4.82
Zona D T-I	V (t)	Muro CF	2.83	7.02
		Muro Largo	9.94	21.09
		Muro Corto	2.06	6.35
Zona D T-II	V (t)	Muro CF	2.83	11.05
		Muro Largo	9.94	34.68
		Muro Corto	2.06	10.31
Zona D T-II	V (t)	Muro CF	2.83	12.37
		Muro Largo	9.94	38.99
		Muro Corto	2.06	11.61

Tabla 6.30 – Comparación de la resistencia nominal con la fuerza actuante en muros diafragma en prototipo regional RC-4 aulas

		Sección	Actuales	
			Resistencia nominal	Fuerza actuante
Zona C T-I	V (t)	Muro CF	2.83	3.39
		Muro Largo	9.94	9.05
		Muro Corto	2.06	2.84
Zona C T-II	V (t)	Muro CF	2.83	5.08
		Muro Largo	9.94	15.25
		Muro Corto	2.06	4.54
Zona C T-III	V (t)	Muro CF	2.83	5.73
		Muro Largo	9.94	19.36
		Muro Corto	2.06	5.19
Zona D T-I	V (t)	Muro CF	2.83	7.35
		Muro Largo	9.94	21.86
		Muro Corto	2.06	6.81
Zona D T-II	V (t)	Muro CF	2.83	11.60
		Muro Largo	9.94	35.98
		Muro Corto	2.06	11.07
Zona D T-II	V (t)	Muro CF	2.83	13.00
		Muro Largo	9.94	40.45
		Muro Corto	2.06	12.46

En los análisis posteriores se tomará en cuenta la contribución del antepecho en las columnas, que si bien en los planos se encuentran desligados de la estructura principal, se observó que las columnas fallan por un problema de columna corta. Adicionalmente se realizará la misma comparación de los edificios previos a 1985.

6.7 ANÁLISIS NO LINEAL ESTÁTICO (PUSHOVER)

1. Se generó un modelo matemático lineal de la escuela U1-C, el cual sirve como punto de partida para el análisis no lineal (push-over).
2. Se tomaron las cargas verticales (gravitacionales) dentro del modelo, las cuales se obtiene mediante la siguiente ecuación como estipula el ASCE 41-13.

$$Q_G = Q_D + Q_L + Q_S$$

Donde:

- Q_D Son las cargas muertas y peso propio.
- Q_L Son cargas vivas efectivas, igual al 25 % de las cargas de diseño.
- Q_S Son cargas nieve efectivas, que no se toman en cuenta dada la región.

3. Se procede a generar una carga lateral en el modelo, la cual se aplicará incrementalmente durante el análisis push-over.
4. Se generaron las articulaciones plásticas concentradas en los extremos de los elementos. Para las vigas se utilizaron las rótulas propuestas por el programa ETABS basadas en el ASCE 41-13 que usan la relación momento-curvatura. Para el caso de columnas, se usan articulaciones que toman en cuenta la biflexocompresión del elemento.

Las curvas momento-curvatura propuestas en el manual ASCE 41-13 presentan el comportamiento observado en la fig 6.19. Los valores Q_c se refieren a la resistencia y Q se refiere a la demanda impuesta por el terremoto. La respuesta es lineal hasta el punto B, seguido por la fluencia. Como consecuencia, existe una disminución en la rigidez con un comportamiento lineal desde B hasta C. Luego se presenta una reducción súbita de la rigidez desde C hasta D, continua el desplazamiento desde D hasta E con una carga constante hasta perder la resistencia desde E en adelante.

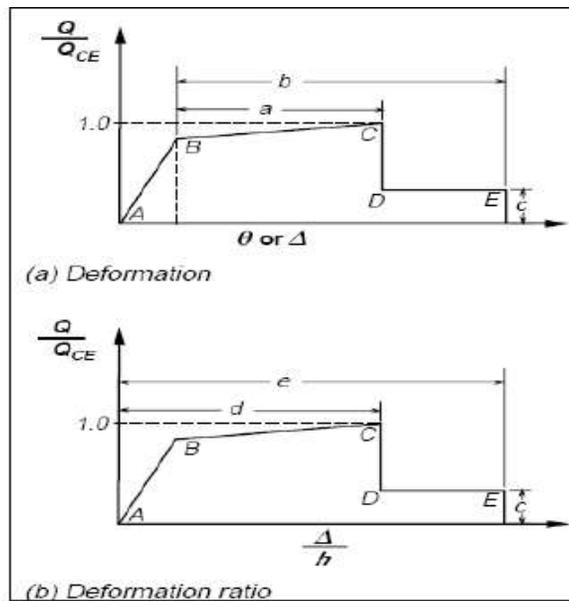


Figura. 6.19 – Curvas carga-deformación según ASCE 41-13

- Se establecen los criterios de aceptación; Ocupación Inmediata (IO), Seguridad de Vida (LS) y Prevención de colapso (CP), dentro de las articulaciones plásticas como se muestra en la figura 6.20 (ASCE 41-13).

Finalmente, en la fig 6.21 se pueden observar los resultados del análisis push-over de la escuela U1-C en sus dos direcciones ortogonales X y Y. En las figuras 6.22 a 6.24 se pueden apreciar la condición deformada para las tres niveles de desplazamiento.

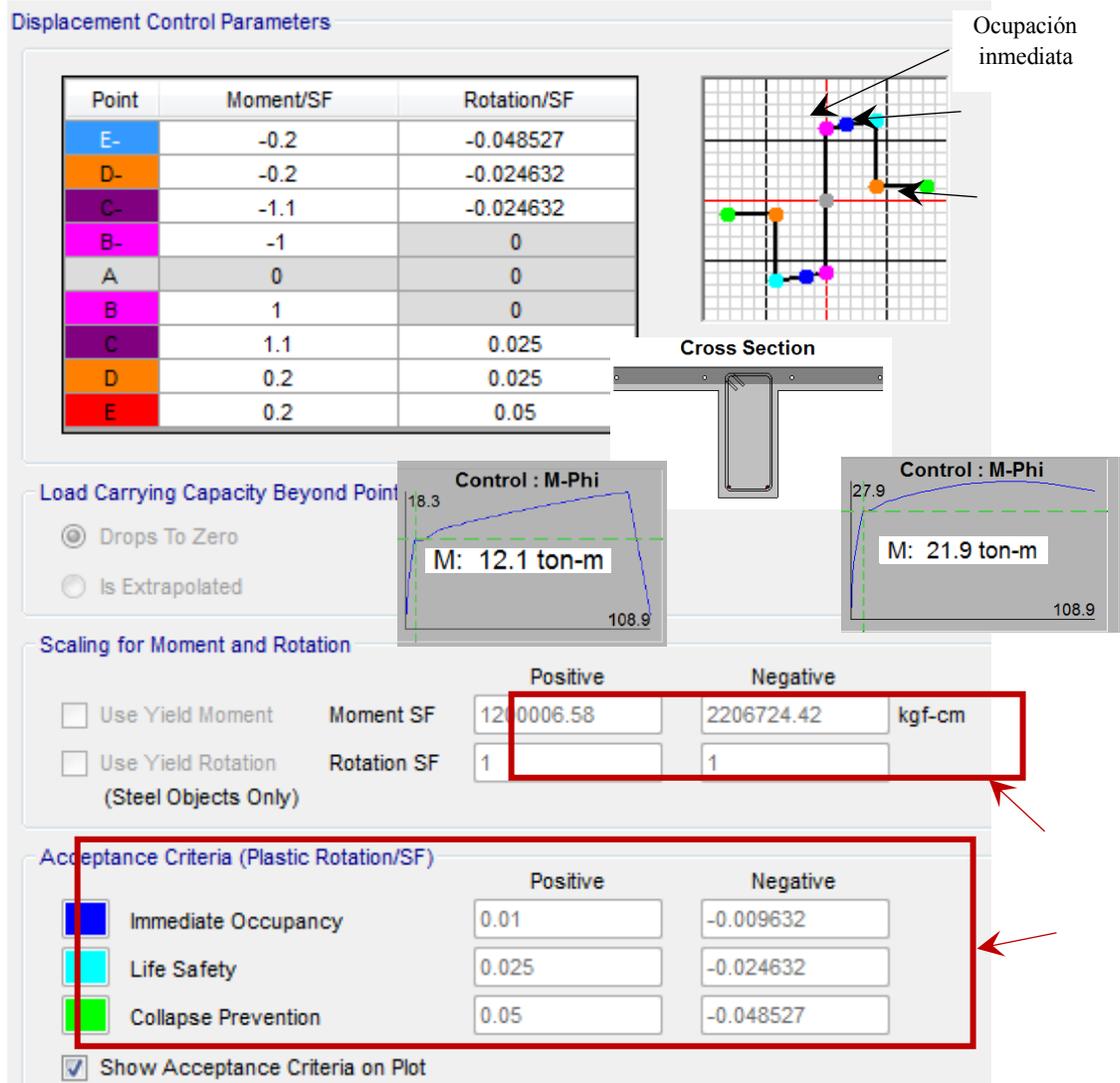


Figura. 6.20 – Criterios de aceptación en rótulas plásticas en vigas.

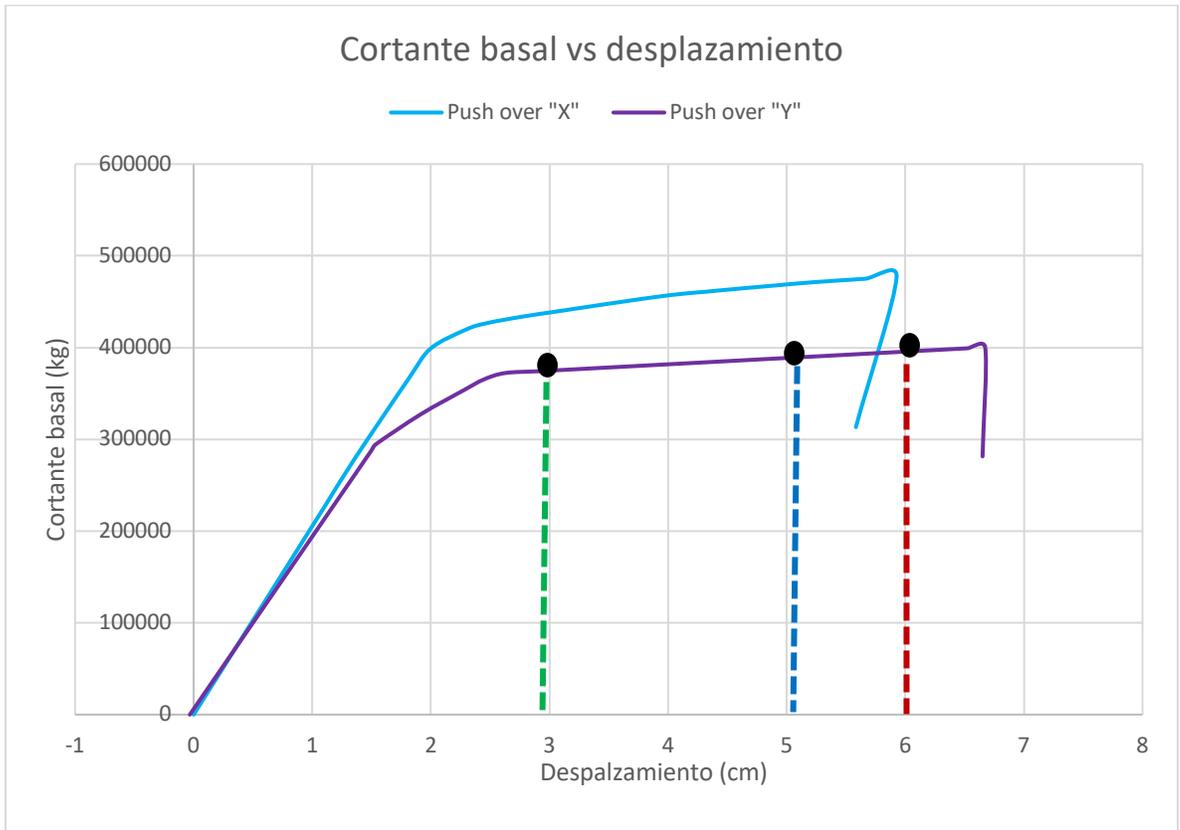


Figura. 6.21 – Curva de capacidad a partir de análisis pushover de U1-C

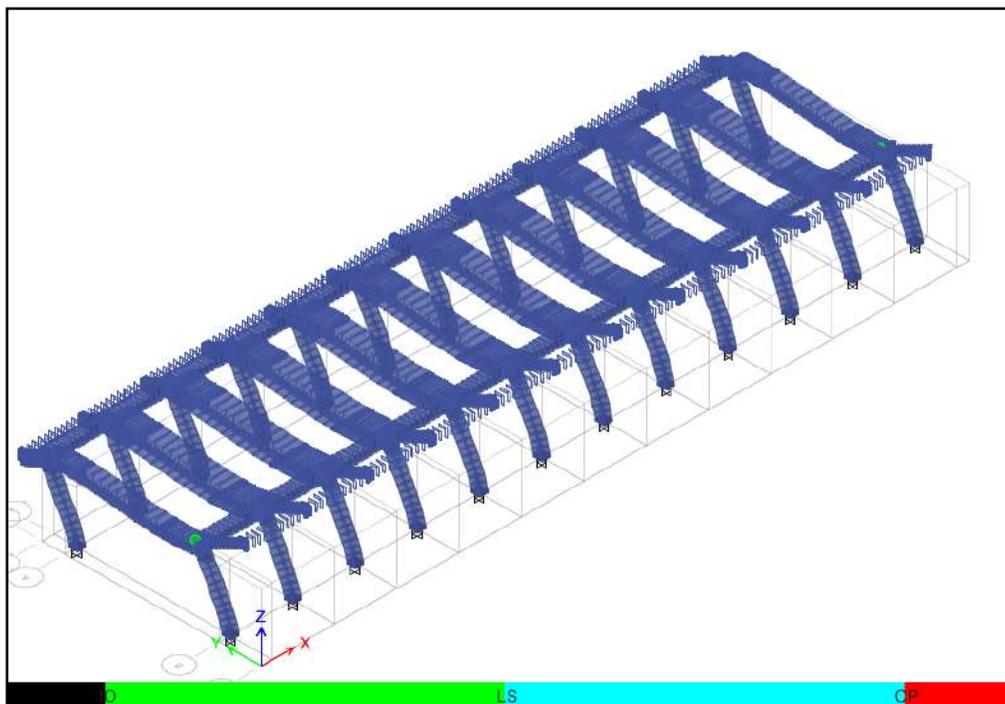


Figura. 6.22 – Escuela U1-C sobrepasando el criterio de aceptación Ocupación Inmediata (IO)

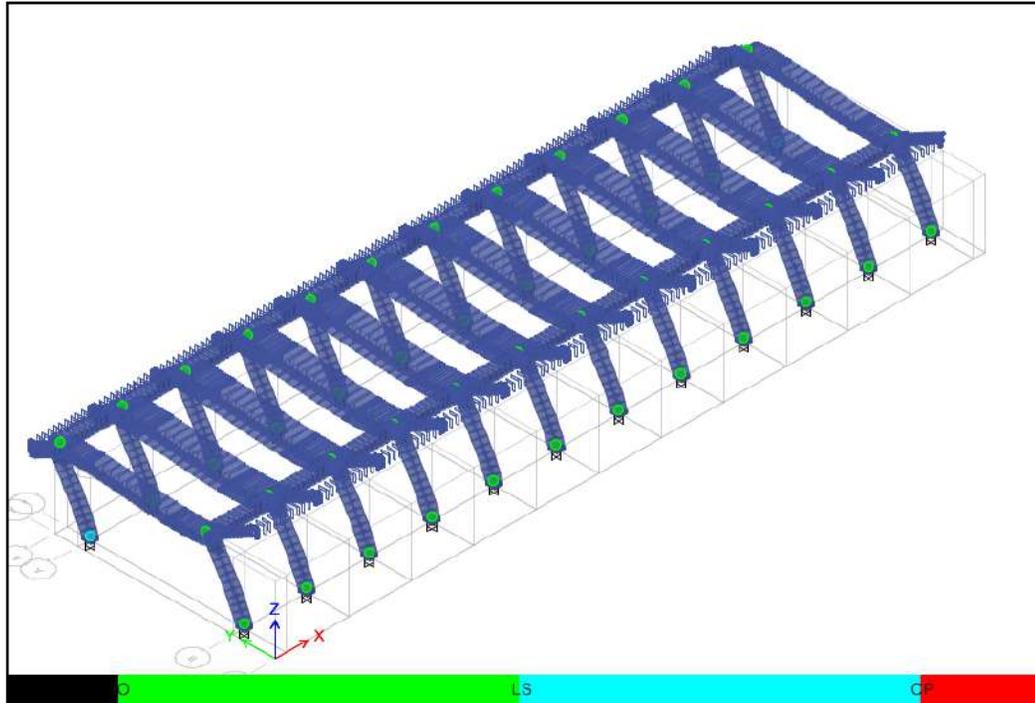


Figura. 6.23 – Escuela U1-C sobrepasando el criterio de aceptación Seguridad de Vida (LS)

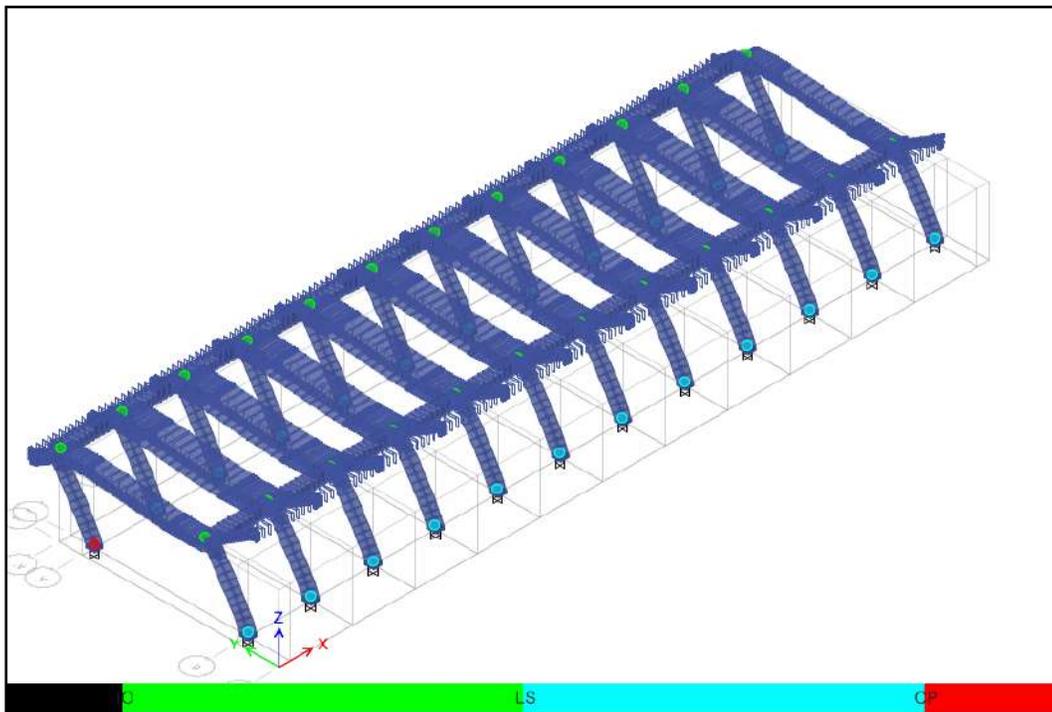


Figura. 6.24 – Escuela U1-C sobrepasando el criterio de aceptación Prevención de Colapso (CP)

Se verificó el desempeño de la estructura de la escuela UC-1 con los espectros transparentes obtenidos del Manual de Obras Civiles de la Comisión Federal de Electricidad del 2015 en las zonas C y D para terrenos I, II y III, con factor de importancia de 1.5.

Para ello, se comparó la curva de capacidad obtenida del análisis estático no lineal con la demanda espectral en el plano de aceleraciones –desplazamiento espectrales. El punto donde se cruzan ambas curvas, es conocido como el punto de desempeño de la estructura bajo una sollicitación sísmica dada (figs. 6.25 y 6.26). La escuela U1-C se encuentra en el intervalo lineal bajo la demanda sísmica del espectro transparente del terreno I para la zona C (fig. 6.25).

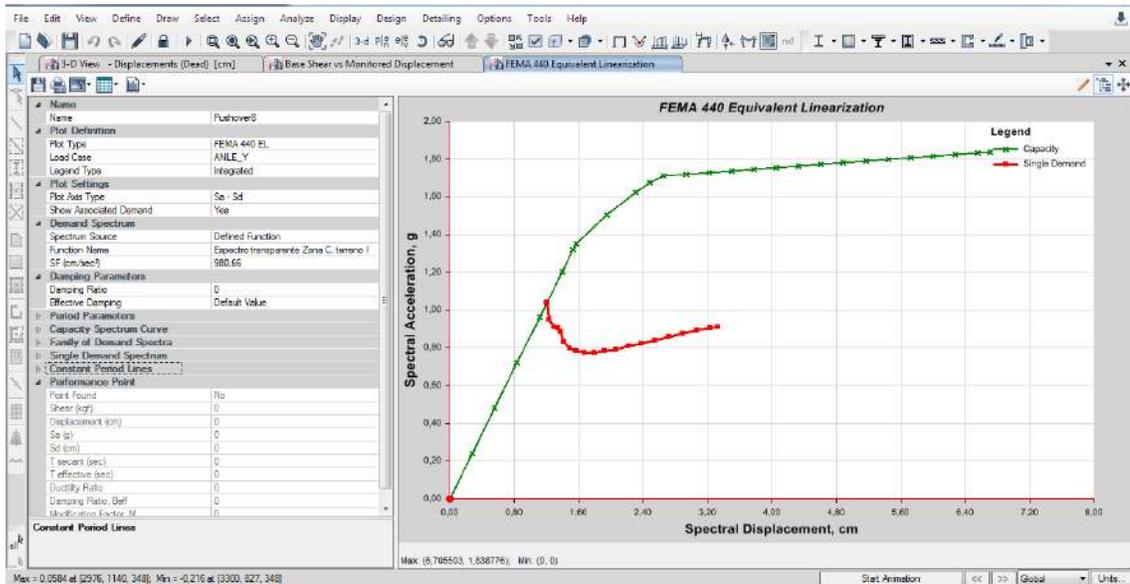


Figura. 6.25 – Desempeño respecto al espectro transparente de la zona C, terreno I

En el caso de los terrenos II de la zona C y I de la zona D la estructura se encuentra en el intervalo no lineal (figs 6.26 y 6.27).

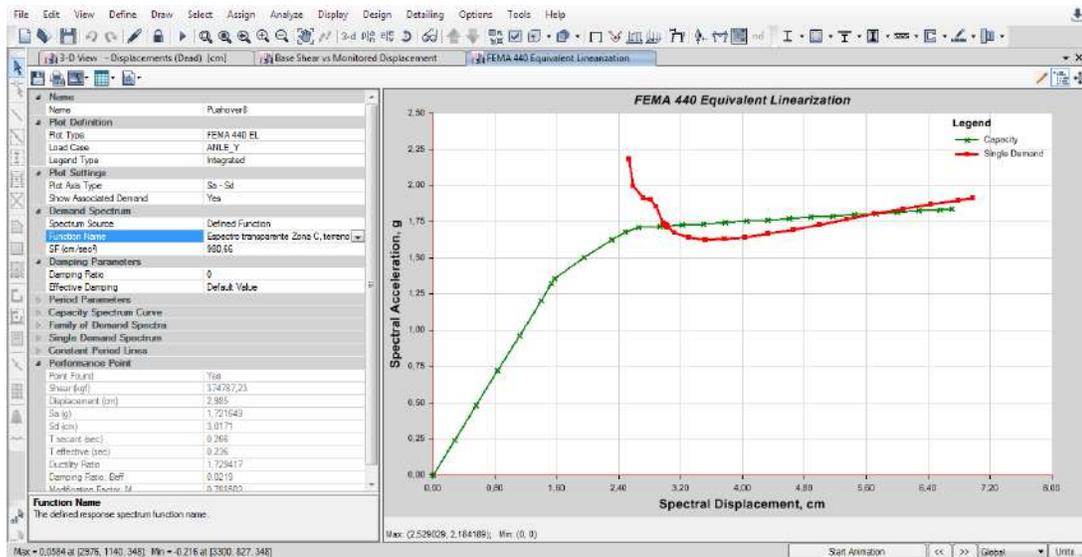


Figura. 6.26 – Desempeño respecto al espectro transparente de la zona C, terreno II.

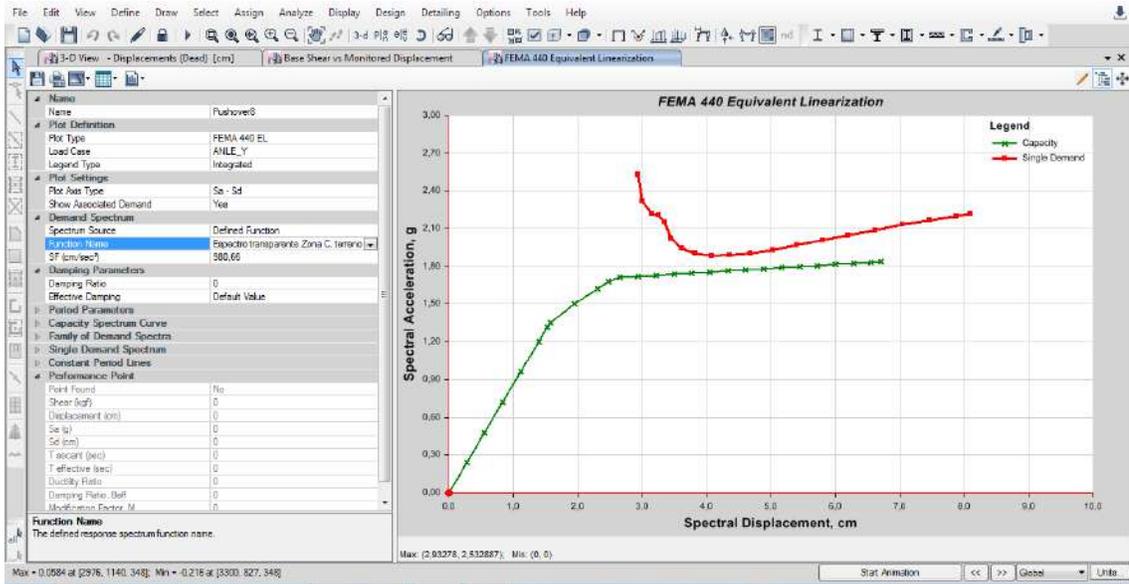


Figura. 6.27 – Desempeño respecto al espectro transparente de la zona C, terreno III

La estructura no tiene la capacidad de resistir las solicitaciones sísmicas inducidas bajo los espectros transparentes de la zona C terreno III y la zona D terreno II y III, como se observa en las Figuras 6.28, 6.29 y 6.30.

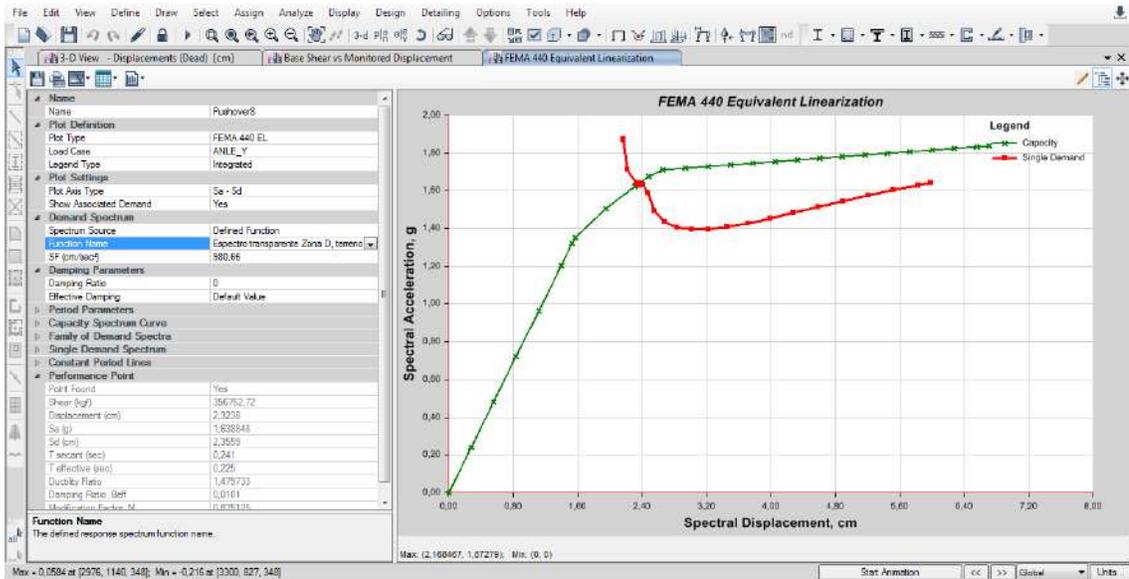


Figura. 6.28 – Desempeño respecto al espectro transparente de la zona D, terreno I

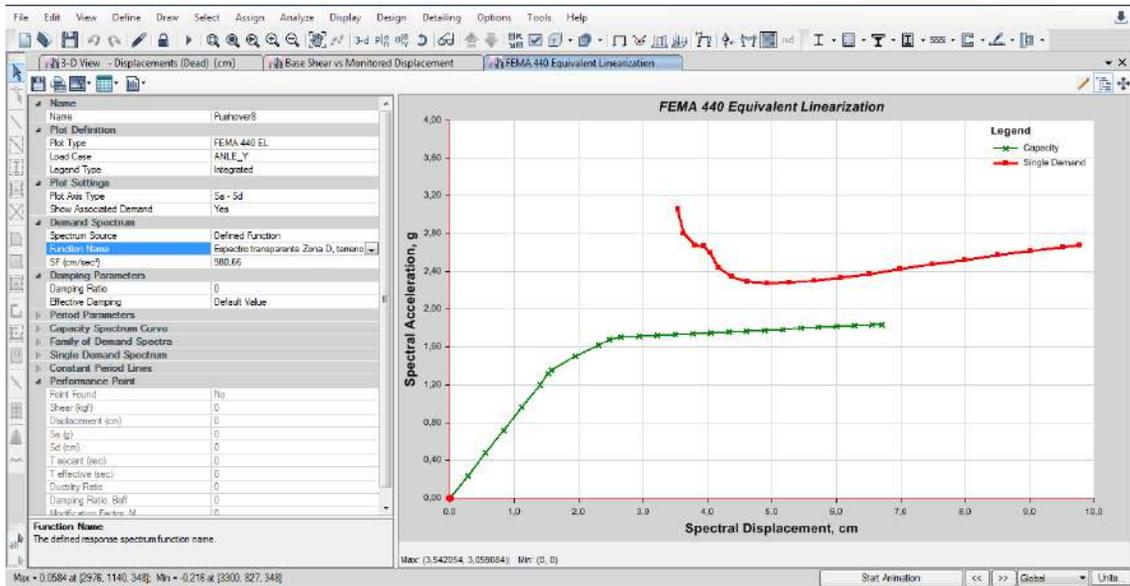


Figura. 6.29 – Desempeño respecto al espectro transparente de la zona D, terreno II

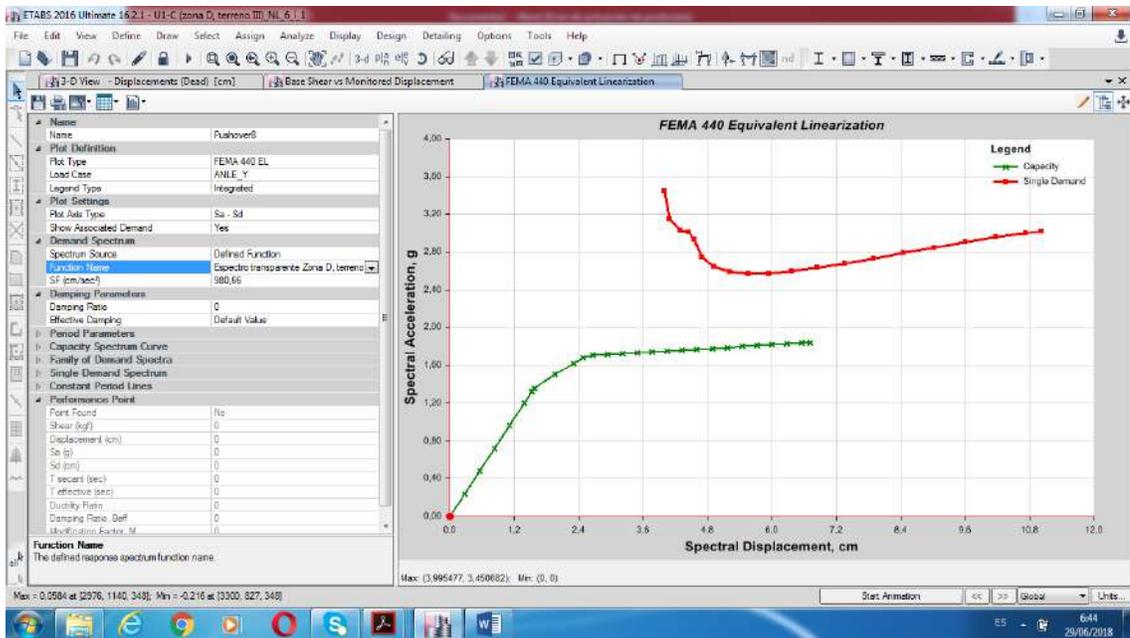


Figura. 6.30 – Desempeño respecto al espectro transparente de la zona D, terreno III

Estos resultados son consistentes con la revisión en el intervalo lineal presentado al inicio de este capítulo. Los modelos de la escuela UI-C solicitados con los espectros reducidos del terreno I para las zonas C y D, son los que presentan menos elementos estructurales sobre esforzados. Con estos resultados se deduce que la escuela UI-C tiene un comportamiento de columna débil viga fuerte, debido a que las columnas tienden a sobrepasar el criterio de aceptación de prevención de colapso (CP) antes que las vigas, mientras que éstas se mantienen dentro del criterio de aceptación de seguridad de vida (LS), observado en las figuras 6.8 a 6.10.

En una siguiente entrega se agregará la comparación de los modelos mostrados en este informe con los modelos que incluyan la interacción suelo-estructura, representada por medio de resortes conectados a la cimentación, así como las resistencias obtenidas para los edificios diseñados antes de 1985. Adicionalmente, se realizarán los análisis no lineales para todos los edificios índice faltantes y su curva de vulnerabilidad correspondiente. También se realizará el análisis de los edificios que, originalmente, tengan el antepecho desligado de la estructura principal, asumiendo que se encuentra ligado a ésta debido a la gran incidencia de falla de columna corta en los últimos sismos ocurridos.

CAPÍTULO 7

REHABILITACIÓN DE ESCUELAS

7.1 INTRODUCCIÓN

Se presentan observaciones y recomendaciones para la ejecución y supervisión de la rehabilitación de elementos de mampostería y de concreto a partir del Catálogo General de Detalles para Rehabilitación de Estructuras con Daños Ligeros del INIFED.

7.2 CATÁLOGO GENERAL DE DETALLES PARA REHABILITACIÓN DE ESTRUCTURAS CON DAÑOS LIGEROS

Tras los sismos de septiembre de 2017, el INIFED desarrolló un Catálogo General de Detalles para Rehabilitación de Estructuras con Daños Ligeros. Este documento es el resultado de compilar las mejores prácticas elaboradas por el propio INIFED a lo largo de los años. En esta sección se presentan observaciones y recomendaciones para la ejecución y supervisión de los métodos de rehabilitación de elementos estructurales.

Para fines de este documento, se entiende por rehabilitación como el proceso de intervención estructural para recuperar las condiciones originales (reparación) o para mejorar el comportamiento de elementos y sistemas estructurales para que la edificación cumpla con los requisitos de seguridad contra colapso y de limitación de daños establecidos en un reglamento de construcciones; incluye a la recimentación, reforzamiento, reparación y rigidización. La reparación es el reemplazo o corrección de materiales, componentes o elementos de una estructura que se encuentran dañados o deteriorados, con el fin de recuperar su capacidad original.

Para cada método de reparación se describe el procedimiento de ejecución de modo que pueda servir de base para una especificación de construcción. Además, se incluye una lista de recomendaciones a seguir para los constructores y supervisores. El material fue tomado de Alcocer (2003), Soto (2008) e INIFED (2017).

7.2.1 REPARACIÓN DE ELEMENTOS DE CONCRETO

7.2.1.1 Reparación de elementos de concreto con desprendimiento de recubrimiento o desconchamiento

Procedimiento:

1. Retirar, por medios manuales, las partes flojas o mal adheridas, cuidando no dañar el acero de refuerzo.
2. Picar la superficie de concreto endurecido y preparar una “caja” con ángulos rectos, limpiando el concreto y barras dentro de la caja (fig. 7.1). En la figura se muestra una “caja” con el detalle del armado longitudinal de algún elemento de concreto (columna, trabe). Lo que se observa en el centro son las barras.
3. Limpiar la superficie que deberá quedar perfectamente limpia de polvo, grasa, óxido o cualquier otro elemento que pueda afectar la unión entre el concreto endurecido y el nuevo concreto. El acero de refuerzo deberá limpiarse con cepillo de cerdas metálicas. Si la oxidación produce desprendimiento de la corrugación deberá sustituirse.
4. Unir la barra existente y la nueva con soldadura y una junta de preparación (fig. 7.2).
5. Limpiar y humedecer la superficie del concreto endurecido, antes de aplicar un concreto nuevo o mortero cemento-arena en proporción 1:3, con llana o cuña hasta dejar un acabado parejo.

6. Curado. Trascorridas tres horas posteriores al resane, se deberá iniciar el curado, humedeciendo con agua limpia la superficie reparada, lo cual deberá hacerse cada hora, durante un periodo de tres días como mínimo.

Recomendaciones:

- Para el paso 5, humedecer un día antes, cada seis horas. Para oquedades mayores que 2.5cm de profundidad, agregar gravilla limpia y seca, cuya cantidad máxima será el 25% de la mezcla cemento-arena.

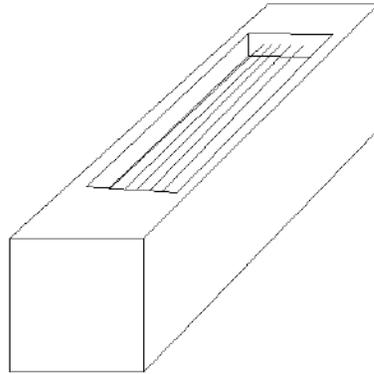


Figura 7.1 – Caja para la reparación de concreto dañado

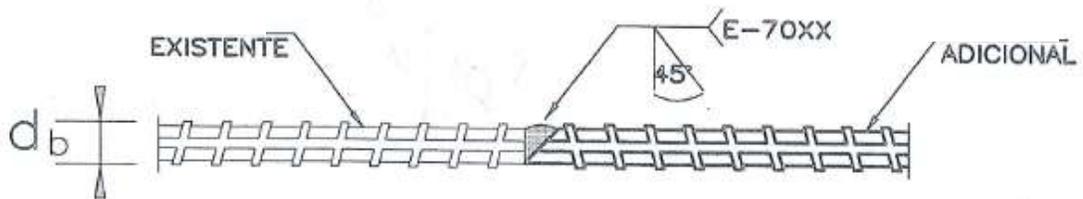


Figura 7.2 – Unión de barras (INIFED, 2017)

7.2.1.2 Reparación de fisuras menores a 3 mm en elementos de concreto (muros, columnas, barandales, vigas y losas)

Procedimiento:

1. Retirar, por medios manuales, las partes flojas o mal adheridas a todo lo largo de la fisura.
2. Limpiar el polvo o partículas sueltas en juntas antes de ser selladas.
3. Sellar las grietas (generalmente con una pasta de viniléster o poliéster) y colocar las boquillas de inyección. La separación de ellas a lo largo de la grieta debe ser de una vez el espesor del muro. La inyección a presión se practica mediante bombas diseñadas para este efecto, inyectando la resina de abajo hacia arriba a lo largo de la grieta. El exceso deberá eliminar limpiando toda la superficie con un trapo seco mientras el producto esté húmedo, una vez seco es difícil eliminarlo.

Recomendaciones:

- No usar agua para la limpieza, a menos que se asegure que se evapore en su totalidad antes de inyectar el material epóxico o bien que se usen resinas compatibles con el agua.
- No se recomienda inyectar por vacío dada la variabilidad que se obtiene en la penetración y rellenado de grieta
- El proceso de inyección en estructuras de mampostería es similar al que se sigue en estructuras de concreto reforzado.

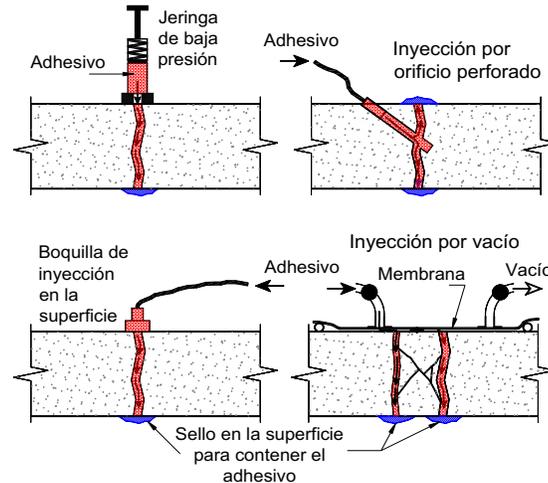


Figura 7.3 – Técnicas para inyección de resinas en concreto agrietado (Alcocer 2003)

7.2.2 DAÑOS LIGEROS EN MUROS DE MAMPOSTERÍA

7.2.2.1 Reparación de agrietamientos en muros de tabique aparente

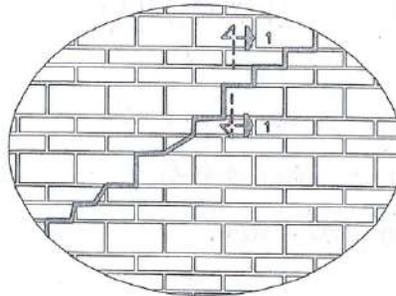


Figura 7.4 – Detalle de muro agrietado (INIFED, 2017)

Procedimiento:

1. Retirar el material suelto, mal adherido; lavar toda la superficie de la grieta con un chorro abundante y presión suficiente de agua.
2. Colocar mortero cemento-arena en proporción 1:3 ($f'_{j}=120 \text{ kg/cm}^2$) sobre la grieta, cuyo espesor y profundidad deberán ser ligeramente menores al de las rajuelas por colocar.
3. Colocar mediante percusión, trozos de piedra laja (rajuelas) en toda la trayectoria de la grieta.
4. Una vez concluido el proceso de colocación de las rajuelas, se colocará otro tanto de mortero a fin de uniformizar su fijación en toda la trayectoria y dar el aspecto original de la junta o el tabique reparado.

Recomendaciones:

- El mortero debe ser colocado en un tiempo menor o igual a dos horas posteriores a su fabricación de lo contrario debe ser desechado.

7.2.2.2 Reparación de agrietamientos en muros de tabique con aplanado

Para el caso de muros de tabique con aplanado que tenga grietas mayores que 2mm., se deberá cumplir con lo siguiente:

Procedimiento:

1. Retirar parcialmente el aplanado a lo largo de la grieta, en un ancho de 20 cm a cada lado.
2. Ranurar la grieta en forma de letra “V”, con ancho aproximado de 1.0 cm.
3. Retirar el material suelto, mal adherido; lavar toda la superficie de la grieta con un chorro abundante y presión suficiente de agua.
4. Colocar mortero cemento-arena en proporción 1:3 ($f'_c=120 \text{ kg/cm}^2$) sobre la grieta, cuyo espesor y profundidad deberán ser ligeramente menores que el de las rajuelas por colocar.
5. Colocar, mediante percusión, trozos de piedra laja (rajuelas) en toda la trayectoria de la grieta.
6. Las zonas de oquedades mayores que 5 cm o con piezas desprendidas se deberán rellenar con el mortero anteriormente especificado y pedacería de tabique.
7. Para el paso 7 existen dos formas de rehabilitación:
 - 7.1 Colocar metal desplegado, calibre 20, rombo 6x25 mm, siguiendo la trayectoria de la grieta, fijándola al muro con grapas galvanizadas en tresbolillo (fig. 7.5). Restituir el aplanado con mortero cemento-arena en proporción 1:4, previniendo humedecer la superficie del muro para evitar contracciones importantes entre el aplanado existente y el nuevo.
 - 7.2 Colocar malla de gallinero (hexagonal); se coloca una capa de mortero de 1 cm, primero. Luego, se fija la malla con grapas y, finalmente se recubre la malla con mortero, otro 1 cm (fig. 7.6).

Recomendaciones:

- La arena debe estar bien graduada para evitar contracciones excesivas del mortero (sin muchos finos) de conformidad con lo establecido en la norma NMX-C-111-ONNCCE .
- El mortero debe ser colocado en un tiempo menor o igual a dos horas posteriores a su fabricación de lo contrario debe ser desechado.
- Mantener húmedo (curado) el mortero una vez colocado, durante tres días por lo menos.

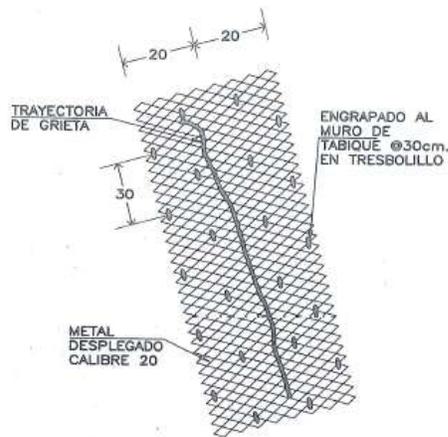


Figura 7.5 – Reparación de la grieta con metal desplegado calibre 20 (INIFED, 2017)

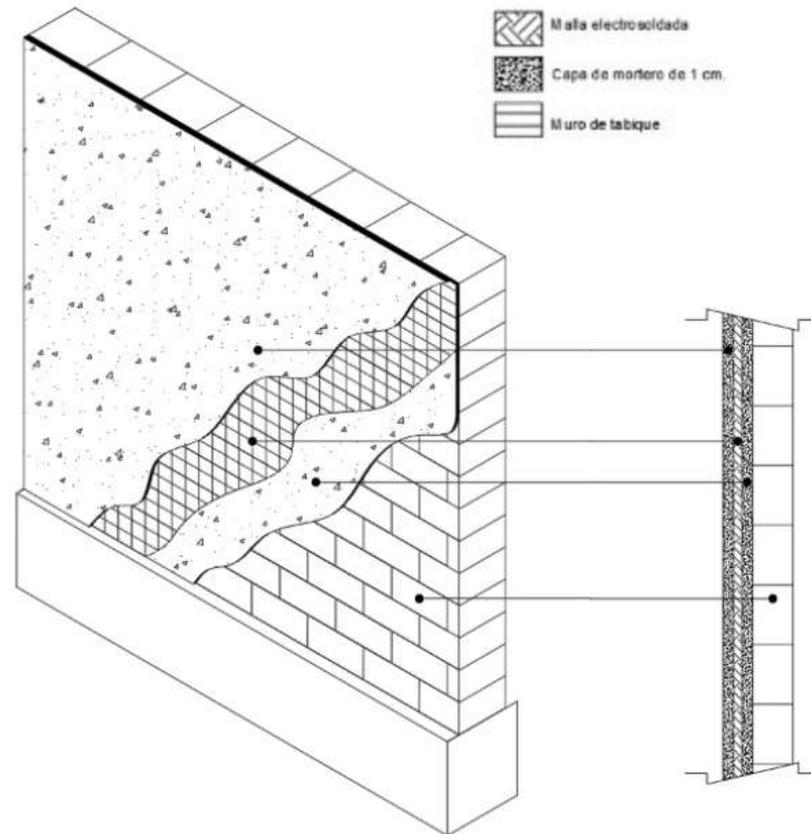


Figura 7.6 – Reparación de grietas con malla hexagonal

7.2.2.3 Reparación de muros con problemas de salitre

Los problemas de salitre en muros deberán erradicarse para evitar deterioro del muro.

Procedimiento:

1. Demoler a cada lado del muro, una franja de 30 cm de firme y piso.
2. Excavar el terreno, bajo las zonas de piso demolidas, hasta encontrar la base del enrase del cemento.
3. Retirar el aplanado de muro hasta una altura mínima de 50 cm con respecto al piso terminando o hasta la altura correspondiente a la zona salitrosa.
4. Limpiar la superficie del muro dejándola libre de polvo y de materiales sueltos o mal adheridos.
5. Lavar las superficies descubiertas con hipoclorito de sodio, diluido en agua al 25 o 30%, aplicado con escobilla plástica, y enjuagar con abundante agua.
6. Secar la superficie del muro por medio de ventilación y calor.
7. En caso de existir fisuras u oquedades por falta de material del junteo, repararlas con mortero cemento-arena y piedra laja.
8. Una vez que esté seca la reparación de grietas, se debe escarificar la superficie hasta lograr una amplitud de rugosidades de 5 mm (entre valle y cresta).
9. Finalmente, se repondrá el aplanado y se aplicará el acabado final de muros.

7.2.2.4 Rehabilitación de muros de tabique con aplanado estructural (encamisado malla-mortero)

Procedimiento:

1. Retirar el aplanado del muro existente, especialmente retirando, en ambas caras, todo el material suelto o mal adherido de la superficie.
2. Lavar toda la superficie de los agrietamientos existentes con chorro abundante y presión suficiente de agua.
3. Reparar las grietas según el punto 7.2.2.1.
4. Colocar “bandas” de malla electrosoldada 6x6-10/10 en los extremos de los muros.
5. Colocar malla electrosoldada 6x6-10/10 por ambas caras del muro y fijarlas mediante clavos para concreto de 2” sin corcholatas; directo sobre el muro; se sugiere el uso de taquetes de percusión.
6. Restituir el aplanado con mortero cemento-arena de 2 cm de espesor mínimo, en proporción 1:4, previniendo humedecer la superficie del muro.

Recomendaciones:

- El mortero debe ser colocado en un tiempo menor o igual a dos horas posteriores a su fabricación de lo contrario debe ser desechado.
- Mantener húmedo (curado) el mortero una vez colocado, durante tres días por lo menos.

7.2.2.5 Detalle de rehabilitación o reconstrucción de muro bajo

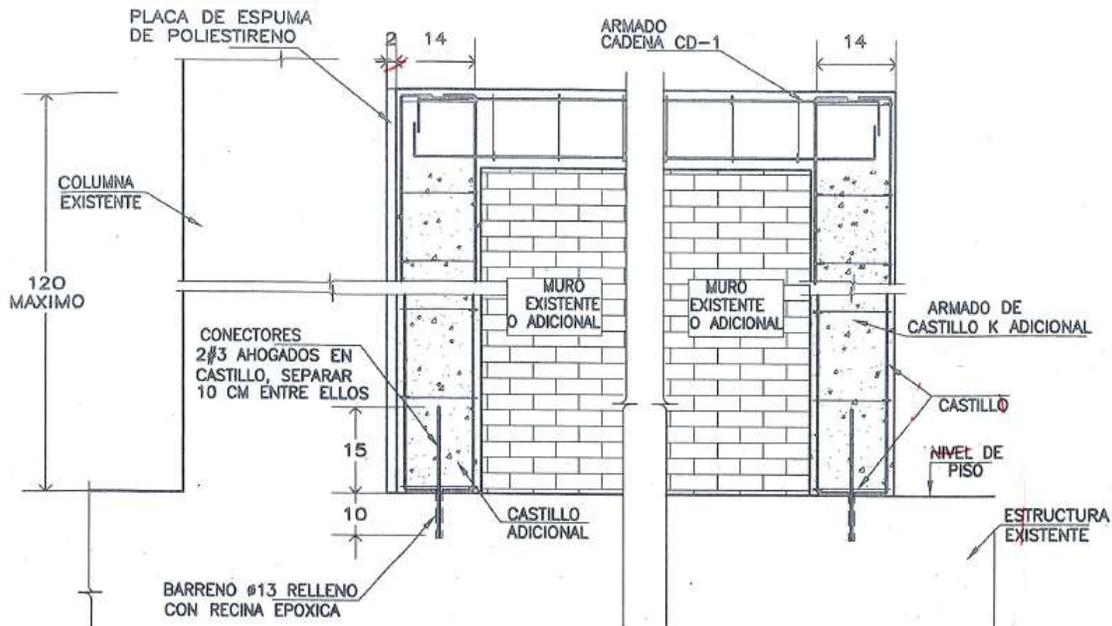


Figura 7.7 – Detalle de rehabilitación para muro, columna y castillos existentes (INIFED, 2017)

Procedimiento (figs. 7.7 y 7.8):

1. Limpiar y trazar el área donde se construirá el muro.
2. Apuntalar, en caso de ser necesario.
3. Limpiar el área, retirando el material producto de la demolición.
4. Barrenar para colocar conectores en zonas de castillos, rellenar barrenos hasta la mitad de la profundidad con resina epóxica Sikadur 52 o producto similar.
5. Introducir los conectores hasta el fondo del barreno girando el conductor sobre su eje conforme se inserta.
6. Una vez fraguada la resina, colocar el armado del castillo, construir el muro y colar el castillo.
7. Colocar el armado de la cadena a colar y colar.
8. Aplicar el aplanado de acabado de los muros.



Figura 7.8 – Detalle de armado de castillos de la fig. 7.7 (INIFED, 2017)

7.2.3 DAÑOS LIGEROS EN COLUMNAS DE CONCRETO

7.2.3.1 Reposición de concreto desprendido en columnas con daño estructural

Procedimiento:

1. Apuntalar la losa alrededor de la columna con puntales metálicos ajustables dejando espacio para realizar las ranuras y caja para colocar soleras y el concreto nuevo.
2. Practicar una caja con paredes verticales y horizontales donde se desprendió el concreto, 5cm más del concreto suelto detrás de las barras de refuerzo. Escarificar la superficie para obtener una rugosidad de 5mm.
3. Ranurar la columna para colocar soleras como estribos adicionales; ancho de ranura 6cm.
4. Colocar y soldar soleras entre sí, sin soldar a las barras de la columna.
5. Rellenar la caja con bolsa de cemento y saturar con agua cada 6 horas antes de colocar el concreto, durante 24 horas.
6. Colocar concreto, proporción 1:2:2 ½ con agregado ¾” (ver ficha técnica del proveedor) con agua mínima necesaria y retirar las bolsas.

Recomendaciones:

- Una vez soldado un extremo de las soleras al ángulo, calentarlas y soldar el otro extremo correspondiente (fig. 7.9).

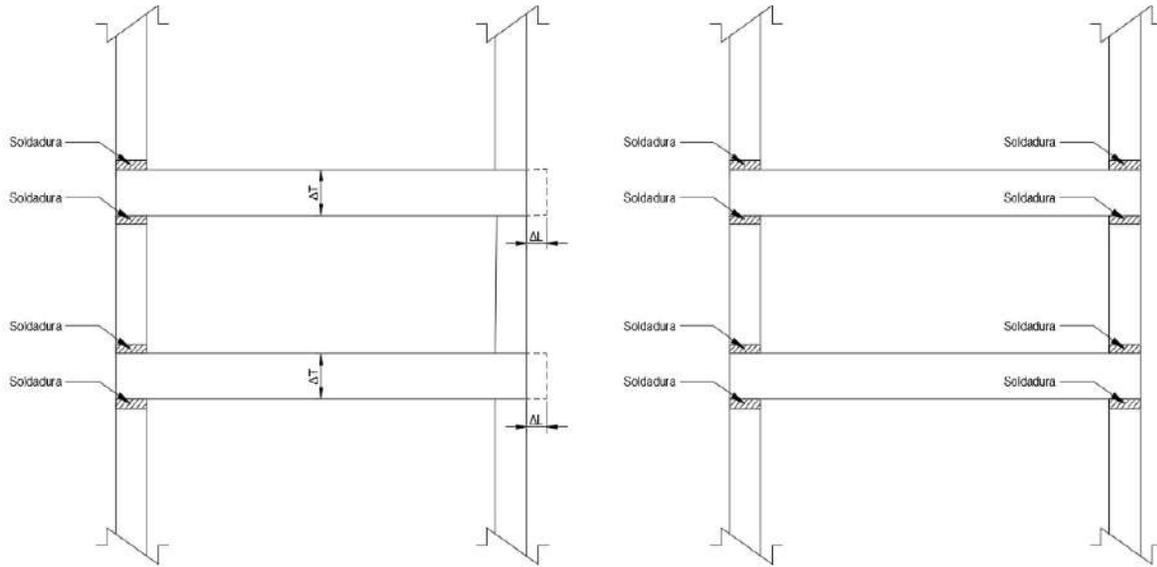


Figura 7.9 Colocación de soleras y ángulos metálicos como refuerzo transversal en columnas

7.2.3.2 Rehabilitación de columnas con concreto desprendido con o sin acero expuesto

Procedimiento:

1. Apuntalar las vigas que descargan sobre la columna por rehabilitar.
2. Retirar con herramienta de mano (martillo y cincel) el recubrimiento de la columna en las zonas indicadas, según el detalle correspondiente.
3. Limpiar todas las barras hasta lograr retirar todo material producto de la corrosión y/o adherencias de material en mal estado, considerando que la limpieza se realizará con cepillos de alambre. Será suficiente eliminar, hasta donde sea posible, el óxido y sobre todo escamas y material suelto producto de la corrosión.
4. Escarificar el concreto existente hasta lograr una rugosidad con amplitud de 5mm y deberá estar libre de polvo, grasa y/o cualquier sustancia que impida una adecuada adherencia entre el concreto existente y el nuevo.
5. Colocar el armado adicional según detalles, mismo que deberá garantizar un recubrimiento general sobre cualquier barra de cinco centímetros, como mínimo.
6. Colocar el concreto de $f'c$ de 250 kg/cm², con agregado máximo de ½ pulg., en algunos casos se deberá usar de 3/8pulg.
7. Las superficies reparadas se deberán sellar con festertex primer o equivalente (ver ficha técnica del proveedor).

Recomendaciones

- Para el paso 4 previamente a la colocación del concreto, se deberá humedecer la superficie del concreto existente, desde 24 horas, cada 6 horas, antes de colocar el nuevo concreto.
- Para el paso 6 es recomendable consultar un laboratorio para que indique la proporción adecuada para la mezcla.
- Siempre se deberá procurar que las superficies del nuevo concreto sean lo menos porosas posibles para ello se recomienda dar un acabado final con fino de cemento para tapan el poro, sobre todo en la parte del desplante (dado).

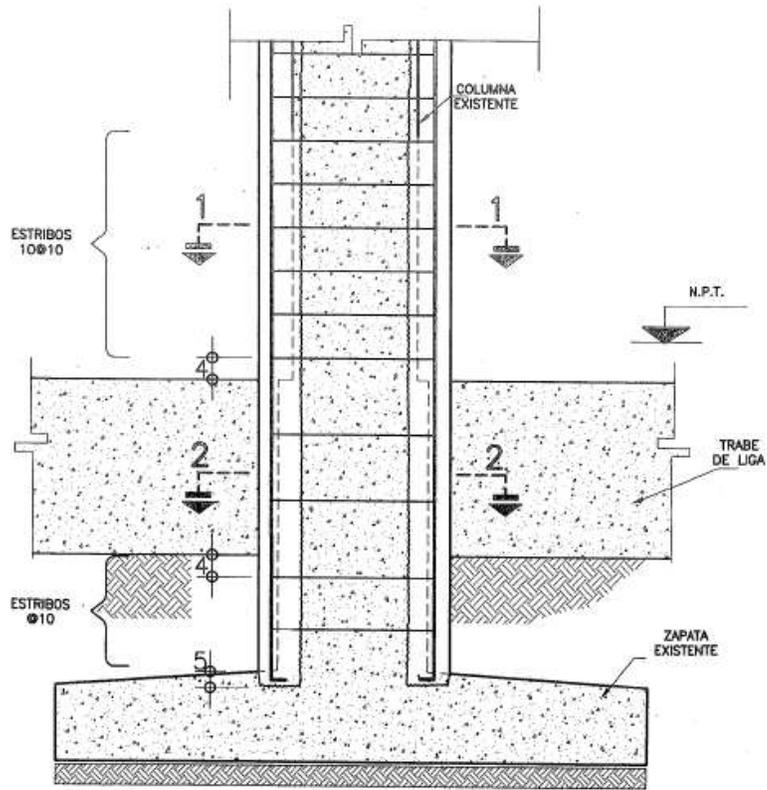


Figura 7.10 – Detalle de reforzamiento en bases de columna (INIFED, 2017)

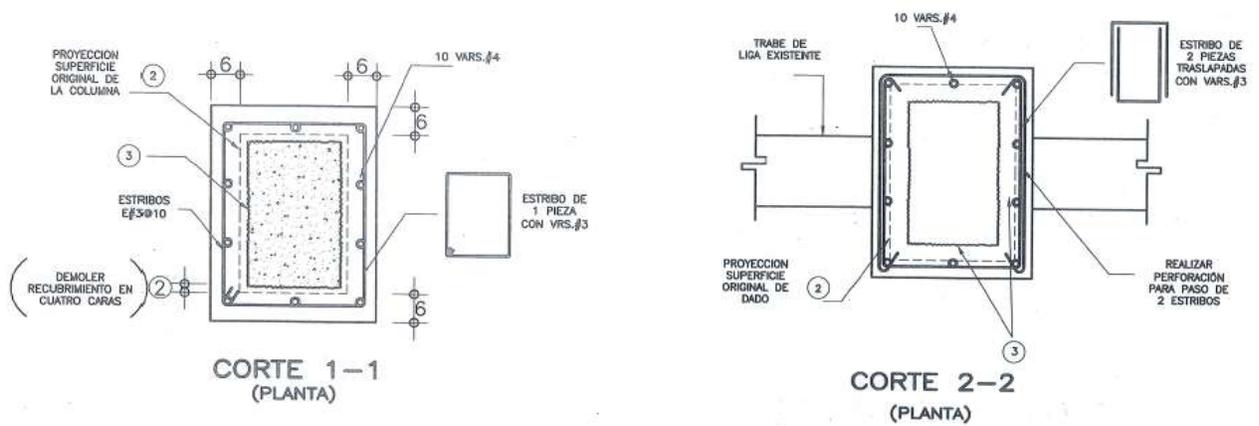


Figura 7.11 – Detalles de armado de columnas (INIFED, 2017)

7.2.3.3 Rehabilitación de columnas expuestas al ambiente marino

Procedimiento:

1. Apuntalar las vigas que descargan sobre la columna en tratamiento.
2. Retirar, con herramienta de mano (martillo y cincel), el recubrimiento de la columna dado en las zonas indicadas según el detalle correspondiente.
3. Limpiar todas las barras hasta lograr retirar todo material producto de la corrosión y/o adherencias de material en mal estado, considerando que la limpieza se realizara con cepillos de alambre, será suficiente eliminar hasta donde sea posible el óxido y sobre todo escamas y material suelto producto de la corrosión.
4. Escarificar el concreto existente hasta lograr una rugosidad con amplitud de 5mm y deberá estar libre de polvo, grasa y/o cualquier sustancia que impida una adecuada adherencia entre el concreto existente y el nuevo.
5. Colocar el armado adicional según detalles, mismo que deberá garantizar un recubrimiento general sobre cualquier barra de cinco centímetros, como mínimo.
6. Colocar el concreto de $f'c$ de 250 kg/cm², con agregado máximo de ½ pulg., en algunos casos se deberá usar de 3/8pulg.
7. Las superficies reparadas se deberán sellar con festertex primer o equivalente (ver ficha técnica del proveedor).

Recomendaciones:

- Para el paso 2, se debe evitar dañar el resto del concreto; sin embargo, si éste se encuentra dañado, se retirará en caso de ser necesario.
- Para el paso 4 previamente a la colocación del concreto, se deberá humedecer la superficie del concreto existente, desde 24 horas, cada 6 horas, antes de colocar el nuevo concreto.

7.2.4 DAÑOS LIGEROS EN BARDAS

7.2.4.1 Reforzamiento con contrafuerte en barda perimetral

Procedimiento:

1. Delimitar la zona de trabajo con señalamientos que impidan el acceso a la zona.
2. Limpiar y deshierbar el terreno.
3. Trazar ejes y nivelar, en donde se desplantarán los contrafuertes.
4. Apuntalar las zonas en las que se realizarán las demoliciones.
5. Demoler el muro de piedra será por medios manuales o mecánicos dependiendo de la zona de trabajo.
6. Colocar cada contrafuerte a cada 3.5m como máximo y deberán alternarse las demoliciones.
7. Aprobar y verificar los ejes, se procederá a realizar la excavación a nivel de desplante.
8. Alcanzar el nivel de desplante (80 cm por debajo del nivel de terreno natural) se colocará inmediatamente, una plantilla de concreto pobre ($f'c= 100$ kg/cm²) de 6 cm de espesor para evitar la alteración del suelo.

Cimbra

9. Habilitar y colocar la cimbra que deberá estar completamente limpia, a plomo (o nivelada).
10. Lubricar la cimbra antes de su colocación.

Concreto

11. Usar concreto Clase 1 con peso volumétrico mayor que 2,200 kg/m³ y resistencia especificada a la compresión de 250 kg/cm².
12. Elaborar el concreto en obra.
13. Asegurar que el recubrimiento libre en castillos, columnas y/o cartela sea de 2.5cm y en zapatas de 4cm.

Agregados pétreos.

14. El agregado grueso para la elaboración del concreto (grava), deberá cumplir con la norma NMX-C111, ser del tipo calizo, con dimensión máxima de 19mm y peso volumétrico de $2.6t/m^3$.

Acero

15. Usar acero de refuerzo con un esfuerzo especificado de fluencia $f_y=4,200 \text{ kg/cm}^2$, excepto el alambrión (#2) el cual será de $f_y=2,300 \text{ kg/cm}^2$.
16. El acero de refuerzo deberá cumplir con lo señalado en el párrafo 1.5.2 del volumen 4, tomo V de la normatividad del INIFED, dando especial cuidado al esfuerzo mínimo de fluencia, al corrugado y al doblado de las barras.
17. La longitud de traslapes será de 40 veces el decímetro de la barra más gruesa (d_b). La longitud de la extensión de un gancho a 90° (escuadras) serán (de $12d_b$, salvo que se indique otra medida mayor que ésta).
18. Todos los dobleces de las barras se harán sobre un perno cuyo diámetro será 9 veces el de la barra.
19. No deberán traslaparse más de una tercera parte del acero de una misma sección.

Recomendaciones:

- Para el paso 12 se recomienda que un laboratorio determine el procedimiento adecuado en función de los agregados existentes en el lugar.
- El tamaño máximo del agregado grueso será de 2 cm.
- Las actividades deberán realizarse sin interrumpirse y tratando de reducir al menor tiempo posible su ejecución, para evitar alteraciones del suelo por interperismo y/o bufamiento.
- Se recomienda que el colocado del concreto sea de forma continua y de manera monolítica.



Figura 7.12 – Armado de contrafuerte de bardas (INIFED, 2017)

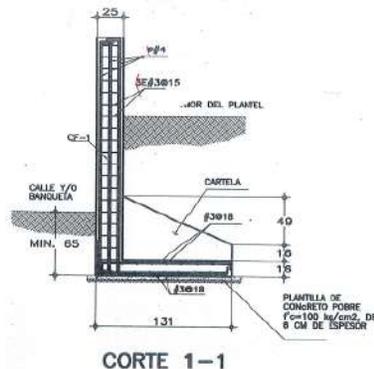


Figura 7.13 – Diseño de barra de contrafuerte (INIFED, 2017)

7.2.5 AZOTEA

7.2.5.1 Impermeabilización en azotea

Procedimiento:

1. Eliminar las partículas sueltas o flojas y salientes filosas o puntiagudas mediante una pala plana.
2. Aplicar una mano uniforme de hidropriemer (sin diluir), con un rendimiento aproximado de 4-5 m²/ litro.
3. Una vez seco el hidropriemer y en caso de existir fisuras, rellenarlas con mortero o pasta de cemento y deje secar por 4h.
4. Sobre el hidropriemer ya seco, colocar, en cada punto, crítico un refuerzo mediante un recorte de festernip app o producto similar- 3 o 4mm.
5. Instalar el manto.

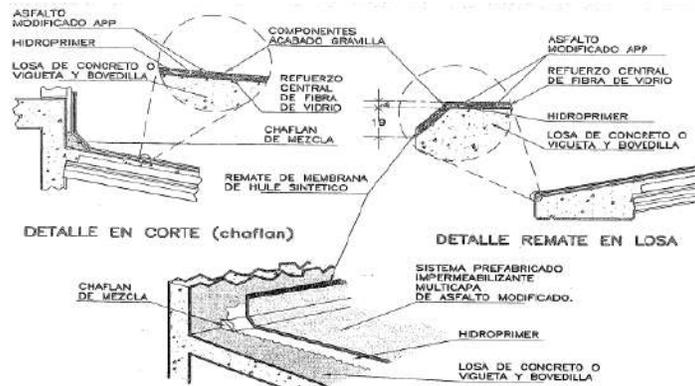


Figura 7.14 – Impermeabilización en azotea (INIFED, 2017)

7.2.5.2 Reparaciones de losacero en azoteas intermedias de entrepiso y/o azotea

Procedimiento:

1. Previo a cualquier demolición, apuntalar las azoteas afectadas de forma adecuada para garantizar que no se inducirá daño al resto del edificio.
2. Demoler con el cincel y martillo, cuidando de no dañar el material suave.
3. Escarificar las superficies de concreto endurecido que reciban concreto fresco, con rugosidades de 5 mm; saturar con agua previo al colado.
4. Realizar los engargolados, traslapes o fijaciones de láminas según las especificaciones del proveedor.
5. Colocar un armado adicional y colocar el concreto con aditivo estabilizador de volumen (siempre aendiendo las especificaciones del proveedor), con el mismo espesor del existente.

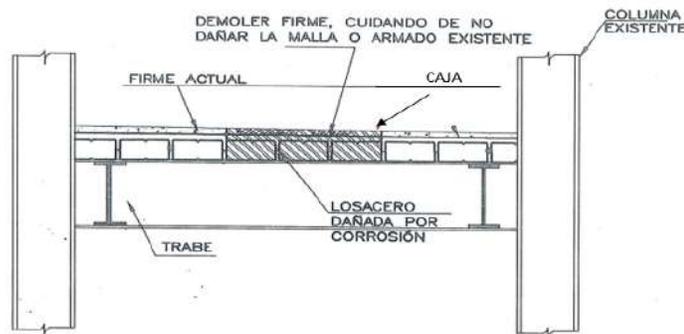


Figura 7.15 – Reparación de losacero (INIFED, 2017)

7.2.6 LOSAS

7.2.6.1 Losas en volado con problemas de flecha y/o agrietamiento excesivo

Procedimiento:

1. Acordonar el área de trabajo, se recomienda utilizar señalamientos para evitar la circulación de los usuarios en dicha obra.
2. Apuntalar la zona previo a los trabajos de demolición. El apoyo de los puntales se hará sobre arrastres adecuados, perfectamente apoyados en el suelo.
3. Demoler por medios manuales con cincel y martillo, cuidando no dañar el acero de refuerzo ni el concreto sano.
4. Limpiar la zona demolida para que quede libre de polvo, (usar aire a presión, solo si la lámina de corte cuenta con un filtro de aceite) óxido, grasa o cualquier elemento que pueda afectar la liga entre concreto fresco y concreto endurecido.
5. Limpiar el acero de refuerzo con cepillo de cerdas metálicas. Si la oxidación es tal que, al efectuar la limpieza se produce desprendimiento de la corrugación de la barra, sustituir el tramo de barra dañada. La unión entre la barra existente y la nueva se hará con soldadura y una junta a tope.
6. Limpiar la superficie que reciba el concreto nuevo con chorro de agua y logra una superficie rugosa de 5mm de amplitud.

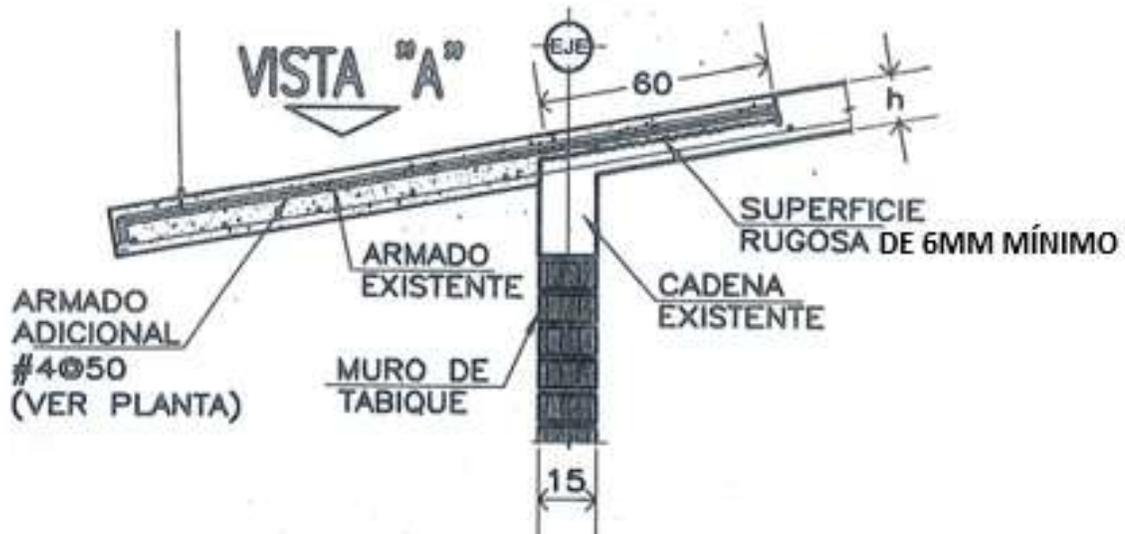


Figura 7.16 – Losas en volado con problemas (INIFED, 2017)

7.2.6.2 Auscultación y restitución de aplanado en plafones de losa

Procedimiento:

1. Examinar el aplanado por medio de golpeteo directo, mediante un cincel.
2. Retirar el aplanado mal adherido o que presenten algún deterioro con medios mecánicos.
3. Picar con cincel y martillo la superficie de la losa descubierta, dejando una rugosidad mínima de 5mm.
4. Limpiar la superficie de la losa, dejándola libre de polvo, grasa, pintura y/o de materiales sueltos o mal adheridos.
5. Colocar metal desplegado, fijando por medio de clavos para concreto. (fig. 7.17).

6. Humedecer la superficie expuesta y aplicar festerbond o equivalente; el aditivo se puede sustituir si se hace una superficie rugosa con 5mm de amplitud.
7. Aplicar una capa de aplanado, máximo de 1.0 cm y esperar a que reviente para aplicarla capa final.
8. Curar las fisuras de la última capa de aplanado, por medio de arena cernida y cemento.
9. Aplicar el acabado firme una vez que esté bien seco el aplanado.

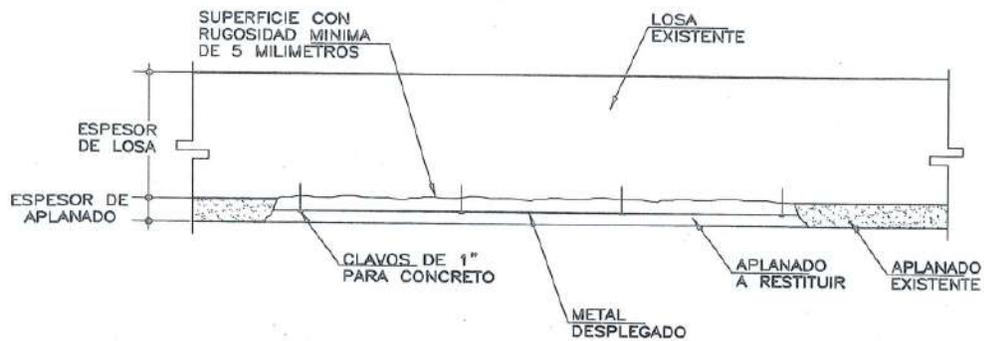


Figura 7.17 Restitución de aplanado de losa (INIFED, 2017)

7.2.7 LARGUREROS

7.2.7.1 Colocación de largueros adicionales

Procedimiento:

1. Trazar en obra la ubicación de los largueros, procurando que la separación entre ellos no exceda, la recomendada en el manual del fabricante del sistema de cubierta ó 2 metros.
2. Quitar de la cubierta, cualquier elemento que interfiera con la colocación de los largueros adicionales.
3. Preparar las superficies que recibirán la placa de unión de larguero adicional.
4. Soldar a la estructura existente, las placas de soporte de largueros adicionales. Esta acción, deberá ser ejecutada por un soldador calificado y supervisada por el residente de obra.
5. Montar los largueros adicionales, procurando que éstos se coloquen a presión por medio de puntales, rastras y cuñas, que permitan corregir lentamente la deformación. Es recomendable que sean cuando menos tres puntales por cada larguero, uno en cada extremo y otro al centro.
6. Fijar la lámina de la cubierta a los largueros adicionales por medio de pijas.
7. Terminados los pasos anteriores, aplicar la soldadura entre las placas de soporte y los largueros.
8. Una vez aplicada la soldadura, retirar el apuntalamiento de los largueros, procurando iniciar desde el centro.
9. Dar el acabado final a los largueros y a sus placas de unión y corregir los detalles de la estructura existente, tanto los originados por este proceso, como los ajenos al mismo.

CAPÍTULO 8

ACTIVIDADES FUTURAS

8.1 INTRODUCCIÓN

En este informe preliminar se presentan los resultados del proyecto al 30 de junio de 2018. En las siguientes secciones se describen brevemente las actividades que se desarrollarán en los próximos tres meses restantes. Se destaca la obtención de conclusiones y recomendaciones para implantación inmediata, por parte de INIFED, así como para proyectos futuros.

8.2 BASE DE DATOS

Se terminará la captura de las últimas cédulas de evaluación de edificios entregadas en junio. No se prevé que cambien las conclusiones de manera significativa, en lo general. A partir del análisis de los datos completos, se analizará la distribución geográfica del daño y se comparará, según el nivel de daño y tipos constructivos, son varios tipos de intensidades instrumentales. Se desarrollarán gráficas que permitan evaluar la correlación (fuerte, media o débil) del daño con distintas variables (año de construcción, número de pisos, tipo de material constructivo...). A partir de estos resultados, se complementarán las conclusiones y recomendaciones señaladas en este informe preliminar.

8.3 MODELACIÓN NUMÉRICA DE “EDIFICIOS ÍNDICE”

La modelación numérica de los “edificios índice” se ha hecho, hasta ahora, en el intervalo elástico de comportamiento y para las demandas (espectro) del Manual de Diseño de Obras Civiles de CFE. En los meses siguientes se completarán los análisis de los “edificios índice” para considerar el comportamiento no lineal. Se emplearán sistemas de análisis no lineal y consideraciones de modelación inelástica basadas en comportamiento por desempeño. Adicionalmente, se comparará la respuesta elástica obtenida ya, con aquella empleando el espectro de diseño que establece normatividad de INIFED. De la comparación entre las curvas de demanda (espectro) y la capacidad de los “edificios índice”, se podrá determinar su nivel de seguridad, y la consecuente necesidad de su rehabilitación. Finalmente, se propondrán y evaluarán numéricamente las soluciones de rehabilitación de los “edificios índice” que experimentaron la mayor frecuencia de daños.

8.4 ANÁLISIS DE RIESGO POR SISMO DE LA INFRAESTRUCTURA EDUCATIVA

Con apoyo de software especializado, se obtendrán las curvas de fragilidad y de vulnerabilidad de los “edificios índice”. Con base en ellos, y considerando criterios de diseño por desempeño, se desarrollarán propuestas de intervención del inventario de infraestructura escolar del país.

8.5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A partir del análisis de la información anterior, se plantearán conclusiones generales y particulares. Se derivarán recomendaciones para el levantamiento de daños y evaluación de la seguridad de la infraestructura escolar; la rehabilitación de las escuelas; el reforzamiento de bardas; el mantenimiento y supervisión de la infraestructura existente; el diseño, construcción, supervisión y mantenimiento de nuevas escuelas; y para la implantación de un programa integral de reducción del riesgo de la infraestructura escolar en México.

Conforme a los índices de desempeño obtenidos en los análisis preliminares para los diversos prototipos analizados, se recomienda llevar a cabo las siguientes actividades:

- Realizar un diagnóstico de la seguridad estructural de la infraestructura física educativa en las entidades federativas con mayor peligro sísmico -zonas C y D del Manual de Diseño de Obras

Civiles de la CFE (Colima, Chiapas, Ciudad de México, Guerrero, Jalisco, México, Michoacán, Morelos, Nayarit, Oaxaca, Puebla y sur de Veracruz).

- Rehabilitar aquellos prototipos con mayor riesgo de daño por sismo identificados en el diagnóstico citado.
- Desarrollar e implantar metodologías de evaluación de daños y clasificación de la seguridad estructural en caso de sismos y huracanes.
- Desarrollar e implantar metodologías para diseño, construcción y supervisión de bardas de planteles escolares.

REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

Alcocer S.M., Aguilar G., Flores L., Bitrán D., Durán R., López O.A., Pacheco M.A., Reyes C., Uribe C.M., y Mendoza M.J. (2001). “El sismo de Tehuacán del 15 de junio de 1999,” Centro Nacional de Prevención de Desastres (SEGOB), Serie de Informes Técnicos, ISBN 970-628-601-2, dic. 2001, 198 pp.

Alcocer S.M. (2003). “Rehabilitación de estructuras de mampostería,” capítulo 11 del libro “Edificaciones de Mampostería para Vivienda,” Fundación ICA AC, Comisión Nacional de Fomento a la Vivienda y Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural, ISBN 968-5520-00-3, pp. 455-560.

Banco Mundial (2018). “Global Structural Classification for Reinforced Concrete (RC) and Load Bearing Masonry (LBM) School Buildings”. Washington, D.C.

Bendat, JS y Piersol, AG, (1986). Random Data. Analysis and Measurement Procedure, Wiley Interscience, New York

Comisión Federal de Electricidad, (2015). “Manual de Diseño de Obras Civiles. Diseño por Sismo,” Distrito Federal.

Federal Emergency Management Agency, (1998). “Evaluation of earthquake damaged concrete and masonry wall buildings”, FEMA 307. Washington, D.C.

Instituto Nacional sobre la Infraestructura Física Educativa (2017). Catálogo general de detalles para rehabilitación de estructuras con daños ligeros, sismos de septiembre de 2017. Ciudad de México.

Murià Vila, D (2007). “Experiencia mexicana sobre la respuesta sísmica de edificios instrumentados”, Academia de Ingeniería, México, septiembre

Murià Vila, D, Guzmán, S, Fernández, F, Zapata, A, Taborda, R, Pérez, JH, Ordaz, M, González, R, Cruz, CA y Camargo, J, (2006). “Programa para calcular la corrección de línea base, transformada rápida de Fourier, función de transferencia, ángulos de fase y coherencias entre dos señales”, Instituto de Ingeniería, UNAM

Melgar, D., Pérez-Campos, X., Ramirez-Guzman, L., Spica, Z., Espindola, V. H., Hammond, W. C., & Cabral-Cano, E. (2018). “Bend faulting at the edge of a flat slab: The 2017 Mw7.1 Puebla-Morelos, Mexico Earthquake,” Geophysical Research Letters, 45. [https:// doi.org/10.1002/2017GL076895](https://doi.org/10.1002/2017GL076895)

Nakamura, Y, (2000). “Clear identification of fundamental idea of Nakamura's technique and its applications”. Proceedings of the 12 World Conference on Earthquake Engineering, Auckland, Nueva Zelanda, artículo 2656.

Pérez-Campos, X. (2018). Comunicación personal.

Ramírez, L. (2017). Comunicación personal.

Singh, S.K. (2018). Comunicación personal.

Soto, E.N. (2008). “Rehabilitación de estructuras de concreto,” tesis de maestría en ingeniería (estructuras), Posgrado en Ingeniería, UNAM, México, D.F. febrero, 102 pp.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Lic. Héctor Humberto Gutiérrez de la Garza, Ing. Carlos Alberto Colunga González, Ing. Leonardo Rafael Martínez Vázquez e Ing. Carlos Zuriel Báez Aguirre del INIFED por su valioso apoyo y dedicación para obtener la información analizada y presentada en este informe.

Anexo 3.1 LISTADO DE DATOS QUE SE INCLUYEN EN LA CÉDULAS DE EVALUACIÓN
CCT _____

Por plantel		Si	No
• Fecha		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
• CCT		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
• Coordenadas		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
• No de usuarios		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
• Área total del plantel		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
• Número de cédula		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
 Por edificio			
• Identificación del edificio		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
• Tipo de estructura		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
• Número de entre ejes		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
• Material muros		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
• Material cubiertas		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
• Instalación eléctrica		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
• Instalación hidrosanitaria		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
• Aire acondicionado		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
• Instalaciones especiales		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
• Descripción general del daño		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
• Descripción ampliada del daño (Aquella incluida en el apartado 6)		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
 Áreas e instalaciones exteriores			
• Descripción del daño		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
 Reporte fotográfico	Fotos claras	Fotos poco claras	No incluye
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
 Planta de conjunto	Con cotas claras	Con cotas poco claras	Sin cotas/No
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Clasificación			

Verde.- Todos los puntos destacados en negritas están incluidos, reporte fotográfico con fotos claras y para el caso de las estructuras clasificadas como "Atípicas" deben estar incluidas las dimensiones de los elementos estructurales y su ubicación en planta.

Amarillo.- Todos los puntos destacados en negritas están incluidos, reporte fotográfico con fotos poco claras y para el caso de las estructuras clasificadas como "Atípicas" debe estar incluida la ubicación en planta con dimensiones de los elementos estructurales.

Rojo.-No incluye alguno de los puntos destacados.

Daños estructurales reportados:

Colapso	Estructura separada de su cimentación	Asentamiento diferencial (NT%)	Inclinación notoria	columnasPB, Nulo [%]	columnasPB, Ligero [%]	columnasPB, Medio [%]	columnasPB, Grave [%]	Columnas PS,Nulo [%]	Columnas PS,Ligero [%]	Columnas PS,Medio [%]	Columnas PS,Grave [%]
No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
No	No	No	No	No	Si	No	No	No	No	No	No
No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No

Muros PB,Nulo [%]	Muros PB,Ligero [%]	Muros PB,Medio [%]	Muros PB,Grave [%]	Muros PS,Nulo [%]	Muros PS,Ligero [%]	Muros PS,Medio [%]	Muros PS,Grave [%]	Vigas PB,Nulo [%]	Vigas PB,Ligero [%]	Vigas PB,Medio [%]	Vigas PB,Grave [%]
No	Si	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
No	No	Si	No	No	No	No	No	No	No	No	No
No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
No	No	Si	No	No	No	No	No	No	No	No	No
No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No

Vigas PS,Nulo [%]	Vigas PS,Ligero [%]	Vigas PS,Medio [%]	Vigas PS,Grave [%]	Losas PB,Nulo [%]	Losas PB,Ligero [%]	Losas PB,Medio [%]	Losas PB,Grave [%]	Losas PS,Nulo [%]	Losas PS,Ligero [%]	Losas PS,Medio [%]	Losas PS,Grave [%]	Fallas en cimentación
No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No

Daños no estructurales reportados:

Muros de fachada	Muros divisorios	Elementos de cubierta de la losas	Cancelería	Ventanas	Bardas perimetrales	Luminaria	Tinacos	Cistema	Barandales / parapetos / pretilas	Objetos caídos
No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
No	No	Si	No	No	No	No	No	No	No	No
No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
Si	Si	No	No	No	No	No	Si	No	No	No
No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No

Fallas en los sistemas:

Objetos caídos	Fallas en el sistema hidrosanitario	Fallas del suministro eléctrico	Fallas en el sistema de gas	Falla en el sistema de telecomunicaciones
No	No	No	No	No
No	No	No	No	No
No	No	No	No	No
No	No	No	No	No
No	No	No	No	No
No	No	No	No	No
No	Si	No	No	No
No	No	No	No	No
No	No	No	No	No

Acciones de restauración:

Acciones de restauración	Costo total de las acciones de rehabilitación para los elementos estructurales	Costo total de las acciones de reparación para los elementos no estructurales
EDIF. "A": SUSTITUCIÓN DE APLANADOS EN MUROS, EDIF. "D": SUSTITUCIÓN DE MURO DAÑADO Y RETIRO DE LÁMINA EN MAL ESTADO.	\$ 106,214.00	
EDIF. "A": SUSTITUCIÓN DE APLANADOS EN MUROS, EDIF. "D": SUSTITUCIÓN DE MURO DAÑADO Y RETIRO DE LÁMINA EN MAL ESTADO.	\$ 106,214.00	
EDIF. "A": SUSTITUCIÓN DE APLANADOS EN MUROS, EDIF. "D": SUSTITUCIÓN DE MURO DAÑADO Y RETIRO DE LÁMINA EN MAL ESTADO.	\$ 106,214.00	
EDIF. "A": SUSTITUCIÓN DE APLANADOS EN MUROS, EDIF. "D": SUSTITUCIÓN DE MURO DAÑADO Y RETIRO DE LÁMINA EN MAL ESTADO.	\$ 106,214.00	
EDIF. "A": SUSTITUCIÓN DE APLANADOS EN MUROS, EDIF. "D": SUSTITUCIÓN DE MURO DAÑADO Y RETIRO DE LÁMINA EN MAL ESTADO.	\$ 106,214.00	
EDIF. "A", "D" Y "G": REPARACIÓN DE FISURAS EN APLANADO DE MUROS, COLUMNAS, TRABES Y LOSAS.	\$ 362,696.00	
EDIF. "A", "D" Y "G": REPARACIÓN DE FISURAS EN APLANADO DE MUROS, COLUMNAS, TRABES Y LOSAS.	\$ 362,696.00	
EDIF. "A", "D" Y "G": REPARACIÓN DE FISURAS EN APLANADO DE MUROS, COLUMNAS, TRABES Y LOSAS.	\$ 362,696.00	

FORMATO DE EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD SÍSMICA DE EDIFICACIONES

Anexo 3.3

Fecha:	Hora:	Duración visita:
--------	-------	------------------

Nombre del evaluador:

INFORMACIÓN GENERAL DEL INMUEBLE	
Nombre del edificio:	Coordenadas: _____ N, _____ O
Calle y número:	
Colonia:	Código postal:
Delegación/Municipio:	Estado:
Referencias:	(entre calles "A" y "B", un sitio notable, etc.)
Persona contactada/propietario:	Teléfono: +()

USO	
1- Habitacional <input type="checkbox"/> Unifamiliar <input type="checkbox"/> No. Cuartos <input type="checkbox"/> Multifamiliar <input type="checkbox"/> No. Deptos. <input type="checkbox"/> Hotel	3- Educativo <input type="checkbox"/> Preescolar <input type="checkbox"/> Primaria <input type="checkbox"/> Secundaria <input type="checkbox"/> Superior <input type="checkbox"/> Biblioteca <input type="checkbox"/> Museo
2- Oficinas / Comercio <input type="checkbox"/> Oficinas <input type="checkbox"/> Tienda <input type="checkbox"/> Mercado <input type="checkbox"/> Restaurante	4- Salud /Social <input type="checkbox"/> Hospital <input type="checkbox"/> Clínica <input type="checkbox"/> Asilo <input type="checkbox"/> Estancia infantil
5- Reunión <input type="checkbox"/> Centro social <input type="checkbox"/> Templo religioso <input type="checkbox"/> Gimnasio <input type="checkbox"/> Salón baile/juego <input type="checkbox"/> Cine/Teatro/Auditorio <input type="checkbox"/> Estadio	6- Industrial <input type="checkbox"/> Fábrica <input type="checkbox"/> Taller <input type="checkbox"/> Bodega <input type="checkbox"/> Generac. eléctrica <input type="checkbox"/> De combustibles
7- Comunicaciones y transportes <input type="checkbox"/> Terminal de pasajeros <input type="checkbox"/> Terminal de carga <input type="checkbox"/> Estacionamiento <input type="checkbox"/> Aeropuerto/Puerto <input type="checkbox"/> Correo / Telégrafo / Teléfono <input type="checkbox"/> Radio / Televisión <input type="checkbox"/> Antena transmisora	
Estructura GRUPO: <input type="radio"/> A <input type="radio"/> B1 <input type="radio"/> B2 <input type="radio"/> C	
Ocupación: <input type="checkbox"/> Habitada/en uso <input type="checkbox"/> Abandonada/desocupada <input type="checkbox"/> Desalojada por daños	
Número de ocupantes Día: _____ o capacidad de personas: Noche: _____	

TERRENO Y CIMENTACIÓN	AFECTACIONES
SUELO <input type="radio"/> Blando <input type="radio"/> Transición <input type="radio"/> Firme	<input type="checkbox"/> Heridos No. _____
Cim. Superficial <input type="checkbox"/> Zapatas aisladas <input type="checkbox"/> Zapatas corridas <input type="checkbox"/> Cimiento de piedra <input type="checkbox"/> Losa <input type="checkbox"/> Cajón	<input type="checkbox"/> Muertos No. _____
Cimentación Profunda <input type="checkbox"/> Pilotes / pilas <input type="checkbox"/> Otro	

CARACTERÍSTICAS DE LA ESTRUCTURA	
No. de sótanos: _____ Año de construcción: _____ No. de pisos sobre nivel de calle: _____ Año rehabilitación: _____	Dimensiones Generales: X = Frente: _____ m Y = Fondo: _____ m Altura planta baja: _____ m Altura entresijos: _____ m
<input type="checkbox"/> Apéndices en azotea (escaleras / elevador / cuarto azotea) <input type="checkbox"/> Mezanine (losa intermedia que no cubre toda la planta) <input type="checkbox"/> Piso a media altura (de los entresijos tipo) <input type="checkbox"/> Escalera externa <input type="checkbox"/> Semisótano (primer sótano a medio nivel de calle) <input type="checkbox"/> Escaleras independientes	No. cubos de escaleras: _____ No. cajones estacionamiento: _____ No. cubos de elevadores: _____ No. escaleras independientes: _____ No. cubos de iluminación: _____

MANTENIMIENTO DE LA EDIFICACIÓN
<input type="checkbox"/> NULO <input type="checkbox"/> REGULAR

VULNERABILIDAD

Posición en manzana: Esquina Medio Aislado

<p>Irregularidad en planta</p> <input type="checkbox"/> Esquina <input type="checkbox"/> Longitud entrantes/salientes > 20 % <input type="checkbox"/> En "L" u otra geometría irregular	<p>Irregularidad en elevación</p> <input type="checkbox"/> Planta baja flexible <input type="checkbox"/> Marcos o muros no llegan a la cimentación <input type="checkbox"/> Columnas cortas <input type="checkbox"/> Reducción de la planta en pisos superiores	<input type="checkbox"/> Sistemas de entepiso inclinados <input type="checkbox"/> Grandes masas en pisos superiores <input type="checkbox"/> Arreglo irregular de ventanas en fachada <input type="checkbox"/> Cambio brusco de rigidez
--	---	--

<p>Otras fuentes de vulnerabilidad</p> <input type="checkbox"/> Conexión excéntrica trabe-columna <input type="checkbox"/> Péndulo invertido/una sola hilera de columnas <input type="checkbox"/> Un elemento resiste más del 35% del sismo	<input type="checkbox"/> Columna débil-viga fuerte <input type="checkbox"/> Losa plana <input type="checkbox"/> Losa plana Reticular	<p>Edificio vecino <input type="checkbox"/> No aplica</p> <p>Nivel de daño <input type="checkbox"/> Ligero <input type="checkbox"/> Intermedio <input type="checkbox"/> Grave</p> <p>No. de pisos: _____ Colindancia: _____ cm Uso del inmueble: _____</p>
--	--	--

SISTEMA ESTRUCTURAL

<p>Material en muros</p> <input type="checkbox"/> Concreto reforzado <input type="checkbox"/> Concreto prefabricado <input type="checkbox"/> Tabicón de concreto (macizo) <input type="checkbox"/> Bloque de concreto (20x40 cm) <input type="checkbox"/> Ladrillo de barro macizo <input type="checkbox"/> Tabique de arcilla hueco <input type="checkbox"/> Paneles con capa de mortero	<input type="checkbox"/> Otro: _____	<p>SISTEMA DE PISO / TECHO</p> <p>Sistema de piso</p> <input type="checkbox"/> Losa apoyada en trabes <input type="checkbox"/> Losa plana (<i>sin trabes</i>) <input type="checkbox"/> Vigas y piso de madera	<p>Losa de concreto</p> <input type="checkbox"/> Maciza <input type="checkbox"/> Aligerada <input type="checkbox"/> Prefabricada de concreto <input type="checkbox"/> Vigueta y bobedilla <input type="checkbox"/> Lámina acanalada con capa <input type="checkbox"/> Reticular
--	--------------------------------------	---	---

<p>Refuerzo en la mampostería</p> <input type="checkbox"/> Sin refuerzo <input type="checkbox"/> Mampostería confinada <input type="checkbox"/> Mampostería mal confinada (sin refuerzo en puertas/ventanas)	<input type="checkbox"/> Con refuerzo interior <input type="checkbox"/> Otro: _____	<p>Distancia a ejes de: Trabes secundarias: _____ cm Vigas, viguetas o nervaduras: _____ cm Largueros: _____ cm</p> <p>Espesor total: _____ cm Capa compresión: _____ cm</p>
--	--	--

<p>ESTRUCTURA PRINCIPAL VERTICAL</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="2">Planta Baja</th> <th colspan="2">Niveles</th> <th rowspan="2">Sótano</th> <th rowspan="2">Apéndice</th> <th rowspan="2">Cubos (escaleras / elevador)</th> </tr> <tr> <th>X</th> <th>Y</th> <th>X</th> <th>Y</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Marcos</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Acero</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Concreto</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Conc. prefabricado</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Cols. y losa plana</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Contrav.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Acero</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Concreto</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Cubre varios pisos</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Cables</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Muros</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>De carga mampostería</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Diafragma mampost.</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>De concreto</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>con vigas de acoplamiento:</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </tbody> </table>		Planta Baja		Niveles		Sótano	Apéndice	Cubos (escaleras / elevador)	X	Y	X	Y	Marcos								Acero	<input type="checkbox"/>	Concreto	<input type="checkbox"/>	Conc. prefabricado	<input type="checkbox"/>	Cols. y losa plana	<input type="checkbox"/>	Contrav.								Acero	<input type="checkbox"/>	Concreto	<input type="checkbox"/>	Cubre varios pisos	<input type="checkbox"/>	Cables	<input type="checkbox"/>	Muros								De carga mampostería	<input type="checkbox"/>	Diafragma mampost.	<input type="checkbox"/>	De concreto	<input type="checkbox"/>	con vigas de acoplamiento:	<input type="checkbox"/>	<p>Planos:</p> Arquitectónicos <input type="checkbox"/> Estructurales <input type="checkbox"/> Memoria de cálculo <input type="checkbox"/> Autocostrucción (<i>sin cálculo</i>) <input type="checkbox"/> Otro <input type="checkbox"/> Especificar: _____																																																																								
		Planta Baja		Niveles					Sótano	Apéndice	Cubos (escaleras / elevador)																																																																																																																										
	X	Y	X	Y																																																																																																																																	
Marcos																																																																																																																																					
Acero	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																				
Concreto	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																				
Conc. prefabricado	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																				
Cols. y losa plana	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																				
Contrav.																																																																																																																																					
Acero	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																				
Concreto	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																				
Cubre varios pisos	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																				
Cables	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																				
Muros																																																																																																																																					
De carga mampostería	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																				
Diafragma mampost.	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																				
De concreto	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																				
con vigas de acoplamiento:	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																				

REHABILITACIÓN No aplica

<p>Tipo</p> <input type="checkbox"/> Arquitectónicas <input type="checkbox"/> Reparación estruct. <input type="checkbox"/> Refuerzo <input type="checkbox"/> Reestructuración	<p>Técnicas empleadas</p> <input type="checkbox"/> Recimentación <input type="checkbox"/> Encamisado concreto <input type="checkbox"/> Encamisado acero <input type="checkbox"/> Muros: malla y mortero <input type="checkbox"/> Contraventeo	<input type="checkbox"/> Adición de muros concreto <input type="checkbox"/> Adición muros mampostería <input type="checkbox"/> Contrafuertes externos <input type="checkbox"/> Fibra carbono / sintéticos <input type="checkbox"/> Otro	<p>Descripción breve:</p>
---	--	---	---------------------------

EVALUACIÓN DE DAÑOS

<p>Problemas geotécnicos</p> <input type="checkbox"/> Grietas en el terreno circundante <input type="checkbox"/> Hundimientos diferenciales	<input type="checkbox"/> Hundimiento (-) o emersión (+) general = _____ cm <input type="checkbox"/> Inclinación del edificio: _____ %	<p>Estructura</p> <input type="checkbox"/> Colapso total	<p>Colapso parcial</p> <input type="checkbox"/> Techo <input type="checkbox"/> Planta baja <input type="checkbox"/> Piso intermedio <input type="checkbox"/> Sección del edificio _____ % <input type="checkbox"/> Choque con edificio vecino
---	--	--	--

CROQUIS DE LA PLANTA BAJA

Indicar:

Ubicación de columnas

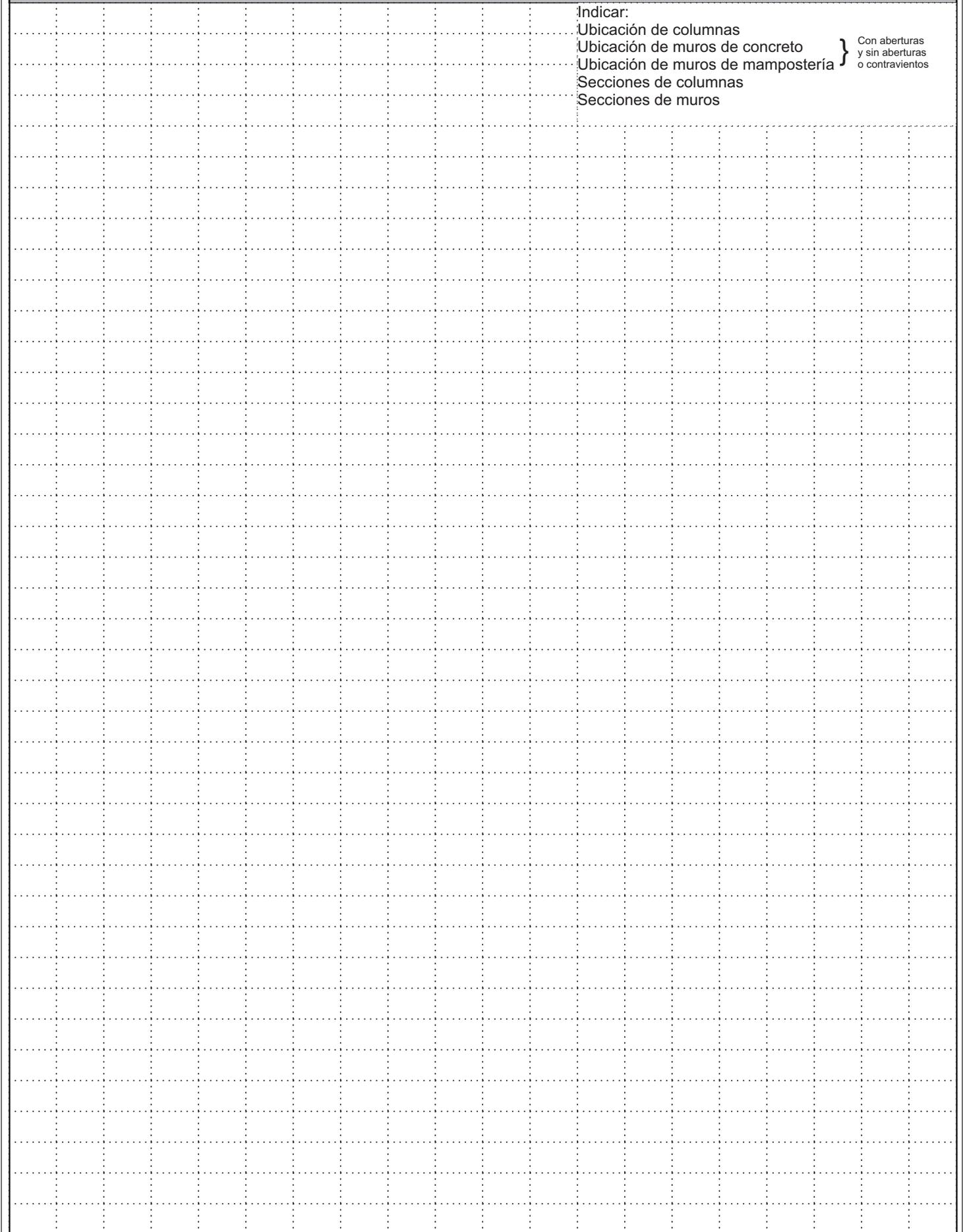
Ubicación de muros de concreto

Ubicación de muros de mampostería

Secciones de columnas

Secciones de muros

} Con aberturas
y sin aberturas
o contravientos





Manual para el uso y el llenado de la Cédula digital de información de daños estructurales por sismos 7-19 septiembre 2017.

26 de junio de 2018

Elaboró: Rubén Bautista Monroy

Objetivo

Desarrollar una herramienta digital que permita obtener información del estado estructural de la infraestructura educativa luego de los eventos sísmicos del 7 y 19 de septiembre de 2017.

Meta

Con la información obtenida en campo, construir una base de datos de los planteles visitados para su posterior análisis. Además poder gestionar ésta información con la finalidad de generar índices de vulnerabilidad sísmica para futuros eventos.

Introducción

Herramienta para la captura de datos en campo que permite:

1.- La construcción, en tiempo real, de una base de datos que contiene información sobre las condiciones estructurales de la Infraestructura Educativa (INFE), la cual será útil para la detección de riesgos y mitigarlos posteriormente, gestionar la atención de los planteles y generar estrategias para la recuperación de la INFE en futuros eventos a través de la evaluación y monitoreo de los edificios escolares.

2.- Agilizar el proceso de evaluación de la INFE.

Se trata de una aplicación electrónica que se opera desde un dispositivo móvil (Smartphone o Tablet). Una vez descargada la aplicación, se podrán realizar levantamientos sin la necesidad de una conexión a internet móvil, de modo que en los planteles donde no haya este servicio, se podrá realizar el levantamiento sin conexión y posteriormente conectado a internet, subir la información debido a que el formulario se almacena en el dispositivo.

La Cédula está integrada por dos partes. La primera se compone de 15 campos que contienen los datos generales del plantel y en la segunda, se incluyen los datos del levantamiento para cada uno de los edificios del plantel. Es posible incluir fotografías de los inmuebles y de los daños encontrados.

Requerimientos mínimos de sistema

- Sistema operativo

Android: Superior a Android 5.0 (Lollipop)

IOS: superior a la versión 8.2

- Memoria interna

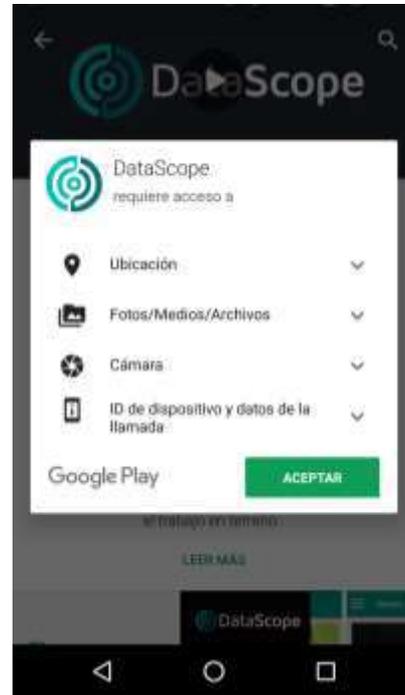
Igual o superior a 4 GB, deseable 8 GB, además se puede complementar con el uso de tarjetas SD externas.

- Cámara

Para tener una buena calidad en imágenes, se debe contar con una cámara de 5 MP.

Descargar la aplicación *Datascopes* de la *Play store* para dispositivos con sistema *Android* o de la *App store* para dispositivos *IOS*.

Android



IOS (iPhone)



Abrir la aplicación, escribir el correo de usuario y contraseña que fueron proporcionados anteriormente.



Oprimir el botón INICIAR SESIÓN, a continuación se mostrarán los formularios disponibles. Para comenzar el levantamiento, seleccionar el formulario “1. Cédula Digital de información de daños estructurales por sismo 7-19 septiembre de 2017”. En este apartado se colocarán datos generales del plantel educativo a revisar.



Pasos a seguir:

1. Colocar la fecha del día que se realizó la inspección.



2. Colocar el CCT (Clave del centro de trabajo). **(Letras en mayúsculas y sin espacios).** Si la escuela cuenta con más de un centro de trabajo, colocarlo en el apartado de otros CCT's separarlos por comas y sin espacios. (ejemplo: 07DRP0012D,07DRP0012M,...).



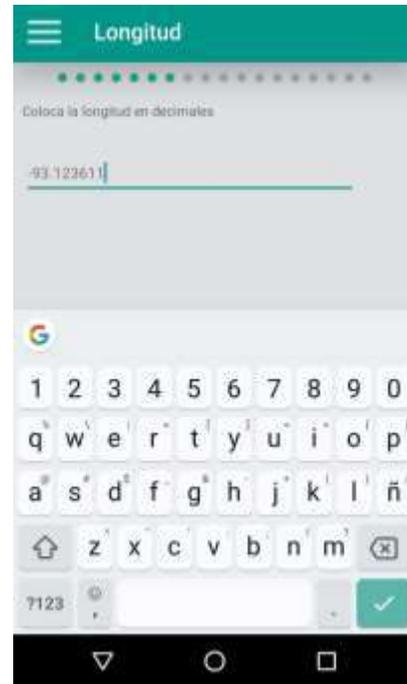
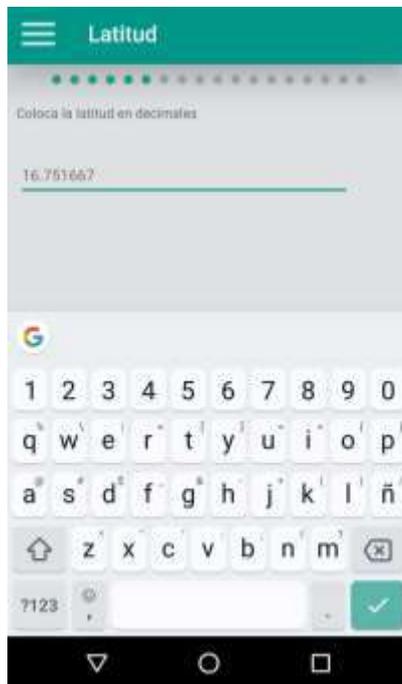
3. Escribir el nombre del plantel.



4. Seleccionar el nivel educativo.
5. Indicar si la escuela es patrimonio o monumento (INAH,INBA)



6. Colocar la latitud y la longitud del plantel en decimales (con seis decimales), para ello se puede hacer uso de alguna otra aplicación móvil (ejem. *GPS Location*).



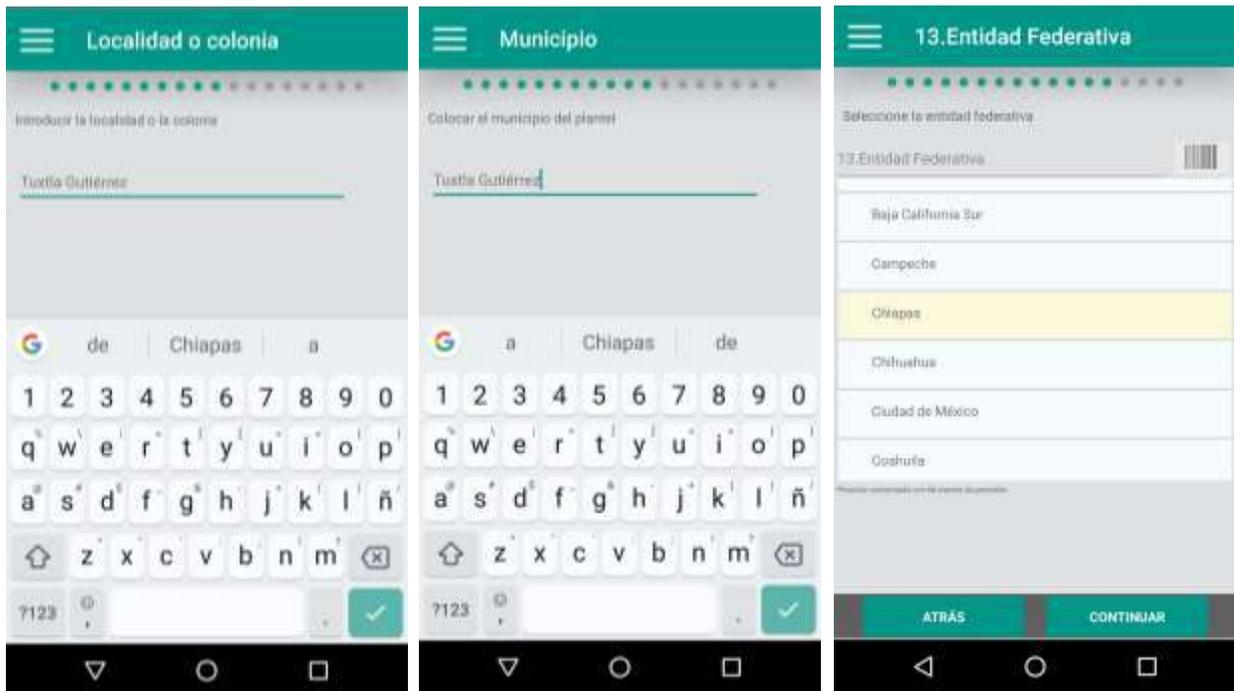
7. Colocar la calle y el número donde se encuentra el plantel, **Evitar el uso de símbolos como (#, No., Núm., N.), sólo se debe colocar la calle seguida del número.** En caso de no contar con número se colocara (S/N). (ejemplo: Periférico norte 35)



8. Colocar el Código postal.



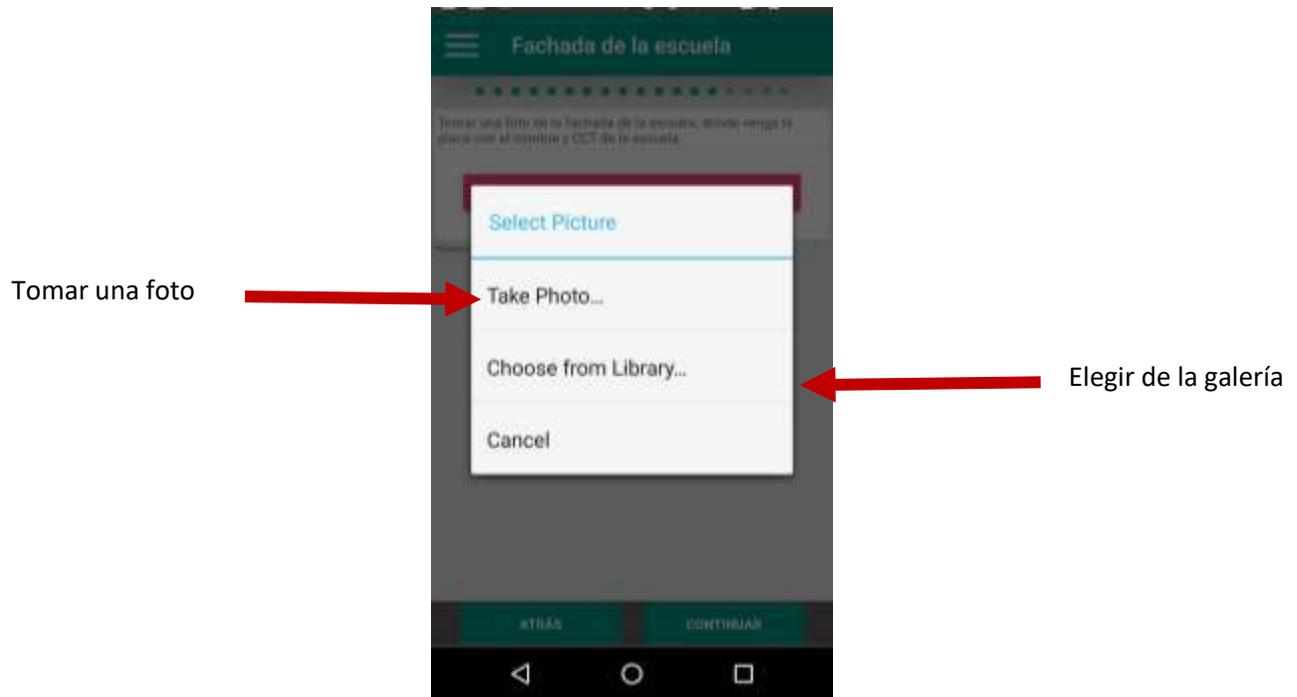
9. Colocar la localidad o la colonia, el municipio y la entidad federativa donde se encuentra el plantel.



10. Colocar el número de alumnos, docentes y personal administrativo que asiste actualmente al plantel.



11. Hacer una fotografía de la fachada de la escuela o bien si se tomó previamente seleccionarla de la galería de fotos, donde venga la placa con el nombre de la escuela y el CCT.



12. Colocar el número de edificios con los que cuenta el plantel.



13. Indicar si en la escuela se presentaron daños en bardas perimetrales caídas o con algún tipo de daño.

16. Daños en bardas

Colocar si la escuela tubo daños en

16. Daños en bardas

Seleccione texto...

Bardas perimetrales

Seleccione texto...

Si la respuesta fue "SI", describe el daño ocasionado

ATRÁS CONTINUAR

14. Coloca el nombre de quien realizó el levantamiento general.

Coloca tu nombre

Nombre del que realizó el formulario

Rubén Bautista Morroy

que Rubén de

1 2 3 4 5 6 7 8 9 0

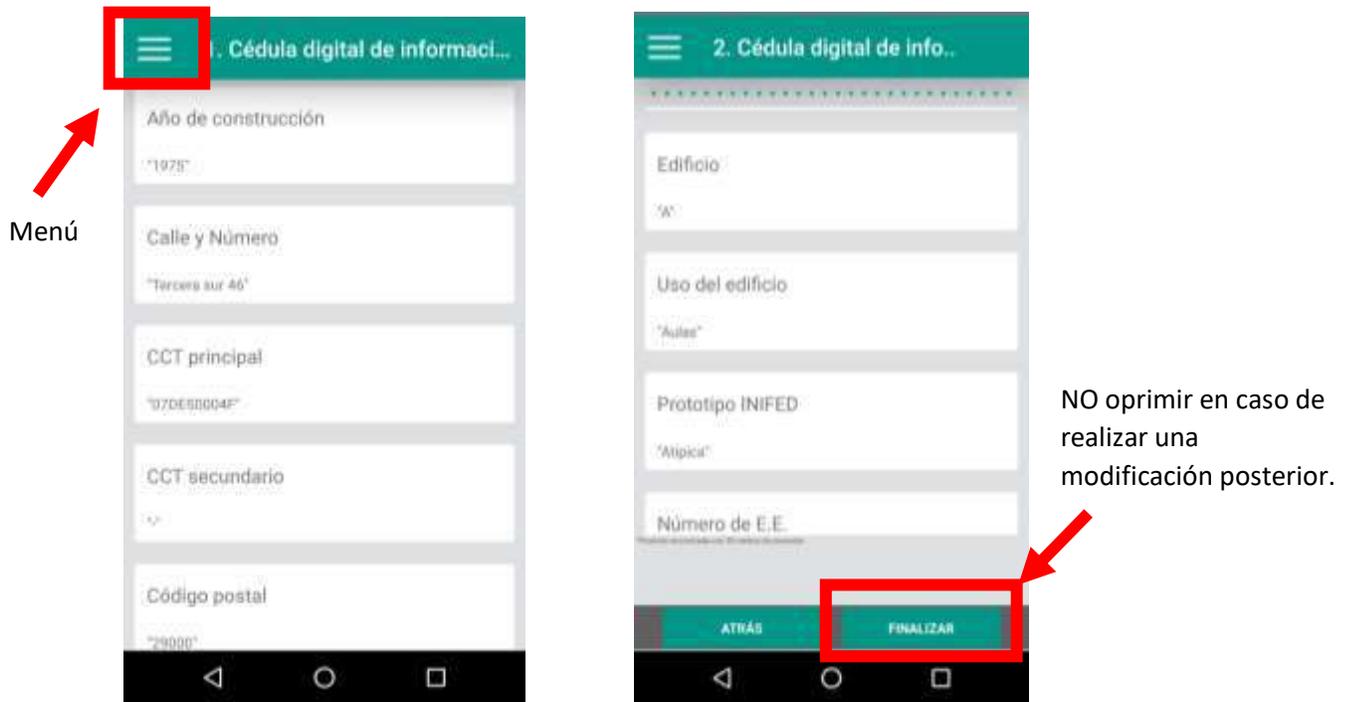
q w e r t y u i o p

a s d f g h j k l ñ

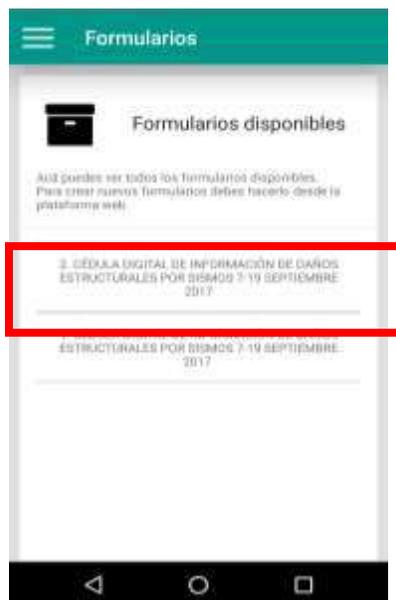
z x c v b n m

7123

Al finalizar se mostrarán todos los datos ingresados previamente. Si se desea modificar algún campo, oprimir el botón *Atrás*, Si se desea realizar una modificación posterior, es importante no oprimir el botón de finalizar, en caso contrario el formulario se enviará a la base de datos con la información errónea. Simplemente oprima el botón de menú y prosiga con el llenado del formulario por escuela.



Una vez terminado el llenado de los datos generales de la escuela, se procede a llenar la segunda parte de la cédula, la cual se realizará **por edificio**, por lo cual se debe ser congruente con el número de edificios que se señaló en paso 14 del apartado anterior. Es decir, si se escribió que el plantel cuenta con 6 edificios, se deben tener 6 formularios hechos.



Pasos a seguir:

1. Colocar la clave del centro de trabajo, **usar el mismo CCT que en el paso 2 de la primera parte.**



2. Tomar una foto de la fachada del edificio, donde se pueda apreciar bien a toda la estructura.



- Indicar el o los materiales predominantes de la estructura.



- Colocar la letra correspondiente para cada edificio, es decir, el primer edificio será el edificio A, el segundo el B, el tercero C, etc.
- Colocar el año de construcción del edificio. En el caso que este dato no esté lo suficientemente claro, colocar la década aproximada de construcción seguida de un asterisco, es decir, si se cree que el edificio se construyó entre los años 1971 al 1979, colocar 1970*



6. Colocar el uso del edificio. Si cuenta con más de un uso, separar los usos por comas; es decir, si el edificio se usa como aulas, tiene baños y hay una oficina, se escribirá ***Aulas,Baños,Oficinas***.



7. Colocar el prototipo de acuerdo al ***catálogo de estructuras INIFED***. En el caso último que no se pueda determinar el prototipo, seleccionar la opción ***Atípica***.



8. Colocar el material del que están hechos los muros divisorios, de fachada y de carga. En el caso que la estructura no cuente con alguno de ellos, seleccionar la opción *No aplica*.



9. Indicar si los muros divisorios y de fachada están ligados o desligados de las columnas. Un muro está ligado, si está en contacto con las columnas.



10. Colocar los valores de geometría que se solicitan, Si el edificio es de un solo nivel, en el apartado de altura de entre piso de los pisos posteriores colocar 0.

9. Geometría del edificio

Coloca los datos correspondientes.

Longitud total en el sentido longitudinal (m)	Selecciona número...
Longitud total en el sentido transversal (m)	Selecciona número...
Número de crujías en sentido longitudinal	Selecciona número...
Número de crujías en sentido transversal	Selecciona número...
Círculo promedio en sentido longitudinal	Selecciona número...
Círculo promedio en sentido transversal	Selecciona número...
Altura de entre piso en planta baja (m)	Selecciona número...

ATRÁS CONTINUAR

Geometría del edificio

Coloca los datos correspondientes.

Altura de entre piso en planta baja (m)	2.4
Altura de entrepiso en pisos posteriores (m)	0
Número de pisos	1

ATRÁS CONTINUAR

11. Colocar si el edificio cuenta con cubo de escaleras o bien, si tiene escaleras exteriores o ambas.

Escaleras

Marcar si hay:

Escaleras:

Cubo de escaleras	<input type="checkbox"/>
Escaleras independientes	<input type="checkbox"/>

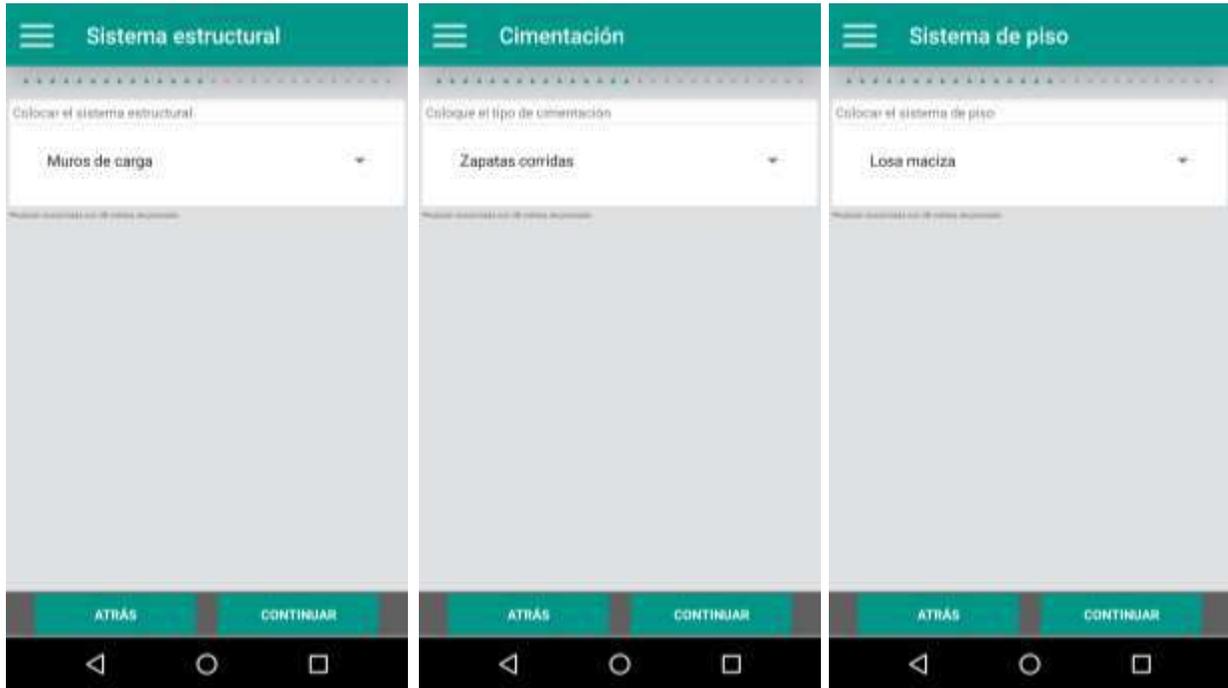
ATRÁS CONTINUAR

12. En el apartado de secciones se colocarán las secciones de columnas y de vigas principales, es decir, las que más predominen.
- Si las columnas o vigas son rectangulares de concreto, colocar las dimensiones “A” y “B” de las columnas, y para vigas tomar “A” como peralte y a “B” como ancho.
 - Si las columnas son circulares colocar sólo en “A” el diámetro y en “B” igual a 0.
 - Si las columnas o vigas son perfiles metálicos, colocar el perfil metálico en el apartado de sección transversal y en “A” y “B” iguales a 0.
 - Si la estructura no tiene columnas o vigas poner en sección transversal “no aplica”, y en “A” y “B” iguales a 0.

The screenshot shows the 'Secciones' app interface. At the top, there is a green header with a hamburger menu icon and the title 'Secciones'. Below the header, there is a grey bar with the text 'Colocar el tipo y medida de la sección transversal'. Underneath, there is a section labeled 'Secciones' with a barcode icon. The main content area is divided into three input fields: the first is labeled 'No aplica' and 'Sección transversal o Perfil de columnas 1'; the second is labeled '0' and 'Medida A (m)'; the third is labeled '0' and 'Medida B (m)'. At the bottom, there is a green bar with two buttons: 'ATRÁS' and 'CONTINUAR'. The Android navigation bar is visible at the very bottom.

The screenshot shows the 'Secciones' app interface. At the top, there is a green header with a hamburger menu icon and the title 'Secciones'. Below the header, there is a grey bar with the text 'Colocar el tipo y medida de la sección transversal'. Underneath, there is a section labeled 'Secciones' with a barcode icon. The main content area is divided into three input fields: the first is labeled 'No aplica' and 'Sección transversal o Perfil de vigas 1'; the second is labeled '0' and 'Medida A (m)'; the third is labeled '0' and 'Medida B (m)'. At the bottom, there is a green bar with two buttons: 'ATRÁS' and 'CONTINUAR'. The Android navigation bar is visible at the very bottom.

13. Seleccionar el sistema estructural, el tipo de cimentación y el sistema de losa que presenta el edificio.



14. Si la estructura cuenta con alguna modificación o tuvo alguna rehabilitación, escribir brevemente dicho cambio, en el caso que no cuente con modificaciones, indicarlo escribiendo *No aplica*.



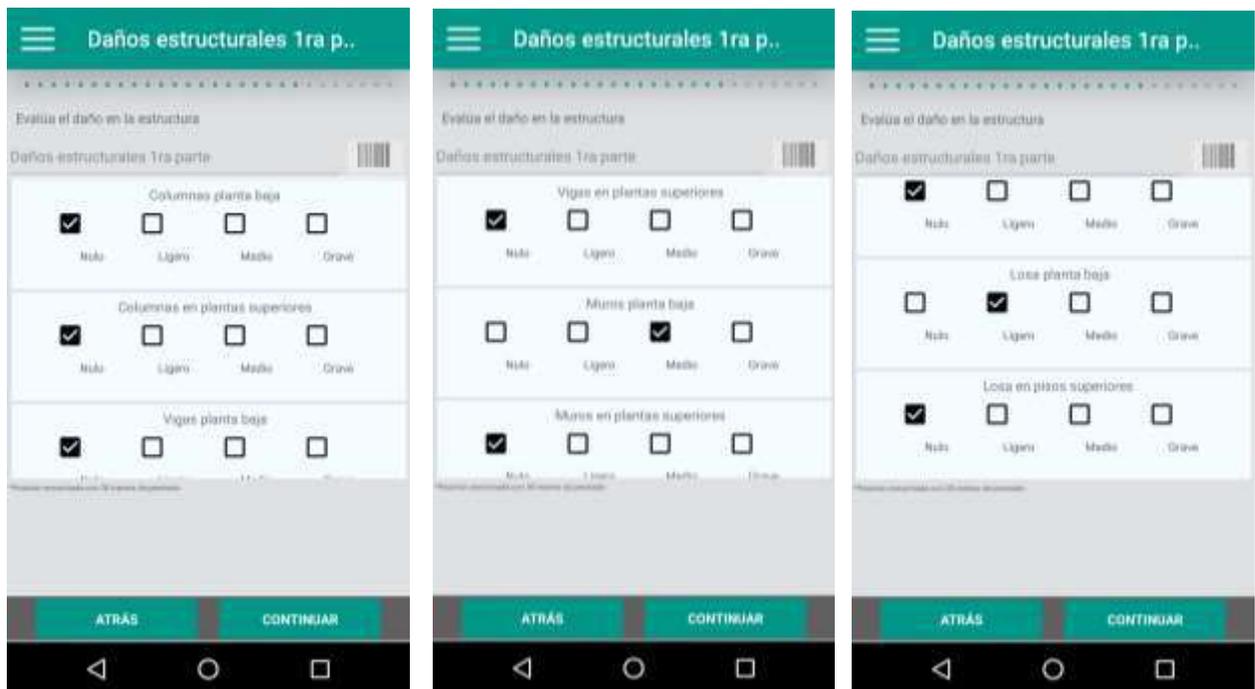
15. Seleccionar el tipo de rehabilitación que se empleó, si no ha sido reforzada colocar *Sin refuerzo*.
16. Si se modificó la estructura, colocar el año en que se realizaron esos trabajos, en el caso de que no haya sido modificada colocar un cero (0).
17. Realizar un pequeño croquis de la planta baja de la estructura y fotografiarlo.
18. Indicar los daños que tuvo la estructura debido al evento sísmico. Para ello, guiarse de la siguiente tabla que cataloga el nivel de daño según el espesor de grietas que presenta el elemento.

Severidad del daño de acuerdo a las NTC Rehabilitación

	Grietas en concreto	Grietas en muros de mampostería sin refuerzo	Grietas en muros de mampostería no estructural
Ligero	<input type="checkbox"/> ≤ 0.2 mm	<input type="checkbox"/> ≤ 1 mm	<input type="checkbox"/> ≤ 5 mm
Intermedio	<input type="checkbox"/> > 0.2 mm y ≤ 1 mm	<input type="checkbox"/> > 1 mm y ≤ 5 mm	<input type="checkbox"/> > 5 mm y ≤ 10 mm
Grave	<input type="checkbox"/> > 1 mm	<input type="checkbox"/> > 5 mm	<input type="checkbox"/> > 10 mm
	<input type="checkbox"/> Acero expuesto <input type="checkbox"/> Acero pandeado <input type="checkbox"/> Aplastamiento del Concreto	<input type="checkbox"/> Piezas aplastadas <input type="checkbox"/> Piezas desprendidas <input type="checkbox"/> Grietas en forma de cono por fallas en cortante	<input type="checkbox"/> Piezas aplastadas <input type="checkbox"/> Piezas desprendidas <input type="checkbox"/> Grietas en forma de cono por fallas en cortante

Clasificación obtenida de las NTC rehabilitación 2017, publicadas en el DOF el 4 de diciembre 2017.

Para consultar oprima [aquí](#).



19. En el apartado de *Daños estructurales 2 parte*, indicar si la estructura presentó alguno de los daños indicados.



20. Marcar si hubo daños no estructurales en los campos que se indican.
21. Reportar si hubo daño en las instalaciones del edificio, en el sistema hidrosanitario, de gas y en las telecomunicaciones.



22. Describir brevemente el daño en las instalaciones; si no hubo daño, escribir *No aplica*.



23. Tomar algunas fotografías de los daños más notorios en el edificio.

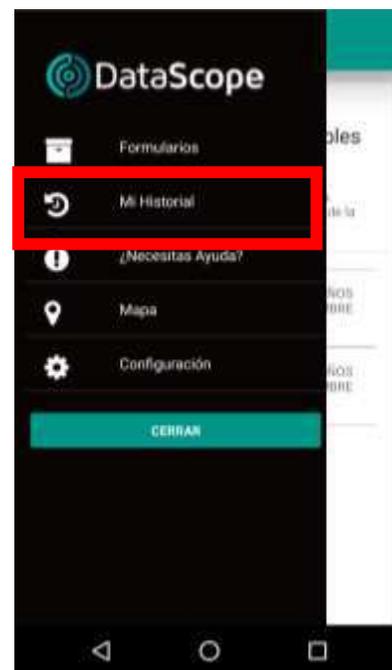
24. Observaciones: mencionar si los daños aparecieron a consecuencia del sismo o son por otro motivo o combinación de ambos. Además, en qué nivel del edificio se presentan los daños; si el edificio se encuentra en algún tipo de riesgo como de ladera, cuencas, cañadas, barrancas, cañones susceptibles a erosión, cercanía con márgenes de ríos o arroyos, zonas inundables, zonas industriales, vías férreas u otro tipo de aclaraciones.



Al finalizar se mostrarán todos los datos ingresados previamente; si se desea modificar algún campo, oprimir el botón *Atrás*, hasta llegar al campo que se desee cambiar. Al oprimir el botón atrás NO se borra la información ya capturada. Si se desea realizar una modificación posterior, es importante no oprimir el botón de finalizar, en caso contrario el formulario se enviará a la base de datos con la información errónea.



Al concluir cada uno de los registros de los edificios, ir al menú y seleccionar el apartado mi Historial.



Ahí se podrán ver los formularios realizados; en la pestaña de pendientes se encontrarán los formularios que se han realizado pero que se han dejado para una revisión posterior.



Si se oprime algún registro pendiente, se podrán ver los datos llenados y modificarlos, en caso de ser necesario.

En el apartado de completadas se podrán ver los formularios realizados y enviados a la base de datos.



Contacto en caso de cualquier duda:

Correo:

inifedformulario@gmail.com

Teléfono:

(52) 5552520870

WhatsApp

(52) 5552520870

Material de apoyo:

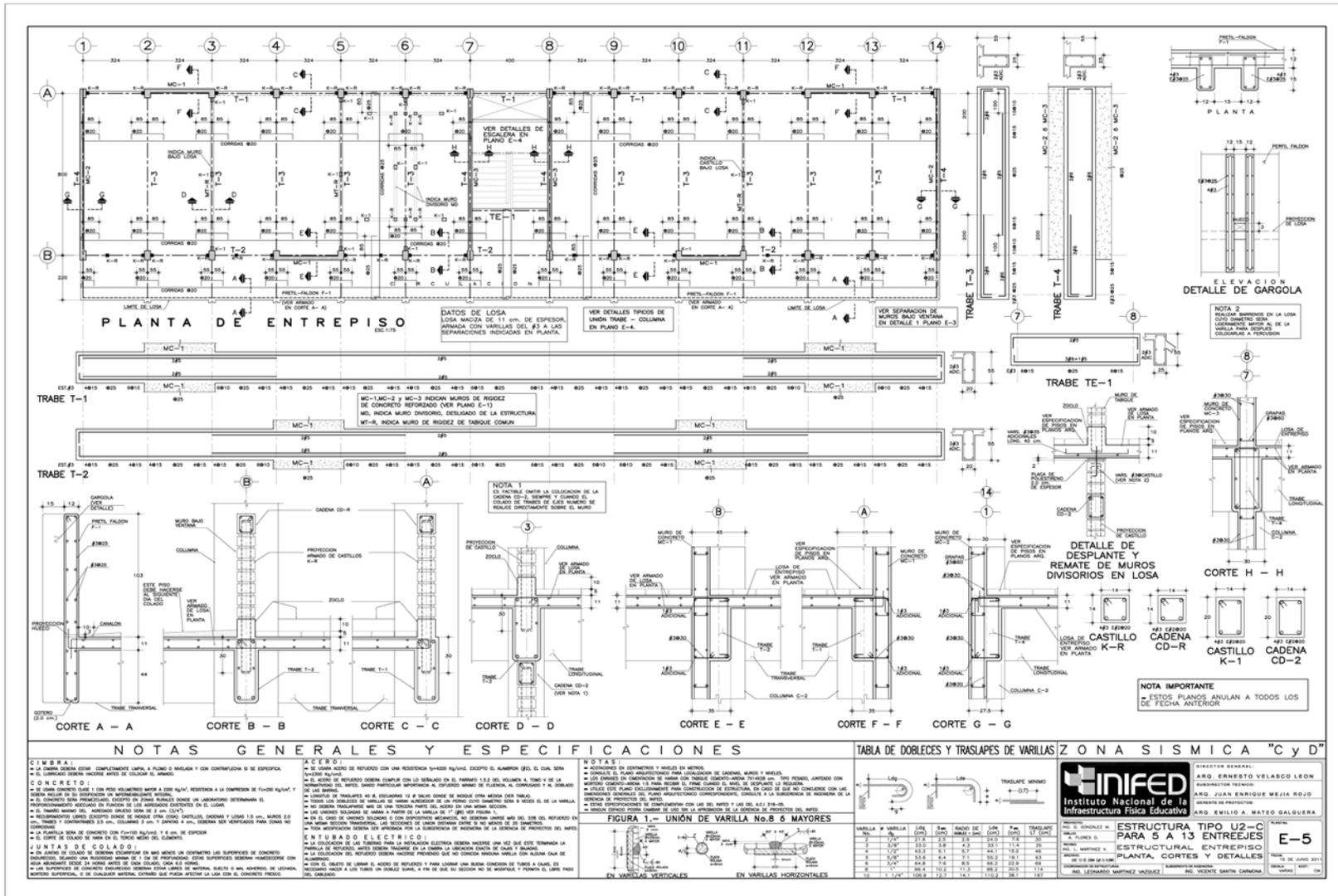
Video tutorial:

https://youtu.be/uHc_bTLXI5U

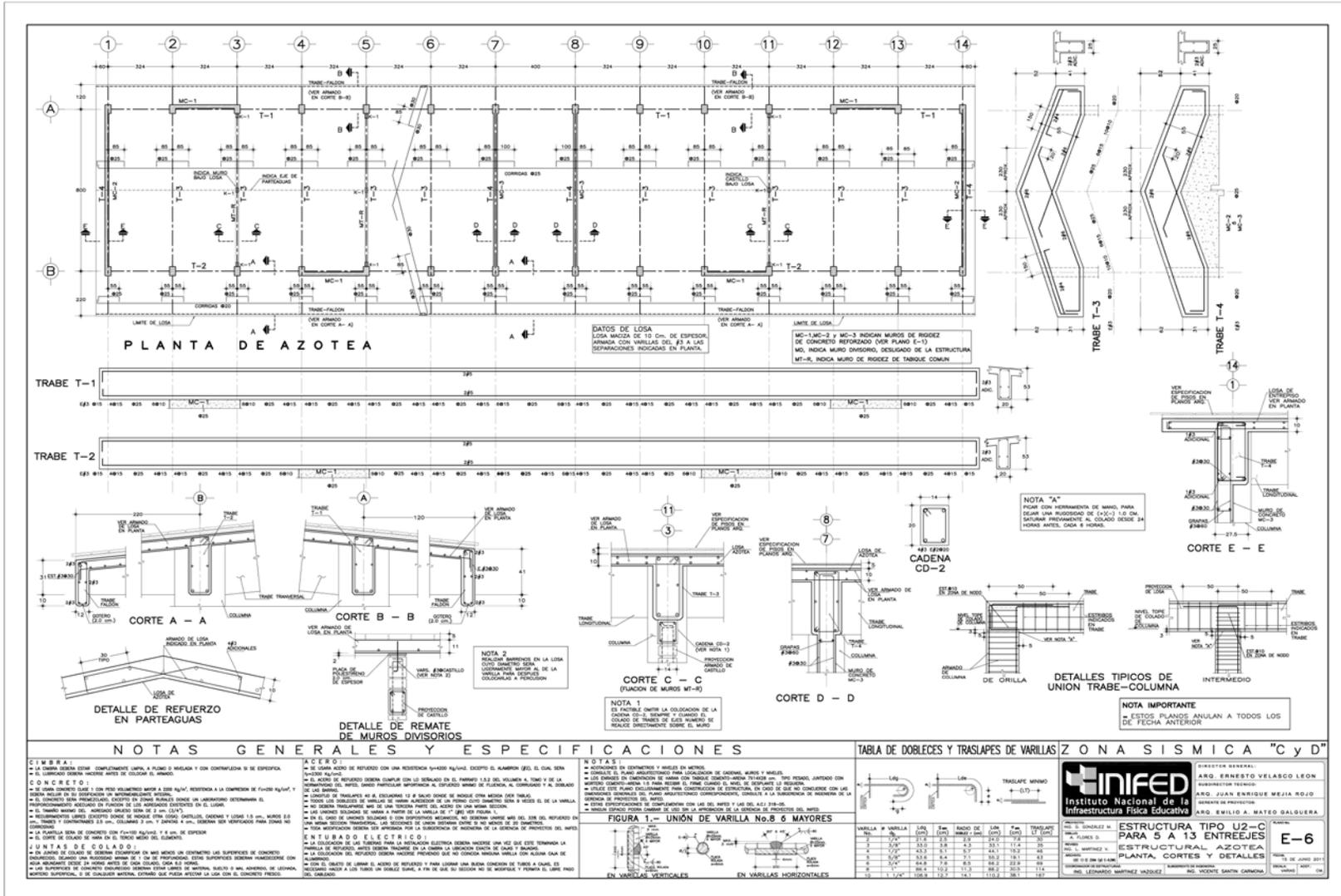
GPSLOCATION, aplicación para saber las coordenadas gps.

<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.narkira.gpslocation>

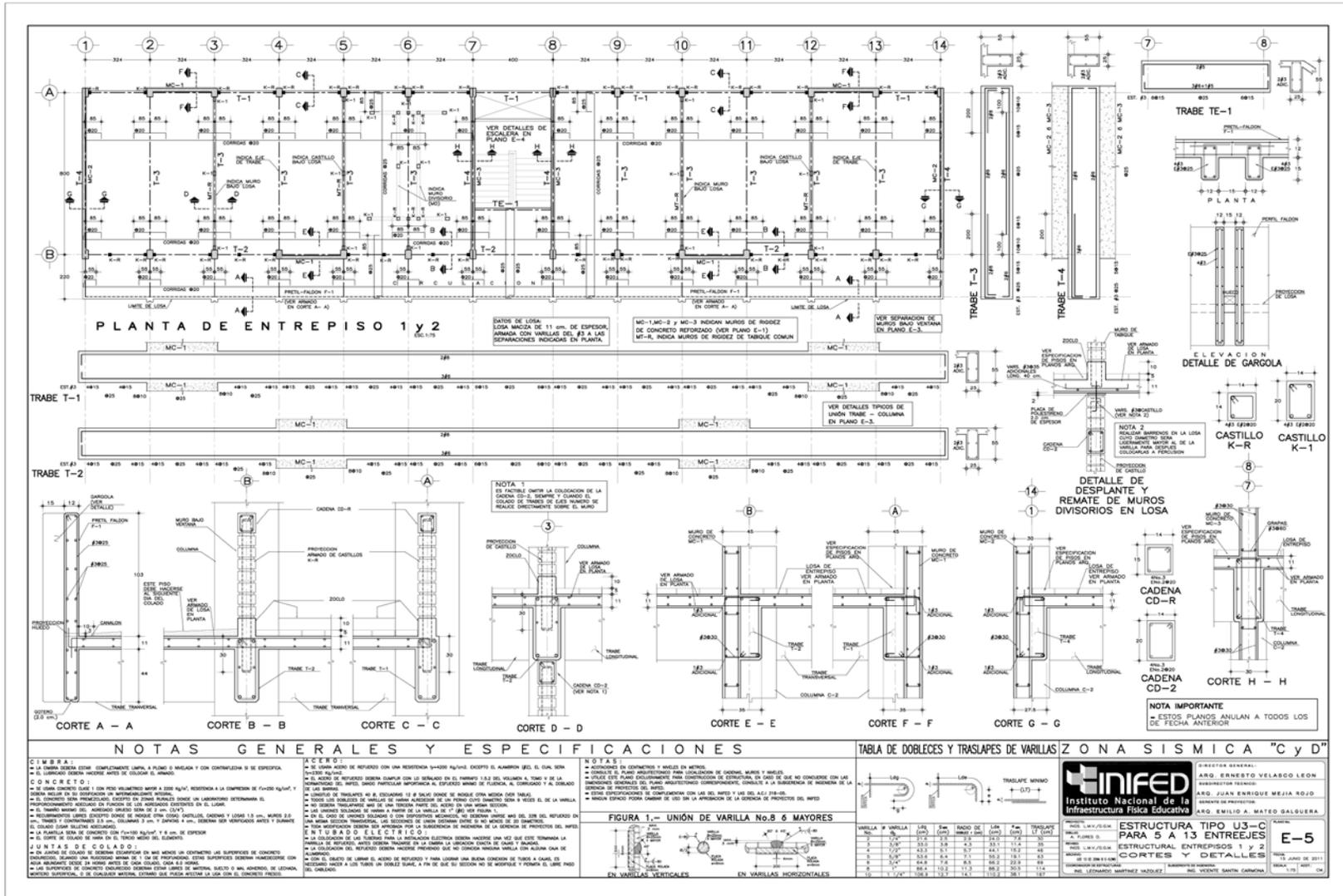
Prototipo U2-C planta de entrespiso



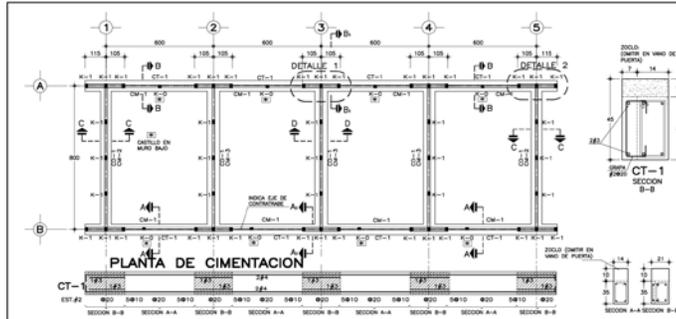
Prototipo U2-C planta de azotea



Prototipo U3-C planta de entrespiso

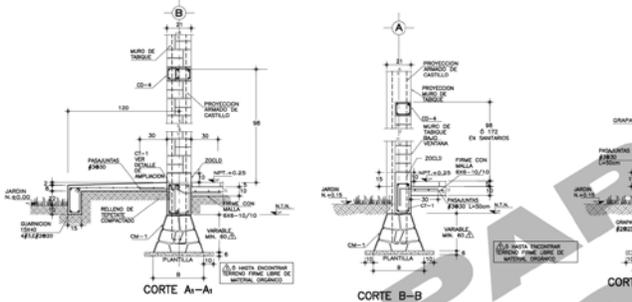


Prototipo Regional 6x8 m de 4 aulas planta de cimentación



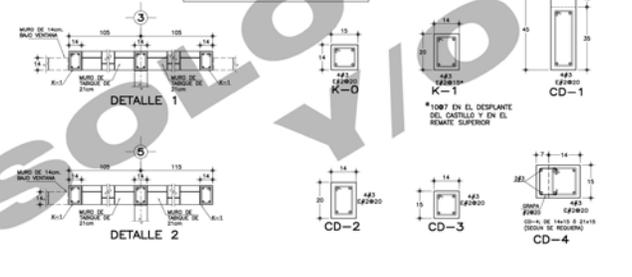
NOTA IMPORTANTE:
 EN LA ELABORACION DEL CONCRETO PARA COLUMNAS CD-1 CONTIENE CT-1, ZOGLOS, TRAMES Y LOSA DE AZOSTA DEBEN RECORRER UN MANTENIMIENTO INTERNO, ATENDIENDO LAS ESPECIFICACIONES DE LA FICHA TECNICA DEL PROVEEDOR.

LIMITANTES:
 EL PRESENTE PROYECTO NO FORMA SER VIGENTE A CUATRO ESPACIOS DE 600x600.



NOTA:
 LA PRESENTE SOLUCION DE CIMENTACION NO APLICA PARA EL CASO DE SERVICIOS CON ANCLAS EXTERNAS, SINO QUE DEBEN REFERIRSE A ESTE INSTITUTO PARA PROPORCIONAR LA CIMENTACION ADECUADA PARA ESTE TIPO DE SERVICIOS.

NOTA IMPORTANTE:
 EL PRESENTE PROYECTO NO CONTIENE LA UBICACION DE ESTA ESTRUCTURA REGIONAL EN ZONAS DE RIESGO COMO LADERALES, NI DE VALLES IMPORFECTOS, NI DE RIOS, NI DE ZONAS INUNDABLES ENTRE OTROS, POR LO QUE SE DEBE VERIFICAR DE CONFORMIDAD A UN ESPECIALISTA QUE EMITA LAS RECOMENDACIONES NECESARIAS PARA LA PROTECCION DEL EDIFICIO.



ALTERNATIVA CON ZAPATAS DE CONCRETO			ALTERNATIVA CON CIMENTOS DE PIEDRA		
<p>$R^* = 3 \text{ ton/m}^2$</p>			<p>$R^* = 3 \text{ ton/m}^2$</p>		
ZAPATA	#	ARMADO	ZAPATA	#	ARMADO
2-1	30	15 #2000 4#3	2-1	30	15 #2000 4#3
2-2	110	15 #2000 5#3	2-2	110	15 #2000 5#3
2-3	130	15 #2000 6#3	2-3	130	15 #2000 6#3
<p>$R^* = 5 \text{ o } 7,5 \text{ ton/m}^2$</p>			<p>$R^* = 5 \text{ o } 7,5 \text{ ton/m}^2$</p>		
ZAPATA	#	ARMADO	ZAPATA	#	ARMADO
2-1	50	15 #2000 3#3	2-1	50	15 #2000 3#3
2-2	80	15 #2000 4#3	2-2	80	15 #2000 4#3
2-3	100	15 #2000 5#3	2-3	100	15 #2000 5#3
<p>$R^* = 10 \text{ ton/m}^2$ o MANTEN</p>			<p>$R^* = 10 \text{ ton/m}^2$ o MANTEN</p>		
ZAPATA	#	ARMADO	ZAPATA	#	ARMADO
2-1	40	15 #2000 3#3	2-1	40	15 #2000 3#3
2-2	50	15 #2000 3#3	2-2	50	15 #2000 3#3
2-3	60	15 #2000 3#3	2-3	60	15 #2000 3#3

ESPECIFICACIONES:
ESTRUCTURA:
 A BASE DE MUROS DE CARGA DE TABIQUE DE MARRO REDUCIDO DE 70x140 CONFINADOS CON CANTARRAS Y CASTILLOS, UNIDOS CON MORTERO DEBIDO AREA EN PROPORCION 1:3
LOSA DE CONCRETO ARMADO APARENTE LIGERO:
 INTERIOR ACABADO CON PINTURA ANILACA
MUROS:
 LOS CANTARRAS, INTERIORES Y MORTEROS, SERAN DE TIPO COMAL ACABADO APARENTE O APURADO EN AMBAS CARAS CON MORTERO TRAZADO, CANCHAL-CA-HEBEN EN PROPORCION 1:2:6 ACABADO FRIO CON LUNA DE MARRON Y PINTURA MARRON
PISOS:
 INTERIORES DE 10 cm. DE ESPESOR $F_{ck}=10000 \text{ kg/cm}^2$ EN OPERACIONES DE CONCRETO PULIDO BRANCO
 FRIO EN EL CENTRO DE LA PENDIENTE LOS ZOGLOS A HECHO A CADA 300 mm ACABADOS CON SOLICADOS

ESPECIFICACIONES:
CIMENTOS DE PIEDRA BRAZA:
 EN LA ELABORACION DEL CONCRETO PARA COLUMNAS CD-1 CONTIENE CT-1, ZOGLOS, TRAMES Y LOSA DE AZOSTA DEBEN RECORRER UN MANTENIMIENTO INTERNO, ATENDIENDO LAS ESPECIFICACIONES DE LA FICHA TECNICA DEL PROVEEDOR.
LIMITANTES:
 EL PRESENTE PROYECTO NO FORMA SER VIGENTE A CUATRO ESPACIOS DE 600x600.

TABLA DE DOBLES Y TRASLAPES DE VARILLAS

VARILLA	VARILLA	LONG. (cm)	FRASCO DE CEMENTO (kg)	FRASCO DE AGUA (litros)	FRASCO DE CEMENTO (kg)	FRASCO DE AGUA (litros)	FRASCO DE CEMENTO (kg)	FRASCO DE AGUA (litros)
1	2	100	1.2	1.2	2.1	2.1	2.1	2.1
2	3	150	2.1	2.1	4.2	4.2	4.2	4.2
3	4	200	3.0	3.0	6.0	6.0	6.0	6.0
4	5	250	3.9	3.9	7.8	7.8	7.8	7.8
5	6	300	4.8	4.8	9.6	9.6	9.6	9.6
6	7	350	5.7	5.7	11.4	11.4	11.4	11.4
7	8	400	6.6	6.6	13.2	13.2	13.2	13.2
8	9	450	7.5	7.5	15.0	15.0	15.0	15.0
9	10	500	8.4	8.4	16.8	16.8	16.8	16.8
10	11	550	9.3	9.3	18.6	18.6	18.6	18.6
11	12	600	10.2	10.2	20.4	20.4	20.4	20.4

ESPECIFICACIONES:
C I M B R A:
 LA CIMENTA DEBERA ESTAR COMPLETAMENTE LAMPA, A PLUMB O MEDIDA Y CON CONTINUIDAD EN SU EJECUCION.
C O N C R E T O:
 EL CONCRETO DEBERA SER DE TIPO COMAL ACABADO APARENTE O APURADO EN AMBAS CARAS CON MORTERO TRAZADO, CANCHAL-CA-HEBEN EN PROPORCION 1:2:6 ACABADO FRIO CON LUNA DE MARRON Y PINTURA MARRON.
AGREGADOS PIERROS:
 LA ARENA PARA LA MEZCLA DE CEMENTO DEBE SER DE TIPO COMAL ACABADO APARENTE O APURADO EN AMBAS CARAS CON MORTERO TRAZADO, CANCHAL-CA-HEBEN EN PROPORCION 1:2:6 ACABADO FRIO CON LUNA DE MARRON Y PINTURA MARRON.
ACERO:
 EL ACERO DEBEN SER DE TIPO COMAL ACABADO APARENTE O APURADO EN AMBAS CARAS CON MORTERO TRAZADO, CANCHAL-CA-HEBEN EN PROPORCION 1:2:6 ACABADO FRIO CON LUNA DE MARRON Y PINTURA MARRON.

AGREGADOS PIERROS:
 LA ARENA PARA LA MEZCLA DE CEMENTO DEBE SER DE TIPO COMAL ACABADO APARENTE O APURADO EN AMBAS CARAS CON MORTERO TRAZADO, CANCHAL-CA-HEBEN EN PROPORCION 1:2:6 ACABADO FRIO CON LUNA DE MARRON Y PINTURA MARRON.
ACERO:
 EL ACERO DEBEN SER DE TIPO COMAL ACABADO APARENTE O APURADO EN AMBAS CARAS CON MORTERO TRAZADO, CANCHAL-CA-HEBEN EN PROPORCION 1:2:6 ACABADO FRIO CON LUNA DE MARRON Y PINTURA MARRON.

NOTAS:
 EL PRESENTE PROYECTO NO CONTIENE LA UBICACION DE ESTA ESTRUCTURA REGIONAL EN ZONAS DE RIESGO COMO LADERALES, NI DE VALLES IMPORFECTOS, NI DE RIOS, NI DE ZONAS INUNDABLES ENTRE OTROS, POR LO QUE SE DEBE VERIFICAR DE CONFORMIDAD A UN ESPECIALISTA QUE EMITA LAS RECOMENDACIONES NECESARIAS PARA LA PROTECCION DEL EDIFICIO.

ZONAS SISMICAS CISMED "CD"

INIFED
 Instituto Nacional de la Infraestructura Física Educativa

ESTRUCTURA REGIONAL RC-17

E-1

Prototipo A-70 rigidizada planta de cimentación

