



SEGURIDAD

SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



CENAPRED

CENTRO NACIONAL DE
PREVENCIÓN DE DESASTRES

COORDINACIÓN NACIONAL DE PROTECCIÓN CIVIL CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN DE DESASTRES

DESARROLLO DE FUNCIONES DE VULNERABILIDAD ANTE INUNDACIONES FLUVIALES PARA LA INFRAESTRUCTURA DE EDUCACIÓN BÁSICA, ETAPA 1

M.I. HUMBERTO GUZMÁN GARCÍA

ING. NINA DANAÉ RAMÍREZ GONZÁLEZ

DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN
SUBDIRECCIÓN DE RIESGOS POR INUNDACIÓN

FEBRERO, 2019



SEGURIDAD

SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



CENAPRED

CENTRO NACIONAL DE
PREVENCIÓN DE DESASTRES



Av. Delfín Madrigal No. 665, Col. Pedregal de Santo Domingo, Alcaldía Coyoacán
Ciudad de México, C.P. 04360, Tel. 52+(55) 5424 6100, www.gob.mx/cenapred

Los avisos de privacidad están disponibles para consulta en <https://www.gob.mx/cenapred/es/documentos/avisos-de-privacidad-del-cenapred>



ÍNDICE

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.....	4
1.1 ANTECEDENTES.....	5
1.1.1 Inundaciones históricas en México	5
1.1.2 Funciones de vulnerabilidad	10
1.1.3 Infraestructura de educación básica en México.....	15
CAPÍTULO 2. CASOS DE ESTUDIO	17
2.1 Aguascalientes, Aguascalientes	17
2.2 Huixtla, Chiapas.....	28
CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA.....	32
3.1 Uso de la Herramienta Street View para hacer levantamiento de infraestructura	37
3.1.1 Consideraciones.....	38
CAPÍTULO 4. RESULTADOS.....	41
CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES.....	45
CAPÍTULO 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46



CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

México es un país con una gran variedad de recursos naturales, esto gracias a la ubicación geográfica en la que se encuentra; sin embargo, es susceptible al impacto de diferentes fenómenos de origen natural como son: sismos, huracanes, erupciones volcánicas, tornados, entre otros, los cuales cada año generan grandes pérdidas económicas y humanas. Algunos de éstos se presentan con mayor frecuencia en nuestro país y generan daños en diversos sectores socioeconómicos, como son los ciclones tropicales y los frentes fríos. Por ejemplo, en 2017, cuatro ciclones tocaron tierra provenientes del océano Pacífico, mientras que en el Atlántico sólo dos impactaron territorio mexicano. Al igual que los ciclones, los frentes fríos también tienen presencia en varias zonas del país, los cuales generan importantes inundaciones, a lo largo y ancho del territorio.

El total de eventos de inundación en 2017 fue de 370, el estado de Chiapas tuvo el mayor número de registros, durante julio, agosto y septiembre con el 60% de los casos en dicho año.

Es por ello que, ante la necesidad que tiene el país de estar preparado ante estos fenómenos hidrometeorológicos, se han desarrollado diversas estrategias que ayudan a las autoridades a la prevención y gestión del peligro que representa para la población. Los esquemas de prevención se definen considerando los tres aspectos fundamentales que impactan en la determinación del riesgo:

- Conocimiento de los niveles de peligro asociados a los fenómenos
- Identificación de las características de la vulnerabilidad del sistema afectable
- Conocimiento de las características y niveles de exposición del sistema afectable.

En lo que se refiere a las inundaciones hay dos tipos de medidas para la mitigación de daños: estructurales y no estructurales. Dentro de las primeras se encuentran obras de regulación, obras de rectificación de cuerpos de agua, obras de protección como construcción de diques, bordos y canales. Por otro lado, las medidas no estructuradas se basan en la planeación, organización, coordinación y ejecución de acciones para disminuir los daños como son los atlas de riesgos, simulacros e infografías.



Para la elaboración de los atlas de riesgos, es primordial conocer la vulnerabilidad de la vivienda de la población, es por ello que el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) desarrolló una serie de funciones de vulnerabilidad acorde a la tipología de vivienda con la que cuenta el país, estas funciones sirven para establecer una relación entre el nivel de agua durante una inundación, parámetro considerado para representar la intensidad de los fenómenos que ocasionan algún peligro.

Debido a la importancia que representa contar con este tipo de funciones, se determinó que para realizar un análisis más profundo y una estimación de daños más exacto, es necesario abarcar otro tipo de infraestructura estratégica, que pueda estar expuesta a las inundaciones, es por ello que este estudio tiene como objetivo la elaboración de funciones de vulnerabilidad para el sector educativo de nivel básico (preescolar, primaria y secundaria), las cuales logran relacionar el nivel de agua alcanzado durante una inundación, los daños provocados a la infraestructura y las afectaciones a los enseres de la misma.

1.1 ANTECEDENTES

1.1.1 Inundaciones históricas en México

En México cada año ocurren desastres originados por fenómenos hidrometeorológicos, siendo las inundaciones las más frecuentes, por ello durante los últimos cuatro años se ha compilado información sobre las afectaciones por este fenómeno, con el fin de tener un registro que pueda ayudar para una mejor gestión de riesgo en materia de Protección Civil. Por otra parte, el CENAPRED de forma anual publica el libro *Características e impacto socioeconómico de los principales desastres ocurridos en la república Mexicana*, en la *tabla 1* se presenta un resumen de las afectaciones por inundaciones y sus causas entre 2000 y 2016, mientras que la *tabla 2* muestra el número de escuelas afectadas por este fenómeno en el mismo intervalo de tiempo.



Tabla 1. Afectaciones por inundaciones en la República Mexicana

Año	Fenómeno	Estado	Daños directos (millones de pesos)	Descripción	Escuelas afectadas
2000	Lluvias torrenciales (Huracán Keith en su etapa de dispersión y el frente frío núm. 4)	Sonora	63.936	La precipitación máxima registrada fue de 120 mm, mientras que la presa El Cuchillo recibió en 24 h, 130 millones de metros cúbicos. Ocasionó inundaciones en varios municipios de diferentes estados de los que se registraron 1718 viviendas dañadas sólo en Nuevo León	-
		Nuevo León	115.6		
		Tamaulipas	117.167		
		Quintana Roo	39.716		
		Chiapas	25.569		
2001	Huracán Juliette	Sonora	1755.3	Las lluvias registradas fueron de 273 mm en el valle del Yaqui, 380 mm en el valle del Mayo y 327 mm en el valle de Guaymas y cuenca del arroyo Matapé. Lo que provocó avenidas extraordinarias e inundaciones significativas en varias regiones del estado de Sonora. Se estima una población afectada de 22,365, así como el deceso de nueve personas.	2
		Baja California Sur			
2002	Huracán Isidore	Yucatán	8,877.55	Las afectaciones fueron 1,689,532 personas, 89,681 viviendas, 266,678 hectáreas de cultivo y provocó cuatro decesos, así como inundaciones de hasta 50 cm de altura y efectos de erosión en la playa de Telchac en Yucatán.	-
		Campeche			
2003	Lluvias torrenciales	Guanajuato	996.34	Las lluvias fueron ocasionadas debido a la presencia de una línea de vaguada que se extendió sobre la Mesa Norte y la Mesa Central, así como por la presencia de ondas tropicales 40, 41, 43, 44, 45 y 46. Dichas lluvias generaron el incremento y desbordamiento en varios ríos y arroyos, ocasionando inundaciones en municipios ribereños. En total fueron afectadas 25,780 personas, 5,056 viviendas y 78,175 hectáreas de cultivo, se registró el deceso de nueve personas.	532
2004	Lluvias atípicas	Coahuila	156.4	Las precipitaciones registradas durante el 4 y 5 abril de 2004, en el norte de Coahuila, ocasionaron desbordamientos del río Escondido e	20



Año	Fenómeno	Estado	Daños directos (millones de pesos)	Descripción	Escuelas afectadas
				inundaciones, provocaron daños en varios municipios y produjeron la muerte de 38 personas y siete desaparecidas, dejando 6,692 personas afectadas y 1,673 viviendas dañadas.	
2005	Huracán Stan	Chiapas	15,031.50	Las lluvias torrenciales, inundaciones y deslaves causados por Stan en México, dejó 275,190 personas afectadas, 55,038 daños en viviendas y un total de 98 decesos (86 de ellos en Chiapas). El 71% de los daños totales ocurrieron en Chiapas, seguido por Veracruz (12%) y por Oaxaca (8%) que fueron los tres estados que registraron el mayor impacto.	-
		Oaxaca	1,757		
		Veracruz	2,535.70		
		Puebla	917.3		
		Hidalgo	819.8		
2006	Huracán Lane	Colima	162.4	Debido a su intensidad generó fuertes vientos y lluvia intensa, principalmente en el distrito de riego valle de San Ignacio, que se localiza en el municipio de Culiacán, así como oleaje y marea de tormenta altos en la costa centro-sur de Sinaloa. Otros municipios donde causó daños importantes fueron Elota, San Ignacio y Mazatlán. En total 154,680 personas resultaron afectadas, 4,139 viviendas sufrieron daños, 57,587 hectáreas de cultivos fueron dañadas y se registraron dos decesos	14
		Sinaloa	1,922.80		149
		Jalisco	134.1		12
2007	Huracán Dean	Veracruz	3,036.20	Dean impactó directamente en ocho estados de la República Mexicana, convirtiéndose en uno de los fenómenos más destructivos de los últimos años. La población afectada fue de 193,249, en 264 municipios, 36,510 viviendas con daños y nueve decesos.	59
		Hidalgo	2,369.70		218
		Quintana Roo	2,337.50		292
		Puebla	1,218.90		350
2008	Lluvias torrenciales	Tabasco	4,598.20	Lluvias atípicas en la región de la cuenca Grijalva-Usumacinta se vio afectada por la presencia de varias ondas tropicales que interactuaron con bajas presiones y vaguadas, así como los frentes fríos 2, 3, 4, 5 y 6. Las afectaciones fueron en 2,525 viviendas, 41,800 personas afectadas y un deceso.	456
2009	Lluvias torrenciales	Tabasco	2,465.20	Por tercer año consecutivo Tabasco presentó severas inundaciones. Las lluvias impactaron en la región de la Chontalpa en comunidades de los	421



Año	Fenómeno	Estado	Daños directos (millones de pesos)	Descripción	Escuelas afectadas
				municipios de: Cárdenas, Comalcalco, Cunduacán, Huimanguillo y Paraíso, dejando 2,369 viviendas dañadas, 214,736 personas afectadas.	
2010	Huracán Alex	Tamaulipas	2,101.64	De los tres estados afectados Nuevo León fue el que concentró la mayor proporción de daños y pérdidas (86%), seguido por Tamaulipas (8.3%) y Coahuila (5.7%), se declararon 118 municipios en desastre. Se registraron 21 decesos, más de 16,000 viviendas afectadas y 58 mil personas evacuadas.	230
		Nuevo León	21,500.86		1502
		Coahuila	1,430.36		-
2011	Lluvias Torrenciales	Tabasco	10,304.50	En esta ocasión, 16 municipios fueron declarados en desastre por inundaciones, se registraron 347,925 personas afectadas y 2,289 viviendas dañadas.	3723
2012	Huracán Ernesto	Guerrero	170.60	Causó daños significativos en seis entidades, aunque sus efectos se sintieron en 18 estados. Dicho fenómeno impactó en dos veces el territorio mexicano y provocó 14 muertos. Los daños fueron en 4,000 viviendas y más de 31,000 personas afectadas.	233
		Oaxaca	1,135.50		345
		Campeche	326.30		64
		Chiapas	532.30		-
		Quintana Roo	209.80		-
		Veracruz	5,832.60		68
2013	Huracanes Ingrid y Manuel	Guerrero	23,441	Se presentó el efecto combinado de dos ciclones que generaron un intenso y prolongado temporal de lluvias, que provocaron inundaciones y deslizamientos de tierra. La interacción de éstos constituyó un hecho histórico que no se presentaba desde 1958. Los daños fueron en 11,538 viviendas y 1,147,965 personas afectadas, dejando 105 decesos.	510
		Sinaloa	3,039		1027
		Nuevo León	2,445.90		196
		Durango	2,437.90		35
		Hidalgo	1,357.50		62
		Tamaulipas	1,059.30		36
		Michoacán	1,048.00		39
2014	Huracán Odile	Baja California Sur	24,133.20	En septiembre golpeó principalmente a Baja California Sur, registró 73.2% del total de daños y pérdidas en 2014 de acuerdo a los desastres ocurridos en dicho años. Se registraron 5,071 viviendas dañadas, 667,635 personas afectadas y el deceso de 6 personas.	923
		Sinaloa	3.04		0
		Sonora	22.40		0
2015	Huracán Patricia	Jalisco	1.74	Los pronósticos estimaban que el huracán Patricia sería el más poderoso jamás registrado, no sólo en la historia de México sino del mundo, los efectos, una vez que tocó tierra, no fueron de	10
		Colima	1.54		0
		Michoacán	0.72		0



Año	Fenómeno	Estado	Daños directos (millones de pesos)	Descripción	Escuelas afectadas
				las dimensiones esperadas, Se reportaron 1,462 vivienda dañadas y	
2016	Tormenta Tropical Earl	Puebla	2,092.00	Se registraron 1,067 viviendas dañadas en 11 municipios, los mayores efectos fueron en Huauchinango, en dos días llovió lo equivalente a un mes, se estima más de 9,820 personas afectadas y 41 decesos.	30

Fuente: CENAPRED.

Tabla 2. Número de escuelas afectadas por inundaciones en la República Mexicana

Año	Número de escuelas afectadas por lluvias e inundaciones	Número de escuelas con afectaciones por lluvias, inundaciones y ciclones
2001	-	293
2002	-	3467
2003	-	963
2004	-	87
2005	-	2522
2006	-	395
2007	-	5439
2008	-	661
2009	-	869
2010	2177	4075
2011	3777	3882
2012	10	491
2013	75	2253
2014	18	14828
2015	353	738
2016	106	106

Fuente: CENAPRED

1.1.2 Funciones de vulnerabilidad

En México y en el mundo se han realizado diferentes estudios con el fin de desarrollar metodologías para estimar funciones de vulnerabilidad relacionando la profundidad de la inundación y el daño generado, para este proyecto se realizó una revisión bibliográfica sobre el tema.

Por ejemplo, una metodología desarrollada en Brasil se basa principalmente en obtener las funciones de vulnerabilidad con ayuda de la profundidad de inundación convirtiéndolas en valores monetarios. De manera inicial se consideraron diferentes tipos de usos de tierra clasificados por sectores: residencial, comercial, servicios, industrial e infraestructura para servicios públicos. Finalmente, el estudio se centró en las curvas de daño contra inundación para el sector residencial (*Figura 1*).

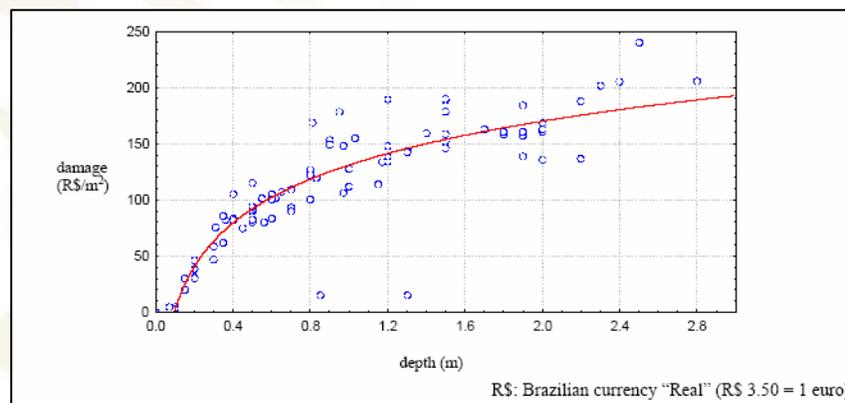


Figura 1. Ejemplo de curvas de daño por inundación obtenidas para Brasil. Fuente: Huerta B. et al (2006).

Otro estudio, pero ahora alemán, propone curvas de daño por inundación para diferentes tipos de edificios, así como también para diferentes tipos de contenidos dependiendo del uso del edificio.

Se aplicaron tres métodos para determinar los daños por inundación. Se empezó aplicando un primer método con una escala a nivel macro de toda la región; posteriormente se utilizó una segunda metodología a nivel medio (meso); esto es, se localizaron aquellas zonas costeras bajas para realizar esta parte del estudio. Finalmente, se hizo un análisis a nivel micro, donde se seleccionaron a seis ciudades y municipios para obtener la evolución de daño (*Figura 2*).

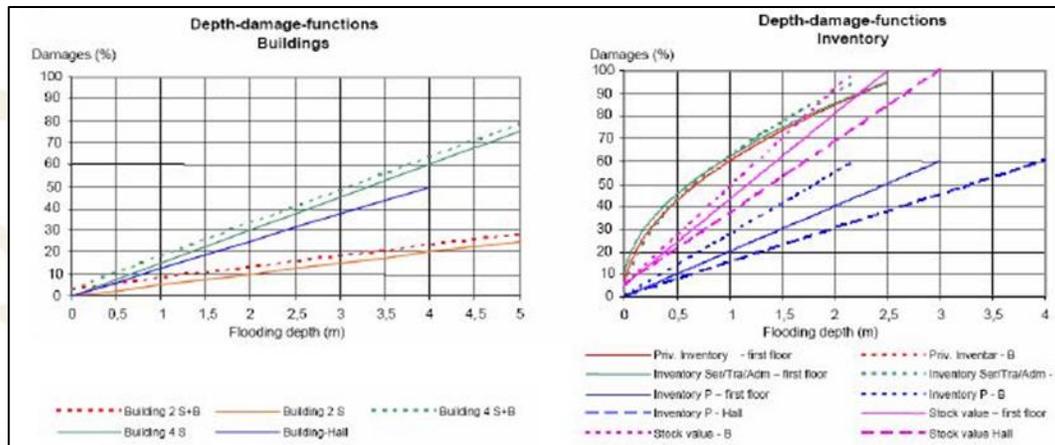


Figura 2. Curvas de daño por inundación obtenidas para Alemania. Fuente: Huerta B. et al. (2006).

Por su parte, la primera propuesta aplicable a México tomó en cuenta las formas mostradas en los dos estudios anteriores. En este trabajo se contemplan los usos más comunes de edificios asegurados en México.

Es importante aclarar que los resultados obtenidos de estos análisis no deben emplearse directamente en estimación de pérdidas, estas funciones requieren un modelo de incertidumbre apropiado, el cual debe resultar de la investigación más detallada de los datos de siniestros o de ejercicios numéricos apropiados.

En esta metodología se proponen diferentes configuraciones y valores de los contenidos y elementos no estructurales, para diferentes usos de inmuebles como hoteles, casas habitación, oficinas, bodegas, entre otros.

La Figura 3 muestra los contenidos de una habitación sencilla de hotel en planta baja, la primera columna describe el tipo de contenidos, la segunda su valor en porcentaje respecto al valor total de éstos, las columnas en rojo son los porcentajes de daños *supuestos* para cada objeto debido a los diferentes valores de profundidad de inundación en metros. En estos ejercicios participaron varios expertos y cada uno propuso valores de daño, para los objetos ejemplificados en la Figura 3 y en todos los casos analizados, discutiéndose las mayores discrepancias de los valores generados por cada uno y obteniendo valores promedio para su análisis, los ejercicios sólo se realizaron para estructuras de un nivel.

Descripción	Valor (%)	% de daño para diferentes profundidades (m)				
		0.05	0.5	1.0	1.5	2.5
Cama	11.30%	2%	90%	100%	100%	100%
Mesas de noche	0.90%	2%	30%	90%	100%	100%
Lámparas	0.90%	0%	0%	70%	90%	100%
Teléfono	0.27%	0%	0%	100%	100%	100%
Tocador/espejo	2.71%	5%	50%	80%	90%	100%
Televisión	1.81%	0%	0%	100%	100%	100%
Clóset	1.36%	5%	40%	60%	70%	100%
Plancha	0.32%	0%	0%	100%	100%	100%
Burro	0.14%	5%	40%	80%	90%	100%
Caja seguridad	1.58%	0%	0%	20%	50%	60%
Cortinas/baño	0.23%	0%	10%	20%	30%	30%
Secadora	0.23%	0%	0%	100%	100%	100%

Figura 3. Ejemplo de inventario y daño por inundación para un cuarto de hotel en planta baja. Fuente: Huerta B. et al. (2006).

Los resultados promedio se ajustaron a las curvas que de manera conceptual y preliminar se muestran en este estudio. Las curvas obtenidas con esta metodología contemplan el daño tanto para contenidos como para estructura.

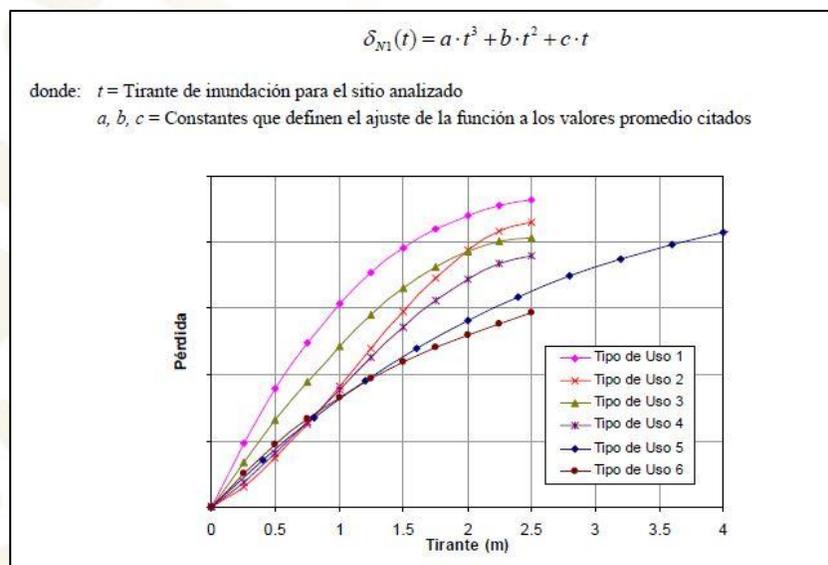


Figura 4. Ejemplo de funciones de vulnerabilidad de inundación para estructura y contenidos. Fuente: Huerta B. et al. (2006).

Para varios niveles se extrapoló la función conceptual de daño de un nivel, en el caso de que los valores y la densidad de contenidos se mantendrán constantes con el número de niveles, de esta forma se obtuvo una expresión general para cualquier nivel y profundidad de agua, la cual se muestra en la siguiente ecuación:

Ecuación 1. Daños ocasionados por inundaciones para diferentes profundidades y niveles de la estructura

$$\delta = \frac{\delta_{N1max} * (N_{st} - 1) + \delta_{N1}(\tilde{t})}{N_T}$$

donde: δ_{N1max} =Daño máximo de la función para un nivel, ec. 1 para tirante máximo.

$\delta_{N1}(\tilde{t})$ =Daño para un tirante relativo sobre los niveles completamente Inundados.

$\tilde{t} = t - h_N * (N_{st} - 1)$, profundidad relativa sobre los niveles inundados.

h_N =Altura de entresiso.

$N_{st} = Ent_{SUP} \left(\frac{t}{h_N} \right)$, nivel donde se encuentra la superficie de inundación del agua, definido como el calor entero superior de la relación indicada.

N_T =Es el número total de niveles.

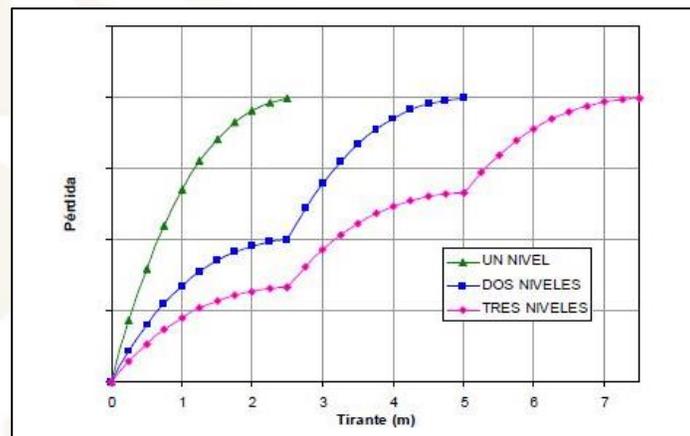


Figura 5. Ejemplo de las funciones obtenidas para inmuebles de varios niveles. Falta: Fuente: Huerta B. et al. (2006).

De lo anterior, se puede concluir que la manera formal para cuantificar la vulnerabilidad es a través de funciones, las cuales se describen como expresiones matemáticas que tratan de establecer una relación entre el nivel del parámetro o variable considerada para representar la intensidad del fenómeno que indica el peligro (por ejemplo, la velocidad de viento en el caso de huracanes o la aceleración espectral en sismos), y la probabilidad de que se presente daño.

Una función de vulnerabilidad es aquella que describe gráfica o matemáticamente la susceptibilidad de un bien expuesto ante la ocurrencia de un fenómeno



perturbador. Cabe mencionar que la vulnerabilidad es una variable que las personas tienen la posibilidad de disminuir y se comporta de manera desigual dependiendo del grupo social. Este tipo de funciones son herramientas necesarias para obtener el riesgo al que está expuesta la población. Las funciones de vulnerabilidad pueden ser calculadas o definidas a través de datos observados.

La construcción de funciones de vulnerabilidad, independientemente del fenómeno que se considere, implica una clasificación de los sistemas expuestos. En el caso de viento, tanto los tipos de daños que pueden causar las presiones generadas por el movimiento del aire en una construcción, como la selección de las variables del mismo y de las propiedades del sistema o de la obra en cuestión que conduzcan las estimaciones más confiables de las funciones de vulnerabilidad, dependen del tipo de sistema considerado.

Asimismo, las estructuras en general pueden experimentar distintas formas de falla o de daños físicos, los que a su vez conducen a consecuencias de diversas clases, entre las que se encuentran los costos directos, como los de reparación, o los indirectos, por ejemplo, los asociados a la interrupción de las funciones del sistema y las pérdidas de vidas humanas.

De acuerdo con el estudio del CENAPRED, 2004, la medición de la vulnerabilidad por inundaciones está relacionada con los bienes que tiene la población dentro de las viviendas conocido como menaje o enseres, considera que las inundaciones ocurren lentamente, es decir, hay tiempo suficiente para que las personas puedan desalojar de modo que sus vidas no corran peligro alguno. También se identifica el tipo de vivienda a partir de los materiales que se utilizaron para la construcción de muros y techos. Con base en lo anterior se especificaron cinco tipos de vivienda y para estimar las funciones de vulnerabilidad se propuso una configuración de muebles y enseres, para realizarse una cuantificación del porcentaje de los daños ocasionados en cada caso, en función de la profundidad que alcanza el agua dentro de la vivienda.

El presente trabajo utilizó la misma metodología pero aplicada a infraestructura de educación básica (preescolar, primaria y secundaria), en dos ciudades, Huixtla en Chiapas y cuatro colonias de Aguascalientes, del estado homónimo; en las cuales de manera previa se realizó el análisis de peligro y con ello, se delimitaron polígonos de inundación para diferentes periodos de retorno.



1.1.3 Infraestructura de educación básica en México

En 2007 el Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación (INEE), en su documento *Infraestructura escolar en las primarias y secundarias de México*, destacó la importancia de que las escuelas dispongan de la infraestructura y los materiales educativos necesarios y básicos, para lograr el buen desarrollo de las actividades académicas. La calidad de la misma y el equipamiento escolar, entre otros factores, da forma a las condiciones que desde el propio sistema configuran las oportunidades del aprendizaje de las niñas y los niños. La Evaluación de Condiciones Básicas para la Enseñanza y el Aprendizaje (ECEA) en primaria reafirma que la infraestructura, el equipamiento básico y los materiales educativos constituyen condiciones esenciales para ejercer el derecho a la educación. Además, muestra las carencias y brechas que existen entre los distintos tipos de escuela.

La información recabada muestra que hace falta trabajar en este aspecto para que las escuelas estén suficientemente preparadas, pues los resultados indicaron que un 75 % de ellas carecen de un plan de protección civil, además un 25% de los docentes que fueron encuestados durante ese estudio dice no conocerlo. Otro problema es que las escuelas no cuentan con recursos indispensables para afrontar una emergencia, como extintores o señalamientos. Respecto al mobiliario escolar, sería deseable que se tuviera el equipamiento para la comodidad y dignidad de los estudiantes en la escuela. Se encontró que más del 20% de las niñas y los niños de 4°, 5° y 6° grados no poseen sillas ni mesas de trabajo, o éstas se encuentran en malas condiciones o no aptas para su uso. Una proporción similar de docentes se encuentra en la misma situación. Esto significa que la condición básica, tanto de estudiantes como de docentes, es tener una silla para sentarse y una mesa para escribir, aún no está cubierta.

No se pueden negar los avances en algunos aspectos de la educación nacional por medio de algunos programas compensatorios, pero éstos no han sido suficientes. Por lo anterior, se espera que estos resultados sean útiles, para establecer agendas de inversión en cuestión de infraestructura, mobiliario y materiales de apoyo educativo, que permitan compensar a las escuelas y reducir las brechas entre los tipos de escuela, debido a que, en general, se encontró que las escuelas con peores condiciones en materia de infraestructura, materiales y mobiliario son las que se



ubican en contextos rurales (comunitarias e indígenas) y que atienden a las poblaciones más desfavorecidas del país.

De acuerdo con Miranda (2018) y diversos estudios sistematizados por el INEE (INEE, 2018), a la fecha se tienen registrados seis programas federales que atienden las necesidades de las escuelas primarias públicas de los distintos servicios educativos que se brindan. De éstos, dos programas tocan el tema de infraestructura escolar de forma indirecta: Programa Escuelas de Tiempo Completo (PETC) y el Fondo de Aportaciones a la Infraestructura Social (FAIS), que opera tanto a nivel estatal como municipal. Los cuatro restantes tienen objetivos dirigidos directamente a atender las carencias de infraestructura escolar: Infraestructura Educativa Básica FAM (Fondo de Aportaciones Múltiples); Escuelas al CIEN (Certificados de Infraestructura Educativa Nacional); Programa de Inclusión y Equidad Educativa (PIEE); y Programa de la Reforma Educativa (PRE).

Para la elaboración de este proyecto se utilizó la base de datos del Programa Escuelas al CIEN, el cual se describe como un *Programa de mejoramiento de la infraestructura física educativa de planteles educativos de tipo básico, medio superior y superior con cargo a los fondos obtenidos por la Potenciación de Recursos del Fondo Aportaciones Múltiples (2013)*, y que se encuentra disponible en el portal del Instituto Nacional de Infraestructura Física Educativa (INIFED).

El presente estudio sólo se enfoca en la obtención de las funciones de vulnerabilidad estructural educativa a nivel básico y, con ello, se pretende cuantificar los daños provocados, tanto en la infraestructura como en el menaje representativo, que pueden ocasionar las inundaciones.

Actualmente, se carece de este tipo de información para dicho sector, por lo que la obtención de estas funciones es necesaria, para realizar un correcto análisis de pérdidas durante los diferentes eventos que ocasionan inundaciones, los cuales se presentan anualmente.



CAPÍTULO 2. CASOS DE ESTUDIO

Debido a que el país cuenta con una gran extensión territorial, así como población, este estudio se delimitó sólo a dos ciudades, una en el sur y otra en el centro del país. En 2017, CENAPRED realizó el análisis para definir áreas de afectación por inundaciones en las ciudades de Huixtla, Chiapas y Aguascalientes, Aguascalientes, con información actualizada. Por lo anterior, se consideraron estas ciudades como casos de estudio para la obtención de las funciones de vulnerabilidad.

2.1 Aguascalientes, Aguascalientes

La Subdirección de Riesgos por Inundación realizó un estudio sobre inundaciones en Aguascalientes en 2017, en el cual se identificó la frecuencia del fenómeno en esa ciudad, para las cuatro colonias más afectadas, como es el caso de Insurgentes, con 53 casos, después le sigue la zona centro con 30, las dos ciudades restantes disminuyen en número de registros (CEPC- Aguascalientes, 2017), Figura 6. Además de los registros proporcionados por el municipio, se cuenta con un catálogo de inundaciones que integra los siguientes eventos que aparecen en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

Tabla 3. Ejemplo de base de datos de eventos de inundación en Aguascalientes, Ags.

Fecha	Estado	Municipio, localidad, etc.	Fenómeno	Afectaciones	Decesos
7 al 13 de julio de 2015	Aguascalientes	Aguascalientes y Jesús María	Lluvias de moderadas a fuertes y rachas de viento	Inundaciones a nivel de banqueta por insuficiencia de drenaje, que dejó vehículos varados. Adicionalmente el río Calvillo ocasionó un deslizamiento de material en la margen derecha en la altura del puente de prolongación Rayón.	



Fecha	Estado	Municipio, localidad, etc.	Fenómeno	Afectaciones	Decesos
14 al 20 de junio de 2016	Aguascalientes	Aguascalientes	Lluvia fuerte	Anegaciones a nivel de banquetas ocasionando problemas viales por vehículos varados.	
21 al 27 de junio de 2016	Aguascalientes	Aguascalientes	Lluvias con ráfagas de viento acompañada de caída de granizo y tormenta eléctrica	Problemas viales, vehículos varados y anegaciones en vialidades a nivel de banquetas.	
23 al 29 de agosto de 2016	Aguascalientes	Jesús María	Lluvia puntual	Escurrimiento extraordinario provocó la falla del Bordo "Sandoval", afectando vialidades con vehículos varados.	
26 de febrero de 2016	Aguascalientes	Aguascalientes		Inundación colonia Solidaridad IV	
02 de marzo de 2016	Aguascalientes	Aguascalientes		Inundación colonia Comunidad	
05 de marzo de 2016	Aguascalientes	Aguascalientes		Inundación colonia Los Pericos	
07 de junio de 2016	Aguascalientes	Aguascalientes		Inundación colonia Emiliano Zapata	



Fecha	Estado	Municipio, localidad, etc.	Fenómeno	Afectaciones	Decesos
09 de junio de 2016	Aguascalientes	Aguascalientes y Rincón de Ramos		Inundación en las colonias Solidaridad I y Nazario Ortiz Garza	
11 de junio de 2016	Aguascalientes	Aguascalientes y Rincón de Ramos		Inundación en las colonias COMUNIDAD, LAS VIÑAS, ZONA CENTRO, LOS PERICOS, RODOLFO LANDEROS, GUADALUPE PERALTA GAMEZ.	
12 de junio de 2016	Aguascalientes	Aguascalientes y Rincón de Ramos		Inundación en las colonias GUADALUPE PERALTA GAMEZ, NAZARIO ORTIZ GARZA, COMUNIDAD, LUIS ORTEGA DOUGLAS	
13 de junio de 2016	Aguascalientes	Aguascalientes y Jesús María		Inundación en las colonias COMUNIDAD, OBRAJE	
14 de junio de 2016	Aguascalientes	Aguascalientes		Inundación colonia MUNICIPIO LIBRE	
15 de junio de 2016	Aguascalientes	Aguascalientes y Jesús María		Inundación colonia SALTO DE OJOCALIENTE, GUADALUPE PERALTA GAMEZ, COMUNIDAD, ZONA CENTRO, LOS PERICOS.	
16 de junio de 2016	Aguascalientes	Aguascalientes		Inundación colonia LOS PERICOS	
24 de junio de 2016	Aguascalientes	Aguascalientes		Inundación en las colonias EJIDO LAS CUMBRES, TALAMANTES PONCE, LUIS ORTEGA DOUGLAS, ZONA CENTRO, OBRAJE.	



Fecha	Estado	Municipio, localidad, etc.	Fenómeno	Afectaciones	Decesos
25 de junio de 2016	Aguascalientes	Aguascalientes		Inundación en las colonias LOS PERICOS, OBRAJE, SAN MARCOS	
1 de julio de 2016	Aguascalientes	Aguascalientes, Jesús María, Rincón de Ramos		Inundación en las colonias COMUNIDAD LA SOLEDAD REVOLUCION FUNDADORES	
2 de julio de 2016	Aguascalientes	Aguascalientes y Rincón de Ramos		LUIS ORTEGA DOUGLAS, MUNICIPIO LIBRE, CNOP, COL ALTAVISTA, COL BENITO PALOMINO DENA, FOVISSSTE OJOCALIENTE I, LAS HADAS, COL SAN PABLO, COL HEROES, PERIODISTAS, COL OLIVARES SANTANA, LOS ARCOS, ESTANCIA DE CHORA	
3 de julio de 2016	Aguascalientes	Aguascalientes		Inundación en las colonias FUNDADORES, PERIODISTAS	
4 de julio de 2016	Aguascalientes	Aguascalientes		Inundación en la colonia COMUNIDAD	
5 de julio de 2016	Aguascalientes	Aguascalientes		Inundación en la colonia COMUNIDAD	
11 de julio de 2016	Aguascalientes	Jesús María		Inundación en la colonia LOMAS DE CORRAL DE BARRANCO	
12 de julio de 2016	Aguascalientes	Aguascalientes		Inundación en las colonias COL BENITO PALOMINO DENA ESPAÑA ZONA CENTRO CIUDAD INDUSTRIAL	



Fecha	Estado	Municipio, localidad, etc.	Fenómeno	Afectaciones	Decesos
22 de julio de 2016	Aguascalientes	Aguascalientes		Inundación en las colonias COL BENITO PALOMINO DENA, RODOLFO LANDEROS	
24 de julio de 2016	Aguascalientes	Aguascalientes		Inundación en las colonias EX VIÑEDOS RIVIER, LUIS ORTEGA DOUGLAS	
26 de julio de 2016	Aguascalientes	Jesús María		Inundación en la colonia EJIDAL	



Fecha	Estado	Municipio, localidad, etc.	Fenómeno	Afectaciones	Decesos
27 de julio de 2016	Aguascalientes	Aguascalientes, San Francisco de los Romos, Pabellón de Arteaga		Inundación en las colonias SAN JOSE DEL BARRANCO, COMUNIDAD, COL HIDALGO, EJIDO EL RIEGO, OJOCALIENTE I, LOMAS DE VISTA BELLA II, FUNDADORES, SAN SEBASTIAN, J GOMEZ PORTUGAL, LOMAS DE VISTA BELLA II, LOMAS DE VISTA BELLA, CASA BLANCA, COL INSURGENTES, MISION DE SANTA LUCIA, OJOCALIENTE I, SOLIDARIDAD IV, VILLA DE BONATERRA, BARRIO DE SAN MARCOS, TROJES DEL SURCOL, INSURGENTES, JARDINES DE LA ASUNCION, COL SAN PEDRO, CIUDAD INDUSTRIAL, COL CURTIDORES, INF. U.H. IV CENTENARIO, COL NUEVA ESPAÑA, EL CHAVEÑO, COL GUADALUPE, COL INSURGENTES, COL VICENTE GUERRERO, PRADOS DE VILLASUNCION, COL INSURGENTES, COMUNIDAD, VILLA DE BONATERRA, VILLAS DEL OESTE I, ZONA CENTRO	



Fecha	Estado	Municipio, localidad, etc.	Fenómeno	Afectaciones	Decesos
28 de julio de 2016	Aguascalientes	Aguascalientes, San Francisco de los Romos, Jesús María, Calvillo		VILLA SUR, RINCONADA MARAVILLAS, CASA SOLIDA, COMUNIDAD LAS AMERICAS, COL VICENTE GUERRERO, JARDINES DE LA LUZ, BOULEVARES I, PARQUE IND. SIGLO XXI, LA SOLEDAD, COL SAN LUIS, CUMBRES II, COL BENITO PALOMINO DENA, LOMAS DE ORIENTE, HACIENDAS DE AGS, VALLE DE MARGARITAS, LOS PERICOS, EL RIEGO, RODOLFO LANDEROS, OJOCALIENTE II, VILLA LAS PALMAS, POZO BRAVO, GUADALUPE PERALTA GAMEZ, EX VIÑEDOS RIVIER, COL DEL TRABAJO, CONSTITUCION, GUADALUPE PERALTA GAMEZ, MUJERES ILUSTRES, GUADALUPE PERALTA GAMEZ, TROJES DE ALONSO, BARRIO DE LA SALUD, INF PIRULES, PERIODISTAS, COL HEROES, ESPAÑA, RINCONADA MARAVILLAS, OJOCALIENTE IV, LA ESTRELLA, CC CHEDRAUI, LA ESTRELLA COL DEL TRABAJO, ZONA CENTRO, VIÑEDOS RIVIER	
19 al 25 de junio	Aguascalientes	Aguascalientes	Lluvias muy fuertes	Derrame de la presa "De los Gringos" originó fuertes inundaciones momentáneas en el paso de su avenida, arrastre de vehículos y se reporta el deceso de dos personas al interior de su vehículo que fue arrastrado por la corriente.	2



Fecha	Estado	Municipio, localidad, etc.	Fenómeno	Afectaciones	Decesos
16 al 22 de octubre de 2018	Aguascalientes	Aguascalientes	Lluvias moderadas	Anegamiento de vialidades y vehículos varados	

Fuente: CENAPRED y Protección Civil Aguascalientes.

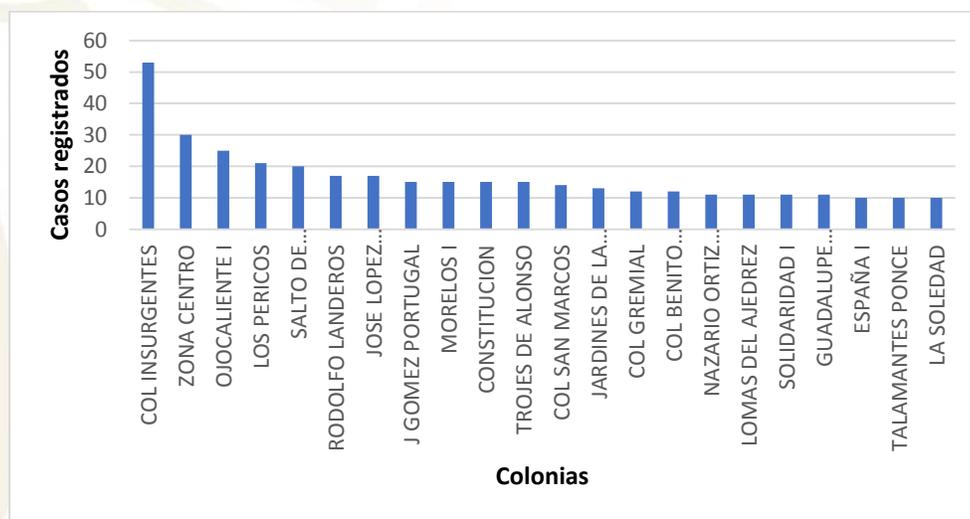


Figura 6. Casos de inundaciones en algunas colonias del municipio de Aguascalientes, de 2010 a 2016. Fuente: Elaboración propia

En la *Figura 7*, se observa los límites de las colonias con mayor incidencia de inundaciones en el municipio de Aguascalientes, las cuales han sido afectadas históricamente, de acuerdo con la recopilación de información hemerográfica y de campo realizada por las autoridades de Protección Civil.



Figura 7. Colonias con mayor afectación por inundación de 2010 a 2016 en el municipio de Aguascalientes. Fuente: CENAPRED (2017)

Con base en la información proporcionada por la Coordinación Estatal de Protección Civil de Aguascalientes, se identificaron varias colonias susceptibles de inundación en el periodo de 2010 a 2016.

El municipio de Aguascalientes carece de un estudio a detalle sobre inundaciones, por ello se tomó la decisión de realizar la simulación hidráulica por inundación para la zona urbana de Aguascalientes, ya que ahí se concentra la mayor población del municipio; se redujo el caso de estudio a las colonias Insurgentes, José López Portillo, Vicente Guerrero y España, debido a que en Insurgentes, se encuentra los mayores casos de inundación, además de contar con la información necesaria como, los MDE´s de los sitios mencionados.

En la *Figura 7*, se muestran las colonias seleccionadas para el análisis, las cuales están en función del número de afectaciones por inundación que presentan anualmente.

El estudio consistió en elaborar dos análisis, uno hidrológico con base en los datos climatológicos compilados y otro hidráulico mediante una simulación con ayuda de un programa de modelación numérica; para esto fue necesario tener definidos uno o más métodos a utilizar, aunado a ello se calcularon los parámetros fisiográficos de la cuenca analizada.



Finalmente, se obtuvieron los mapas de profundidades, velocidades y severidad, para diferentes periodos de retorno que indica la Guía de contenido mínimo para elaborar mapas de riesgo en México (SEGOB, 2016).

De los resultados obtenidos, se utilizaron los mapas de profundidad correspondientes a un un periodo de retorno $T_r=100$ años, para delimitar polígonos de inundación (Figura 8 y Figura 9).

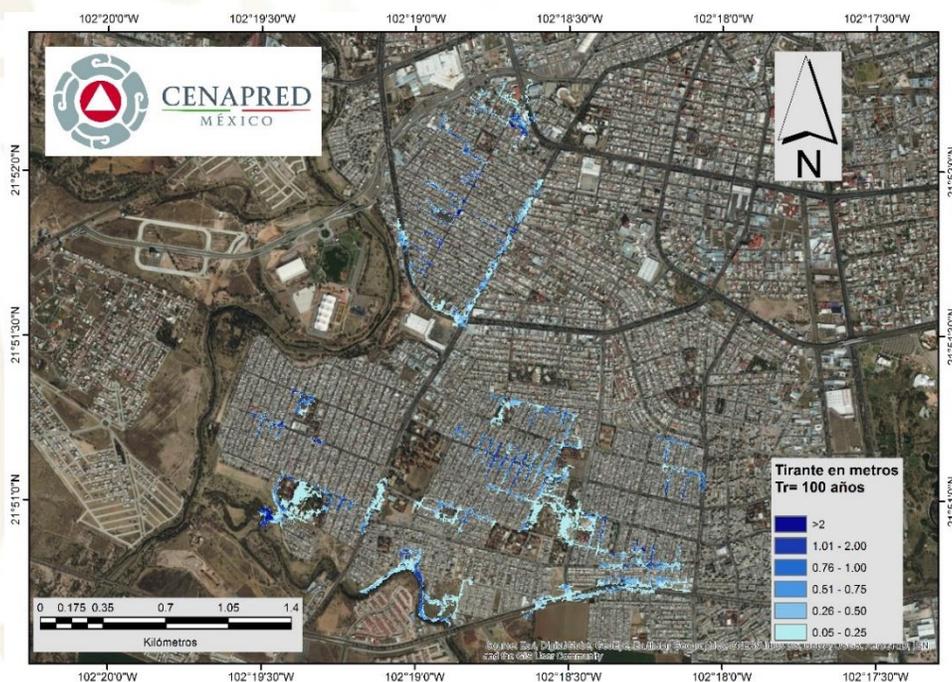


Figura 8. Mapa de profundidad para un T_r de 100 años. Fuente: CENAPRED (2017)

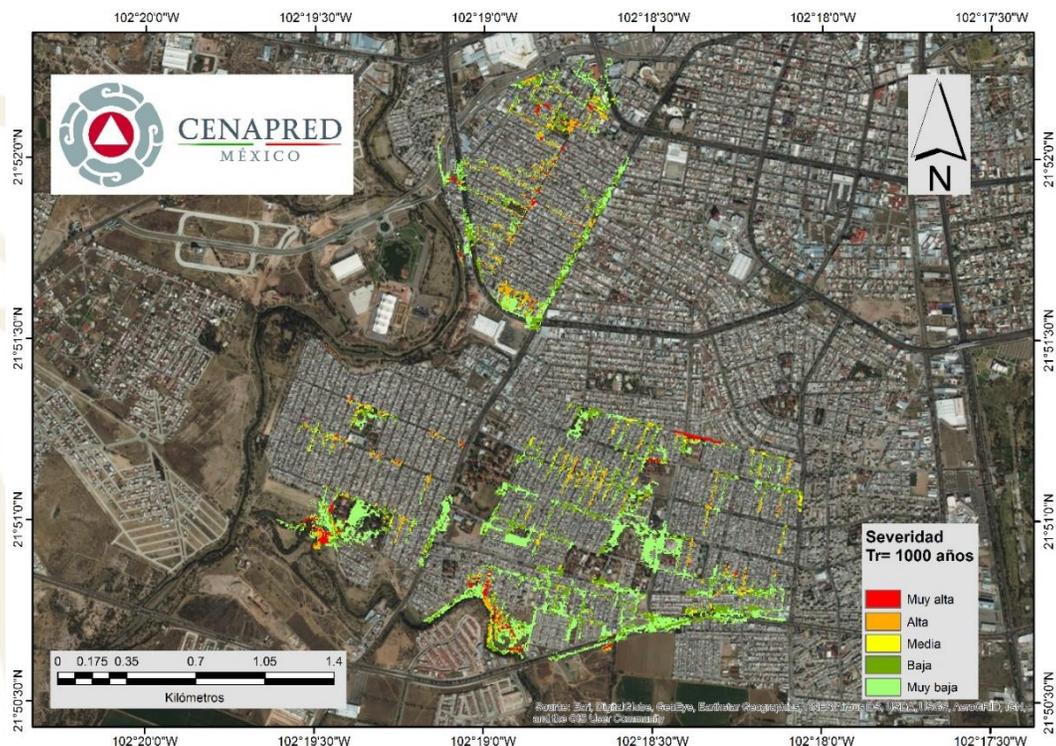


Figura 9. Mapa de severidad para un Tr de 1000 años. Fuente: CENAPRED (2017)

Con las figuras anteriores, se trazaron polígonos de inundación correspondientes a un periodo de retorno $Tr=100$ años, con apoyo del Atlas Nacional de Riesgos (Figura 10). Se propone este periodo de retorno, ya que en los últimos años se registraron precipitaciones extraordinarias en la ciudad de Aguascalientes.



Figura 10. Polígono de inundación asociado a un $T_r=100$ años para Aguascalientes, Ags.
Fuente: CENAPRED (2017).



2.2 Huixtla, Chiapas

La costa de Chiapas es una zona que tiene mayor exposición a fenómenos ciclónicos debido a su ubicación geográfica, lo que trae consigo lluvias intensas con duración de varios días, a esto se suma la morfología del lugar y la urbanización de la cuenca, ya que el agua fluye de manera rápida ocasionando que ésta sea una zona recurrente a inundaciones. Por lo anterior, ocurren frecuentes daños a la población, viviendas, escuelas, hospitales y cultivos, con daños económicos altos.

Tabla 4. Ejemplo de base de datos de eventos de inundación en Huixtla, Chis.

Fecha	Estado	Municipio, localidad, etc.	Fenómeno	Afectaciones	Precipitación (mm)	Estación	Día	Tr
10 al 17 de abril de 2017	Chiapas	Huixtla, Tapachula y Tonalá	Lluvias puntuales acompañadas de fuertes vientos	Inundaciones momentáneas en 40 viviendas y vialidades, caída de árboles, suspensión del servicio de energía eléctrica y daños en techumbres de láminas.	47.8	FINCA ARGOVIA, CHIS., ARGOVIA	14/04/2017	2
29 de mayo al 5 de junio de 2017	Chiapas	Huixtla	Lluvias fuertes originadas por desprendimientos nubosos de "Beatriz"	Crecida del río Huixtla inundó 15 viviendas.	87	FINCA ARGOVIA, CHIS.(ARGOVIA)	30/05/2017	2
19 al 26 de junio de 2017	Chiapas	Huixtla	Lluvias fuertes	Desbordamiento de Dren "Papaturre" en "Altamira la Provincia" inundó 80 viviendas con tirantes de 50 cm.	117	HUIXTLA, HUICP	20/06/2017	5



Fecha	Estado	Municipio, localidad, etc.	Fenómeno	Afectaciones	Precipitación (mm)	Estación	Día	Tr
17 al 24 de julio de 2017	Chiapas	Huixtla	Lluvias intensas	Desbordamiento del Dren "el Cuzco" por acumulación de basura. Inundación en 54 viviendas y 21 comercios con tirantes de hasta 50 cm; el Hospital Regional de Huixtla con filtraciones y afectación por el drenaje principal; así como una docena de vehículos arrastrados.	135	HUIXTLA, HUICP	18/07/2017	5
31 de julio al 06 de agosto de 2018	Chiapas	Huixtla	Lluvias puntuales	Desbordamiento de los ríos "Lima" y "Despoblado" provocaron saturación de drenes pluviales y escurrimientos hacia una zona habitada.				

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con el índice de marginación proporcionado por el Consejo Nacional de Población (CONAPO), el municipio de Huixtla se encuentra en un nivel MEDIO, como se muestra en la *Figura 11*, mientras que el Índice de Peligro de Inundación (CENAPRED, 2016) es Muy Alto y el nivel de vulnerabilidad por inundación es Alto. (*Figura 12 y Figura 13*).

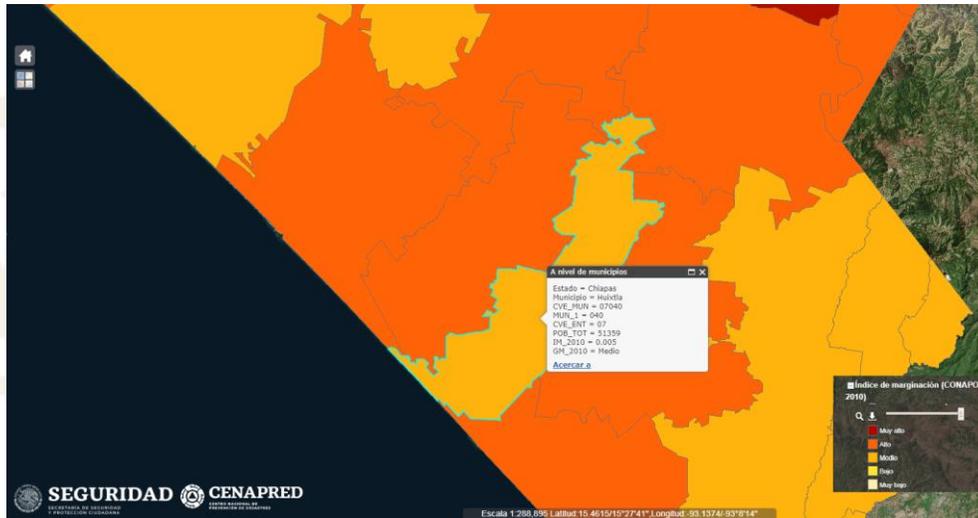


Figura 11. Grado de marginación de Huixtla, Chiapas. Fuente: Elaboración propia

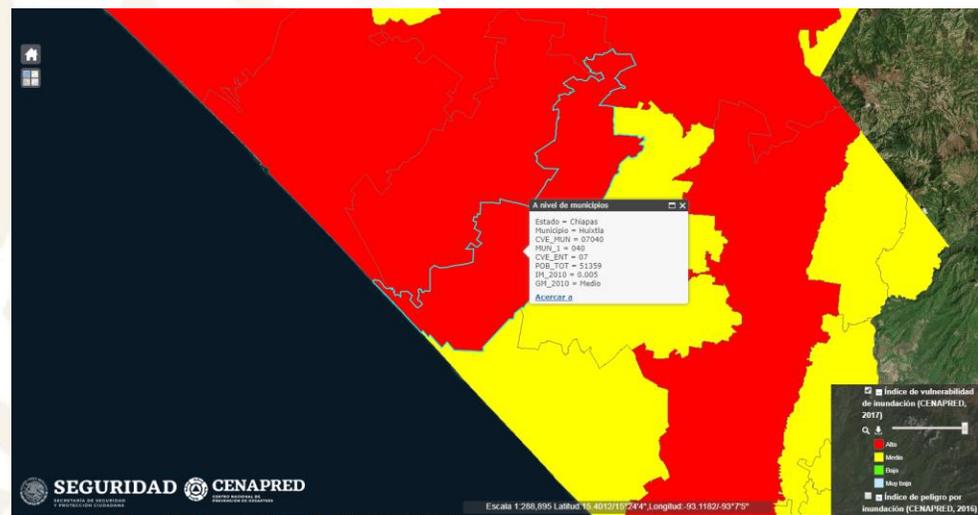


Figura 12. Índice de vulnerabilidad de inundación de Huixtla, Chiapas. Fuente: Elaboración propia

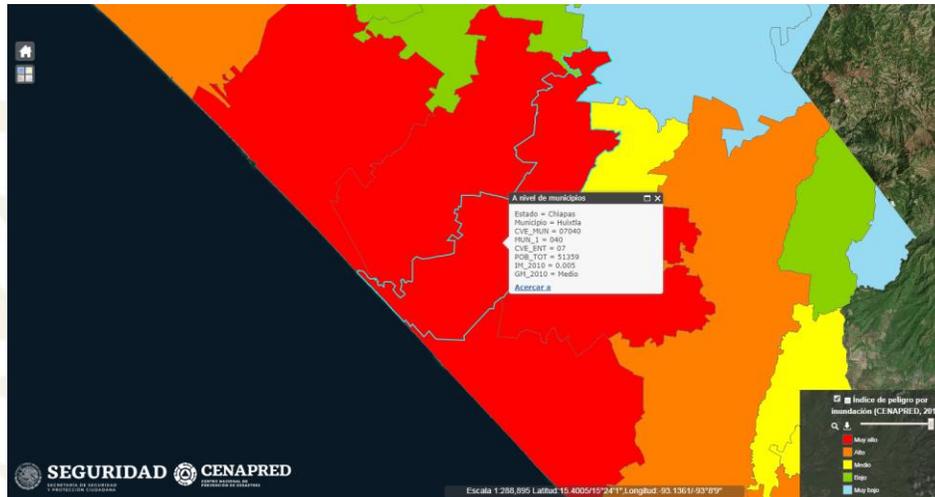


Figura 13. Índice de peligro por inundación de Huixtla, Chiapas. Fuente: Elaboración propia

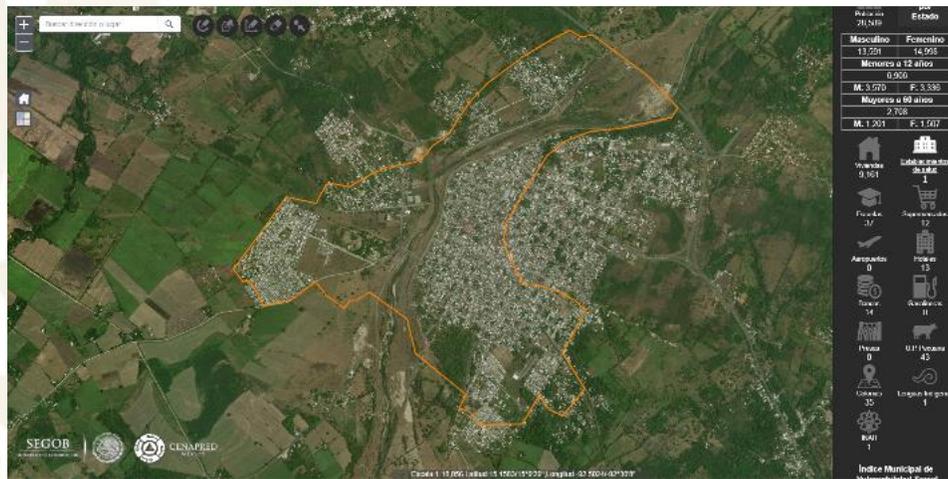


Figura 14. Polígono de inundación para Huixtla y bienes expuestos obtenidos con el ANR. Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA

Para la estimación de funciones, se realizó una búsqueda y recopilación de información pública disponible, sobre el número y tipo de escuelas dentro del polígono delimitado, además de datos sobre el menaje de cada una de ellas, éstos se obtuvieron principalmente del Censo de Escuelas, Maestros y Alumnos de Educación Básica y Especial 2013, del Atlas Educativo de la Secretaría de Educación Pública y del INIFED.

De acuerdo a dicha información, el Censo de Escuelas, Maestros y Alumnos de Educación Básica y Especial 2013 (CEMABE), se realizó durante el 26 de septiembre al 13 de diciembre de 2013, donde se visitaron un total de 61,989 localidades, distribuidas en 2,457 municipios del país, de los cuales se censaron 236,973 centros de trabajo, de éstos 87.6% fueron escuelas de educación básica y especial. Esta información se recopiló y utilizó para generar el Atlas Educativo de la Secretaría de Educación Pública (Figura 15 y Figura 16).

Dentro del polígono delimitado en la ciudad de Aguascalientes se contabilizaron 27 escuelas de nivel básico, las cuales se muestran en la Tabla 5, mientras que dentro del polígono en la ciudad de Huixtla se encontraron 17 centros educativos (Tabla 6).

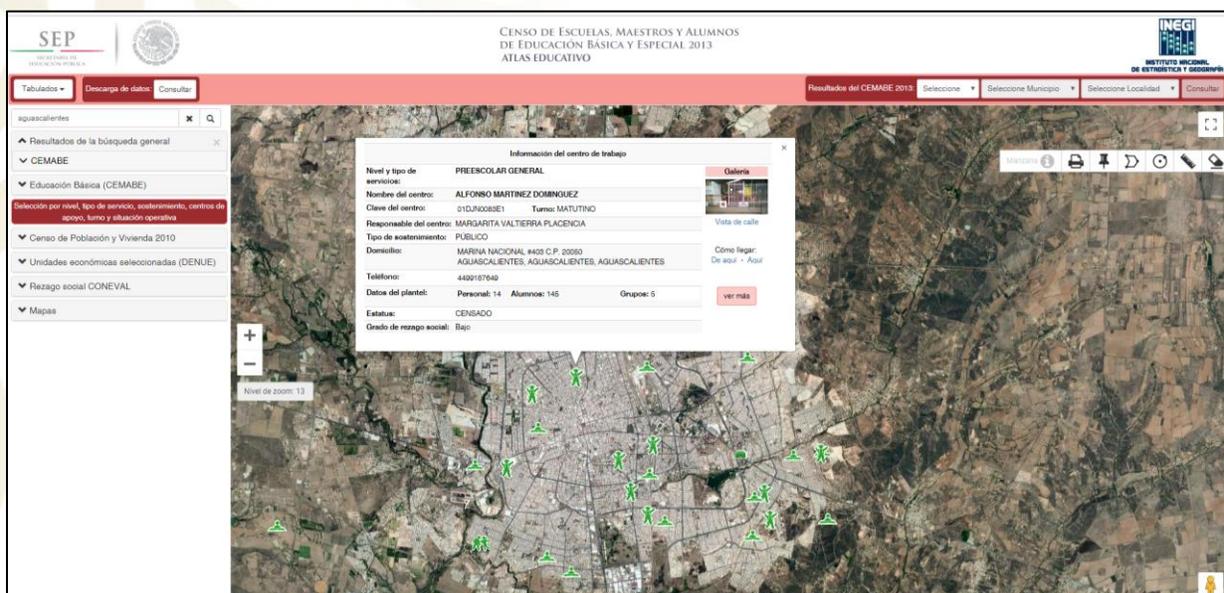


Figura 15. Base de datos del Censo de Escuelas, Maestros y Alumnos de educación Básica y Especial 2013, Atlas Educativo de Aguascalientes, Ags. Fuente: CEMABE (2013)



Tabla 5. Escuelas de educación básica dentro del polígono de inundación en Aguascalientes, Ags

Núm. escuelas	Aguascalientes	
	Nombre	Distinción
1	Centro de Atención Múltiple I	Especial**
2	Agustín López Ortega	Secundaria
3	Técnica no. 28	Secundaria
4	General no. 10	Secundaria
5	Francisco Guel Jimenez	Primaria
6	Juan Escutia	Primaria
7	Rafael Ramírez Ugarte	Primaria
8	Isidro Castillo Pérez	Primaria
9	Enrique García Gallegos	Primaria
10	Francisco Márquez	Primaria
11	Carmen Martín del Campo	Primaria
12	Joaquín Cruz Ramírez	Primaria
13	Niños Héroes	Primaria
14	Ezequiel A. Chávez	Primaria
15	Jesús María Rodríguez	Primaria
16	Fernando Montes de Oca	Primaria
17	Agustín Melgar	Primaria
18	Juan de la Barrera	Primaria
19	Vicente Suarez	Primaria
20	Teresa de Calcuta	Jardín de niños
21	José Manuel Puig	Jardín de niños
22	Amado Nervo	Jardín de niños
23	José Vasconcelos	Jardín de niños
24	Jesús Reyes Heróles	Jardín de niños
25	Fray Pedro de Gante	Jardín de niños
26	Sor Juana Inés de la Cruz	Jardín de niños
27	Juan Escutia	Jardín de niños

Fuente: Elaboración propia

*La Educación Especial es una modalidad de la Educación Básica con servicios educativos escolarizados y de apoyo. Ofrece atención educativa en los niveles de Inicial, Preescolar, Primaria, Secundaria, además de Formación para la Vida y el Trabajo, a los niños, niñas, jóvenes y adultos que enfrentan barreras para el aprendizaje y la participación, por presentar una condición de discapacidad, capacidades y aptitudes sobresalientes o dificultades en el desarrollo de competencias de los campos de formación del currículo.

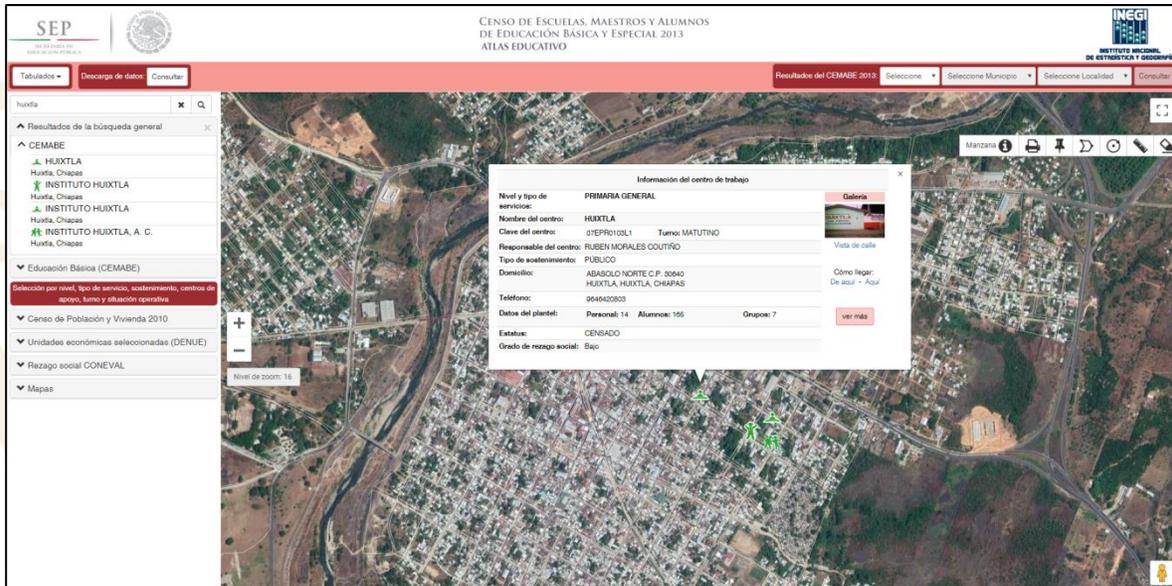


Figura 16. Base de datos del Censo de Escuelas, Maestros y Alumnos de educación Básica y Especial 2013, Atlas Educativo de Huixtla, Chis. Fuente: CEMABE (2017)

Tabla 6. Escuelas de educación básica dentro del polígono de inundación en Huixtla, Chis

Núm. escuelas	Huixtla	
	Nombre	Distinción
1	Mauro Carrasco	Jardín de niños
2	Álvaro Obregón	Jardín de niños
3	Bernardo Reyes Pimentel	Jardín de niños
4	Frida Kahlo	Jardín de niños
5	Hermanas Arreola Llauger	Jardín de niños
6	Club de Leones	Primaria
7	Manuel Rea	Primaria
8	Juan Sábines Gutiérrez	Primaria
9	Dr. Belisario Domínguez Palencia	Primaria
10	Federal Bilingüe	Primaria
11	Niños Héroes	Primaria
12	José Bates	Primaria
13	Miguel A. Zamudio	Primaria
14	Dr. Manuel Velasco Suárez	Secundaria
15	Miguel Hidalgo y Costilla	Secundaria
16	Fray Matías de Córdova y Ordoñez	Secundaria
17	Niños Héroes	Secundaria

Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, el INIFED lleva a cabo seguimiento técnico y administrativo de la infraestructura educativa, así como la ficha técnica del mobiliario en general, para las escuelas como parte del programa *Escuelas al CIEN*. Las Figura 17 a la Figura 19 muestran el tipo de información disponible en el INIFED.

CLAVE			ELEMENTO			
MC-M-0025			ESCRITORIO CON CUBIERTA DE LAMINADO PLÁSTICO DE 1200 x 750 x 750 mm			
TIPO EDUCATIVO		NIVEL EDUCATIVO	MODALIDAD ESCOLAR		ESPACIO EDUCATIVO	
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	TODOS LOS NIVELES	TODOS LOS NIVELES ESCOLARES		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Básico	Medio Superior				A	L
			FORMA		ESPECIFICACIONES	
			ELEMENTO	DESCRIPCIÓN		
			Estructura	Fabricado a base de lámina rolada en filo calibre 22 con refuerzos troquelados para recepción de comederos sencillos calibre 18.		
			Faldón	Fabricados a base de lámina rolada en filo calibre 22, cubriendo los pedestales por su parte trasera.		
			Cubierta	Fabricada en panel sólido de aglomerado de 28 mm. de espesor con recubrimiento acabado con capa de melamina de baja presión.		
			Acabado	Aplicación de pintura líquida de esmalte homocada		
			DIMENSIONES GENERALES			
			MEDIDAS			
			Altura Total:	750	Longitud:	1200
			Ancho Total:	750		
			ACOTACIÓN	A PAÑOS	A EJES	
			MM.	↔	⊕	

Figura 17. Detalle del menaje del programa *Escuelas al 100*. Fuente: INIFED (2014)



Con los datos obtenidos del INIFED se digitalizaron los enseres, para elaborar gráficas y comparar diferentes alturas que pueden alcanzar el agua y los enseres de cada tipo de escuela, con el fin de cuantificar el porcentaje de pérdida de acuerdo con la profundidad de la inundación. Con esta información se realizaron las funciones de vulnerabilidad, en el eje de las abscisas está la profundidad que el agua puede alcanzar durante una inundación y en las ordenadas se representa el porcentaje de pérdida asignado a dichos enseres.

También para cada escuela ubicada en Aguascalientes y Huixtla, se realizó un levantamiento del tipo de material de construcción, mediante la herramienta de Street View proporcionada por Google Earth.

3.1 Uso de la Herramienta Street View para hacer levantamiento de infraestructura

De manera ideal, el levantamiento de construcciones implica la verificación *in situ* de las características físicas de las edificaciones y esta información se integra en una base de datos, pero al no realizar trabajo en campo se utilizó la herramienta de “Street View” de Google Earth, que permite visualizar lugares de forma remota, aunque se tiene la desventaja que en algunos casos no se puede acceder a todas las calles. Sin embargo, se puede obtener un gran porcentaje de visualización, que es de gran ayuda para los objetivos de este estudio.

Para generar un levantamiento ordenado de la infraestructura se procedió a dibujar líneas guía, las cuales describen la ruta que se utilizó como se muestra en la Figura 20. Ejemplo de líneas guía en Huixtla, Chis Figura 20.



Figura 20. Ejemplo de líneas guía en Huixtla, Chis. Fuente: Elaboración propia

Una vez obtenida la ruta se ubicaron los centros escolares que se tienen en el registro del CEMABE, para realizar el levantamiento en cuanto a material de techos, muros y niveles con los que cuenta el inmueble (Figura 21 a la Figura 23).

3.1.1 Consideraciones

Número de niveles. Es importante conocer cuántos pisos tiene la construcción pues el análisis de peligro y vulnerabilidad ante la inundación depende directamente de la altura que alcanza la acumulación de agua, en este sentido resulta evidente que la afectación de una vivienda de un nivel no será igual a la de dos niveles.

Muros, techo y piso. Conocer los elementos de la vivienda merece especial atención, pues de acuerdo con el tipo de material de ésta, será el grado de afectación ya sea en mayor o menor medida. Según el censo realizado por el INEGI en 2000, los materiales más comunes en nuestro país son los siguientes:

Para muros

- Material de desecho



- Láminas de cartón
- Lámina de asbesto o metálica
- Carrizo, bambú o palma
- Embarro o bajareque
- Madera
- Adobe
- Tabique, ladrillo, block, piedra, cantera, cemento o concreto

Para techos

- Material de desecho
- Lámina de cartón
- Lámina de asbesto o metálica
- Palma, tejamanil o madera
- Teja
- Losa de concreto, tabique, ladrillo o terrado con vigería

Para pisos

- Tierra
- Cemento o firme
- Mosaico, madera u otro recubrimiento



Figura 21. Ejemplo del levantamiento para el jardín de niños Bernardo Reyes Pimentel, Huixtla. Fuente: Elaboración propia



Figura 22. Ejemplo del levantamiento de la escuela primaria Belisario Domínguez Palencia, Huixtla. Fuente: Elaboración propia



Figura 23. Ejemplo del levantamiento de la secundaria Fray Matías de Córdova y Ordoñez, Huixtla. Fuente: Elaboración propia



CAPÍTULO 4. RESULTADOS

Los principales resultados obtenidos en la realización del presente proyecto fueron:

- Levantamiento de infraestructura de educación de nivel básico dentro de los polígonos delimitados.
- Digitalización del menaje representativo para cada tipo de escuela de nivel básico
- Funciones de vulnerabilidad para cada tipo de escuela de nivel básico.

Levantamiento de infraestructura:

Tabla 7. Características de las escuelas registradas en la ciudad de Aguascalientes.

Latitud	Longitud	No. De niveles	Material_pared	Material_techo	Material_piso	Distinción	Nombre
21.852572°	-102.308190°	1	Tabique, ladrillo, block, piedra, cantera, cemento o concreto	Concreto	Mosaico, madera u otros	Especial	Centro de Atención Múltiple I
21.848659°	-102.311964°	1	Tabique, ladrillo, block, piedra, cantera, cemento o concreto	Concreto	Cemento firme	Secundaria	Agustín López Ortega
21.856122°	-102.310764°	2	Tabique, ladrillo, block, piedra, cantera, cemento o concreto	Concreto	Mosaico, madera u otros	Secundaria	Técnica no. 28
21.851123°	-102.323390°	1	Tabique, ladrillo, block, piedra, cantera, cemento o concreto	Concreto	Cemento firme	Secundaria	General no. 10
21.864284°	-102.315149°	1	Tabique, ladrillo, block, piedra, cantera, cemento o concreto	Concreto	Cemento firme	Primaria	Francisco Guel Jiménez
21.847660°	-102.310453°	1	Tabique, ladrillo, block, piedra, cantera, cemento o concreto	Concreto	Cemento firme	Primaria	Juan Escutia
21.854828°	-102.322164°	1	Tabique, ladrillo, block, piedra, cantera, cemento o concreto	Concreto	Cemento firme	Primaria	Rafael Ramírez Ugarte
21.855126°	-102.322622°	1	Tabique, ladrillo, block, piedra, cantera, cemento o concreto	Concreto	Cemento firme	Primaria	Isidro Castillo Pérez
21.849221°	-102.321657°	1	Tabique, ladrillo, block, piedra, cantera, cemento o concreto	Concreto	Cemento firme	Primaria	Enrique García Gallegos
21.851668°	-102.317597°	1	Tabique, ladrillo, block, piedra, cantera, cemento o concreto	Concreto	Cemento firme	Primaria	Francisco Márquez
21.847939°	-102.318532°	1	Tabique, ladrillo, block, piedra, cantera, cemento o concreto	Concreto	Cemento firme	Primaria	Carmen Martín del Campo
21.870024°	-102.316903°	1	Tabique, ladrillo, block, piedra, cantera, cemento o concreto	Concreto	Cemento firme	Primaria	Joaquín Cruz Ramírez
21.847232°	-102.309066°	1	Tabique, ladrillo, block, piedra, cantera, cemento o concreto	Concreto	Cemento firme	Primaria	Niños Heroes
21.864549°	-102.315255°	1	Tabique, ladrillo, block, piedra, cantera, cemento o concreto	Concreto	Cemento firme	Primaria	Ezequiel A. Chávez
21.867897°	-102.312587°	1	Tabique, ladrillo, block, piedra, cantera, cemento o concreto	Concreto	Cemento firme	Primaria	Jesus María Rodríguez
21.854241°	-102.311540°	1	Tabique, ladrillo, block, piedra, cantera, cemento o concreto	Concreto	Cemento firme	Primaria	Fernando Montes de Oca
21.848323°	-102.305816°	1	Tabique, ladrillo, block, piedra, cantera, cemento o concreto	Concreto	Cemento firme	Primaria	Agustín Melgar
21.853221°	-102.306583°	1	Tabique, ladrillo, block, piedra, cantera, cemento o concreto	Concreto	Mosaico, madera u otros	Primaria	Juan de la Barrera
21.853518°	-102.316858°	1	Tabique, ladrillo, block, piedra, cantera, cemento o concreto	Concreto	Cemento firme	Primaria	Vicente Suárez
21.847978°	-102.307374°	1	Tabique, ladrillo, block, piedra, cantera, cemento o concreto	Concreto	Cemento firme	jardin de niños	Teresa de Calcuta
21.847717°	-102.308519°	1	Tabique, ladrillo, block, piedra, cantera, cemento o concreto	Concreto	Cemento firme	Jardin de niños	Jose Manuel Puig
21.869443°	-102.317676°	1	Tabique, ladrillo, block, piedra, cantera, cemento o concreto	Concreto	Cemento firme	jardin de niños	Amado Nervo
21.849909°	-102.321441°	1	Tabique, ladrillo, block, piedra, cantera, cemento o concreto	Concreto	Cemento firme	Jardin de niños	Jose Vasconcelos
21.851925°	-102.308756°	1	Tabique, ladrillo, block, piedra, cantera, cemento o concreto	Concreto	Cemento firme	Jardin de niños	Jesus Reyes Heróles
21.849512°	-102.314708°	1	Tabique, ladrillo, block, piedra, cantera, cemento o concreto	Concreto	Cemento firme	jardin de niños	Fray Pedro de Gante
21.853643°	-102.322075°	1	Tabique, ladrillo, block, piedra, cantera, cemento o concreto	Concreto	Cemento firme	Jardin de niños	Sor Juana Inés de la Cruz
21.869572°	-102.312202°	1	Tabique, ladrillo, block, piedra, cantera, cemento o concreto	Concreto	Cemento firme	Jardin de niños	Juan Escutia

Fuente: Elaboración propia

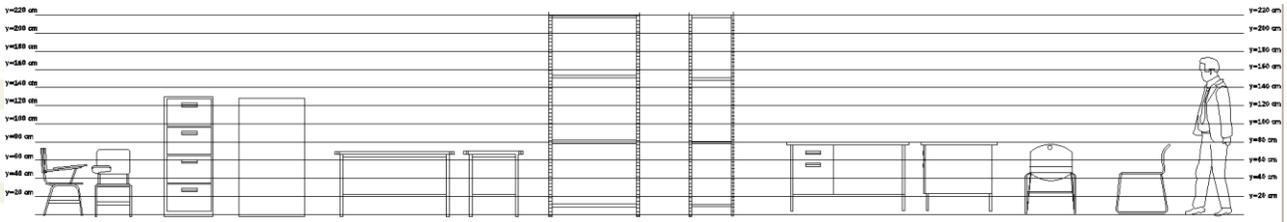


Figura 26. Comparación de enseres de secundaria con diferentes niveles de inundación.

Fuente: Elaboración propia

Se obtuvieron diferentes estimaciones para las funciones de vulnerabilidad y en cada caso, se realizó un promedio de los valores, el resultado es considerado la función de vulnerabilidad asociada a los diferentes tipos de infraestructura educativa de nivel básico (Figura 27 a la Figura 29).

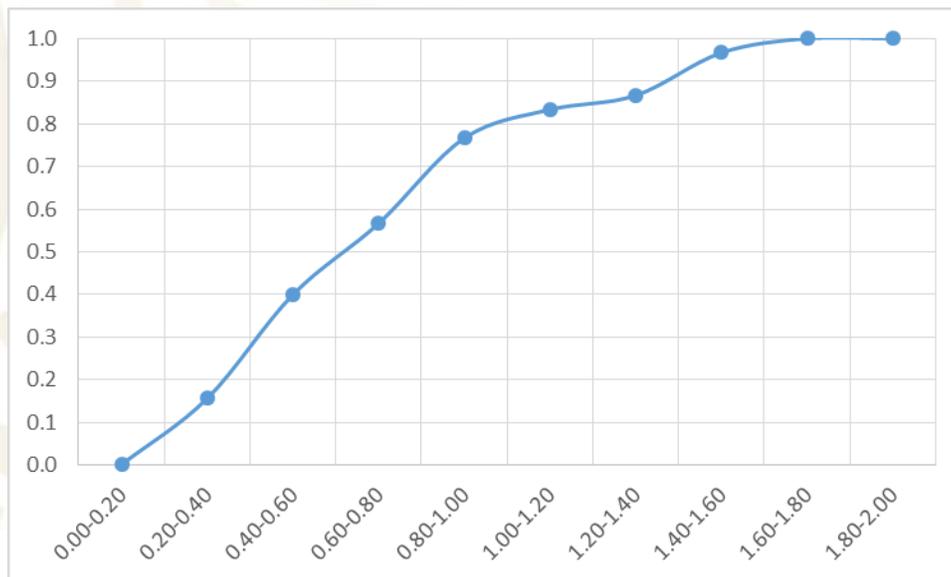


Figura 27. Función de vulnerabilidad para nivel preescolar. Fuente: Elaboración propia

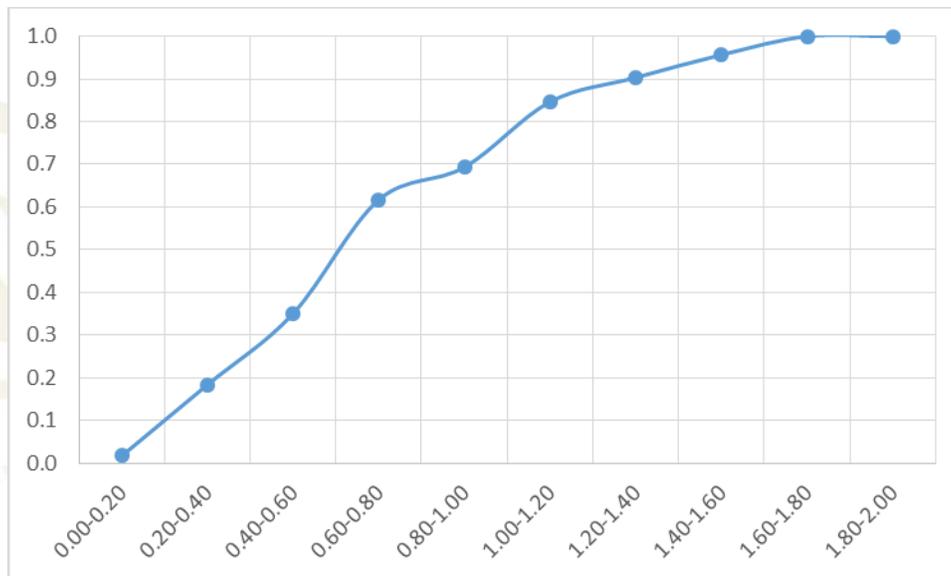


Figura 28. Función de vulnerabilidad para Primarias: Fuente: Elaboración propia

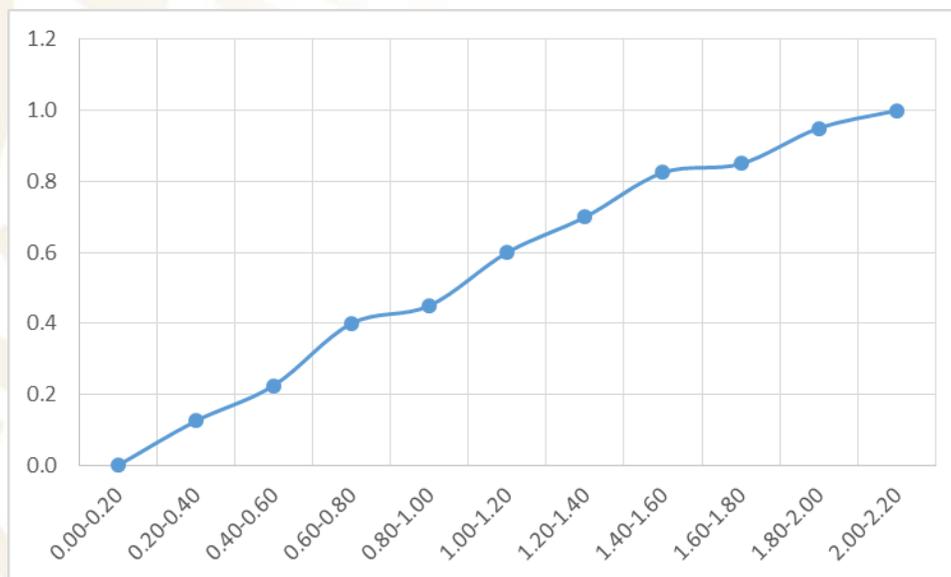


Figura 29. Función de vulnerabilidad para Secundarias. Fuente: Elaboración propia



CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES

Actualmente, no se cuenta con funciones de vulnerabilidad para los diferentes tipos de infraestructura existente dentro del territorio nacional, esta información es de gran utilidad para realizar estimaciones más precisas sobre los daños y pérdidas económicas ocasionadas por fenómenos perturbadores como son las inundaciones.

Este estudio se enfocó en la obtención de funciones de vulnerabilidad para las diferentes infraestructuras de educación de nivel básico (preescolar, primaria y secundaria), para ello se utilizó el menaje representativo de los diferentes tipos de escuelas que la conforman, considerando el material básico con el que cada una debe contar para realizar sus funciones.

El análisis se realizó en dos ciudades, Huixtla y Aguascalientes, porque se tenían las zonas de inundación para diferentes periodos de retorno, y en ambas se consideró un $Tr=100$ años, ya que considera el mayor número de escuelas afectadas dentro de los polígonos resultantes de dicho análisis.

La metodología utilizada es posible replicarla en otras ciudades que cuenten con información y análisis de peligro por inundación, así como para los diferentes niveles de educación.

Los resultados obtenidos son una primera aproximación en la obtención de las funciones de vulnerabilidad de infraestructura de educación de nivel básico y consideran, por una parte un análisis actual de inundaciones en las zonas de estudio, y por otra la información disponible en el INIFED dentro del programa *Escuelas al CIEN*.



CAPÍTULO 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CENAPRED (2011) “Características e impacto Socioeconómico de los principales desastres ocurridos en la República Mexicana”, México.

CENAPRED, (2006), “Guía básica para la elaboración de Atlas Estatales y Municipales de peligros y riesgos, Fenómenos Hidrometeorológicos”, México

Censo de Escuelas, Maestros y Alumnos de Educación Básica y Especial
<http://www.censo.sep.gob.mx/>

Censo de Escuelas, Maestros y alumnos de Educación Básica y Especial 2013, Atlas Educativo.

<http://cemabe.inegi.org.mx/>

Huerta et al. (2006), “Caracterización del daño causado a estructuras y contenidos por inundaciones fluviales y costeras”, Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural.

INIFED (2013), “Normatividad, disposiciones, lineamientos y guía operativa del Programa de Mejoramiento de la Infraestructura Física Educativa (Programa Escuelas al CIEN), México, INIFED.

Maldonado et al (2010), “Funciones de vulnerabilidad calculadas para edificaciones en muros de hormigón reforzado”, Universidad de Santander, Bucaramanga, Colombia, Revista Ingeniería de Construcción Vol. 25 No. 1

https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-50732010000100003