



ÍNDICE DE CONTENIDO

Capítulo 1. Fundamentos	1
1.1 Fundamentos básicos	2
1.2 Ciclo urbano del agua	2
1.3 Inundaciones.....	3
1.4 Clasificación de afectaciones por inundaciones	5
1.5 Causas del aumento de las afectaciones por inundaciones	6
1.6 Riesgo.....	8
1.6.1 Peligro	10
1.6.2 Vulnerabilidad	11
1.7 Programas y Proyectos de Inversión Pública (PIIP)	13
1.8 Evaluación Socioeconómica.....	13
1.9 Análisis socioeconómico o costo beneficio (ACB)	14
1.10 Daño Anual Esperado	15
Capítulo 2. Antecedentes generales	18
2.1 Manejo del agua a través de la historia.....	19
2.2 Manejo integral del agua urbana	20
2.3 Afectaciones por inundaciones en un contexto global y nacional	21
2.4 Acciones de mitigación de afectaciones por inundaciones.....	23
2.5 Mapas de riesgo por inundaciones	32
2.6 Mapas de peligro ante inundaciones.....	36
2.7 Mapas de vulnerabilidad ante inundaciones	38
2.8 Simulación hidrológica e hidráulica.....	40
2.8.1 Simulación hidrológica.....	41
2.8.2 Simulación hidráulica a superficie libre.....	42



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



ÍNDICE PÉRDIDA-POSESIÓN PARA GENERACIÓN DE MAPAS DE RIESGO ANTE INUNDACIONES EN ZONAS URBANAS

2.8.3	Simulación hidráulica presurizada	43
2.8.4	Simulación complementaria e integrada	43
2.8.5	Programas computacionales de simulación hidrológica e hidráulica y sus métodos de solución.....	44
Capítulo 3.	Estado del arte	50
3.1	Estimación de afectaciones por inundaciones	51
3.2	Curvas tirante-daño porcentual (funciones relativas)	51
3.3	Afectaciones reales por inundaciones	52
Capítulo 4.	Planteamiento del problema.....	54
4.1	Planteamiento del Problema.....	55
4.2	Índice Pérdida-Poseción (IPP), propuesta para la generación de mapas de riesgo ante inundaciones	56
4.3	Hipótesis.....	58
1.	Justificación	58
4.4	Objetivo General.....	59
4.5	Objetivos específicos	59
Capítulo 5.	Metodología.....	60
5.1	Metodología.....	61
5.1.1	Información inicial.....	62
5.1.2	Pre proceso de información	63
5.1.3	Simulación.....	66
5.1.4	Post proceso de información	66
Capítulo 6.	Caso de estudio.....	73
6.1	Selección del área de estudio	74
6.2	Descripción de la zona de estudio.....	75



ÍNDICE PÉRDIDA-POSESIÓN PARA GENERACIÓN DE MAPAS DE RIESGO ANTE INUNDACIONES EN ZONAS URBANAS

6.3	Pre proceso de información.....	77
6.3.1	Cuencas de aportación y microcuencas	77
6.3.2	Tormenta de diseño.....	80
6.3.3	Uso de suelo.....	105
6.3.4	Área de simulación C2D.....	118
6.3.5	Obstáculos hidráulicos	119
6.3.6	Construcción del modelo de simulación hidrológica-hidráulica a superficie libre cuasi 2D	121
6.4	Simulación.....	136
6.4.1	Ajuste de parámetros.....	136
6.4.2	Simulaciones hidrológicas-hidráulicas.....	141
6.5	Post proceso de información.....	151
6.5.1	Mapas de Peligro Ante Inundaciones Simplificado Para Vivienda (PAISPV) 151	
6.5.2	Mapa de Vulnerabilidad Ante Inundaciones Simplificada Para Viviendas 156	
6.5.3	Mapas de Riesgo Ante Inundaciones Simplificada Para Viviendas.....	160
6.5.4	Mapas de costos de daños a bienes muebles e inmuebles	164
6.5.5	Mapas Costos de daños directos tangibles anual esperado ante inundaciones (DAE).....	170
6.5.6	Mapas Índice Pérdida-Posesión Anual Esperado ante inundaciones (IPPAE) 174	
Capítulo 7.	Análisis de resultados.....	178
7.1	Coeficiente de escurrimiento para diferentes periodos de retorno.....	179
7.2	Comparación entre DAE e IPPAE.....	181
7.3	Curvas de pérdida.....	183



ÍNDICE PÉRDIDA-POSESIÓN PARA GENERACIÓN DE MAPAS DE RIESGO ANTE INUNDACIONES EN ZONAS URBANAS

7.4	Cuencas sector.....	187
7.5	Áreas de simulación	195
Capítulo 8.	Conclusiones y trabajos futuros	197
8.1	Conclusiones generales	198
8.1.1	Sobre la hipótesis	198
8.1.2	Sobre los fundamentos y antecedentes generales.....	198
8.1.3	Sobre el estado del arte.....	199
8.1.4	Sobre la metodología	199
8.2	Conclusiones sobre el caso de estudio	199
8.2.1	Sobre la selección de área de estudio e información inicial	199
8.2.2	Sobre el pre proceso de información	200
8.2.3	Sobre el post proceso de información	202
8.3	Conclusiones sobre el análisis de resultados	203
8.4	Conclusiones sobre el Índice Pérdida-Posesión.....	204
8.5	Trabajos futuros:.....	205
8.6	Reflexión final.....	206



Glosario figuras

Figura 1.- Sistema de drenaje pluvial urbano. Fuente: (Conagua, 2015b).....	3
Figura 2.- Causas del incremento de las afectaciones por inundaciones. Fuente: elaboración propia.....	7
Figura 3.- Composición teórica del riesgo. Fuente: elaboración propia.....	12
Figura 4.- Beneficios teóricos de un PPIP. Fuente: elaboración propia.....	15
Figura 5.- Forma teórica de la curva de daños anuales para cálculo del DAE. Fuente: elaboración propia adaptación de (Arnell, 1989; Salas Salinas, 1999).....	16
Figura 6.- Curva de pérdida anual por inundaciones - Tuxtla Gutiérrez, situación sin proyecto. Fuente: elaboración propia con datos de (IMTA, 2015).....	17
Figura 7.- Personas afectados por desastres de 1994-2013. Fuente: (CRED, 2015).	21
Figura 8.- Porcentaje de afectaciones económicas anuales por eventos de inundación respecto al total de eventos. Fuente: elaboración propia con datos de (Cenapred, 2017)	22
Figura 9.- Afectaciones económicas anuales por inundación y total de fenómenos en pesos corrientes. Fuente: elaboración propia con datos de (Cenapred, 2017)	22
Figura 10.- Estructuras de detención en Chihuahua, Chih., México. Fuente: propia.....	24
Figura 11 .- Esquema teórico para la elaboración de mapas de riesgo por inundación. Fuente: elaboración propia recreación de (Ribera Masgrau, 2004).....	33
Figura 12.- Diagrama de flujo del método IMTA para la generación de mapas de riesgo por inundaciones. Fuente: elaboración propia.	35
Figura 13.- Mapa de riesgo por inundación para un periodo de retorno de 1,000 años Tuxtla Gutiérrez. Fuente: (IMTA, 2015).....	36
Figura 14.- Mapa de peligro ante inundaciones de Tuxtla Gutiérrez, México para un periodo de retorno de 1,000 años. Fuente: (IMTA, 2015).....	38
Figura 15.- Mapa de vulnerabilidad por tipo de vivienda Tuxtla Gutiérrez. Fuente: (IMTA, 2015)	39



ÍNDICE PÉRDIDA-POSESIÓN PARA GENERACIÓN DE MAPAS DE RIESGO ANTE INUNDACIONES EN ZONAS URBANAS

Figura 16.- Diagrama de flujo de un modelo matemático de simulación. Fuente: elaboración propia.....	41
Figura 17.- Ejemplos de simulación hidráulica bidimensional a superficie libre con HEC-RAS. Fuente: elaboración Propia.....	45
Figura 18.- Ejemplo de simulación hidráulica IBER. Fuente: elaboración propia.....	46
Figura 19.- Conceptualización de la idealización de una subcuenca de aportación en SWMM. Fuente: elaboración propia.	47
Figura 20.- Dominio de integración de las ecuaciones de Barré de Saint Venant a través de un esquema alternado de diferencias finitas de primer orden empleado en MIKE URBAN. Donde E: Energía, y; tirante; Q: gasto. Fuente: (IHS, 2006).....	48
Figura 21.- Metodología para la generación de mapas de riesgo ante inundaciones con Índice Pérdida-Posesión Anual Esperado. Fuente: elaboración propia.....	61
Figura 22.- Detalle de altura de nivel de piso de vivienda. Fuente: (UNAM-Cemex, 2017)	67
Figura 23.- Distribución porcentual de niveles socioeconómicos ENIGH 2016. Fuente: (AMAI, 2017).....	69
Figura 24.- Inundaciones en Chihuahua, Chih. de 2013-2016. Fuente: a: (CN, 2013), b : (LCDCh, 2014), c: (López-Dóriga Digital, 2015), d: (Redacción SDPNoticias, 2016), e: (Chihuahua, 2017), f: (Guitérrez, 2018).....	74
Figura 25.- Macro localización Chihuahua, Chih. Fuente: elaboración propia con información de (Conavi, s.f.)	75
Figura 26.- Red de drenaje de subcuenca RH24K de Conagua. Fuente: elaboración propia con información de (SIATL, s.f.)	77
Figura 27.- Modelo Digital de Terreno Implan y Continuo Mexicano de Elevaciones Inegi, Fuente: elaboración propia	78
Figura 28.- Subcuencas de estudio. Fuente: elaboración propia.....	79
Figura 29.- Cuencas de aportación CEM INEGI. Fuente: elaboración propia	79



ÍNDICE PÉRDIDA-POSESIÓN PARA GENERACIÓN DE MAPAS
DE RIESGO ANTE INUNDACIONES EN ZONAS URBANAS

Figura 30.- Red de EMAs de zona de estudio. Fuente: elaboración propia con datos de (Wundermap, 2017). 81

Figura 31.- Estaciones climatológicas convencionales SMN. Fuente: elaboración propia. 82

Figura 32.- FDP estación Observatorio y estación El Rejón. Fuente: elaboración propia. 90

Figura 33.- FDP estación Presa Chihuahua y estación La Mesa. Fuente: elaboración propia. 90

Figura 34.- FDP estación Majálca. Fuente: elaboración propia..... 90

Figura 35.- Factor de conectividad para Chihuahua, Chih. Fuente: adaptación de (Baeza Ramírez, 2007)..... 93

Figura 36.- Curvas I-D-Tr Método Chen Cheng-Lung, estación Observatorio. Fuente: elaboración propia..... 96

Figura 37.- Curvas I-D-Tr Método Bell m., estación Observatorio. Fuente: elaboración propia. 99

Figura 38.- Comparación de curvas I-D-Tr de métodos de Cheng-Lung Chen y Bell modificado. Fuente: elaboración propia. 100

Figura 39.- Ejemplo de uso de suelo: arena y cuerpo de agua. Fuente: elaboración. propia. 111

Figura 40.- Ejemplo de uso de suelo: mampostería. Fuente: propia. 111

Figura 41.- Ejemplo de uso de suelo: techumbre. Fuente: elaboración propia..... 111

Figura 42.- Ejemplo de uso de suelo: vegetación urbana media densa. Fuente: elaboración propia..... 111

Figura 43.- Ejemplo de uso de suelo: vegetación urbana rala. Fuente. elaboración propia. 111

Figura 44.- Ejemplo de uso de suelo: cauce natural. Fuente: elaboración propia..... 111



ÍNDICE PÉRDIDA-POSESIÓN PARA GENERACIÓN DE MAPAS DE RIESGO ANTE INUNDACIONES EN ZONAS URBANAS

Figura 45.- Ejemplo de uso de suelo: vegetación urbana densa. Fuente: elaboración propia.....	112
Figura 46.- Ejemplo de uso de suelo: terracería. Fuente: elaboración propia.....	112
Figura 47.- Ejemplo de uso de suelo: grava ornamental. Fuente: propia.....	112
Figura 48.- Ejemplo de uso de suelo: fondo cauce natural. Fuente: elaboración propia.	112
Figura 49.- Ejemplo de uso de suelo: panteón. Fuente: elaboración propia.	112
Figura 50.- Ejemplo de uso de suelo: comercio. Fuente: elaboración propia.	112
Figura 51.- Ejemplo de uso de suelo: vivienda residencial. Fuente: elaboración propia.	113
Figura 52.- Ejemplo de uso de suelo: vivienda en serie. Fuente: elaboración propia. .	113
Figura 53.- Ejemplo de uso de suelo: vivienda campestre. Fuente: elaboración propia.	113
Figura 54.- Ejemplo de uso de suelo: parque. Fuente: elaboración propia.....	113
Figura 55.- Ejemplo de uso de suelo: vivienda urbana. Fuente: elaboración propia....	113
Figura 56.- Ejemplo de uso de suelo: vivienda suburbana. Fuente: elaboración propia.	113
Figura 57.- Mapa del uso de suelo de la zona de estudio. Fuente: elaboración propia.	114
Figura 58.- Detalle de delimitación de uso de suelo 1. Fuente: Elaboración propia.....	115
Figura 59.- Detalle de delimitación de uso de suelo 2. Fuente: elaboración propia.	116
Figura 60.- Detalle de delimitación de uso de suelo 3. Fuente: elaboración propia.	116
Figura 61.- Detalle de delimitación de uso de suelo 4. Fuente: elaboración propia.	116
Figura 62.- Áreas y modelos de simulación hidráulica a superficie libre cuasi 2D. Fuente: elaboración propia.....	118
Figura 63.- Obstáculos hidráulicos, modelo Saucito. Fuente: elaboración propia.....	120
Figura 64.- Ejemplo de mallado tipo direccional. Fuente: elaboración propia.	122



ÍNDICE PÉRDIDA-POSESIÓN PARA GENERACIÓN DE MAPAS
DE RIESGO ANTE INUNDACIONES EN ZONAS URBANAS

Figura 65.- Tamaño de mallado del área de simulación C2D. Fuente: elaboración propia.
..... 123

Figura 66.- Configuración de mallado del área de simulación C2D. Fuente: elaboración propia..... 124

Figura 67.- Mallado del modelo Saucito. Fuente: elaboración propia..... 125

Figura 68.- Salidas del modelo Saucito. Fuente: elaboración propia..... 126

Figura 69.- Conexión de cuencas de aportación en forma de cascada dendrítica. Fuente: elaboración propia..... 127

Figura 70.- Conexión de microcuencas en zona de simulación C2D. Fuente: elaboración propia..... 127

Figura 71.- Asignación de lluvia por estación climatológica. Fuente: elaboración propia.
..... 128

Figura 72.- Asignación ponderada de porcentaje de área impermeable en modelo Saucito. Fuente: elaboración propia..... 128

Figura 73.- Estructura de salida (a) y estructura de conexión (b). Fuente: propia..... 129

Figura 74.- Estructura de cruce (a), estructura de conducción (b) y estructura de captación (c). Fuente: propia..... 129

Figura 75.- Ubicación de infraestructura pluvial existente levantada en recorrido pedestre. Fuente: elaboración propia..... 130

Figura 76.- Ejemplo de estructura de captación en PCSWMM®, arroyo Galera sur en avenidas Agustín Melgar y Tecnológico. Fuente: elaboración propia..... 132

Figura 77.- Ejemplo de estructura de cruce en PCSWMM®, arroyo El Mimbresur y avenida Heroico Colegio Militar. Fuente: elaboración propia..... 132

Figura 78.- Ejemplo de estructura de regulación en PCSWMM®, arroyo Plaza de toros aguas arriba de iglesia Santa María Reina. Fuente: elaboración propia..... 133

Figura 79.- Ejemplo de estructura de conducción en PCSWMM®, arroyo Saucito debajo de calle Sicomoro. Fuente: elaboración propia..... 133



ÍNDICE PÉRDIDA-POSESIÓN PARA GENERACIÓN DE MAPAS DE RIESGO ANTE INUNDACIONES EN ZONAS URBANAS

Figura 80.- Ejemplo de canal 1D-2D. Fuente: elaboración propia.....	134
Figura 81.- Representación de pasillos pluviales de fraccionamientos privados. Fuente: elaboración propia.....	135
Figura 82.- Lluvia 4 de julio del 2015 sobre Chihuahua, Chih. Fuente: (SDP Noticias, 2015)	136
Figura 83.- Inundación en arroyo Plaza de toros, Chihuahua, Chih. 4 de julio del 2015. Fuente: (Daniela Jiménez, 2015).....	137
Figura 84.- Inundación en calle 2, Encordada Santa Fe, Chihuahua, Chih. 4 de julio del 2015. Fuente: (Ruíz, 2015).....	137
Figura 85.- Tirante de escorrentía en calle 2, durante inundación del 04/07/15. Fuente: elaboración propia con datos de (Ruíz, 2015) y (TBP, 2018).....	138
Figura 86.- Ubicación EMA UACH- Deportiva. Fuente: elaboración propia.....	138
Figura 87.- Hietograma de diseño para evento 04/07/15. Fuente: elaboración propia con datos de (Wundermap, 2017).....	139
Figura 88.- Precipitación EMA Deportiva 04/07/2015. Fuente: elaboración propia con datos de (Wundermap, 2017).....	139
Figura 89.- Tirantes máximos de escorrentía en modelos Plaza de toros-04/07/15. Fuente: elaboración propia.....	140
Figura 90.- Remanso en fraccionamientos privados por incapacidad hidráulica en pasillos pluviales. Fuente: elaboración propia.....	141
Figura 91.- Ejemplo de tirantes máximos de escorrentía en metros por periodo de retorno. Fuente: elaboración propia.....	143
Figura 92.- Mapa de Tirantes máximos de escorrentía (m) para un periodo de retorno 200 años, en modelo Plaza de toros. Fuente: elaboración propia.....	144
Figura 93.- Mapa de Tirantes máximos de escorrentía (m) para un periodo de retorno 200 años, en modelo Saucito. Fuente: elaboración propia.....	145
Figura 94.- Mapa de Tirantes máximos de escorrentía (m) para un periodo de retorno 200 años, en modelo Los Arcos. Fuente: elaboración propia.....	146



ÍNDICE PÉRDIDA-POSESIÓN PARA GENERACIÓN DE MAPAS DE RIESGO ANTE INUNDACIONES EN ZONAS URBANAS

Figura 95.- Mapa de velocidades máximas de escorrentía (m) para un periodo de retorno 200 años, en modelo Los Arcos. Fuente: elaboración propia.....	147
Figura 96.- Mapa de Velocidades máximas de escorrentía (m/s) para un periodo de retorno 200 años, en modelo Plaza de toros. Fuente: elaboración propia.....	148
Figura 97.- Mapa de Velocidades máximas de escorrentía (m/s) para un periodo de retorno 200 años, en modelo Saucito. Fuente: elaboración propia.....	149
Figura 98.- Mapa de Velocidades máximas de escorrentía (m/s) para un periodo de retorno 200 años, en modelo Los Arcos. Fuente: elaboración propia.....	150
Figura 99.- PAISPV para diferentes periodos de retorno en cuenca Saucito. Fuente: elaboración propia.....	152
Figura 100.- Mapa de Peligro Ante Inundaciones Simplificado Para Viviendas en modelo Plaza de toros para periodo de retorno de 200 años. Fuente: elaboración propia.....	153
Figura 101.- Mapa de Peligro Ante Inundaciones Simplificado Para Viviendas en modelo Saucito para periodo de retorno de 200 años. Fuente: elaboración propia.....	154
Figura 102.- Mapa de Peligro Ante Inundaciones Simplificado Para Viviendas en modelo Los Arcos para periodo de retorno de 200 años. Fuente: elaboración propia.....	155
Figura 103.- Distribución porcentual de NSE y VAISPV en la localidad de Chihuahua. Fuente: elaboración propia.....	157
Figura 104.- Mapa Vulnerabilidad Ante Inundaciones Simplificada Para Viviendas en la localidad de Chihuahua. Fuente: elaboración propia.....	158
Figura 105.- Mapa Vulnerabilidad Ante Inundaciones Simplificada Para Viviendas en la zona de simulación. Fuente: elaboración propia.....	159
Figura 106.- Cruce de información de peligro y vulnerabilidad en un SIG. Fuente: elaboración propia.....	160
Figura 107.- Mapa de Riesgo Ante Inundaciones Simplificado Para Viviendas en modelo Plaza de Toros para periodo de retorno de 200 años. Fuente: elaboración propia.....	161
Figura 108.- Mapa de Riesgo Ante Inundaciones Simplificado Para Viviendas en modelo Saucito para periodo de retorno de 200 años. Fuente: elaboración propia.....	162



ÍNDICE PÉRDIDA-POSESIÓN PARA GENERACIÓN DE MAPAS DE RIESGO ANTE INUNDACIONES EN ZONAS URBANAS

Figura 109.- Mapa de Riesgo Ante Inundaciones Simplificado Para Viviendas en modelo Los Arcos para periodo de retorno de 200 años. Fuente: elaboración propia.....	163
Figura 110.- Costos totales de bienes expuestos de la zona de estudio. Fuente: elaboración propia.....	166
Figura 111.- Mapa de costos de daños directos tangibles para un periodo de retorno de 200 años en modelo Plaza de toros. Fuente: elaboración propia.....	167
Figura 112.- Mapa de costos de daños directos tangibles para un periodo de retorno de 200 años en modelo Saucito. Fuente: elaboración propia.....	168
Figura 113.- Mapa de costos de daños directos tangibles para un periodo de retorno de 200 años en modelo Los Arcos Fuente: elaboración propia.....	169
Figura 114.- Mapa daños directos tangibles a viviendas por inundaciones anuales esperados para el modelo Plaza de toros. Fuente: elaboración propia.	171
Figura 115.- Mapa daños directos tangibles a viviendas por inundaciones anuales esperados para el modelo Saucito. Fuente: elaboración propia.	172
Figura 116.- Mapa daños directos tangibles a viviendas por inundaciones anuales esperados para el modelo Los Arcos. Fuente: elaboración propia.	173
Figura 117.- Mapa Índice Pérdida-Posesión a viviendas por inundaciones anual esperada para el modelo Plaza de toros. Fuente: elaboración propia.	175
Figura 118.- Mapa Índice Pérdida-Posesión a viviendas por inundaciones anual esperada para el modelo Saucito. Fuente: elaboración propia.	176
Figura 119.- Mapa Índice Pérdida-Posesión a viviendas por inundaciones anual esperada para el modelo Los Arcos. Fuente: elaboración propia.	177
Figura 120.- Comparación entre el porcentaje de área impermeable de las microcuencas y el porcentaje de escurrimiento para un periodo de retorno de 2 años. Fuente: elaboración propia.....	179
Figura 121.- CE por periodo de retorno en modelo Saucito. Fuente: elaboración propia.	180
Figura 122.- Comparación DAE contra IPPAE. Fuente: elaboración propia.....	182



ÍNDICE PÉRDIDA-POSESIÓN PARA GENERACIÓN DE MAPAS DE RIESGO ANTE INUNDACIONES EN ZONAS URBANAS

Figura 123.- Curva de pérdida anual por Índice Pérdida-Posesión ante inundaciones IPP. Fuente: elaboración propia.	183
Figura 124.- Curva de pérdida anual por daños directos tangibles por inundaciones y valor DAE. Fuente: elaboración propia.	184
Figura 125.- Curva de pérdida anual por Índice Pérdida-Posesión ante inundaciones IPP en escala logarítmica. Fuente: elaboración propia.....	184
Figura 126.- Curva de pérdida anual por daños directos tangibles por inundaciones y DAE en escala logarítmica. Fuente: elaboración propia.	185
Figura 127.- Comparación de curvas de pérdida por daños a bienes muebles e inmuebles ante inundaciones por probabilidad anual de excedencia. Fuente: elaboración propia.	186
Figura 128.- Relación entre pérdida por daños a bienes muebles y por daño a bienes inmuebles por probabilidad anual de excedencia. Fuente: elaboración propia.	186
Figura 129.- Delimitación de cuencas sector. Fuente: elaboración propia.....	188
Figura 130.- VAISPV promedio por cuenca sector. Fuente: elaboración propia.....	191
Figura 131.- Habitantes afectados y viviendas afectadas anuales esperados ante inundaciones por cuenca sector. Fuente: elaboración propia.....	191
Figura 132.- DAE general por cuenca sector. Fuente: elaboración propia.	193
Figura 133.- IPPAE promedio por vivienda afectada por cuenca sector. Fuente: elaboración propia.....	194
Figura 134.- Estadísticas de afectaciones por inundaciones anuales esperadas. Fuente: elaboración propia.....	196



Glosario tablas

Tabla 1.- Clasificación de afectaciones por inundaciones.	5
Tabla 2.- Criterio de riesgo ante inundaciones en función del peligro y vulnerabilidad ante inundaciones (IMTA, 2015).	35
Tabla 3.- Parámetros para criterio de peligro hidráulico. Fuente: (IMTA, 2015).	37
Tabla 4 .- Comparación entre programas de simulación de inundaciones. Fuente: Elaboración propia.	48
Tabla 5.- Valores de tirante y volcamiento por niveles de peligro ante inundaciones simplificado para viviendas (PAISPV). Fuente: elaboración adaptación de (IMTA, 2015).	68
Tabla 6.- Relación entre niveles socioeconómicos y vulnerabilidad VAISPV. Fuente: elaboración propia.	68
Tabla 7.- Valores de peligro PAISPV, vulnerabilidad VAISPV y porcentaje de pérdida de bienes muebles por nivel de riesgo RAISPV. Fuente: elaboración propia adaptación de (IMTA, 2015).	70
Tabla 8.- Valores para determinación de costo por daño estructural ante inundaciones. Fuente: Elaboración propia, adaptación (IMTA, 2015).	71
Tabla 9.- Área y número de microcuencas de cada subcuenca. Fuente: Elaboración propia.	80
Tabla 10.- Estaciones climatológicas convencionales. Fuente: Elaboración propia.	83
Tabla 11.- Precipitación diaria máxima anual por estación (mm). Fuente: Elaboración propia con datos de Conagua.	84
Tabla 12.- Completado de datos de precipitación diaria máxima anual por estación (mm). Fuente: elaboración propia.	87
Tabla 13.- Error Estándar de Ajuste de FDP por estación en porcentaje. Fuente: elaboración propia.	89



ÍNDICE PÉRDIDA-POSESIÓN PARA GENERACIÓN DE MAPAS DE RIESGO ANTE INUNDACIONES EN ZONAS URBANAS

Tabla 14.- Datos de precipitación diaria máxima anual (mm), extrapolados con Funciones de Distribución de Probabilidad. Fuente: elaboración propia.....	89
Tabla 15.- Precipitación diaria máxima horaria (mm), obtenidas con factor de convectividad. Fuente: elaboración propia.	93
Tabla 16.- Parámetros R, F, a, b y c; método Cheng-Lung. Fuente: elaboración propia.	94
Tabla 17.- Intensidad de lluvia en mm/h, para diferentes duraciones y periodo de retorno; método Cheng-Lung para estación Observatorio. Fuente: Elaboración propia.	95
Tabla 18.- Intensidad de lluvia en mm/h a diferentes duraciones y periodo de retorno; método Bell m. para estación Observatorio. Fuente: elaboración propia.....	98
Tabla 19.- Precipitaciones acumuladas método Bell m., estación Observatorio (mm), Fuente: elaboración propia.	98
Tabla 20.- Hietogramas de diseño (mm), estación Majálca. Fuente: elaboración propia.	102
Tabla 21.- Hietogramas de diseño (mm), estación La Mesa. Fuente: elaboración propia.	102
Tabla 22.- Hietograma de diseño (mm), estación El Rejón. Fuente: elaboración propia.	103
Tabla 23.- Hietograma de diseño (mm), estación Observatorio. Fuente: elaboración propia.	103
Tabla 24.- Hietograma de diseño (mm), estación Presa Chihuahua. Fuente: elaboración propia.	104
Tabla 25.- Parámetros hidrológicos por uso de suelo. Fuente: Elaboración propia con base en (EPA, 2015).	117
Tabla 26.- Características de las áreas de simulación hidráulica a superficie libre cuasi 2D. Fuente: elaboración propia.	118
Tabla 27.- Configuraciones y tamaños de mallado usados. Fuente: elaboración propia.	121
Tabla 28.- Número de nodos y área de simulación C2D. Fuente: elaboración propia.	122



ÍNDICE PÉRDIDA-POSESIÓN PARA GENERACIÓN DE MAPAS DE RIESGO ANTE INUNDACIONES EN ZONAS URBANAS

Tabla 29.- Criterio para asignar Vulnerabilidad Ante Inundaciones Simplificada para Viviendas con parámetros socioeconómicos de AGEBS Inegi en la localidad de Chihuahua.	156
Tabla 30.- Distribución porcentual de NSE y VASPV en la localidad de Chihuahua. Fuente: elaboración propia.....	156
Tabla 31.- Relación entre calidad de construcción para asignación de valores catastrales-fiscales y nivel de VAISPV. Fuente: elaboración propia con datos de (Gobierno de Chihuahua, 2017)	164
Tabla 32.- Valores para asignación de costos de bienes muebles e inmuebles. Fuente: elaboración propia.....	165
Tabla 33.- Valores de curvas de pérdida. Fuente: elaboración propia.	183
Tabla 34.- Estadísticas de afectaciones anuales esperadas por inundaciones por cuenca sector. Fuente: elaboración propia.	189
Tabla 36.- Estadísticas de afectaciones anuales esperadas por inundaciones por área de simulación. Fuente: elaboración propia.....	195