



# MÉXICO

GOBIERNO DE LA REPÚBLICA

## CONAGUA

COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA

SUBDIRECCIÓN GENERAL TÉCNICA  
GERENCIA DE AGUAS SUPERFICIALES E INGENIERÍA  
DE RÍOS

PROGRAMAS CONTRA CONTINGENCIAS HIDRÁULICAS POR  
ORGANISMOS DE CUENCA Y PARA LAS PRINCIPALES CIUDADES DEL PAÍS  
(ETAPA 1)

SGT-GASIR-DF-15-OP-01-RF-AD-CC

PROGRAMA CONTRA CONTINGENCIAS HIDRÁULICAS PARA LA  
ZONA URBANA DE AMECA, JALISCO.  
REGIÓN HIDROLÓGICO ADMINISTRATIVA VIII, LERMA-  
SANTIAGO-PACÍFICO



Instituto Mexicano de Tecnología del Agua

Programa Contra Contingencias Hidráulicas para la  
Zona Urbana de Ameca, Jalisco

Región Hidrológico-Administrativa VIII,  
Lerma-Santiago-Pacífico



## Contenido

1.	Introducción .....	1
2.	Gestión integrada de crecidas .....	2
2.1	La perspectiva a largo plazo .....	3
2.2	Políticas y estrategias de gestión integrada de crecidas .....	3
2.3	Declaratoria de Desastre Natural por fenómenos hidrometeorológicos.....	6
2.4	Matriz de análisis de la ley estatal de protección civil.....	8
2.5	Instituciones involucradas en la gestión de crecidas .....	9
2.5.1	Atribuciones de las instituciones involucradas con la atención a fenómenos hidrometeorológicos.....	12
3.	Caracterización de la cuenca y de las zonas inundables .....	17
3.1	Identificación de zonas potencialmente inundables.....	17
3.2	Socioeconómica.....	18
3.3	Fisiográfica, meteorológica e hidrológica.....	18
3.3.1	Subcuencas de aportación .....	19
3.3.2	Relieve.....	24
3.3.3	Uso de suelo.....	25
3.3.4	Edafología.....	26
3.3.5	Precipitación.....	28
3.3.6	Escurremientos .....	31
3.4	Características geomorfológicas de los cauces y planicies de inundación .....	33
3.4.1	Coefficiente de escurrimiento, Número de curva “N” .....	34
3.5	Descripción de inundaciones históricas relevantes .....	37
3.6	Obras de protección contra inundaciones y acciones no estructurales existentes	39
3.7	Identificación de actividades actuales en las planicies de inundación.....	39
4	Diagnóstico de las zonas inundables.....	41
4.1	Monitoreo y vigilancia de variables hidrometeorológicas.....	41
4.2	Pronóstico de avenidas y sistemas de alerta temprana.....	41
4.3	Funcionalidad de las acciones estructurales y no estructurales existentes .....	42

4.4	Identificación de los actores sociales involucrados en la gestión de crecidas.....	43
4.5	Identificación de la vulnerabilidad a las inundaciones.....	43
4.6	Identificación y análisis de la coordinación entre instituciones involucradas en la gestión de crecidas .....	46
	Identificación de la vulnerabilidad a las inundaciones.....	48
5.	Evaluación de riesgos de inundación .....	50
5.1	Estimación de caudales y tormentas de entrada al sistema .....	50
5.1.1	Cálculo de las lluvias de diseño .....	50
5.1.2	Construcción de tormentas hipotéticas .....	53
5.1.3	Modelo lluvia-escurrimiento .....	57
5.1.4	Resultados.....	58
5.2	Modelo hidráulico .....	61
5.2.1	Condiciones de frontera.....	61
5.2.2	Procesamiento del modelo digital de elevaciones .....	62
5.2.3	Infraestructura.....	65
5.3	Simulación en las condiciones actuales .....	65
5.4	Resultados.....	68
5.5	Análisis de los resultados .....	73
5.6	Elaboración del mapa de severidad.....	76
6.	Recomendaciones generales de medidas estructurales y no estructurales .....	82
7.	Esquema de seguimiento de la ejecución del programa.....	84
7.1	Esquema de seguimiento de medidas no estructurales .....	85
7.2	Programas de ejecución de medidas estructurales .....	86
	GLOSARIO .....	87
	REFERENCIAS.....	93

## Lista de figuras

Figura 2.1 Gestión integrada de crecidas.....	3
Figura 3.1 Ubicación.....	17
Figura 3.2 Zonas potencialmente inundables.....	18
Figura 3.3 Zona urbana de Ameca, Jalisco.....	19
Figura 3.4 Subcuencas de aportación.....	21
Figura 3.5 Relieve.....	25
Figura 3.6 Uso de suelo.....	26
Figura 3.7 Edafología.....	27
Figura 3.8 Estaciones climatológicas.....	28
Figura 3.9 Precipitación media mensual 1961-1964.....	31
Figura 3.10 Estaciones Hidrométricas.....	32
Figura 3.11 Variación del número de escurrimiento por subcuenca.....	37
Figura 4.5.1 Grado de marginación.....	45
Figura 5.1 Interfaz del programa V.E.L.L. elaborado por el CENAPRED.....	53
Figura 5.2 Hietograma asociado al periodo de retorno $T_r$ de 2 años.....	55
Figura 5.3 Hietograma asociado al periodo de retorno $T_r$ de 5 años.....	56
Figura 5.4 Hietograma asociado al periodo de retorno $T_r$ de 10 años.....	56
Figura 5.5 Hietograma asociado al periodo de retorno $T_r$ de 50 años.....	57
Figura 5.6 Hietograma asociado al periodo de retorno $T_r$ de 100 años.....	57
Figura 5.7 Esquema del modelo hidrológico en la plataforma HEC-HMS.....	58
Figura 5.8 Hidrogramas a la salida de la subcuenca 1.....	59
Figura 5.9 Hidrogramas a la salida de la subcuenca 2.....	59
Figura 5.10 Hidrogramas a la salida de la subcuenca 3.....	60
Figura 5.11 Hidrogramas a la salida de la subcuenca 4 (aportaciones de la subcuenca 5 a la 9).....	60
Figura 5.12 Anchura de ríos dragados en el MDE.....	63
Figura 5.13 Trazado del rio Ameca dentro del área de estudio.....	64
Figura 5.14 Malla final obtenida en el modelo IBER, para una zona del Rio Ameca.....	64

Figura 5.15 Variación del coeficiente de rugosidad de Manning en la zona de Ameca, Jalisco .....	67
Figura 5.16 Esquema del modelo hidráulico .....	67
Figura 5.17 Mapa de tirantes máximos alcanzados para un periodo de retorno de 2 años .....	68
Figura 5.18 Mapa de velocidades máximas alcanzadas para un periodo de retorno de 2 años .....	69
Figura 5.19 Mapa de tirantes máximos alcanzados para un periodo de retorno de 5 años .....	69
Figura 5.20 Mapa de velocidades máximas alcanzadas para un periodo de retorno de 5 años .....	70
Figura 5.21 Mapa de tirantes máximos alcanzados para un periodo de retorno de 10 años .....	70
Figura 5.22 Mapa de velocidades máximas alcanzadas para un periodo de retorno de 10 años .....	71
Figura 5.23 Mapa de tirantes máximos alcanzados para un periodo de retorno de 50 años .....	71
Figura 5.24 Mapa de velocidades máximas alcanzadas para un periodo de retorno de 50 años .....	72
Figura 5.25 Mapa de tirantes máximos alcanzados para un periodo de retorno de 100 años .....	72
Figura 5.26 Mapa de velocidades máximas alcanzadas para un periodo de retorno de 100 años .....	73
Figura 5.27 Mapa de trazado de calles.....	74
Figura 5.28 Evolución de los tirantes del Rio Ameca (Tr=2 y 100 años) .....	75
Figura 5.29 Mapa de Tirantes máximos (Tr= 100 años).....	76
Figura 5.30 Criterios adoptados para clasificar el daño por severidad (cinco categorías). .....	77
Figura 5.31 <b>Envolvente de tirantes máximos</b> .....	78
Figura 5.32 <b>Envolvente de velocidades máximas</b> .....	78
Figura 5.33 Mapa de severidad para un periodo de retorno de 2 años.....	79
Figura 5.34 Mapa de severidad para un periodo de retorno de 5 años.....	79
Figura 5.35 Mapa de severidad para un periodo de retorno de 10 años.....	80
Figura 5.36 Mapa de severidad para un periodo de retorno de 50 años.....	80



Figura 5.37 Mapa de severidad para un periodo de retorno de 100 años .....	81
Figura 6.1 Relación costo-beneficio de opciones de gestión de inundaciones.....	83
Figura 7.1 Esquema de seguimiento de medidas.....	84
Figura 7.2 Esquema de seguimiento de medidas no estructurales.....	85
Figura 7.3 Esquema de seguimiento de una medida estructural.....	86

## Lista de tablas

Tabla 2.1 Estrategias y opciones para la gestión de crecidas.....	5
Tabla 2.2 Matriz de análisis de la Ley de Protección Civil del Estado de Jalisco .....	9
Tabla 2.5.1.1 Ámbito de competencia de las instituciones involucradas .....	12
Tabla 3.1 Areas de las Subcuencas.....	22
Tabla 3.2. longitud y pendiente media del cauce principal de cada microcuenca. ....	23
Tabla 3.3. Determinación del tiempo de concentración y de retraso.....	24
Tabla 3.4 Uso de suelo.....	26
Tabla 3.5 Edafología.....	27
Tabla 3.6 Estaciones Climatológicas dentro de la zona de estudio .....	29
Tabla 3.7 Red de estaciones INIFAP dentro de la zona de estudio.....	30
Tabla 3.8 Valores medidos de HP de las Estaciones climatológicas.....	30
Tabla 3.9 Calculo polígonos de Thiessen para las estaciones climatológicas dentro de la zona de estudio .....	30
Tabla 3.10 Hietograma medio mensual de las estaciones climatologicas.....	30
Tabla 3.11 Estaciones Hidrométricas en la zona de estudio.....	31
Tabla 3.12 Gastos máximos anuales de las estaciones Hidrométricas en la zona de estudio .....	32
Tabla 3.13 Grupo edafológico y tipo de suelo.....	34
Tabla 3.14 Valores del número de escurrimiento.....	35
Tabla 3.15 Simbología y uso de suelo .....	36
Tabla 3.16 Valores del número de escurrimiento por subcuenca .....	36
Tabla 4.1.1 Valores mínimos recomendados de densidad de estaciones (Área/No. Estaciones) .....	41
Tabla 4.1.2 Densidad de estaciones climatológicas en el área de estudio.....	41
Tabla 4.5.1 Dimensiones e indicadores del índice de marginación urbana por AGEb 2010 .....	44
Tabla 4.5.2 Dimensiones e indicadores del índice de marginación urbana por AGEb 2010 .....	44
Tabla 4.5.3 Información complementaria de las manzanas urbanas de la localidad de Ameca .....	45

Tabla 4.6.1 Actores sociales e instituciones de la Región Lerma-Chapala .....	48
Tabla 4.6.2 Dimensiones e indicadores del índice de marginación urbana por AGEB 2010. .....	48
Tabla 5.1 Distribución de estaciones pluviométricas, con más de 20 años completos, en la república mexicana .....	51
Tabla 5.2 Lluvia máxima en 24 horas para diferentes periodos de retorno.....	53
Tabla 5.3 Parámetros Chen .....	55
Tabla 5.4 Características .....	62
Tabla 5.5 Valores para el coeficiente de rugosidad de Manning “n” de acuerdo con el uso del suelo.....	66
Tabla 5.6 Profundidades máximas alcanzadas en la zona cercana al puente ubicado sobre la calzada Gob. Flavio Romero de Velazco, ubicada sobre el rio Ameca .....	75
Tabla 5.7 Código de colores para elaborar mapas de severidades.....	77

## 1. Introducción

México está expuesto cotidianamente a episodios hidrometeorológicos severos, como huracanes, ciclones y precipitaciones intensas que, si bien contribuyen de manera positiva a incrementar el almacenamiento de agua de las presas y lagos, también provocan estragos en la población, la infraestructura, los servicios y los sistemas de producción.

El mayor impacto histórico y la propensión futura a inundaciones se concentra en 17 entidades federativas, que acumulan el 62% de la población nacional, entre las que se encuentran el Estado de México, el Distrito Federal, Veracruz, Tabasco y Chiapas (PNH, 2014-2018). No obstante, las inundaciones no se presentan sólo en las áreas con precipitaciones abundantes: también ocurren en zonas bajas, áreas urbanas e incluso en zonas áridas.

En la actualidad, la atención a inundaciones carece de acciones efectivas como la alerta oportuna sobre riesgos por fenómenos hidrometeorológicos extremos, el desarrollo de planes de prevención, la construcción de obras de protección, el mantenimiento de la infraestructura, y la coordinación interinstitucional, entre las más relevantes, lo que acentúa la vulnerabilidad de las poblaciones que habitan en condiciones de precariedad.

Dadas las condiciones actuales y con el fin de atender anticipadamente los impactos de la ocurrencia de estos eventos para minimizar los daños provocados por las inundaciones, en enero del 2013 el presidente de la república instruyó la puesta en marcha del Programa Nacional de Prevención contra Contingencias Hidráulicas (PRONACH) para proteger a la población, a sus bienes y a zonas productivas. En una primera etapa, la Conagua procedió a la formulación de programas de medidas de prevención y mitigación contra inundaciones para cada organismo de cuenca con una visión integral dentro de la Gestión Integrada de Crecidas (GIC). Bajo este mismo enfoque, este tercer año de actividades del Programa, el interés se centra en la atención a las zonas urbanas del país, en programas que contemplan la ejecución de acciones medioambientales, de planeación urbana, prevención, alerta temprana y protocolos de emergencia, elementos y estrategias necesarias para evitar la pérdida de vidas humanas ante la presencia de fenómenos hidrometeorológicos severos.

En este documento se presenta el *Programa Contra Contingencias Hidráulicas para la Zona Urbana de Ameca, Jalisco*, perteneciente a la Región Hidrológico-Administrativa VIII, Lerma-Santiago-Pacífico. Contiene la caracterización de la zona urbana, considerando los aspectos económicos, sociales y ambientales, el diagnóstico de la problemática existente, y un análisis de riesgo en el que se encuentra la población y zonas productivas. Finalmente se presenta una propuesta de acciones que ayuden a prevenir y mitigar los daños causados por inundaciones.

## 2. Gestión integrada de crecidas

La necesidad de mitigar los efectos de las inundaciones fue planteada desde el 2002 en el Plan de Aplicación de las Decisiones de la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible –celebrada en Sudáfrica<sup>1</sup>– en la que la comunidad internacional se comprometió a adoptar un enfoque integrado e integrador para hacer frente a la gestión de riesgos y a la vulnerabilidad, incluidas la prevención, la atenuación, la preparación, la respuesta y la recuperación.

Posteriormente, en Hyogo, Japón<sup>2</sup> (2005) se definió un Marco de Acción con objetivos estratégicos hacia una integración más eficaz de las consideraciones sobre los riesgos de desastre en las políticas, los planes y los programas de desarrollo sostenible, en los que la prevención, la atenuación, la preparación y la reducción de la vulnerabilidad son nuevamente elementos centrales, al igual que la creación y el fortalecimiento de instituciones, de mecanismos y de capacidad a todos los niveles.

A últimas fechas, el marco de acción para la reducción de desastres post 2015 resultante de la Conferencia de Sendai, Japón<sup>3</sup> (2015) incorpora el compromiso para la reducción sustantiva de la mortalidad y una disminución de los damnificados y pérdidas económicas por desastres para el año 2030, así como un descenso de los daños de infraestructura crítica y servicios básicos, entre ellos la salud y la educación.

En materia de inundaciones, sigue siendo vigente el documento conceptual “Gestión Integrada de Crecidas” (GIC), No. 1047 en su edición 2009 que junto con el Programa Asociado de Gestión de crecidas (WMO – GWP), plantea que el problema de la gestión de inundaciones en forma aislada resulta necesariamente en un enfoque limitado y poco sistemático. Por ello, la GIC procura cambiar el paradigma del enfoque fragmentado tradicional y fomenta la utilización eficiente de los recursos de la cuenca fluvial como un todo, empleando estrategias para mantener o aumentar la productividad de las llanuras de inundación, al tiempo que se adoptan medidas de protección contra las pérdidas causadas por las inundaciones.

En ambos se contempla un enfoque participativo abierto, transparente, integrador y comunicativo, que alienta la participación de usuarios, los encargados de la planificación y las instancias normativas en todos los niveles. Un esfuerzo de este tipo requiere de la descentralización del proceso de la toma de decisiones y abarca amplias consultas con la población, así como la participación de las partes interesadas en las actividades de planificación y aplicación.



1 Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de las Naciones Unidas, 2002.

2 Estrategia Internacional de las Naciones Unidas para la Reducción de los Desastres, 2005.

3 Tercera Conferencia Mundial de las Naciones Unidas sobre la Reducción del Riesgo de Desastres, 2015.

Figura 2.1 Gestión integrada de crecidas

## 2.1 La perspectiva a largo plazo

Diversas estimaciones coinciden en prever, hacia finales del siglo XXI, incrementos de la temperatura a nivel mundial de dos a cuatro grados centígrados. Entre los escenarios generados por el Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés), se espera que dicho aumento en la temperatura impacte de manera significativa el ciclo hidrológico, generando mayor variabilidad en patrones tradicionales de precipitación, humedad del suelo y escurrimiento –entre otras afectaciones– lo que dificultará la actividad de otros sectores económicos que dependen de la disponibilidad de los recursos hídricos, como la producción alimentaria, generación de energía y conservación ambiental, además del suministro de agua potable y saneamiento. Por tanto, los desastres, tanto en número como en sus consecuencias previsiblemente se incrementarán como resultado del cambio climático (Conagua, 2012).

Para encarar esta problemática, es indispensable entonces desarrollar estrategias de prevención y adaptación que consideren el agua como un eje toral en un enfoque multisectorial.

En el análisis de los desastres, se encuentra que los daños estimados como porcentajes del PIB son significativamente mayores en países subdesarrollados, lo que puede acentuarse de continuar la tendencia global a la concentración de la población en localidades urbanas. Al gestionar los actuales riesgos de las inundaciones y al planificar el futuro, se debe encontrar un equilibrio entre enfoques de sentido común, que minimizan los impactos mediante una mejor gestión urbana y el mantenimiento de la infraestructura para la mitigación de las inundaciones y enfoques con visión de futuro que anticipen y defiendan contra las futuras amenazas de inundaciones construyendo nueva infraestructura o redefiniendo radicalmente el entorno urbano.

La toma de decisiones sobre la priorización apropiada de los esfuerzos de gestión de las inundaciones requiere de una comprensión de los riesgos por inundación presentes y futuros (K, Jha, A. et al. 2012).

Como el riesgo de inundaciones evoluciona con el tiempo, los diseñadores de políticas públicas también deben explorar cómo las decisiones se modifican a la luz del clima cambiante. Así, los procesos de toma de decisiones deben incorporar información sobre los modelos utilizados para proyectar el cambio climático a distintas escalas y se deberá comprender las incertidumbres relacionadas con estos resultados.

## 2.2 Políticas y estrategias de gestión integrada de crecidas

El Documento del Programa Nacional Hídrico (PNH) 2013-2018 responde a la problemática actual y a la visión de largo plazo con la definición de seis objetivos orientados para avanzar en la solución de los desafíos identificados y en el logro de la sustentabilidad y la seguridad hídrica:

Objetivo 1. Fortalecer la gestión integrada y sustentable del agua

Objetivo 2. Incrementar la seguridad hídrica ante sequías e inundaciones

Objetivo 3. Fortalecer el abastecimiento de agua y el acceso a los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento

Objetivo 4. Incrementar las capacidades técnicas, científicas y tecnológicas del sector.

Objetivo 5. Asegurar el agua para el riego agrícola, energía, industria, turismo y otras actividades económicas y financieras de manera sustentable.

Objetivo 6. Consolidar la participación de México en el contexto internacional en materia de agua.

Particularmente los dos primeros contemplan estrategias y acciones que preparan a la sociedad mexicana a fin de que pueda afrontar en mejores condiciones los posibles efectos del cambio climático, tanto en aquellas zonas donde existe la probabilidad de disminución de los regímenes pluviales como en aquéllas donde se pueden intensificar los patrones de lluvia y provocar inundaciones catastróficas.

En esta visión, la GIC interviene de manera importante, promoviendo un enfoque integrado de gestión de los recursos suelo y agua de una cuenca fluvial en el marco de la GIRH, y tiene como finalidad maximizar los beneficios netos de las planicies de inundación y reducir al mínimo las pérdidas de vidas y de infraestructura causadas por los desastres derivados de las inundaciones.

Los elementos rectores de la GIC son:

- Gestión del ciclo hidrológico en su conjunto.
- Gestión integrada de la tierra y de los recursos hídricos.
- Gestión integrada de riesgos.
- Adopción de la mejor combinación de estrategias.
- Garantía de un enfoque participativo.

Los dos primeros elementos pueden agruparse en un solo concepto, *Gestión de la cuenca hidrológica*, en este elemento se propone tomar en cuenta lo siguiente:

- Dimensionar las crecidas (pequeñas, medianas e importantes).
- Identificar aspectos positivos de las crecidas. Es decir, usar las llanuras de inundación en la agricultura, acuacultura, recarga de acuíferos, etc.
- Gestionar todo tipo de crecidas y no sólo las que llegan a un nivel máximo para la aplicación de medidas de protección.
- Identificar zonas que se puedan sacrificar para almacenar agua con el fin de proteger áreas críticas.
- Gestionar crecidas en las ciudades, en donde se considere el suministro de agua potable, aguas residuales y el vertido residual, así como la evacuación de los escurrimientos superficiales.
- Considerar en los programas para inundaciones urbanas el control tanto de la cantidad de agua proveniente de las tormentas como la contaminación de las mismas.

El tercer elemento, **Gestión integrada de riesgos**, ofrece alternativas para evitar que un peligro se transforme en desastre. La gestión de riesgos de crecidas consiste en una serie de medidas sistemáticas para un periodo de preparación, respuesta y recuperación y debe formar parte de la GIRH. Las medidas adoptadas dependen de las condiciones de peligro del entorno social, económico y físico. Los resultados de este proceso continuo de gestión de riesgos pueden ser divididos en:

- Medidas para disminuir el riesgo de desastres a largo plazo (prevención), eliminando o reduciendo sus causas como la exposición o el grado de vulnerabilidad. Las estrategias son tendientes a evitar que los desastres se produzcan.

- Medidas de preparación, hacen referencia a las actividades que tienen por objeto alistar a la sociedad y a sus instituciones para responder adecuadamente ante la eventualidad de que se presente un fenómeno capaz de desencadenar un desastre. Su objeto es asegurar una respuesta apropiada en caso de necesidad, incluyendo alertas tempranas oportunas y eficaces, así como evacuación temporal de la población y bienes de zonas amenazadas.
- Medidas de respuesta o atención de la emergencia, comprende la movilización social e institucional necesaria para salvar vidas y bienes una vez que el fenómeno ya se ha presentado. Incluye la recuperación de la comunidad después del desastre, con tareas de reconstrucción.

Las medidas adoptadas dependen de las condiciones de peligro del entorno social, económico y físico y se centran principalmente en reducir la vulnerabilidad.

El cuarto elemento, ***Adopción de la mejor combinación de estrategias***, propone para la selección de estrategias o combinación de estrategias, considerar tres factores correlacionados: el clima, las características de la cuenca y las condiciones socioeconómicas de la zona (Tabla 2.1).

Tabla 2.1 Estrategias y opciones para la gestión de crecidas

Estrategia	Opciones
Reducir las inundaciones	Presas y embalses
	Diques, malecones y obras de contención
	Desviación de avenidas
	Ordenación de cuencas
	Mejoras a los canales
Reducir la vulnerabilidad a los daños	Regulación de las planicies de inundación
	Políticas de desarrollo y reaprovechamiento
	Diseño y ubicación de las instalaciones
	Normas para viviendas y construcciones
	Protección de elementos situados en zona inundable
	Predicción y alerta de crecidas
Atenuar los efectos de las inundaciones	Información y educación
	Preparación en caso de desastres
	Medidas de recuperación después de la inundación
	Seguro contra inundaciones
Preservar los recursos naturales de las llanuras de inundación	Determinación de zonas y regulación de las planicies de inundación

Fuente: Documento OMM-N°1047

El quinto elemento, ***Garantía de un enfoque participativo***, recomienda tomar en cuenta lo siguiente:

- La población debe participar en todos los niveles de la toma de decisiones.
- Se debe alentar la participación de usuarios y responsables de la planificación y las instancias normativas de todos los niveles, bajo el siguiente enfoque:
  - Abierto, transparente, integrador y comunicativo.
  - Descentralización del proceso de la toma de decisiones y debe incluir la realización de amplias consultas con la población.
  - Colaboración de representantes de todos los ámbitos afectados, de las diferentes áreas geográficas de la cuenca fluvial (aguas arriba y aguas abajo).
- Definir objetivos y responsabilidades de todos los actores involucrados en la gestión de crecidas.
- Transformar las alertas en medidas preventivas.



- Participantes de todos los sectores, especializados en diversas disciplinas, deben colaborar en el proceso y llevar a cabo las tareas necesarias para apoyar la aplicación de los planes de atenuación de los efectos de los desastres y de la gestión de los mismos: con un enfoque de abajo-hacia arriba y de arriba-hacia abajo.
- Definir las fronteras geográficas y límites funcionales de todas las instituciones involucradas en la gestión de crecidas.
- Promover la coordinación y la cooperación por encima de las barreras funcionales y administrativas.

Bajo este contexto se formulan los Programas Contra Contingencias Hidráulicas para Zonas Urbanas, con el objetivo de plantear medidas preventivas tendientes a disminuir los daños provocados por las inundaciones en la ciudad. El ámbito urbano constituye la unidad de planeación en la que se evalúa el riesgo para identificar zonas potencialmente inundables, se propone el uso adecuado de llanuras de inundación, se evalúa y se consideran las mejores medidas para disminuir los daños (prevaleciendo acciones no estructurales por encima de las estructurales), se incluyen a todos los actores involucrados en la gestión de las crecidas, definiendo fronteras geográficas y límites funcionales para evitar traslape de tareas antes, durante y después de que ocurra la inundación. No obstante, para la aplicación efectiva del concepto de GIC en el ámbito urbano, es necesario disponer de un entorno propicio en términos de política, legislación e información; una clara definición de los papeles y las funciones institucionales; e instrumentos de gestión que permitan proceder de forma eficaz a la formulación de normas, seguimiento y cumplimiento de las leyes<sup>4</sup>.

### **2.3 Declaratoria de Desastre Natural por fenómenos hidrometeorológicos**

En estado de emergencia por desastres naturales, los Gobiernos pueden verse obligados a utilizar fondos que habían sido previamente destinados a proyectos fundamentales de desarrollo económico, y esto, en el largo plazo, puede impactar negativamente el proceso de desarrollo y crecimiento económico de los países.

Los Gobiernos son cada vez más conscientes que el riesgo fiscal derivado de desastres naturales no puede seguir siendo ignorado. México se encuentra en la vanguardia de iniciativas encaminadas al desarrollo de un marco integral en gestión del riesgo de desastres, incluyendo el uso efectivo de mecanismos de financiamiento del riesgo y aseguramiento para manejar el riesgo fiscal derivado de los desastres. El Fondo de Desastres Naturales (FONDEN) fue establecido por el Gobierno Federal de México en el marco de su estrategia de gestión integral del riesgo con el propósito de apoyar actividades de emergencia, recuperación y reconstrucción después de la ocurrencia de un desastre.

El FONDEN fue originalmente creado como un programa dentro del Ramo 23 del Presupuesto de Egresos de la Federación de 1996, y se hizo operacional en 1999 cuando se emitieron sus primeras Reglas de Operación. Los recursos del FONDEN originalmente se destinaban únicamente a la realización de actividades ex post de rehabilitación y reconstrucción de (i) infraestructura pública de los tres órdenes de gobierno - federal, estatal y municipal; (ii) vivienda de la población de bajos ingresos; y (iii) ciertos elementos del medio ambiente, tales como selvas, áreas naturales protegidas, ríos, y lagunas.

---

<sup>4</sup> Gestión Integrada de Crecidas: Documento Conceptual, Organización Meteorológica Mundial, 2009

En la actualidad, el FONDEN está compuesto por dos instrumentos presupuestarios complementarios: el Programa FONDEN para la Reconstrucción y el Programa Fondo para la Prevención de Desastres Naturales (FOPREDEN), y sus respectivos fideicomisos. El instrumento original, y aún el más importante del FONDEN es el Programa FONDEN para la Reconstrucción. Sin embargo, en reconocimiento de la necesidad de promover el manejo proactivo del riesgo, el gobierno de México comenzó, a inicios de los años 2000, a asignar recursos específicamente destinados a actividades preventivas. Aunque los recursos para la prevención siguen siendo significativamente menores que para la reconstrucción, el gobierno mexicano continúa dirigiendo esfuerzos a la transición de un enfoque del financiamiento del riesgo post-desastre a la gestión del riesgo financiero previo a la ocurrencia del desastre. La ejecución de los recursos financieros de los 2 instrumentos del FONDEN (de reconstrucción y de prevención) se realiza a través del Fideicomiso FONDEN y del Fideicomiso Preventivo (FIPREDEN), cuya institución fiduciaria en ambos casos es BANOBRAS, un banco de desarrollo del Gobierno de México.

El proceso para acceder y ejecutar los recursos del programa FONDEN para la Reconstrucción permite un equilibrio entre la necesidad del desembolso inmediato de los fondos ante la ocurrencia de un desastre y aspectos de rendición de cuentas y de transparencia. La Secretaría de Gobernación (SEGOB) es la instancia responsable del procedimiento de acceso a los recursos del FONDEN y de la emisión de las declaratorias de desastre natural. La Secretaría de Hacienda y Crédito Público es la instancia responsable de los recursos del FONDEN.

El FONDEN cuenta con un Sistema electrónico y automatizado en línea que utiliza tecnología e información de punta en el proceso de acceso a los recursos, tales como la captura en una plataforma de información geográfica de fotografías geo-referenciadas de todos los activos públicos afectados y que serán sujetos de apoyo para asegurar la eficacia y exactitud del proceso de evaluación y cuantificación de los daños sufridos por un determinado desastre natural. SEGOB revisa en el Sistema en línea que las solicitudes de recursos señalen de manera detallada las acciones que se llevarán a cabo, así como el costo requerido para la reparación de la infraestructura y viviendas dañadas.

Consecutivamente, SEGOB remite el expediente a la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP) y le solicita convoque a sesión del comité técnico del fideicomiso FONDEN para que éste autorice los recursos los cuales quedan etiquetados en el Fideicomiso FONDEN en una subcuenta específica por cada programa de reconstrucción. Los recursos son transferidos por BANOBRAS (en su carácter de institución fiduciaria) de estas subcuentas a las empresas proveedoras de servicios de reconstrucción, previa presentación de las facturas de avance de la ejecución de las obras. Los recursos del FONDEN financian 100% los costos de reconstrucción de activos federales y 50 por ciento de los activos locales.

A través de la estrecha colaboración existente entre la Secretaría de Gobernación y la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, el FONDEN ha podido establecer una sólida relación entre sus áreas técnicas y financieras en el manejo de desastres naturales.

Por otro lado, el Centro Nacional para la Prevención de Desastres (CENAPRED) actúa como el área técnica enfocada en la reducción del riesgo y trabaja estrechamente con el FONDEN, el vehículo financiero para la administración de desastres.

El procedimiento de acceso a los recursos del FONDEN es el siguiente:

- a) El titular del Ejecutivo de la Entidad Federativa solicita opinión sobre el desastre natural a la Instancia Técnica Facultada (ITF).

- b) La ITF realiza el dictamen.
- c) De resultar positivo se instala el Comité de Evaluación de Daños.
- d) Por subcomités se evalúan daños.
- e) Se solicitan apoyos parciales inmediatos.
- f) Se solicita la declaratoria de Desastre Natural.
- g) Se presenta ante la SEGOB y la SHCP la evaluación de daños.
- h) Se emite la declaratoria de Desastre Natural.
- i) Los subcomités de evaluación de daños presentan documentación, fotografías, carga en el sistema web de evidencias, se elabora una división de obras y se firman anexos.
- j) El servidor público facultado solicita ante la unidad política federal los anticipos.
- k) Se notifica a las Entidades Federativas la autorización de recursos.
- l) Se elabora el programa de obras y acciones calendarizado y se realiza el seguimiento de obras.

#### **2.4 Matriz de análisis de la ley estatal de protección civil**

La ley vigente de protección civil del Estado de Jalisco con sus más recientes reformas fue publicada en el Diario Oficial el 10 de julio de 1993. El objeto de la ley es establecer las normas, criterios y principios, a que se sujetarán los programas, políticas y acciones de protección civil; las bases para la prevención, mitigación, auxilio y recuperación ante la presencia de un fenómeno perturbador de origen natural o humano; los mecanismos para implementar las acciones de prevención, auxilio y recuperación para la salvaguarda de las personas, sus bienes y el entorno, el funcionamiento de los servicios vitales y sistemas estratégicos, en los casos de emergencia y desastre; las bases de integración y funcionamiento de los Sistemas Estatal y Municipales de Protección Civil; y, las normas y principios para fomentar la cultura de la protección civil y de la autoprotección de los habitantes del Estado.

La entidad cuenta con un Instituto Estatal de Protección Civil que tiene a su cargo la organización, coordinación y operación del Sistema Estatal, con facultades normativas, ejecutivas, de coordinación y sancionatorias en materia de protección civil. Presta servicios de asesoría y capacitación en materia de protección civil, a las dependencias y entidades de la administración pública estatal y municipal y a los sectores privado y social.

Los programas de protección civil a cargo del Ejecutivo Estatal y de los gobiernos municipales tienen el carácter preventivo, informativo, de auxilio a la población civil y de restablecimiento de servicios públicos básicos, en caso de emergencia o desastre.

Tabla 2.2 Matriz de análisis de la Ley de Protección Civil del Estado de Jalisco

Lo que incluye	Lo que omite
Clasificación de riesgos	Desastres tecnológicos
Transfiere la primera responsabilidad al municipio	Declaratoria de emergencia
Declaración estado de alerta	Declaratoria de desastre
Declaratoria de fin de emergencia	Declaratoria de desastre natural
Establece PC nivel estatal	Publicación de declaratoria de emergencia
Establece PC nivel municipal	Publicación de declaratoria de desastre
Promotor de estudios e investigaciones	Coordina apoyos externos nacionales e internacionales
Promueve cultura de PC	Coordinación con otras entidades
Reconoce grupos voluntarios	Promueve capacitación en PC
Registro de grupos voluntarios	Solicitud declaratoria de desastre ante Gobernación
Promueve realización de simulacros	Establece existencia de albergues
Integración Atlas de Riesgo a nivel estatal	Integración Atlas de Riesgo nivel municipal
Actualizar el Atlas de Riesgos	Requisa
Promueve difusión de programas de PC	Posibilidad de solicitar Plan DNIII-E
Financiamiento institucional	Puede recibir donaciones
Catálogo de recursos humanos	Evaluación expost
Coordinar sistemas de comunicación	Revisar y opinar sobre asentamientos humanos irregulares
Cualquier persona puede denunciar riesgos	Apoyos para reubicación
Promueve cultura de prevención	Programas especiales de PC
Los medios de comunicación obligados a difundir programas de PC	Elaboración de peritajes de causalidad
	Declaración de área de protección
	Fondo estatal o municipal para la atención de desastres
	CONAGUA forma parte del consejo estatal
	Otras leyes que toquen temas de PC
	Posibilidad creación órganos especiales de PC para algún tipo de emergencia
	Programa de premios y estímulos de PC
	Edad mínima para director de PC
	Rutas de evacuación para discapacitados
	Las universidades son parte de PC
	Centro de operaciones móvil
	Policía ecológica
	Constancia de factibilidad PC para nuevos asentamientos
	Promueve lugares para construcción de viviendas seguras
	PC coordina al H. Cuerpo de Bomberos
	Establecimiento de centros de acopio
	Cuotas por servicios de PC
	Estudios para definir albergues en el estado
	Contratación de seguros contra desastres
	Invitación a los medios de comunicación a las sesiones del consejo estatal
	Carta de corresponsabilidad
	Requisitos de medidas de evacuación
	Centros regionales permanentes de PC
	Vigila destino final de desechos sólidos
	Autoridad para decidir ubicación de un refugio temporal
	Declaratoria de zonas de riesgo, para reubicación

Fuente: Manual para el control de inundaciones, Conagua, febrero de 2011

## 2.5 Instituciones involucradas en la gestión de crecidas

En el Gobierno Federal, la Secretaría de Gobernación y la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales son las agencias gubernamentales directamente responsables en la administración y atención de crecidas e inundaciones, a través de la Dirección General de Protección Civil y la Comisión Nacional del Agua, respectivamente, ambas agencias tienen su contraparte en los Estados de la República, además para el caso de la Comisión Nacional del Agua existente 13 regiones hidrológico-administrativas.

Otras de las principales dependencias involucradas son: Secretaría de la Defensa Nacional, Secretaría de Marina, Secretaría de Seguridad Pública, Secretaría de Desarrollo Social, Secretaría de Comunicaciones y Transportes, Secretaría de Salud, Secretaría de Educación, Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas, Comisión Federal de Electricidad, Secretaría de Turismo, Cruz Roja, entre otros.

Es importante mencionar que el 5 de abril de 2013, se publicó en el Diario Oficial de la Federación el ACUERDO por el que se crea la Comisión Intersecretarial para la Atención de Sequías e Inundaciones, el cual señala en el ARTÍCULO PRIMERO, que se crea con carácter permanente, que tiene por objeto la coordinación de acciones entre las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal en sus tres niveles, relativas al análisis de riesgos y la implementación de medidas de prevención y mitigación de fenómenos meteorológicos extraordinarios y los efectos que éstos generan, tales como sequías e inundaciones.

Como puede verse a través de esta Comisión el Gobierno Federal pretende lograr que todas las Secretarías involucradas, la Comisión Federal de Electricidad y la Comisión Nacional del Agua trabajen de forma coordinada entre ellas y con los gobiernos estatales y municipales, en beneficio de la población. A continuación, se muestran los tres niveles de gobierno involucrados, así como las instituciones internacionales:

### **Internacionales**

La Organización Meteorológica Mundial (OMM) desde su creación, la OMM ha participado de forma excepcional e importante en la seguridad y el bienestar de la humanidad. En el marco de los programas de la OMM y bajo su dirección, los Servicios Meteorológicos e Hidrológicos Nacionales contribuyen sustancialmente a la protección de la vida humana y los bienes frente a los desastres naturales, a la salvaguardia del medio ambiente y a la mejora del bienestar económico y social de todos los sectores de la sociedad en esferas como la seguridad alimentaria, los recursos hídricos y el transporte. Además, fomenta la colaboración entre los Servicios Meteorológicos e Hidrológicos Nacionales y favorece la aplicación de la meteorología a los servicios meteorológicos para el público, la agricultura, la aviación, la navegación, el medio ambiente, las cuestiones relacionadas con el agua y la atenuación de los efectos de los desastres naturales.

La Asociación Mundial del Agua [Asociación Mundial del Agua (GWP)] es una red internacional abierta a todas las organizaciones que tienen que ver con la gestión de los recursos hídricos. Fue creada en 1996 con el objetivo de promover la gestión integrada de los recursos hídricos (GIRH).

El Programa Asociado de Gestión de Inundaciones, que se conoce por su sigla en inglés APFM, es una iniciativa conjunta de la Organización Meteorológica Mundial y la Asociación Mundial del Agua [Global Water Partnership (GWP)]. El Programa promueve el concepto de gestión integrada de inundaciones, nuevo enfoque en materia de gestión de crecidas. Cuenta con respaldo financiero de los gobiernos de Japón y los Países Bajos.

El Programa Hidrológico Internacional (PHI) de la UNESCO, reconoció que la gestión adecuada de los peligros relacionados con el agua es un factor esencial para el desarrollo humano y socioeconómico sustentable, y en particular para la atenuación de la pobreza (Gutiérrez López Alfonso, Revista Agua y Saneamiento, ANEAS, año 11, número 43, abril, mayo y junio de 2012, México). La iniciativa internacional, comprende la gestión de riesgos y las emergencias, análisis de riesgos múltiples; bases de datos para evaluar el riesgo;

modelación hidrológica, hidráulica y económica; cartografía de riesgos por inundaciones; medidas estructurales y no estructurales; la gobernabilidad y participación, reformas institucionales, pronósticos y alerta anticipada y sistemas de alerta, comunicación efectiva, vigilancia y respuesta a las alertas.

El Centro Internacional para la Gestión de los Desastres y Riesgos relacionados con el Agua (ICHARM), auspiciado por la UNESCO, fue creado en 2006. El ICHARM se encarga de los desastres relacionados con el agua, como las inundaciones y las sequías, que son los mayores desafíos que se necesita superar para garantizar un desarrollo humano sostenible y la reducción de la pobreza.

### **Federales**

- Corresponde al Ejecutivo Federal en materia de protección civil, por conducto de la Secretaría de Gobernación, a través de la Coordinadora Nacional de Protección Civil.
- Comité Científico asesor sobre el Fenómeno Perturbador de carácter Hidrometeorológico, integrado por personal de la UNAM, CFE, CONAGUA, IMTA, U. de Guadalajara, SNEAM, CENAPRED.
- Secretaria de Hacienda y Crédito Público para efectos de transferir a los estados los recursos económicos con el objeto de afrontar los riesgos en materia de gestión integral de inundaciones.
- El Congreso de la Unión (Cámara de diputados y Cámara de Senadores)
- Secretaria de la Función Pública, hasta en tanto no se publique en el Diario Oficial de la Federación la Comisión Anticorrupción.
- En su caso, conjuntamente con los tres niveles de gobierno, Federal, Estatal y municipal.

### **Estatales**

- El Ejecutivo Estatal (Gobernador) o también llamado mandatario estatal.
- Protección civil estatal
- El Jefe de Gobierno, en el caso del Distrito Federal, así como los Jefes Delegacionales, en el ámbito de competencia de cada uno.
- En su caso, conjuntamente con los tres niveles de gobierno, Federal, Estatal y municipal.

### **Municipales**

- El Presidente Municipal
- El Cabildo
- Protección civil municipal
- En su caso, conjuntamente con los tres niveles de gobierno, Federal, Estatal y municipal.

## 2.5.1 Atribuciones de las instituciones involucradas con la atención a fenómenos hidrometeorológicos.

En la tabla siguiente se presentan las atribuciones de las instituciones involucradas con la atención a fenómenos hidrometeorológicos en el orden federal.

Tabla 2.5.1.1 Ámbito de competencia de las instituciones involucradas

Instituciones	Artículos	Atribuciones
Secretaría de Gobernación (SEGOB)	5FXXIV, XXVII	Fracción XXIV, coordinar a las diversas dependencias y entidades que, por sus funciones, deban participar en las labores de auxilio, en caso de desastres o emergencias. Fracción XXVII, coordinar las acciones de Seguridad Nacional y establecer políticas de Protección Civil. Reglamento Interior D.O.F. 2/04/2013.
Secretaría de la Defensa Nacional (SEDENA)	28FXXXVI,38FVII	Reglamento Interior. - DOF. - 17-10-2011.- Artículo 28 fracción XXXVI. Proponer directivas orientadas a la prevención y control de desastres en asuntos de su competencia. - Artículo 38 fracción VII. Planear, dirigir y coordinar el trabajo de ingenieros en beneficio de la Secretaría y de la población civil, en casos de desastres y demás necesidades públicas.
Secretaría de Marina (SEMAR)	16FX,2FX	Reglamento Interior: DOF. -31-12-2012.- Artículo 16 fracción X.- Corresponde a la Dirección General de Investigación y Desarrollo. - Obtener procesar y difundir información meteorológica y de fenómenos oceánicos y atmosféricos, coordinando lo que proceda con el Servicio Meteorológico Nacional. Ley Orgánica de la Armada de México. DOF 31/12/2012.- Artículo 2 fracción X.- El de realizar actividades de investigación científica, oceanográfica, meteorológica, biológica y de los recursos humanos, actuando por sí sólo o en coordinación con otras instituciones nacionales o extranjeras, o en coordinación con dependencias y entidades de la Administración Pública Federal. Ley Orgánica de la Administración Pública Federal. - Artículo 30 fracción XXI.- Participar y llevar a cabo las acciones que le corresponda dentro del marco del Sistema Nacional de Protección Civil para la prevención, auxilio, recuperación y apoyo a la población en situaciones de desastre.
Secretaría de Gobernación. - Comisionado nacional de seguridad.	38FI	Reglamento Interior. - DOF 2-04-2013.- Artículo 38 fracción i.- Proponer al Secretario las Políticas, programas y acciones tendientes a garantizar la seguridad pública de la Nación y de sus habitantes, así como coordinar y supervisar su ejecución e informar sobre sus resultados. Reglamento del Servicio de Protección Federal. -DOF 9/112/2008.- Facultades del Comisionado. - Artículo 10 fracción VIII.- Apoyar la participación de las instituciones públicas federales en la implementación de programas de vigilancia y custodia, protección civil y prevención del delito, en los términos de las disposiciones aplicables.
Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP)	6FIV, 31FI	Reglamento interior. Artículo 6 fracción IV.- Coordinar, conjuntamente con la Secretaría de Desarrollo Social en el ámbito de su competencia, el otorgamiento de las autorizaciones de acciones e inversiones convenidas con los gobiernos locales y municipales tratándose de planeación nacional y regional. Ley Orgánica de la Administración Pública Federal. - Artículo 31 fracción XVI.- Normar, autorizar y evaluar los programas de inversión pública de la Administración Pública Federal.
Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL)	18 FI	Fracción I. Realizar la planeación necesaria para configurar estrategias, programas, proyectos y acciones para el desarrollo social.
Secretaría de Medio Ambiente y	31FXI, XXI	Ley Orgánica de la Administración Pública Federal. - Artículo 32 BIS fracción XI.- Evaluar y dictaminar las manifestaciones de impacto ambiental de proyectos de desarrollo que le presenten las Secretarías

Instituciones	Artículos	Atribuciones
Recursos Naturales (SEMARNAT)		públicas sociales y privadas, resolver sobre los estudios de riesgo ambiental, así como sobre los programas para la prevención de accidentes con incidencia ecológica. Fracción XXI.- Dirigir los estudios, trabajos y servicios meteorológicos, climáticos, hidrológicos y geohidrológicos, así como el Sistema Meteorológico Nacional, y participar en los convenios internacionales sobre la materia.
Comisión Nacional del Agua (CONAGUA)	9Inciso a) FXL	Ley de Aguas Nacionales. - Artículo 9 inciso a). - Fracción XL.- Participar en el Sistema Nacional de Protección Civil y apoyar en la aplicación de los planes y programas de carácter federal para prevenir y atender situaciones de emergencias, causadas por fenómenos hidrometeorológicos extremos.
Secretaría de Energía (SENER)	33FI	Ley Orgánica de la Administración Pública Federal. - Artículo 33 fracción I.- Establecer y conducir la política energética del país, así como supervisar su cumplimiento con prioridad en la seguridad y diversificación energética, el ahorro de energía, entre otras acciones y en términos de las disposiciones aplicables, correctivas, realizar y promover programas, proyectos, estudios e investigación sobre las materias de su competencia.
Secretaría de Economía (SE)	34FIX	Ley Orgánica de la Administración Pública Federal. - Artículo 34 fracción IX.- Participar con las Secretarías de Desarrollo Social, de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación y de Medio Ambiente y Recursos Naturales, en la distribución y comercialización de productos y el abastecimiento de los consumos básicos de la población.
Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA)	35FI	Ley Orgánica de la Administración Pública Federal. - Artículo 35 fracción I.- Formular, conducir y evaluar la política general de desarrollo rural, a fin de elevar el nivel de vida de las familias que habitan en el campo en coordinación con las dependencias competentes. - Fracción II.- Promover el empleo en el medio rural, así como establecer programas y acciones que tiendan a fomentar la productividad y la rentabilidad de las actividades económicas rurales.
Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT)	36FII XXI	Ley Orgánica de la Administración Pública Federal.- Artículo 36 fracción II.- Regular, inspeccionar y vigilar los servicios públicos de correos y telégrafos y sus servicios diversos; conducir la administración de los servicios federales de comunicación eléctricas y electrónicas y su enlace con los servicios similares públicos concesionados, con los servicios privados de teléfono, telégrafos e inalámbricos y con los estatales y extranjeros, así como del servicio público de procesamiento remoto de datos. Fracción XXI.- Construir y conservar los caminos y puentes federales, incluso los internacionales; así como las estaciones y controles de autotransporte federal.
Secretaría de Educación Pública (SEP)	38FXXI	Ley Orgánica de la Administración Pública Federal.- Artículo 38 fracción XXI.- Conservar, proteger y mantener los monumentos arqueológicos, históricos y artísticos que conforman el patrimonio cultural de la Nación, atendiendo las disposiciones legales en la materia.- Referencia normativa.- Artículo 2.- Ley Federal sobre monumentos y zonas arqueológicas: El de utilidad pública, la investigación, protección, conservación, restauración y recuperación de los monumentos arqueológicos, artísticos e históricos y de las zonas de monumentos.
Secretaría de Salud (SS)	39fi	Ley Orgánica de la Administración Pública Federal. - Artículo 39 fracción I.- Establecer y conducir la política nacional en materia de asistencia social, servicios médicos y salubridad general, con excepción de lo relativo al saneamiento del ambiente; y coordinar los programas de servicios a la salud de la Administración Pública Federal, así como los agrupamientos por funciones y programas a fines, en su caso, se determinen.
Secretaría de Desarrollo Agrario,	41 fi INCISO A Y B	Ley Orgánica de la Administración Pública Federal. - Artículo 41 fracción I.- Impulsar en coordinación con las entidades estatales y municipales, la planeación y el ordenamiento del territorio nacional



Instituciones	Artículos	Atribuciones
Territorial y Urbano (SEDATU)		para su máximo aprovechamiento, con la formulación de políticas que armonicen: inciso a).- El crecimiento o surgimiento de asentamientos humanos y centros de población, inciso b).- la planeación habitacional y del desarrollo de viviendas.
Consejería Jurídica del Ejecutivo Federal (CJEF)	43FII	Ley Orgánica de la Administración Pública Federal. - Artículo 43 fracción II.- Someter a consideración y, en su caso, firma del Presidente de la República todos los proyectos de iniciativa de leyes y decretos que se presenten al Congreso de la Unión o a una de sus cámaras, así como a la Asamblea de Representantes del Distrito Federal, y darle opinión sobre dichos proyectos.
Comisión para la Regularización de la Tenencia de la Tierra (CORETT)	2FII	Decreto de creación: Promover la adquisición y enajenación de suelo y reservas territoriales para el desarrollo urbano y la vivienda en coordinación con otras dependencias y entidades federales, con los gobiernos de los estados con la participación de sus municipios, y del Distrito Federal, así como en concertación con los sectores social y privado particularmente con los núcleos agrarios.
Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA)	14 BIS 2FVII	Ley de Aguas Nacionales. - Atribuciones. - Artículo 14 BIS 3 fracción VII.- Realizar por sí o a solicitud estudios y brindar consultorías especializadas en materia de hidráulica, hidrología, control de calidad del agua, de gestión integrada de los recursos hídricos.
Comisión Federal de Electricidad (CFE)	10FII	Estatuto Orgánico: El de atender los aspectos técnicos operativos relacionados con la generación, transmisión, transformación, control y distribución de energía eléctrica.
Secretaría de Marina - Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (SEMAR - CICESE)	5FXXI	Reglamento interior, aquellas otras facultades que con ese carácter le confieran expresamente las disposiciones legales, y le asigne el Presidente de la República.
Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS)	2, 251FI	Ley del IMSS. DOF. - 31-03-2007.- Artículo 2.- Tiene como finalidad garantizar el derecho a la salud, la asistencia médica, la prestación de los medios de subsistencia y los servicios sociales necesarios para el bienestar individual y colectivo, así como el otorgamiento de una pensión que, en su caso y previo cumplimiento de los requisitos legales, será garantizado por el Estado. Artículo 251 fracción i.- Administrar los seguros de riesgos de trabajo, enfermedades y materiales, invalidez y vida, guardería y prestaciones sociales, salud para la familia, adicionales y otros, así como prestar los servicios de beneficios colectivos que señale esta Ley.
Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado (ISSSTE)	4FII,23FVI	Ley del ISSSTE. -DOF. -28-05-2012.- Artículo 4 fracción II, inciso d). - Préstamos personales extraordinarios para damnificados por desastres naturales. - Estatuto Orgánico artículo 23 fracción VI. - El de resolver bajo su inmediata directa responsabilidad los asuntos urgentes del instituto, a reserva de informar a la Junta sobre las acciones y los resultados obtenidos.
Distribuidora de Conasupo (DICONSA)	2.1	Reglas de Operación, el de contribuir a mejorar la nutrición como una capacidad básica de la población que habita en localidades rurales. 2.2. Abastecer localidades rurales de alta y muy alta marginación con productos, en forma eficaz y oportuna.
Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED)	109FI	El de investigar los peligros, riesgos y daños producidos por agentes perturbadores que puedan dar lugar a desastres integrando y ampliando los conocimientos de tales acontecimientos, en coordinación con las dependencias y entidades responsables.

Instituciones	Artículos	Atribuciones
Petróleos Mexicanos (PEMEX)	4FII	Estatuto Orgánico de Petróleos Mexicanos, el de emitir a propuesta del Comité correspondiente las políticas y lineamientos en materia de, inciso f).- Programar y proyectos, contratación de terceros experto independiente, prelación entre los proyectos de gran magnitud alta prioridad y otros proyectos relevantes, así como los criterios para definir los casos y la etapa de la fase de los proyectos y programas de inversión de los organismos subsidiarios que deberán ser aprobados por el Consejo de Administración, previo acuerdo del Consejo de Administración del Organismo Subsidiario correspondiente.
Desarrollo Integral de la Familia (DIF)	4FXXV	Estatuto Orgánico: Promover la atención y coordinación de las acciones de los distintos sectores sociales que actúen en beneficio de aquellos, en el ámbito de su competencia, en casos de desastres como inundaciones, terremotos, derrumbes, explosiones, incendios, y otros de naturaleza similar por los que se causen daños a la población, el organismo, sin perjuicio de las atribuciones que en auxilio de los damnificados lleve a cabo otras dependencias y entidades.
Universidad Autónoma de México (UNAM)	1	La Universidad Nacional Autónoma es una corporación pública-organismo descentralizado del estado - dotada de plena capacidad jurídica y que tiene por fines impartir educación superior para formar profesionales, investigadores, profesores universitarios y técnicos útiles a la sociedad; organizar y realizar investigaciones principalmente acerca de las condiciones y problemas nacionales, y extender con la mayor amplitud posible, los beneficios de la cultura.
Cruz Roja Mexicana	2.8	Decreto presidencial del 21 de febrero de 1910, en su estatuto, artículo 2 inciso 8) el de proponer a mejorar la salud, prevenir las enfermedades y aliviar los sufrimientos espirituales y corporales, desarrollando al efecto toda acción humanitaria tendiente a estos fines, de acuerdo con sus posibilidades, las leyes y demás disposiciones legales vigentes en el país. La Cruz Roja debe considerar como auxiliar de los poderes públicos, la conformidad con el Convenio de Ginebra del 6 de julio de 1908, con el decreto firmado por el Presidente de los Estados Unidos Mexicanos el 21 de febrero de 1910.
Bomberos	3FVI	Señala que por auxilio se entenderá a las acciones destinadas primordialmente a salvaguardar la vida de las personas, sus bienes y la planta productiva y a preservar los servicios públicos y el medio ambiente, ante la presencia de un agente destructivo, en donde los agentes destructivos son los fenómenos de carácter hidrometeorológico que puede producir riego, emergencias o desastres. Para efectos de la presente Ley que nos ocupa, los cuerpos de seguridad pública en los Estados de la República Mexicana, por lo general son: Policía Preventiva Estatal, Protección civil y Bomberos, ya que estos están adheridos al Sistema Nacional de Protección Civil, independientemente de su normatividad que los rijan en sus estados.

A nivel estatal, la ley de Protección Civil atribuye funciones específicas a los actores gubernamentales, sociales y privados de este orden de gobierno que conforman el Sistema Estatal de Protección Civil. Sin embargo, existen igualmente otras instancias que por su función coadyuvan a las acciones de las autoridades de protección civil. En este sentido, las Comisiones Estatal de Agua en su calidad de organismos públicos descentralizados de la administración pública estatal coadyuvan a las autoridades federales y municipales, durante emergencias que se susciten en los sistemas de agua potable, drenaje, desalojo de aguas residuales y pluviales bajo su administración.

A nivel municipal, la misma ley de protección civil distribuye funciones específicas y coordinadas en la materia. Los reglamentos de Protección Civil municipal especifican la integración del Sistema Municipal de Protección Civil (el Presidente Municipal, el Consejo

Municipal, la Dirección General, las Unidades Internas de los sectores público, social y privado, y los Grupos Voluntarios), y distribuyen funciones a cada uno de ellos.

### 3. Caracterización de la cuenca y de las zonas inundables

La ciudad de Ameca está ubicada en el estado de Jalisco, en el municipio del mismo nombre. La zona urbana de la Ciudad de Ameca se encuentra ubicada en dos cuencas La Rio Ameca-Atenguillo (Rh14Bb) y la Presa La Vega-Cocula (Rh 14Bb).

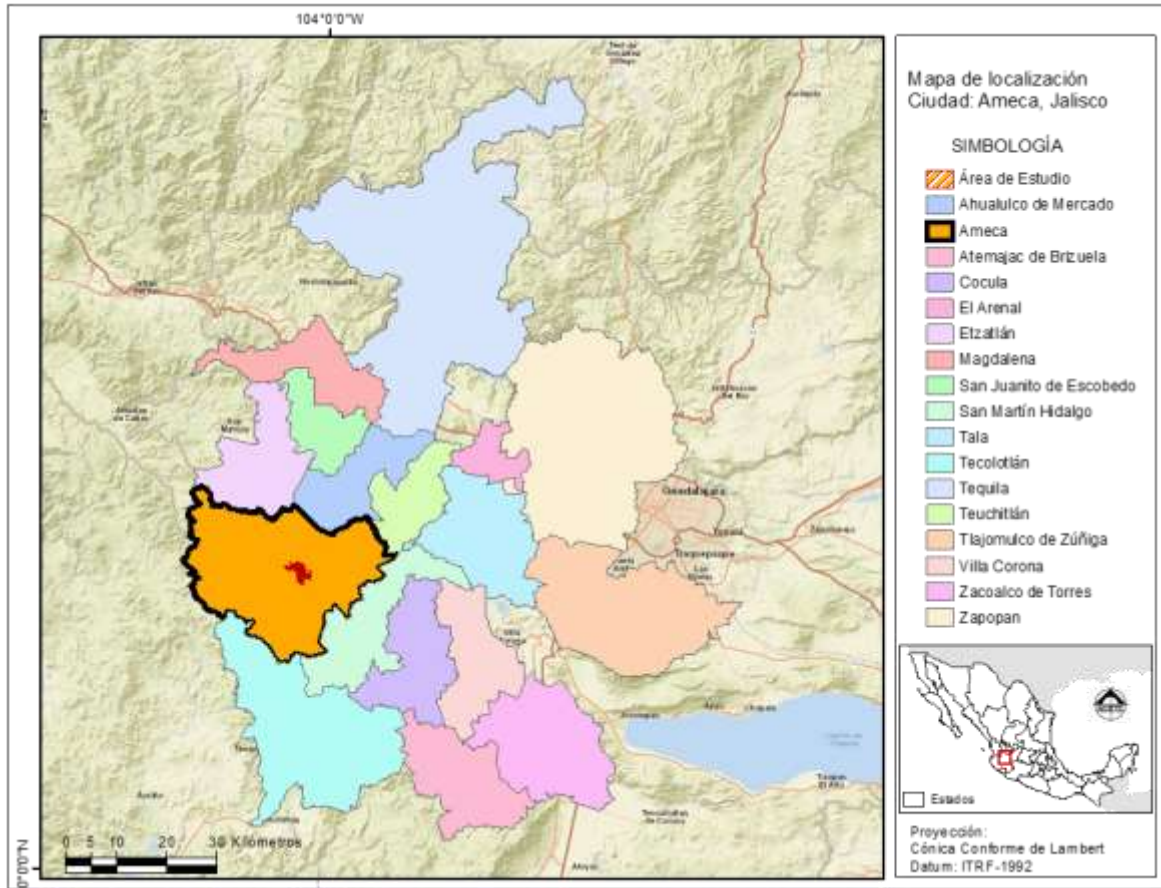


Figura 3.1 Ubicación

#### 3.1 Identificación de zonas potencialmente inundables

Con base en la información de Agrosemex (2010), que muestra un peligro asociado a la acumulación de flujo de agua (índice de inundación) se tienen polígonos de inundación, asociados a un período de retorno de 40 años, como se puede observar en la Figura 3.2 la zona urbana de la ciudad de Ameca se encuentra inmersa dentro de los polígonos de inundación. Cabe mencionar que la metodología utilizada hay polígonos en zonas en donde no es posible que se presenten inundaciones, por lo que solo se deben considerar como información indicativa.

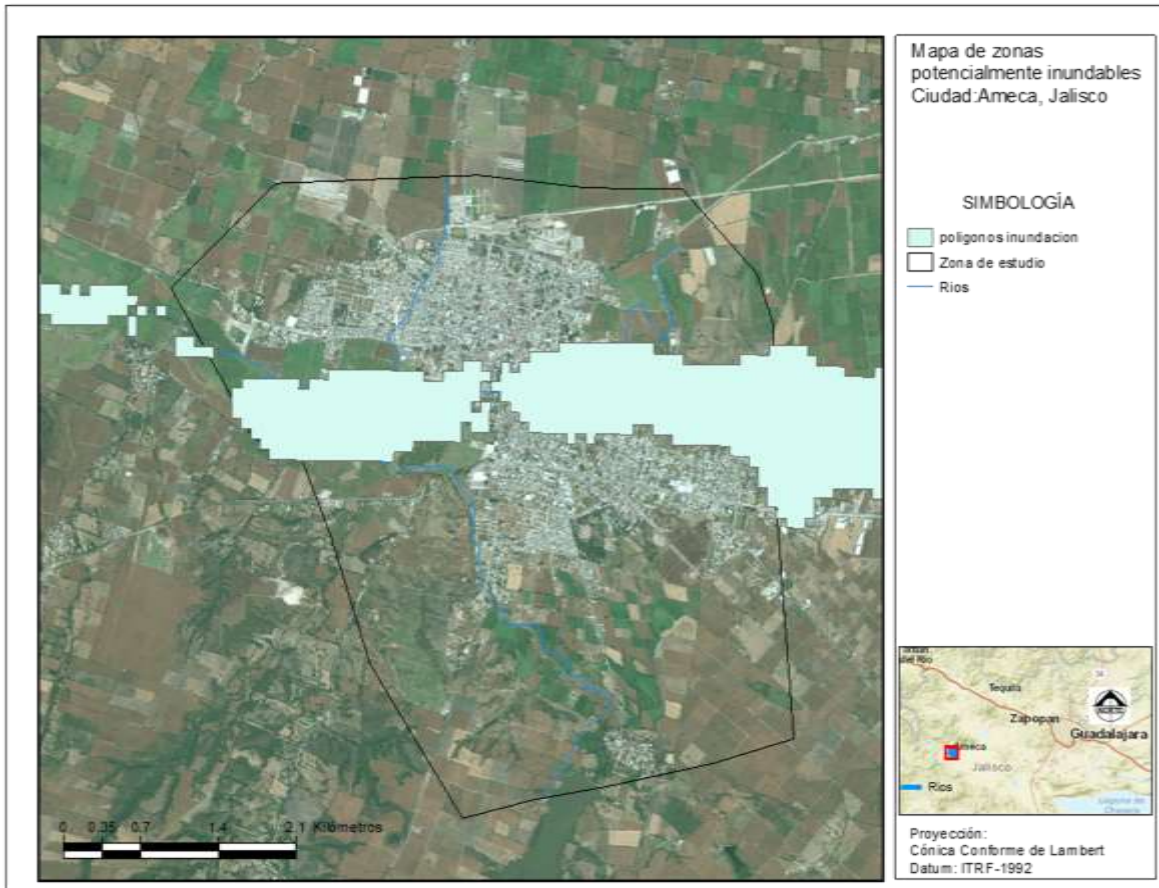


Figura 3.2 Zonas potencialmente inundables

### 3.2 Socioeconómica

La Ciudad de Ameca es cabecera del municipio del mismo nombre y sede de la Región Valles. De acuerdo a los datos del Censo de Población y Vivienda 2010, la ciudad cuenta con una población de 36,156 habitantes, de los cuales 3,992 son menores de 5 años y 4,122 mayores de 60. Se contabilizan 1,860 personas con capacidades limitadas. En relación a la escolaridad, el grado promedio es de 8.76 años. La población económicamente activa asciende a 14,145 habitantes, y en materia de salud 11,548 no tienen derecho a servicios de salud. Del total de viviendas 11,759, 140 tienen piso de tierra y 8,693 cuentan con servicios.

### 3.3 Fisiográfica, meteorológica e hidrológica

La red hidrográfica de la región tiende a ser dendrítica radial de las partes altas hacia los valles, notándose en la sierra La Primavera que los materiales son más erosionables y por lo tanto los arroyos tienen una expresión superficial más importante que en las otras porciones de la zona de estudio. La porción de Magdalena al noroeste de la zona de estudio presenta características diferentes del resto de los valles, en particular porque el agua de las corrientes se concentra en aprovechamientos o pequeñas lagunas que posibilitan su aprovechamiento en actividades de riego y porque hidrológicamente se trata de una cuenca cerrada. Dentro de las corrientes principales se tienen los arroyos del Cocoliso y Chapulimita que circulan del poniente al oriente, pasan cerca de la población de Aqualulco hasta la presa La Vega. De la primavera se originan los arroyos Las Animas y Ahuisculco

que forman después de cruzar el poblado de Cuisillos, el río de ese mismo nombre. En esa sierra se origina también la corriente del río Salado, en el nacimiento de varios manantiales termales que acumulan cerca de 400 lps en forma constante y que a lo largo de su cauce hasta el ingenio de Tala recibe otras aportaciones subterráneas, hasta ser la principal alimentación de la presa La Vega. Esta presa tiene una gran importancia para el régimen hidrológico de la región, pues a ella confluyen las corrientes más importantes de este valle y a la vez, de aquí se origina el río Ameca. Almacena un volumen útil de aproximadamente 42.8 Mm<sup>3</sup> y tiene capacidad para desalojar hasta 850 m<sup>3</sup>/s, el agua superficial es utilizada en la zona de riego del valle de Ameca de aproximadamente 8,000 ha. Desde el sureste de la zona de estudio, son tributarios del río Ameca los arroyos de Cocula y de San Martín que nacen en las estribaciones del norte de la Sierra Quila y cruzan el valle de Ameca hacia el poniente hasta confluir con el río Ameca. El colector principal de estos valles es el río Ameca que tiene como principales tributarios, los ríos Salado al noreste, San Martín al sur y los arroyos El Cocoliso y Chapulimita al noroeste. El sentido del flujo superficial es de este a oeste. Existen varios manantiales de gastos y características fisicoquímicas diversas, en el valle de Magdalena se presentan con pequeño gasto e intermitentes; en el valle de Tala-Ahualulco se presentan manantiales termales y fríos, algunos de gran gasto como los de Río Caliente, Tala y Teuchitlán y muchos otros de gasto reducido, pero aproximadamente constante; en el valle de Ameca en cambio no se conocen manantiales importantes, pues solo se conocen algunos intermitentes.

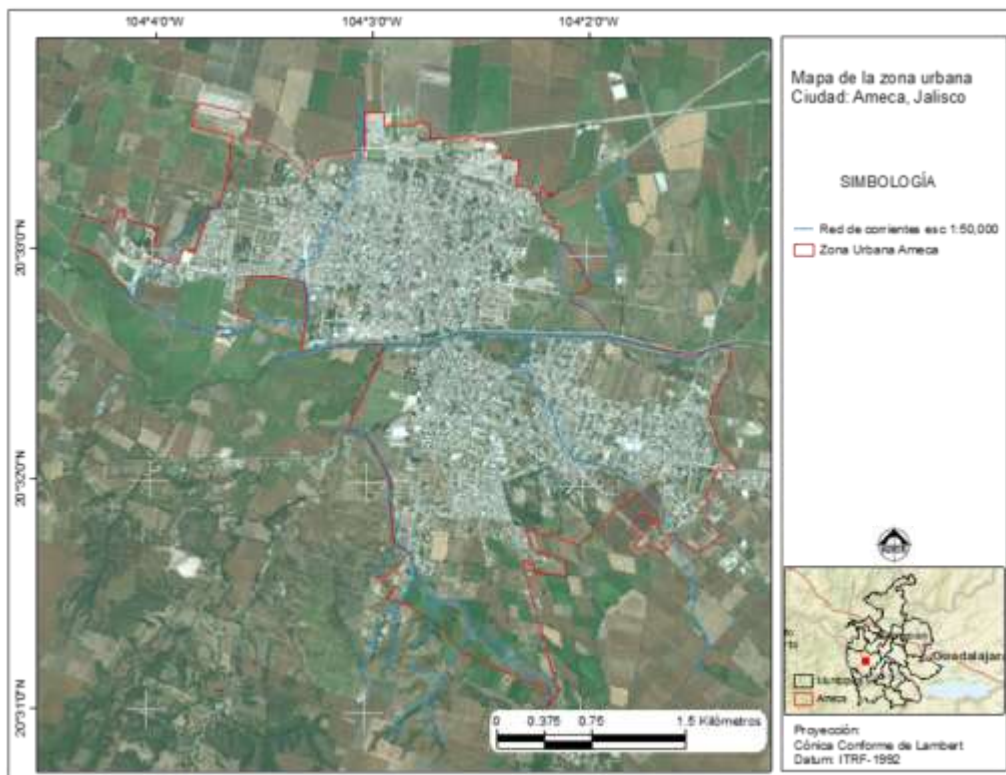


Figura 3.3 Zona urbana de Ameca, Jalisco

### 3.3.1 Subcuencas de aportación

Con el fin de estimar el riesgo por inundación en la zona urbana de Ameca, Jalisco se delimitaron 9 áreas de drenaje natural (microcuencas), que ingresan a la zona urbana

(Figura 3.3). El área total de drenaje es de 2279 km<sup>2</sup>, siendo la subcuenca 9 controlada por la presa Lic. Santiago Camarena C. (Presa La Vega), la cual es la de mayor área de aportación con 1043.79 km<sup>2</sup>. La presa Lic. Santiago Camarena C., en Jalisco se terminó de construir en el año 1956 por la Secretaría de Recursos Hidráulicos con fines de riego. A continuación, se describen algunas de sus características:

Geología: La geología del vaso y de la boquilla está formada por basaltos.

Hidrología: La presa se encuentra sobre la corriente del río Ameca.

Las características de la cuenca son las siguientes:

Escorrentamiento medio anual: 33 hm<sup>3</sup>

Gasto máximo registrado: 93 m<sup>3</sup>/s

Gasto máximo probable: 850 m<sup>3</sup>/s

Las características del vaso son las siguientes:

Capacidad de azolves: 1.0 hm<sup>3</sup>

Capacidad útil: 43.0 hm<sup>3</sup>

Superalmacenamiento: 36.0 hm<sup>3</sup>

Capacidad: total: 80.0 hm<sup>3</sup>

Las características de la presa son las siguientes:

Tipo: Enrocamiento y gravedad

Altura: 18m

Longitud corona: 455 m

Volumen: 86,000 y 36,000 m<sup>3</sup> respectivamente

Las características del vertedor son las siguientes:

Tipo: cresta libre

Carga máxima: 1.86 m

Longitud cresta: 50 m

Capacidad: 253 m<sup>3</sup>/s

Las características de la obra de toma son las siguientes:

Tipo: Conducto

Carga máxima: 9.8 m

Superficie regada: 8250 ha.

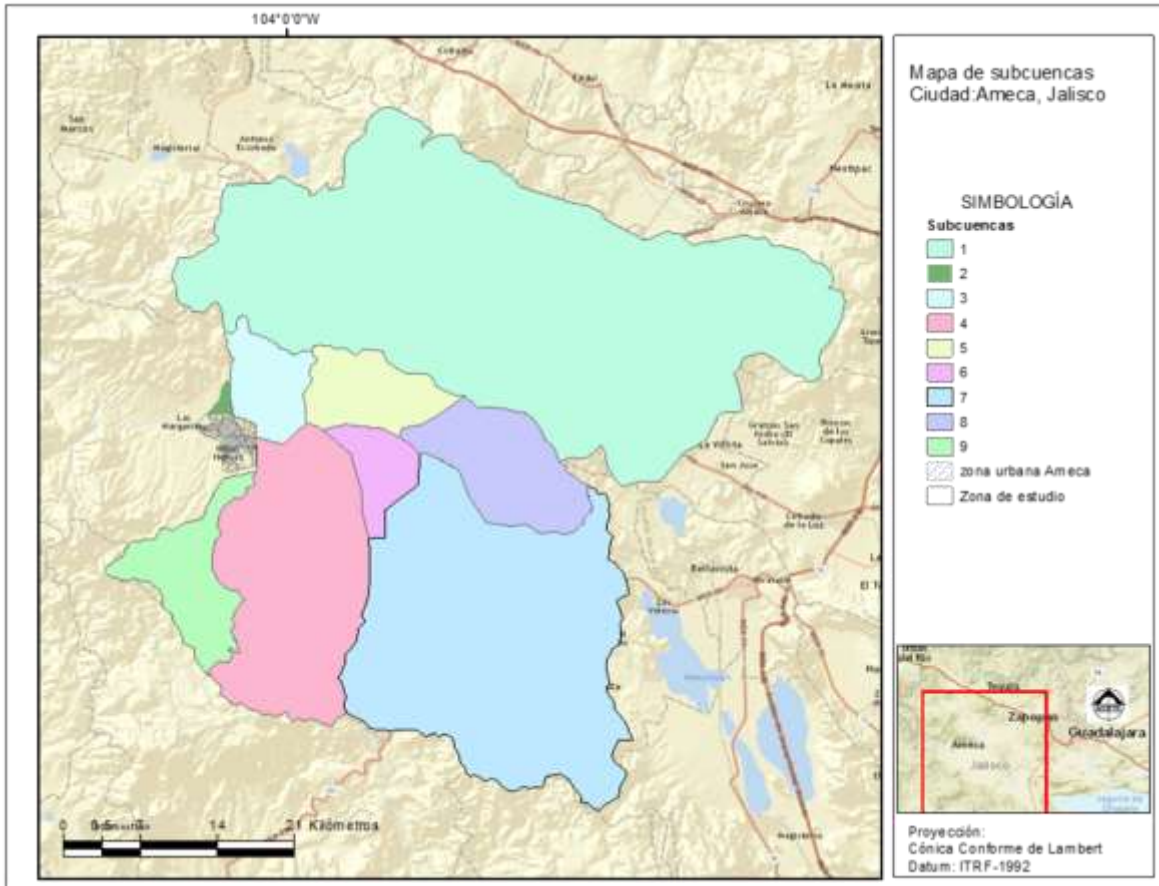


Figura 3.4 Subcuencas de aportación

El río Ameca es un corto río costero de México de la vertiente del océano Pacífico, que discurre por el estado de Jalisco y desemboca en la bahía de Banderas, cerca de Puerto Vallarta. En su tramo final forma la frontera entre los estados de Nayarit y Jalisco. Tiene una longitud de 230 km y drena una cuenca de 12,214 km<sup>2</sup>.

Nace en el Bosque de la Primavera, a escasos 23 km al oeste de la ciudad de Guadalajara y discurre en dirección oeste. El río toma su nombre de la ciudad de Ameca, que atraviesa. Entre sus afluentes principales están los ríos Ahuacatlán y Amatlán de Cañas.



Tabla 3.1 Areas de las Subcuencas

Microcuencas	Área km <sup>2</sup>
1	92.91
2	3.88
3	53.15
4	294.41
5	44.71
6	551.92
7	118.53
8	75.68
9	1,043.79

### Longitud y pendiente del cauce principal

En lo que respecta a la pendiente del cauce principal, se utilizó el criterio de Taylor-Schwarz en cada una de las subcuencas de análisis. En la tabla siguiente se muestra la longitud, así como su pendiente del cauce principal, considerando el criterio propuesto. La fórmula para el cálculo de la pendiente es:

$$S = \left[ \frac{L}{\frac{l_1}{\sqrt{S_1}} + \frac{l_2}{\sqrt{S_2}} + \dots + \frac{l_m}{\sqrt{S_m}}} \right]^2$$

Donde:

S Pendiente media de la corriente del cauce principal.

m número de segmentos en que se divide el cauce principal.

L Longitud horizontal del cauce principal, desde su nacimiento como corriente de orden uno hasta la salida de las cuencas.

l<sub>m</sub> Longitud horizontal de los tramos en los cuales se subdivide el cauce principal.

S<sub>m</sub> Pendiente de cada segmento, en que se divide el cauce principal.

Tabla 3.2. longitud y pendiente media del cauce principal de cada microcuenca.

Cuenca	Longitud del cauce (km)	Pendiente del cauce (S)
1	17.26	0.00300
2	3.14	0.00140
3	11.00	0.00667
4	35.91	0.03210
5	14.06	0.0040
6	39.78	0.0080
7	24.73	0.00251
8	17.41	0.0035
9	39.32	0.021

## Tiempo de concentración y de retraso

### Tiempo de concentración Tc

El tiempo de concentración es el tiempo que transcurre para que el agua llegue a la salida de la cuenca desde el punto más alejado de ésta. Cuando no se dispone de aforos, su cálculo se puede realizar a partir de las características fisiográficas de las once subcuencas. Para efectos del estudio se adoptó el Tc correspondiente a la fórmula de Kirpich ya que con dicha fórmula se considera efectos que causa sobre éste, el cauce principal (la longitud y la pendiente media). La ecuación mencionada es la siguiente

$$Tc = 0.0003245 \left( \frac{L}{\sqrt{S}} \right)^{0.77}$$

### Tiempo de retraso

El tiempo de retraso se define el tiempo que transcurre desde el centro del hietograma de la tormenta hasta el gasto pico. En cuencas no aforadas, éste se calcula en función de la longitud y pendiente del cauce principal, mediante la formulación de Chow como:

$$tr = 0.00505 \left( \frac{L}{\sqrt{S}} \right)^{0.64}$$

Dónde:

$t_r$  = tiempo de retraso, en horas.

$L$  = Longitud del cauce principal, en m.

$S$  = Pendiente media del cauce, adimensional.

En la tabla siguiente se presenta el cálculo del tiempo de concentración y de retraso de las nueve subcuencas.

Tabla 3.3. Determinación del tiempo de concentración y de retraso

microuenca	Tiempo de concentración (hr)	Tiempo de retraso (hr)
1	5.538	3.323
2	1.999	1.200
3	2.878	1.727
4	3.909	2.345
5	4.233	2.540
6	7.221	4.333
7	7.822	4.693
8	5.237	3.142
9	4.94	2.96

### 3.3.2 Relieve

El relieve de Jalisco se caracteriza por el predominio de las montañas y la ausencia total de extensas llanuras. Desde el punto de vista de las estructuras del relieve en Jalisco predomina el estilo tectónico de "relieve de bloques". La Cuenca del Río Ameca es una región de compartimentos, de alternancia montañas volcánicas o bloques de montañas y de valles o llanos de poca extensión. Por su ubicación geográfica, el Municipio de Ameca se encuentra en el centro del Estado de Jalisco, donde hay una región de compartimentos, de alternancia montañas volcánicas o bloques de montañas y de valles o llanos de poca extensión. Se encuentra influenciado por tres provincias geomorfológicas: al norte, la Sierra Madre Occidental, formando fillos, cañones y mesas, en el centro del Municipio se encuentra la faja volcánica transversal (ENT) y al sur la Sierra Madre del Sur.

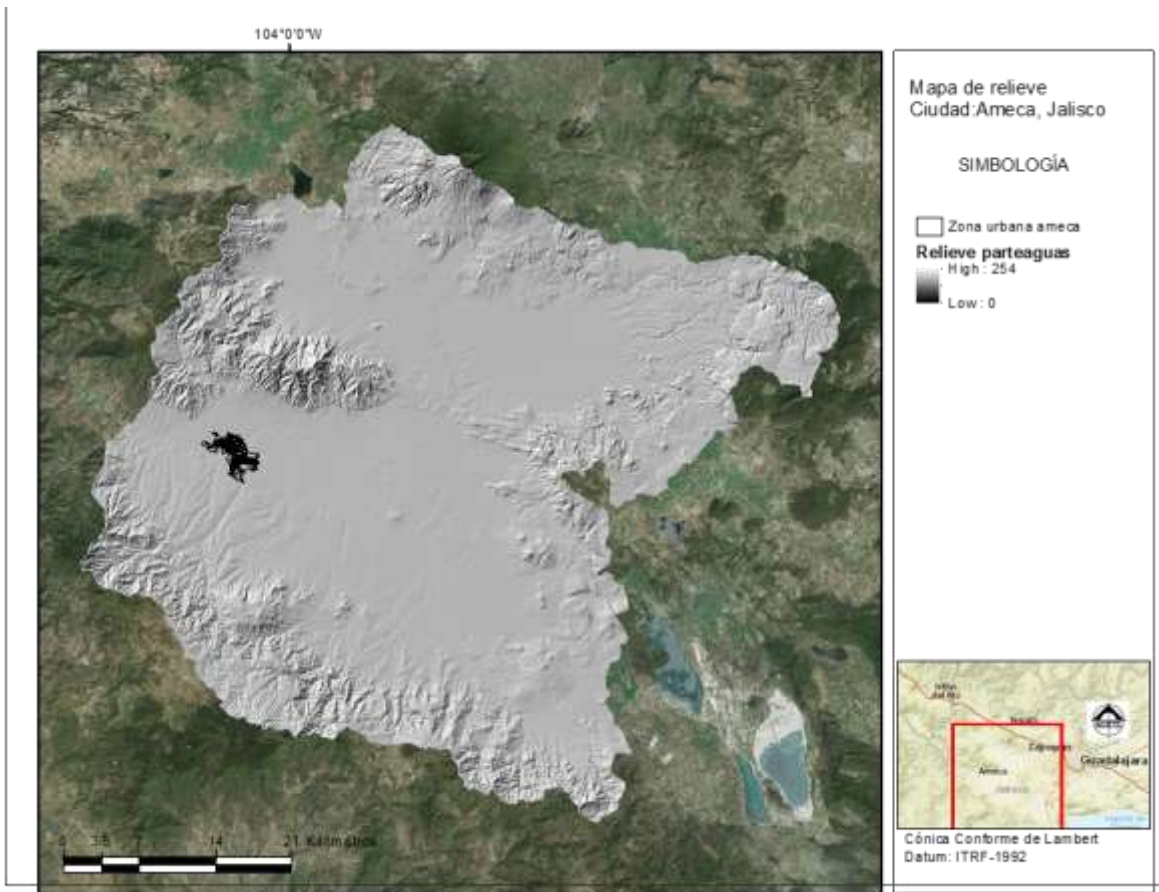


Figura 3.5 Relieve

### 3.3.3 Uso de suelo

La cobertura vegetal y el uso de suelo de la cuenca de estudio de la zona urbana de la Ciudad de Ameca son muy diversos, esta diversidad se debe en gran parte a la alta heterogeneidad del espacio geográfico y a las actividades económicas que se han desarrollado históricamente modificando el entorno natural. Debido al alto desarrollo de las actividades económicas y a su impacto sobre el entorno natural, la cuenca presenta un alto grado de antropización. La cobertura con mayor extensión es la de cultivos, ocupando el 52.62% de la superficie total. Este uso de suelo se distribuye a lo largo de toda la parte central de la cuenca, e inclusive zonas con agricultura de riego ubicadas en las planicies y agricultura de temporal que se distribuye en las laderas de montañas, colinas y lomeríos y en ocasiones, en zonas de planicie.

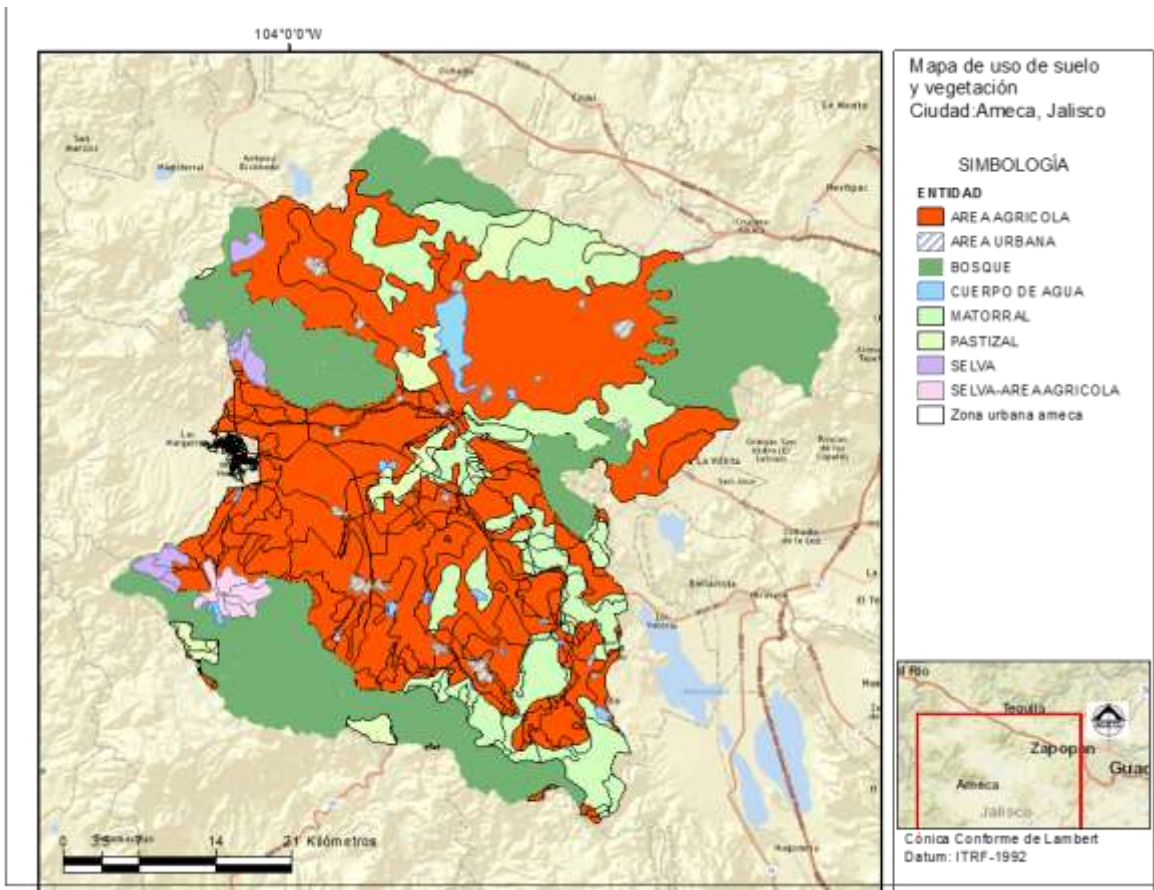


Figura 3.6 Uso de suelo

Tabla 3.4 Uso de suelo

USO DE SUELO	AREA KM <sup>2</sup>	% DEL AREA TOTAL
Área agrícola	1061.93	46.60
Área urbana	26.51	1.16
Bosque de pino encino	642.09	28.17
Cuerpo de agua	25.04	1.10
Matorral	349.61	15.34
Pastizal	78.21	3.43
Selva	95.58	4.19
<b>Total</b>	<b>2278.99</b>	<b>100.00</b>

### 3.3.4 Edafología

El relieve y litología se conjugan para dar lugar a una variedad de suelos cuya distribución se resume con consideración a las formas del relieve o las unidades geomorfológicas. Los litosoles predominan en las vertientes de la Montaña, Los suelos de tipo Potzol ocupan el 31.26% del territorio total de la cuenca, estos se distribuyen en la sección este y oeste, así como en la parte sureste, los potzoles son suelos desarrollados en climas húmedos y fríos, de carácter fundamentalmente arenoso y ácido, con abundante cantidad de humus en el horizonte "A", lo que confiere un marcado color oscuro o negro. Los materiales

coloidales son arrastrados a zonas más profundas del horizonte "B", de color gris claro, y que corresponden a una zona endurecida. Por su parte, los suelos de tipo Vertisol abarcan un 40.67% y se localizan sobre las llanuras de la sección este y centro de la cuenca de estudio. Se caracterizan por presentar grietas anchas y profundas que parecen en la época de sequía, son suelos muy arcillosos y, pegajosos cuando están húmedos y muy duros cuando están secos. Los de tipo Luvisol ocupan un 27.05% de la cuenca y se distribuyen en las zonas altas de las secciones noroeste y sur de la misma, sobre la serranía, en este tipo de suelos las arcillas de alta actividad se acumulan al subsuelo y están frecuentemente asociados con tierras planas o ligeramente inclinadas.

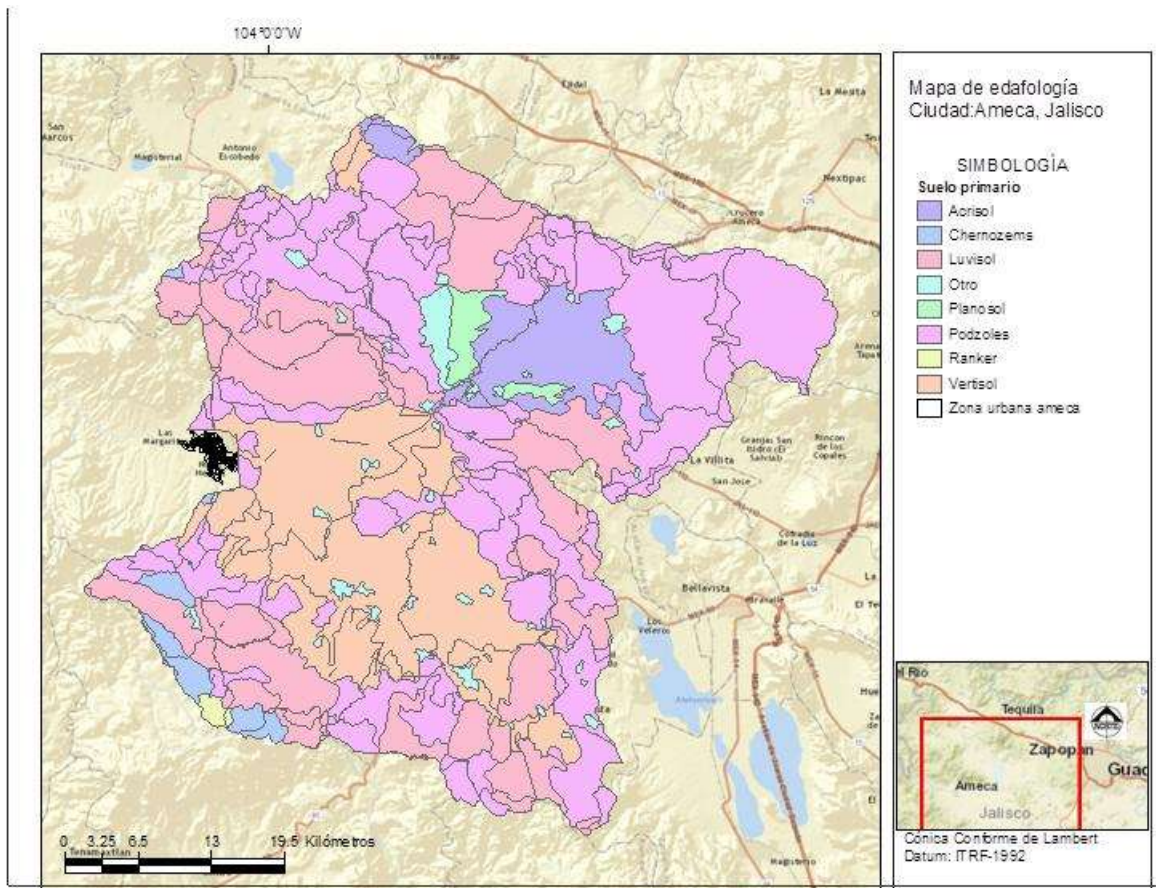


Figura 3.7 Edafología

Tabla 3.5 Edafología

Suelo primario	Área km <sup>2</sup>	% del Área Total
Acrisol	36.14	1.586
Chernozems	58.29	2.558
Ferralsoles	1.12	0.049
Luvisol	603.76	26.492
Planosol	28.31	1.242
Podzoles	1026.15	45.027
Ranker	6.34	0.278

Suelo primario	Área km <sup>2</sup>	% del Área Total
Vertisol	518.88	22.768
TOTAL	2278.99	100.000

### 3.3.5 Precipitación

En cuanto a la climatología, la zona de estudio presenta un régimen de precipitación continua en verano y parte del otoño y escasa lluvia en invierno y primavera. Los valores máximos de precipitación corresponden a las partes altas de los cerros, con valores de 1150 mm/año en el volcán de Tequila y 1050 mm/año en la sierra La Primavera; el promedio anual es de 924 mm.

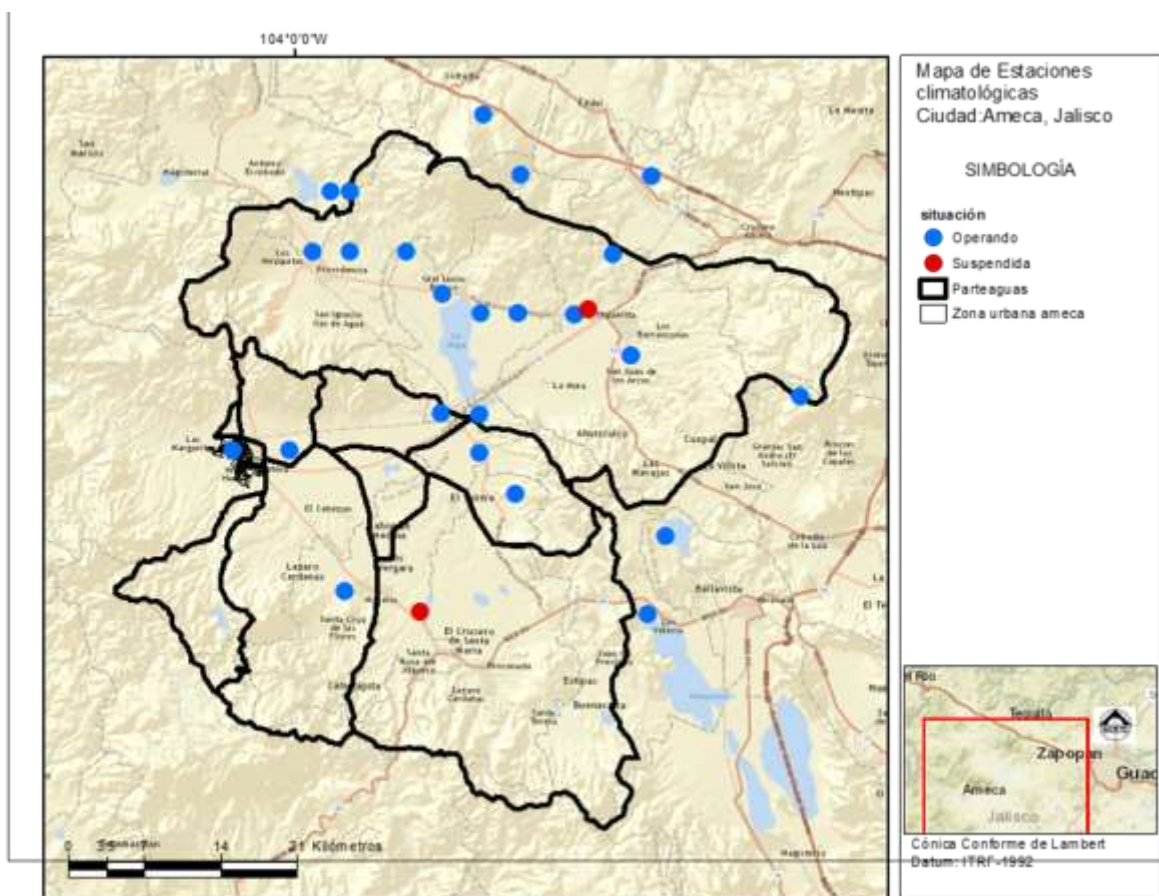


Figura 3.8 Estaciones climatológicas

Tabla 3.6 Estaciones Climatológicas dentro de la zona de estudio

clave	nombre	periodo inicio	Periodo Fin	Años con información	Años completos	Longitud	Latitud	Altitud
14009	Ameca, Ameca	1960-1	2013-12	53	45	-104.050	20.550	1248
14010	Antonio Escobedo, (SMN)	1960-1	1989-2	30	25	-103.950	20.767	1360
14012	Arenal, arenal (SMN)	1960-1	1979-12	18	14	-103.683	20.783	1381
14045	El Cabrito, Arandas	1969-1	1979-5	11	9	-103.717	20.717	0
14055	Ingenio el Refugio	1960-11	1971-12	12	9	0.000	0.000	0
14056	El Salitre, S. M. Hidalgo	1961-1	2013-12	53	35	-103.833	20.550	1300
14064	Ex hacienda San Diego	1960-1	1986-8	27	19	0.000	0.000	0
14082	La Estánquela, Teuchitlan	1961-1	1975-12	15	11	-103.800	20.667	0
14089	La Vega, Teuchitlan	1960-1	2013-12	53	46	-103.867	20.583	1250
14092	Los Olivos, Jilotlan	1963-2	1975-6	13	11	-103.833	20.583	0
14113	Presa Hurtado	1960-1	2013-12	54	46	-103.667	20.483	1250
14130	San Martín Hidalgo	1961-1	1990-6	30	26	-103.950	20.433	0
14163	Villa Corona, V. Corona	1960-6	1988-6	25	19	-103.683	20.417	0
14188	Teuchitlan, Teuchitlan	1969-9	1989-12	18	6	-103.867	20.683	0
14195	Antonio Escobedo, (DGE)	1986-1	2013-12	24	20	-103.967	20.767	1360
14269	Ahualulco de Mercado J.	1964-9	2013-12	28	22	-103.900	20.717	1500
14278	Emp. Orendain FFCC., el A.	1966-1	1978-12	8	1	-103.683	20.783	0
14281	La Vega FFCC, Teuchitlan	1966-1	1975-5	6	1	-103.800	20.667	0
14287	E.T.A. 135 Pacana, Pacana	1961-2	1977-10	13	7	-103.750	20.667	0
14333	Ahualulco, Ahualulco	1980-3	1990-12	11	5	-103.950	20.717	1500
14351	Tala, Tala (DGE)	1967-2	2013-12	39	22	-103.700	20.633	0

Red de Estaciones Meteorológicas Automáticas: En la zona de estudio se localizan una red de 7 estaciones meteorológicas del INIFAP con datos desde el 2005 a la fecha desafortunadamente los datos presentan inconsistencias, motivo por el cual no pudieron utilizarse en la modelación hidrológica.



Tabla 3.7 Red de estaciones INIFAP dentro de la zona de estudio

Nombre	Latitud	Longitud	Altitud	Datos	Red
Ameca	20.521278	-103.957222	1246	07/07/2008 00:00	INIFAP
Camichines	20.498639	-103.8165	1266	16/03/2009 00:00	INIFAP
El Arenal	20.417528	-103.841139	1301	16/03/2009 00:00	INIFAP
El Cuis	20.544442	-104.123608	1277	01/01/2005 00:00	INIFAP
El Tepehuaje	20.425	-103.901942	1327	01/01/2005 00:00	INIFAP
Ingenio	20.545275	-104.053608	1245	01/01/2005 00:00	INIFAP
La Escalera	20.548053	-103.903886	1250	01/01/2005 00:00	INIFAP

Tabla 3.8 Valores medidos de HP de las Estaciones climatológicas

Valores medios con años completos															
clave	a_inicio	a_final	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
14130	1961	1989	18.17	8.192	9.319	5.281	36.13	175.9	209.3	161.6	151.5	53.33	17.36	22.74	868.822
14056	1963	2013	19.77	8.906	1.571	4.551	24.6	186.3	246.7	182	158	46.88	15.75	15.69	910.718
14113	1960	2013	17.01	11.92	4.072	5.628	24.3	164.3	216.2	175.4	141.4	56.5	13.48	14.16	844.37
14089	1960	2013	12.3	10.6	2.326	5.472	24.03	191.2	243.7	189.5	151.4	53.84	11.01	13.13	908.508
14009	1960	2013	22.35	11.58	3.26	3.904	21.42	170.7	232.2	166.9	128.2	49.49	14.56	16.42	840.984
14163	1961	1987	14.83	6.505	1.326	6.453	23.87	180.3	197.5	160.5	110.7	36.72	18.63	13.15	770.484
14092	1964	1974	8.764	3.282	8.673	1.518	25.67	188.9	154.1	129.3	129.5	61.74	6.455	6.518	724.42

Tabla 3.9 Calculo polígonos de Thiessen para las estaciones climatológicas dentro de la zona de estudio

Clave	Area_thissen	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
14130	515.47	9366.09	4222.73	4803.66	2722.20	18623.93	90671.17	107887.87	83299.95	78093.71	27490.02	8948.56	11721.79	447851.68
14056	158.85	3140.46	1414.72	249.55	722.93	3907.71	29593.76	39188.30	28910.70	25098.30	7446.89	2501.89	2492.36	144667.55
14113	25.66	436.48	305.87	104.49	144.41	623.54	4215.94	5547.69	4500.76	3628.32	1449.79	345.90	363.35	21666.53
14089	93.53	1150.42	991.42	217.55	511.80	2247.53	17882.94	22793.26	17723.94	14160.44	5035.66	1029.77	1228.05	84972.75
14009	390.19	8720.75	4518.40	1272.02	1523.30	8357.87	66605.43	90602.12	65122.71	50022.36	19310.50	5681.17	6406.92	328143.55
14163	272.95	4047.85	1775.54	361.93	1761.35	6515.32	49212.89	53907.63	43808.48	30215.57	10022.72	5085.06	3589.29	210303.61
14092	3.81	33.39	12.50	33.04	5.78	97.80	719.71	587.12	492.63	493.40	235.23	24.59	24.83	2760.04
Suma	1460.46	<b>26895.44</b>	<b>13241.18</b>	<b>7042.25</b>	<b>7391.77</b>	<b>40373.69</b>	<b>258901.83</b>	<b>320513.98</b>	<b>243859.17</b>	<b>201712.09</b>	<b>70990.80</b>	<b>23616.93</b>	<b>25826.58</b>	<b>1240365.71</b>

Tabla 3.10 Hietograma medio mensual de las estaciones climatológicas

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Hietograma Medio Mensual	18.416	9.066	4.822	5.061	27.645	177.274	219.461	166.974	138.115	48.609	16.171	17.684	849.298

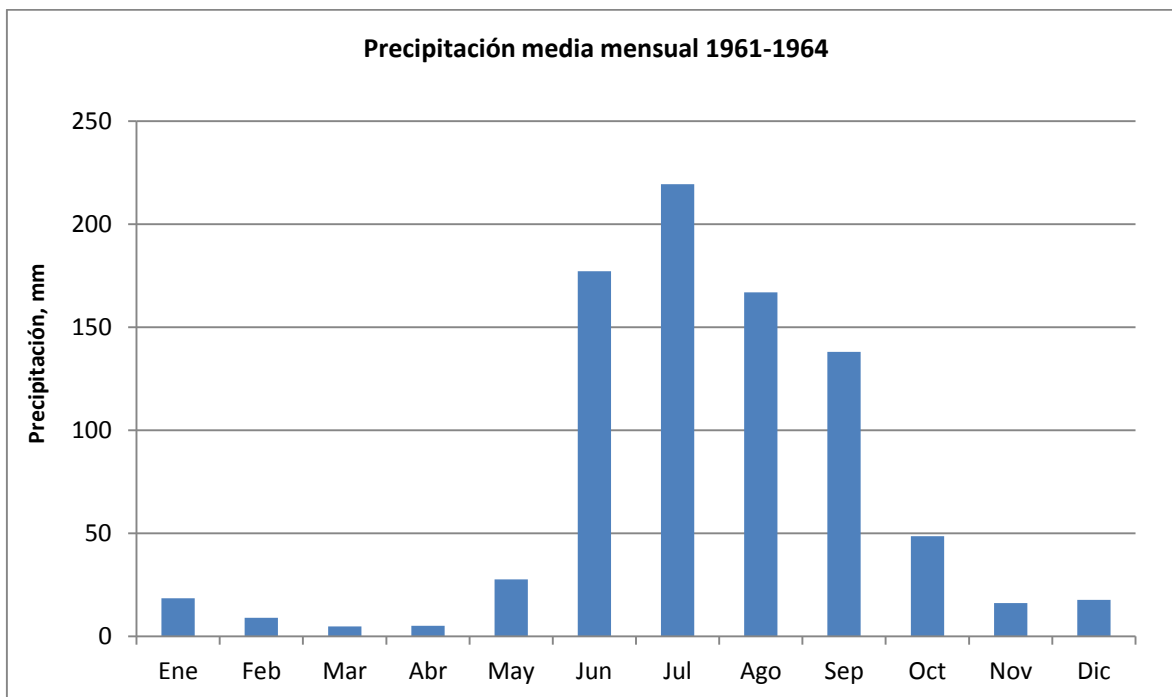


Figura 3.9 Precipitación media mensual 1961-1964

### 3.3.6 Escurrimientos

En las cuencas de aportación a la zona urbana de la Cd. de Ameca Jalisco se encuentran instaladas cinco estaciones hidrométricas. Cabe hacer notar que se tiene un registro histórico de la estación 14017 instalada en la corriente del Río Cocula la cual tiene un gasto de aforo de 3,008 m<sup>3</sup>/s, avenida que se presentó en el año de 1999.

Tabla 3.11 Estaciones Hidrométricas en la zona de estudio

Clave	Estación	Corriente	Cuenca	Qmedio
14009	La Vega	Río Ameca	Río Ameca	3.314
14010	Puente Ameca	Río Ameca	Río Ameca	5.891
14016	La Vega	Canal principal margen izquierda	Río Ameca	1.197
14017	El Salitre	Río Cocula	Río Ameca	1.98
14018	San Martín Hidalgo	Río San Martín	Río Ameca	0.353

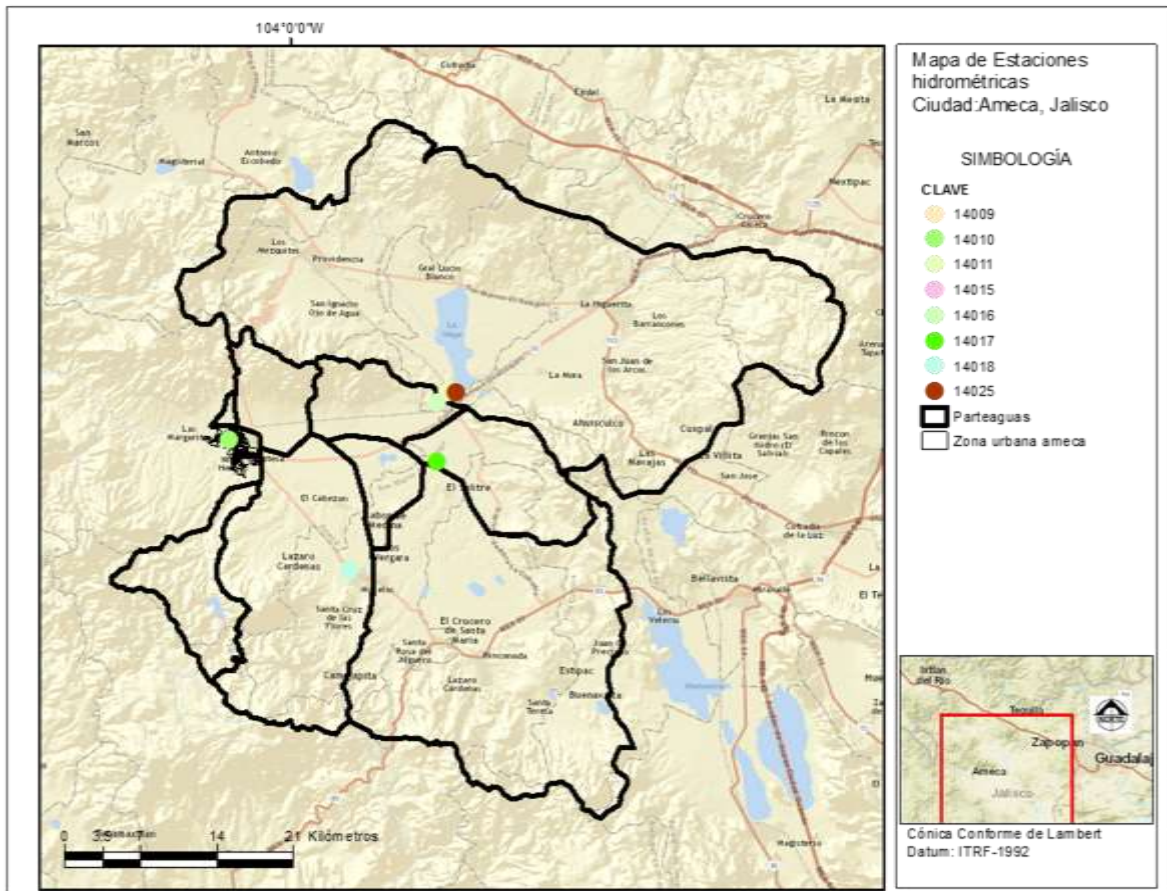


Figura 3.10 Estaciones Hidrométricas

Tabla 3.12 Gastos máximos anuales de las estaciones Hidrométricas en la zona de estudio

14009		14010		14016		14017		14018	
Año	Q max m <sup>3</sup> /s	Año	Q max m <sup>3</sup> /s	Año	Q max m <sup>3</sup> /s	Año	Q max m <sup>3</sup> /s	Año	Q max m <sup>3</sup> /s
1953	40.10	1957	110.00	1962	4.67	1964	43.50	1964	64.20
1954	43.20	1994	67.45	1963	3.54	1965	17.40	1965	103.50
1955	49.02	1997	28.38	1964	3.15	1966	36.03	1966	110.00
1997	7.40	2000	30.11	1965	3.89	1967	50.66	1967	105.02
1998	5.63	2001	72.27	1966	3.09	1968	22.02	1968	37.48
1999	10.34	2002	84.83	1967	3.88	1969	25.60	1969	114.31
		2003	62.57	1968	3.30	1970	22.08	1970	106.20
		2004	72.13	1969	4.09	1971	22.84	1971	145.20
		2009	56.71	1970	3.54	1973	16.19	1972	64.94
		2008	95.67	1971	3.59	1974	23.50	1973	45.30
		2007	77.45	1972	3.68	1975	58.30	1974	66.32
		2010	85.40	1973	3.77	1976	16.48	1975	133.07

14009		14010		14016		14017		14018	
Año	Q max m <sup>3</sup> /s	Año	Q max m <sup>3</sup> /s	Año	Q max m <sup>3</sup> /s	Año	Q max m <sup>3</sup> /s	Año	Q max m <sup>3</sup> /s
				1974	3.94	1977	43.56	1976	43.60
				1975	3.64	1978	61.90	1977	97.12
				1976	3.45	1979	25.62	1978	41.00
				1977	4.54	1980	46.46	1979	223.00
				1978	5.86	1981	2.10	1980	23.65
				1979	4.25	1982	7.04	1981	25.42
				1980	2.41	1983	18.31	1982	2.70
				1981	4.46	1984	16.05	1983	1.72
				1982	3.42	1985	17.35	1984	1.79
				1983	4.32	1986	10.14		
				1984	4.20	1995	42.82		
				1985	3.59	1996	10.54		
				1986	3.88	1997	6.62		
				1987	3.82	1998	5.70		
				1990	2.51	1999	3,008.00		
				1991	2.98	2000	17.22		
				1992	2.44	2001	12.56		
				1993	2.80	2002	46.37		
				1994	3.49	2003	12.51		
				1995	8.46	2004	8.51		
				1996	7.17	2005	3.18		
				1997	3.71	2006	2.87		
				1998	4.00	2009	6.25		
				1999	4.81	2008	13.58		
				2000	3.12	2007	15.53		
				2001	3.01	2010	78.80		
				2002	3.38	2011	21.42		
				2006	3.65				
				2011	3.31				
				2010	4.02				

### 3.4 Características geomorfológicas de los cauces y planicies de inundación

La zona geomorfológica del municipio de Ameca se caracteriza por presentar una alineación oriente poniente, con una longitud aproximada de 70 km y una anchura máxima de 40 km en su porción más amplia. En medio y hacia el poniente se presenta intersectando la zona, el cerro Grande de Ameca que corta este gran valle, seccionándolo parcialmente para diferenciar dos valles fisiográficos bien definidos, el de Tala-Ahualulco

y el de Ameca-Cocula. Inicialmente dentro de esta región, pero formando un valle aparte, se encuentra la zona de Magdalena que se orienta de norte a sur. Las montañas que rodean esta zona se encuentran en una etapa juvenil de su desarrollo y los arroyos que corren hacia el valle llegan a formar pequeñas lagunas como la de Palo Verde, La Colorada y la de Magdalena. Toda el área de estudio se encuentra ubicada en la Faja Neovolcánica-Transmexicana, aunque al sur se presentan intersecciones con la sierra Madre del Sur y hacia el noroeste se cruza con el inicio de la Sierra Madre Occidental. Las principales estructuras geológicas presentan orientación NW-SE, aunque de forma local se manifiestan fallas de orientación E-W que dan lugar a la formación de los valles principales

### 3.4.1 Coeficiente de escurrimiento, Número de curva “N”

Para definir las avenidas de diseño en cada una de las subcuencas, es necesario estimar la precipitación efectiva generada por la tormenta que se analiza. Existen varios métodos para realizar esto, entre los que se encuentra el conocido como *los números de escurrimiento N*, el cual se aplica a cuencas no aforadas ya que depende exclusivamente del uso del suelo, de la cobertura vegetal, del tipo de suelo y de la humedad antecedente.

El valor del número de escurrimiento es un valor que oscila entre 6, para suelos muy permeables, y 100, para suelos impermeables.

Para estimar el coeficiente *N*, el primer paso es clasificar la edafología, o tipos del suelo, que conforman la cuenca, de acuerdo con los grupos siguientes (CNA, 1987):

- Tipo A.- Suelos de gravas y de arenas de tamaño medio, limpias y mezclas de ambas. Estos generan el menor escurrimiento.
- Tipo B.- Suelos de arenas finas, limos orgánicos e inorgánicos, mezcla de arena y limo. Generan escurrimiento inferior al medio.
- Tipo C.- Suelos de arenas muy finas, arcillas de baja plasticidad, mezcla de arena, limo y arcilla. Generan escurrimiento superior al medio.
- Tipo D.- Suelos arcillosos de alta plasticidad, con subhorizontes casi impermeables cerca de la superficie. Generan el mayor escurrimiento.

Cada grupo edafológico se le asigna un tipo de acuerdo a su calificador y textura, como ejemplo se tiene la siguiente tabla:

Tabla 3.13 Grupo edafológico y tipo de suelo

Suelo	Calificador	Textura	Tipo
ACRISOL	Húmico	Fina	C
ACRISOL	N	Media	C
ACRISOL	Ródico	Media	C
ANDOSOL	Dístrico	Gruesa	A
ANDOSOL	Dístrico	Media	B

Con los suelos clasificados por grupos y el tipo de cobertura vegetal y su uso, se obtienen los valores de número de escurrimiento para toda la zona de aportación al área urbana, además se obtienen los valores medios para cada subcuenca. En la figura 3.7 se esquematizan los tipos de suelo para las cuencas que aportan hacia la zona urbana de San Felipe.

En segundo lugar, se deben identificar los posibles usos del suelo. Para ello se definieron los que aparecen en la columna izquierda de la siguiente tabla y, finalmente, con base en

ambas variables (cobertura vegetal y uso del suelo), se definieron los valores para el número de escurrimiento  $M$  para cada grupo de suelo (Tabla 3.6, CNA 1987).

Tabla 3.14 Valores del número de escurrimiento

Cobertura vegetal o uso del suelo	Grupo de suelo			
	A	B	C	D
Agrícola-Pecuaria	49	69	79	84
Agrícola-pecuaria-forestal	49	69	79	84
Agricultura de riego	62	71	78	81
Agricultura de temporal	67	78	85	89
Agua	90	90	90	90
Área sin vegetación	77	86	90	92
Asentamientos humanos	79	86	90	92
Bosque de Ayarín	40	62	76	81
Bosque de coníferas	36	55	70	77
Bosque de encino	36	60	73	79
Bosque de encino pino	36	60	73	79
Bosque de oyamel	36	55	70	77
Bosque de pino	40	62	76	81
Bosque de pino-encino	36	60	74	80
Bosque de Tásate	37	60	71	78
Bosque Latifoliado	26	52	62	69
Bosque mesofilo de montaña	36	60	70	77
Chaparral	50	69	79	84
Complementaria	30	58	71	78
Cuerpo de agua	95	95	95	95
Desprovisto de vegetación	77	86	90	92
Humedal con Bosque	36	60	70	77
Manglar	36	60	70	77
Matorral desértico microfilo	50	69	79	84
Matorral desértico rosetófilo	50	69	79	84
Matorral xerófilo	48	67	77	83
Otros tipos de vegetación	50	69	79	84
Palmar inducido	76	85	88	90
Pastizal	48	67	77	83
Pastizal Cultivado	25	59	75	83
Pastizal Hallofilo	48	67	77	83
Pastizal inducido	25	59	75	83
Pastos Naturales	49	69	79	84
Popal	87	89	92	94
Sabana	39	61	74	80
Selva alta perennifolia	36	60	70	77
Selva alta Superennifolia	36	60	70	77
Selva baja caducifolia	39	63	74	80
Selva baja perennifolia	46	68	78	84
Selva baja subcaducifolia	39	63	74	80
Selva baja subperennifolia	36	60	70	77
Selva caducifolia	39	61	74	80
Selva mediana subcaducifolia	39	63	74	80
Selva mediana subperennifolia	39	63	74	80
Semi -Urbanizado	79	86	90	92
Sin vegetación aparente	68	79	86	89
Tular	90	90	90	90
Vegetación inducida	50	69	79	84
Vegetación secundaria arbórea de bosque de pino	40	62	76	81
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de pino	40	62	76	81
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de pino-encino	40	62	76	81
Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	40	62	76	81
Zona Urbana	79	86	91	94

La siguiente figura presenta un plano en el que los usos del suelo se clasifican con base en la tabla anterior y un ejemplo del significado de la simbología en la tabla siguiente.

Tabla 3.15 Simbología y uso de suelo

Descripción	Clave
Selva baja caducifolia	SBC
Selva mediana subcaducifolia	SMS
Agricultura de temporal permanente	TP
Zona urbana	ZU
Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	VSa/SBC
Vegetación secundaria arbórea de selva mediana subcaducifolia	VSA/SMS
Agricultura de temporal anual	TA
Pastizal cultivado	PC
Cuerpo de agua	H2O
Vegetación secundaria arbustiva de selva mediana subcaducifolia	VSa/SMS
Agricultura de temporal anual y permanente	TAP
Bosque de encino	BQ

Con la información de la tabla anterior, se estima la variación espacial del número de escurrimiento en las subcuencas de aportación y zonas urbanas y con base en esa tipificación se asignan los valores de la tabla anterior.

Un resumen de los valores por subcuenca se muestra en la tabla siguiente:

Tabla 3.16 Valores del número de escurrimiento por subcuenca

Microcuencas	N
1	70.0
2	66.50
3	78.00
4	73.00
5	71.20
6	75.00
7	80.00
8	79.00
9	70.48

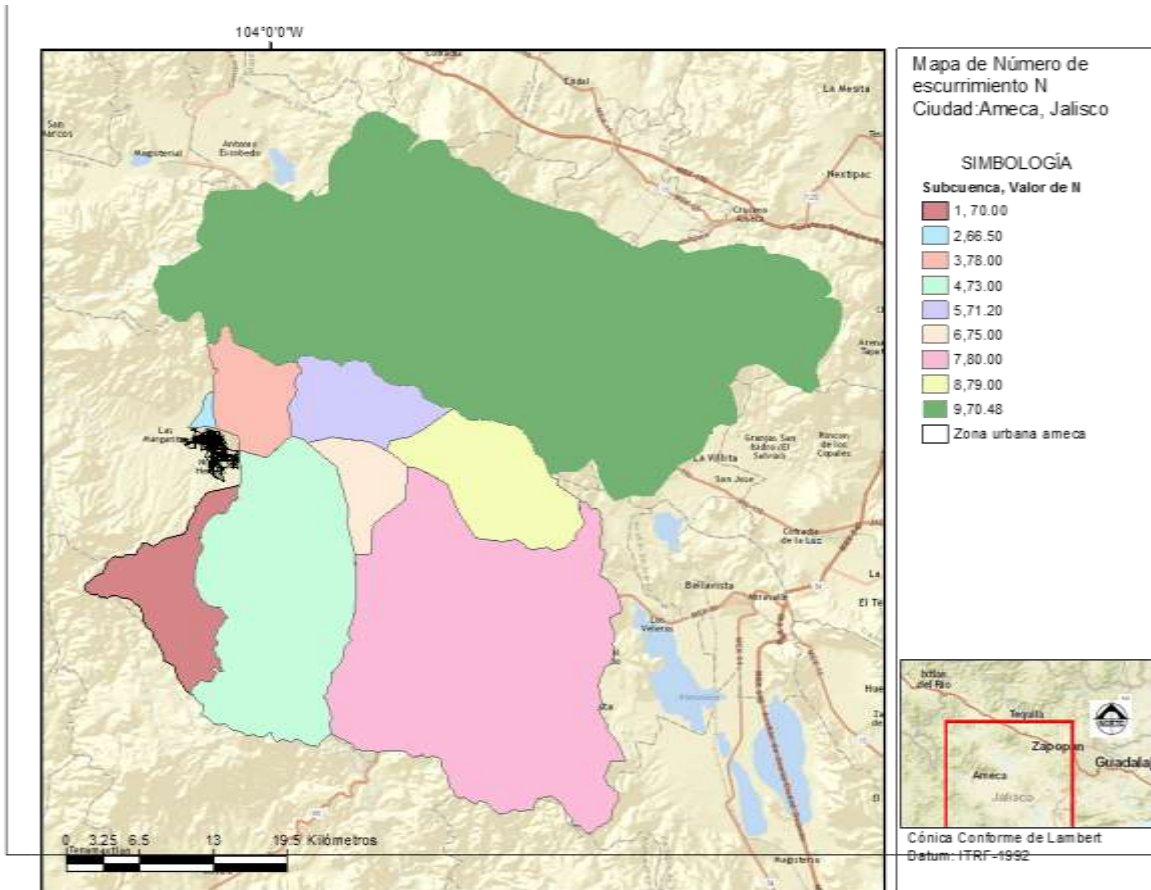


Figura 3.11 Variación del número de escurrimiento por subcuenca

### 3.5 Descripción de inundaciones históricas relevantes

En el año de 1923, según registros históricos se desbordó el Río Ameca, cuya afectación fue de grandes dimensiones, ya que la mitad del pueblo se inundó, y con ello, la población quedó aislada por varios días, este fenómeno tuvo como origen la presencia de lluvias durante una semana. Posteriormente, en el año de 1937, cayó una tromba, en la localidad de San Nicolás, Municipio de Ameca, que trajo como consecuencia el desbordamiento del Arroyo Borrachos, incluso hubo varios muertos y heridos, a causa de la presencia del fenómeno. Las inundaciones que están asociadas con los desbordamientos del río Ameca son extensas en daños, tanto en superficie como la magnitud económica, pero son menos letales para la vida de las poblaciones. Respecto a otros fenómenos, el Atlas Estatal de Riegos informa que en 1957 una tromba azotó el poblado de Ameca, los daños fueron severos, ya que levantó techos, dos personas sufrieron daños.

El control y la regulación de los escurrimientos tienen por objetivo disminuir los gastos o caudales máximos durante las avenidas y dotar a la región de agua durante la etapa de estiaje. Este control se logra mediante la construcción de embalses y vasos reguladores.

En la región Valles el principal vaso regulador lo constituye la Presa de la Vega, la cual cubre una superficie de 1,950 hectáreas y tiene capacidad de almacenar 44 Mm<sup>3</sup> y desalojar hasta 850 m<sup>3</sup>/s. Fue construida entre 1952 y 1956. El agua proveniente de este vaso



regulador es empleada en el riego de aproximadamente 8000 hectáreas en la zona del Valle de Ameca. La Vega puede llegar a rebasar su capacidad de almacenamiento (dentro de ciertos límites) sin ocasionar por ello inundaciones en el Valle de Ameca, como la situación que presentó al 5 de diciembre del presente año. Esto es, en 2010 rebasó en 27.59 % su capacidad sin que provocara inundaciones en el Valle, y a diciembre del 2011 presenta un 10.93% por encima de su capacidad. La inundación que se presentó en Ameca en julio de 1958, es decir cuando La Vega ya había sido construida, se debió a las fuertes lluvias que cubrieron una gran parte del Estado de Jalisco, y no precisamente a un desbordamiento de La Vega.

Sistema regulador Texcalame-San Ignacio. El sistema regulador Texcalame-San Ignacio cubre un área de 94.90 km<sup>2</sup>. Este sistema hidrológico es de suma importancia pues su gasto o caudal máximo para un periodo de retorno (Tr) de 100 años alcanza los 172.4 m<sup>3</sup>/s, calculados según el método del Servicio de Conservación de Suelos de EUA y Chow, mediante el software HEC-HMS. Los escurrimientos de esta “pequeña” cuenca representan uno de los principales riesgos para la cabecera municipal en caso de desborde de cualquiera de los cuerpos de agua que se encuentran aguas arriba. El Arroyo Santiago, en su cauce cercano a la zona urbana del municipio ha quedado rodeado por colonias que si se encuentran en alto riesgo debido a una inundación. La inundación de 1923 en el Arroyo Santiago se debió al rompimiento de la cortina de la presa San Ignacio, cortina hecha de mampostería. Otro vaso regulador es la que se encuentra sobre el Arroyo Jalolco. Este arroyo desbordo en 2003 sobre la comunidad del Arco en una inundación repentina.

Las condiciones Geográficas y orográficas particulares del Estado de Jalisco, con una influencia directa o indirecta de sistemas ciclónicos que propician también ingreso importante de humedad al interior, induce las afectaciones a la población, tanto por inundación como por afectación a infraestructura urbana, carretera, hidráulica y de suministro de agua a las comunidades además de incomunicación. Destacando Los fenómenos hidrometeorológicos extremos siguientes:

Entre los años de 1958 a 1993 se tuvo influencia marcada de sistemas tanto Tormentas Tropicales como de Huracanes como Maggie, Annete, Lily, Adolph, Eugene, Virgil y Calvin y en 1996 el Huracán “Hernán” con precipitación de 220.0 mm. en Tomatlán y que genero intensos escurrimientos con vertidos extraordinarios de la presa Cajón de Peña y riesgo de afectar a la localidad de Tomatlán.

En octubre del 2002, el intenso huracán Kenna con categoría V (que entro a tierra a la altura de San Blas Nay.) paso en las cercanías de Puerto Vallarta, generando marea de tempestad de varios metros y que propicio el ingreso de agua a la población de Puerto Vallarta, con daños severos a instalaciones cercanas a la playa.

La rápida urbanización que ha registrado el municipio de Ameca y el consecuente crecimiento poblacional –su población se duplicó en el transcurso de apenas 70 años- ha ocasionado que partes cercanas a los cauces de los ríos y arroyos (señaladamente los márgenes del Arroyo Santiago), hayan sido ocupados, por lo que constituyen causas de peligro y riesgo de inundaciones.

De acuerdo a fuentes hemerográficas, la zona urbana de Ameca ha registrado episodios de inundaciones en diversos años. Se tiene registro de ellas en los años 1923, 1937 y recientemente en el presente año (2015). En el rubro de inundaciones repentinas históricas ocurridas en Ameca, están específicamente las ocurridas en 2003 en las comunidades El Arco y El Magistral.

De acuerdo al Atlas Estatal, se señala que se han registrado áreas de inundación en la cabecera municipal de Ameca: en la localidad de Hacienda del Cabezón, en las Pilas, el Arco, el Magistral, el Tezcalame, la Huerta de San Javier, San Antonio Matute, la Nueva Cantería (Pochote) y la Higuera. UMPCyB, Ameca, en 2006.

Las inundaciones asociadas con los desbordes del río Ameca son extensas en daños, tanto en superficie como la magnitud económica, pero son menos letales para la vida de las poblaciones. El Atlas Estatal de Riegos informa que en 1957 una tromba azotó el poblado de Ameca, los daños fueron severos, ya que levanto techos, dos personas sufrieron daños.

Con base en la información de Agroasemex (2010), que muestra un peligro asociado a la acumulación de flujo de agua (índice de inundación) se tienen polígonos de inundación, asociados a un período de retorno de 40 años, en el organismo de cuenca donde se ubica el estado de Jalisco y la zona urbana de Ameca. Sin embargo, por la metodología utilizada hay polígonos en zonas en donde no es posible que se presenten inundaciones, por lo que solo se deben considerar como información indicativa. En 2015, con la presencia del huracán Patricia, el río Ameca creció, pero sin causar años en los poblados asentados en sus márgenes.

### **3.6 Obras de protección contra inundaciones y acciones no estructurales existentes**

En la literatura sobre gestión del riesgo y en la Gestión Integrada de Crecientes, las medidas no estructurales ocupan un lugar significativo en la mitigación del riesgo, de la amenaza y de la vulnerabilidad. Éstas incluyen acciones de corte político, desarrollo del conocimiento, mecanismos de participación, entre otras.

La selección y aplicación adecuada de este tipo de medidas posibilitan no sólo reducir los impactos de las inundaciones, sino la vulnerabilidad de la población. En los programas regionales de prevención contra contingencias hidráulicas 2013, se propusieron cuatro estrategias orientadas a controlar el emplazamiento de asentamientos humanos en zonas de riesgo, a prevenir y mitigar los fenómenos que ocasionan los riesgos ambientales, a pronosticar y a alertar a la población ante situaciones de emergencia, y a desarrollar una cultura de prevención y mitigación de impactos por estos fenómenos.

La estrategia de acciones no estructurales consistía básicamente en el fortalecimiento del ordenamiento de los asentamientos humanos para la protección de la población frente a los fenómenos meteorológicos extremos, los cuales pueden arruinar en muy poco tiempo los esfuerzos realizados durante muchos años, especialmente en zonas rurales y urbanas marginadas. Zonas inundables libres de asentamientos humanos en conjunción con un eficaz sistema de alertamiento y prevención con tecnologías modernas es clave en la prevención de riesgos y en la disminución de la vulnerabilidad de la población.

Para el municipio de Ameca, no se encontró información respecto a acciones emprendidas de carácter no estructural, salvo que la Dirección de Ecología del Ayuntamiento de Ameca, realizó en junio de 2015 una campaña de reforestación en el tramo de Vías Verdes que comprende el poblado de San Antonio Matute hasta Puerta de la Vega.

### **3.7 Identificación de actividades actuales en las planicies de inundación**

Conforme a la información del directorio estadístico nacional de unidades económicas (DENUE) de INEGI, el municipio de Ameca cuenta con 3,194 unidades económicas a 2014

y su distribución por sectores revela un predominio de unidades económicas dedicadas a los servicios, siendo estas el 47.3% del total de las empresas en el municipio.

Los censos económicos 2014, registraron que, en el municipio de Ameca, los tres subsectores más importantes en la generación de valor agregado censal bruto fueron la Industria alimentaria; Comercio al por menor de abarrotes, alimentos, bebidas, hielo y tabaco; y las Instituciones de intermediación crediticia y financiera no bursátil, que generaron en conjunto el 47.9% del total del valor agregado censal bruto registrado en 2014 en el municipio. El subsector de Instituciones de intermediación crediticia y financiera no bursátil, que concentró el 6.0% del valor agregado censal bruto en 2014, y registró el mayor crecimiento real pasando de 668 mil pesos en 2009 a 55 millones 423 mil pesos en 2014. Una variación de 8,196.9%.

## 4 Diagnóstico de las zonas inundables

### 4.1 Monitoreo y vigilancia de variables hidrometeorológicas

La red mínima de estaciones permite evitar deficiencias graves en el desarrollo y gestión de los recursos hídricos, la organización Meteorológica Mundial (OMM)<sup>5</sup> recomienda establecer un mínimo de estaciones climatológicas bajo las siguientes consideraciones (Tabla 4.1.1).

Tabla 4.1.1 Valores mínimos recomendados de densidad de estaciones (Área/No. Estaciones)

Unidad fisiográfica	Precipitación	
	Pluviómetro	Pluviógrafo
Costa	900	9,000
Montaña	250	2,500
Planicie interior	575	5,750
Montes/ondulaciones	575	5,750
Áreas urbanas	-	10 a 20

Fuente: Tomado de OMM. Guía de prácticas hidrológicas, 2011.

Al evaluar la densidad de estaciones climatológicas a lo largo de la zona de estudio encontramos lo siguiente:

Tabla 4.1.2 Densidad de estaciones climatológicas en el área de estudio

Microcuencia	Área km <sup>2</sup>	Unidad fisiográfica	Número de Estaciones	Densidad de estaciones	Cumple con la Norma
1	92.91	Montes / ondulaciones	0	-	No
2	3.88	Planicie interior	0	-	No
3	53.15	Montes / ondulaciones	1	53.51	Si
4	294.41	Planicie interior	1	294.41	Si
5	44.71	Planicie interior	1	44.71	Si
6	551.92	Planicie interior	0	-	No
7	118.53	Planicie interior	1	118.53	Si
8	75.68	Planicie interior	2	37.84	Si
9	1,043.79	Montes / ondulaciones	12	86.98	Si

### 4.2 Pronóstico de avenidas y sistemas de alerta temprana

Se cuenta con un Protocolo de alertamiento para condiciones meteorológicas y/o hidrológicas severas, que consiste en los siguientes pasos (las instituciones encargadas del desarrollo de cada actividad se presentan entre paréntesis):

1. Revisar y preparar actividades requeridas para la temporada de lluvias en el año en curso (SMN).
2. Validar y/o actualizar el Protocolo de Tiempo Severo (GASIR, CONAGUA, GPIAE).
3. Coordinar las actividades requeridas para implantar y supervisar el protocolo establecido (Centro Nacional de Previsión del Tiempo).
4. Analizar los modelos matemáticos MM5, WRF, GFS, NAM, generando datos sinópticos (cada 3 h), imágenes de Radar Ecos (cada 10 min) y precipitaciones (06:00, 10:00 y 20:00 h) (SMN, GASIR).
5. Realizar un análisis (diagnóstico) de la atmósfera en ese instante (SMN, GASIR).
6. Formular un pronóstico Meteorológico (GASIR, CONAGUA, SMN).

<sup>5</sup>Organización Meteorológica Mundial (OMM). Guía de prácticas hidrológicas. Sexta edición, 2011.

7. Identificar si el pronóstico está por encima de los umbrales que causa daño al país (SMN, GASIR).
8. Si se cumple lo anterior, se activa la FASE UNO y se elabora un boletín especial o extraordinario (SMN, GASIR). En caso de no ser así, se regresa al paso 4.
9. Se analiza la información emitida dando seguimiento al evento severo en las próximas horas, determinando la operación normal del CNPT (Centro Nacional de Previsión del Tiempo) o en su caso se activa la FASE DOS (CNPT).
10. Se Activa la FASE DOS, de no ser así se regresa al paso 4 (CNPT).
11. Se coordina la emisión del aviso de FASE DOS por el sistema de INTRANET del SMN.
12. El SMN aplica en sus diferentes áreas los planes de contingencia para FASE DOS (CONAGUA).
13. Se elabora el texto para el comunicado oficial en apoyo a los documentos oficiales que debe elaborar la institución, y se envía a la subgerencia de Comunicación y Desarrollo Institucional del SMN (CNPT).
14. Elaboración de los oficios y comunicados oficiales (CONAGUA, OC y DL).
15. Coordinación de la logística de prensa y comunicación oficial durante todo el tiempo que dure el evento (CONAGUA).
16. Se revisa si después de 24 hrs continúan las condiciones de tiempo significativo/severo para seguir aplicando los planes de contingencia de FASE DOS. Si se sigue aplicando la FASE DOS se regresa al paso 12, en caso contrario se continúa en este orden (CNPT).
17. En base al análisis se determina si se activa FASE UNO (paso tres) o si se regresa a la Operación Normal (paso 4) (CNPT).
18. Se integran las estadísticas de los eventos severos en México durante el año en curso (CNPT).
19. Se elabora y emite el pronóstico hidrológico (SMN, GASIR, OC y DL).
20. Se activa la vigilancia hidrológica (SMN, GASIR, CONAGUA, OC y DL)
21. Se detecta un registro o tendencia de la evolución de los ríos en la Región que pudiera superar el umbral de elevación de la superficie libre del agua que causa inundaciones y/o daños. O en su defecto que el llenado de una presa alcance el 90% o se encuentre a un metro del nivel en el cual se debe iniciar la operación de la obra de excedencias (SMN, GASIR, CONAGUA, GPIAE, Municipios, OC y DL).
22. Se supera el UMBRAL de desbordamiento o se inicia la operación de la obra de excedencias conforme a política autorizada o a las decisiones que se resuelvan en el seno del Comité Técnico de Operación de Obras Hidráulicas (CTOOH) (SMN, GASIR, CONAGUA, GPIAE, Municipios, OC y DL).
23. Se realiza pronóstico hidrológico para el caso, estimando la duración de la inundación y los niveles que se podrán alcanzar en el río, embalse o zona inundable de que se trate, informando a los tomadores de decisiones y al sistema Nacional de Protección Civil (SMN, GASIR, OC y DL).
24. Se informa el comportamiento de la inundación y/o operación de la presa y registro de afectaciones (SMN, GASIR, CONAGUA, GPIAE, Municipios, OC y DL).

#### **4.3 Funcionalidad de las acciones estructurales y no estructurales existentes**

En general, las obras de protección carecen de programas de mantenimiento y rehabilitación lo que limita su buen funcionamiento durante las avenidas.

#### 4.4 Identificación de los actores sociales involucrados en la gestión de crecidas

Los desastres son procesos sociales complejos, en los que la participación ciudadana constituye un elemento clave antes, durante y posterior a su ocurrencia. No obstante, su actuación parece estar al margen del marco de la actuación gubernamental, o desdibujada, limitándose a denunciar y exigir más de la intervención gubernamental.

En este apartado se considera a los actores sociales como la sociedad civil organizada o no, es decir, la comunidad y su intervención antes, durante y después de un evento de inundación, pudiendo ser organizaciones civiles, asociaciones de productores, asociaciones vecinales, personas que habitan en zonas de riesgo de inundación, etcétera.

La participación comunitaria en acciones previas a las inundaciones, en general en la sociedad mexicana, se constriñe a la participación en campañas de limpieza de cauces y arroyos que atraviesan la ciudad antes del inicio de la temporada de lluvias, entre otro tipo de acciones. No obstante, esta participación es muy limitada, ya que por lo general se reduce a grupos comunitarios específicos: alumnado de centros de enseñanza, habitantes de colonias próximas a los ríos, simpatizantes de grupos políticos o funcionarios públicos, por mencionar algunos.

Durante las inundaciones, la participación comunitaria se expresa en forma de denuncia, protesta y exigencia a las autoridades correspondientes, por lo general a las más próximas. En esta etapa, más que de participación organizada activa y propositiva, se observa la reacción de quienes resultaron afectados y que buscan ser visibles ante las autoridades competentes para ser considerados posteriormente como sujetos de apoyo y así lograr obtener algo a cambio de sus pérdidas.

Posterior a las inundaciones, en lo que en la declaratoria de desastres se denomina etapa de reconstrucción, la sociedad civil intensifica su presencia en el mismo sentido que en la etapa anterior, es decir, en la denuncia y la exigencia a los actores gubernamentales, a quienes considera son los responsables de la situación. No obstante, a otro nivel de participación comunitaria, operan otros mecanismos al margen de la acción gubernamental como las organizaciones vecinales, redes familiares, grupos solidarios y similares que posibilitan a nivel familiar y vecinal reestablecer la normalidad tras el impacto de situaciones como las inundaciones.

Para el caso particular de la zona urbana de San Felipe, no se encontró información acerca de asociaciones vecinales que hayan organizado o realizado acciones en el marco de episodios por inundación.

#### 4.5 Identificación de la vulnerabilidad a las inundaciones

Es ampliamente aceptado que las condiciones de la población mexicana no son homogéneas, y que al interior de ella existen desigualdades que los hacen más o menos vulnerables a los impactos que representan peligro o riesgo y que pueden decantar en un desastre. La vulnerabilidad urbana estará en función de la situación que caracterice a cada grupo de población en todas y cada una de las dimensiones en las que ésta se compone; a saber, física, económica, social, cultural, entre otras. Analizar las condiciones de vulnerabilidad de los grupos afectados es clave para comprender el proceso de construcción de situaciones de riesgo.

En este sentido, se puede establecer una conexión entre vulnerabilidad y marginación, si se considera que ésta última se asocia a la carencia de oportunidades sociales y a la ausencia de capacidades para adquirirlas o generarlas, pero también a privaciones e inaccesibilidad a bienes y servicios fundamentales para el bienestar. De acuerdo a Conapo, las comunidades marginadas enfrentan escenarios de elevada vulnerabilidad social cuya mitigación escapa del control personal o familiar (Conapo, 2011 y 2012), pues esas situaciones no son resultado de elecciones individuales, sino de un modelo productivo que no brinda a todas las mismas oportunidades.

En la literatura especializada se encuentran diversas propuestas para estimar la vulnerabilidad, las cuales están en función de factores diversos, entre ellos el tipo de impacto al que se es vulnerable. Para el caso que nos ocupa, sería la vulnerabilidad a inundaciones. El análisis que aquí se presenta tiene como base el Índice de Marginación Urbana (IMU) correspondiente al 2010 y se complementa con el uso de variables socioeconómicas resultantes del Censo de Población y Vivienda 2010 por manzana urbana que no están representadas en el IMU. De acuerdo a INEGI, el IMU es una medida-resumen que permite diferenciar AGEB urbanas del país según el impacto global de las carencias que padece la población como resultado de la falta de acceso a la educación, a los servicios de salud, la residencia en viviendas inadecuadas y la carencia de bienes.

Tabla 4.5.1 Dimensiones e indicadores del índice de marginación urbana por AGEB 2010

Dimensión	Indicador
Educación	% Población de 6 a 14 años que no asiste a la escuela
	% Población de 15 años o más sin educación básica completa
Salud	% Población sin derechohabencia a los servicios de salud
	% Hijos fallecidos de las mujeres de 15 a 49 años de edad
Vivienda	% Viviendas particulares habitadas sin drenaje conectado a la red pública o fosa séptica
	% Viviendas particulares habitadas sin excusado con conexión de agua
	% Viviendas particulares habitadas sin agua entubada dentro de la vivienda
	% Viviendas particulares habitadas con piso de tierra
	% Viviendas particulares habitadas con algún nivel de hacinamiento
Bienes	% Viviendas particulares habitadas sin refrigerador

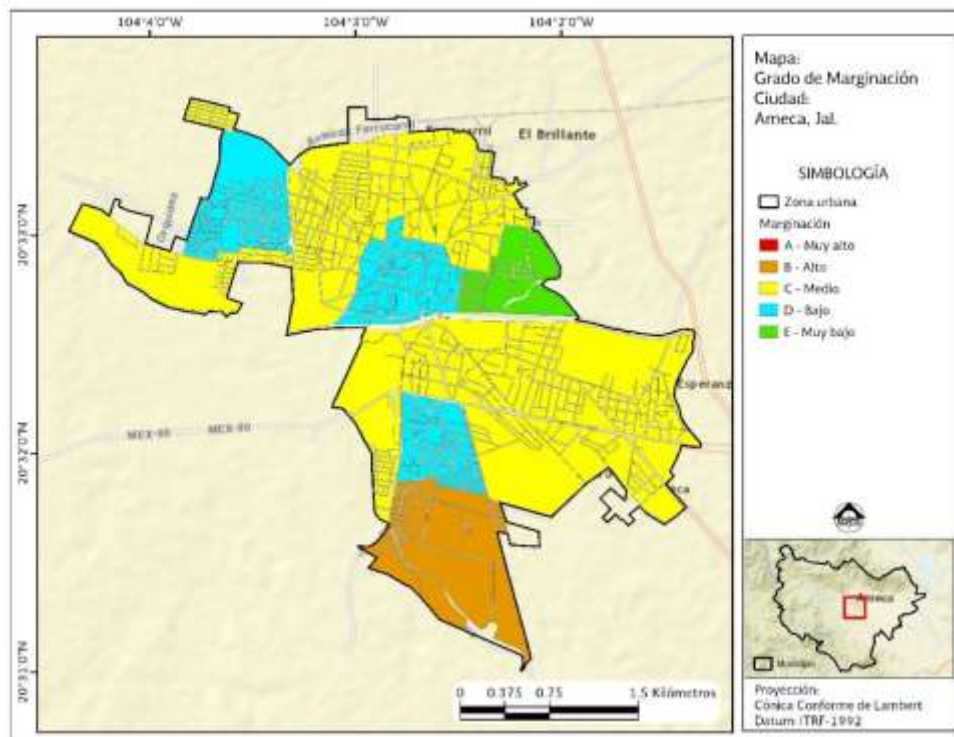
Fuente: Estimaciones de Conapo con base INEGI 2010

Como complemento a las dimensiones consideradas por el IMU, a saber, educación, salud, vivienda y bienes, se consideran tres más: ingresos, composición demográfica y discapacidad, con las variables de población desocupada para la primera dimensión, población menor de 5 años y mayor de 65 para la segunda y población con limitación en la actividad, que comprende limitaciones de movilidad, visual, auditiva, de comunicación y mental, para la última.

Tabla 4.5.2 Dimensiones e indicadores del índice de marginación urbana por AGEB 2010

Indicador	Variable
Ingresos	Población desocupada
Composición sociodemográfica	Población menor de 5 años
	Población mayor de 65 años
Discapacidad	Población con limitación en la actividad

En relación al IMU 2010 por manzana, la localidad de Ameca presenta contrastes en cuando a la marginación, existiendo un predominio de un grado medio en toda la zona urbana. Se distinguen tres grupos de manzanas con baja marginación y uno más con muy bajo grado de marginación. En el extremo sur de Ameca, destaca un conjunto de manzanas con alta marginación, en donde las condiciones de educación, ingresos por trabajo y vivienda no son las más favorables, por lo que habrá insuficiencia de servicios, precariedad en el empleo, bajos niveles adquisitivos y deficientes condiciones de la vivienda. Esta situación apuntaría a una mayor vulnerabilidad a las inundaciones.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.5.1 Grado de marginación

Lo que muestran los datos estadísticos complementarios es la existencia de un 22.1% de población en condiciones propensas a la vulnerabilidad, particularmente ante la ocurrencia de eventos súbitos como las inundaciones, es decir, población infantil menor a 5 años (10.3%), adultos mayores de 65 años (7.4%) y población con problemas en la movilidad (4.4%). En otras palabras, en cada manzana urbana hay en promedio 11.9 adultos mayores y 8 con limitaciones físicas, principalmente. En cuanto a la desocupación laboral, el promedio es de 2.5, habiendo 1.2% de la población total en esta situación. El dato es relevante por considerarlo un indicador que influye en el nivel de vida material de las personas.

Tabla 4.5.3 Información complementaria de las manzanas urbanas de la localidad de Ameca

	Población total	Población menor a 5 años	Población mayor a 65 años	Población con limitación en la actividad	Población desocupada
<b>Totales</b>	36,156	3,754	2,707	1,617	445
<b>Promedio</b>	113.4	s/d	11.9	8	2.5
<b>Porcentaje</b>	100	10.3	7.4	4.4	1.2



#### 4.6 Identificación y análisis de la coordinación entre instituciones involucradas en la gestión de crecidas

La adopción de un enfoque que enfatiza la prevención, la disminución y mitigación del riesgo, exige la participación de una amplitud de actores en el proceso de la comunicación. Es deseable que la comunicación cubra todas las etapas de la gestión integral del riesgo desde la prevención hasta la reconstrucción y que fluya de manera horizontal (entre sectores e instituciones) y vertical (de los niveles federales de gobierno hasta la población). Debe, además, ser multidireccional y tener un camino de ida y vuelta.

A partir de la información encontrada para el caso particular de la zona urbana de Ameca, en cuanto a acciones de corte no estructural, se identifican algunas problemáticas en relación a la actuación de instancias gubernamentales del mismo y de diferente orden de gobierno, dentro y fuera del sistema de protección civil. Así, cooperación y coordinación resultan ser dos pilares sobre los que se cimientan la mayoría de los problemas que incrementan los daños por inundaciones:

- La organización institucional sigue estando fragmentada y existe una instancia que atienda en su justa dimensión la complejidad y las diferentes dimensiones que conforman la ocurrencia de las inundaciones, es decir, no sólo lo técnico, sino la integralidad y transversalidad de estos fenómenos.
- Continúa existiendo una atención mayormente enfocada a las acciones de corte estructural, faltando una política que busque el balance entre las medidas estructurales y no estructurales para prevenir y atenuar el impacto de los fenómenos extremos.
- Se ha identificado, pero no se ha hecho nada para solucionar la carencia de una unidad administrativa que vigile la aplicación de Ley de Aguas y las consecuencias coercitivas de su incumplimiento en cuanto a invasión de cauces y asentamientos en zonas de riesgo.
- Existen pendientes legales aún no resueltos como la imposibilidad de la aplicación de la ley en cuanto a la invasión de zonas federales por la inexistencia de denuncias. En otros casos, la propiedad federal no se puede comprobar a causa de documentos extraviados. Después de 10 años de permanencia en una zona invadida se da la prescripción positiva a favor del propietario.
- No se tiene un sistema institucional para elaborar un catálogo de proyectos y programas que atiendan los problemas de los fenómenos extremos de manera integral. El presupuesto para la atención de los problemas generados por la ocurrencia crónica de los fenómenos extremos en el país es limitado e insuficiente y una buena parte del presupuesto asignado se dedica a la reconstrucción de infraestructura dañada y atención de emergencias.
- Falta de coordinación en planes y programas en las dependencias gubernamentales.
- Falta de coordinación entre los actores que otorgan licencias de construcción en zonas de riesgo; duplicación de funciones y atribuciones, lo que se traduce en vacíos en la actuación y el fincamiento de responsabilidades.

- Los recursos económicos son insuficientes para la elaboración de estudios y la falta de comunicación entre instancias inhibe que los estudios puedan ser coordinados y complementarios.
- No hay un dimensionamiento del personal profesional y especializado que se requiere para atender los fenómenos extremos ni programas en curso que atiendan las carencias de personal calificado.

En ámbitos urbanos, todo lo anterior deriva en evidenciar que en los programas de desarrollo urbano y los procesos de planificación urbana y regional no se han formulado aún claras políticas de prevención contra eventos extraordinarios como las inundaciones, lo que trae como resultado la falta de coordinación entre los actores, la superposición de sus funciones, los conflictos en la toma de decisiones, el uso ineficiente de los recursos, la adopción de medidas que pueden no considerar las necesidades reales de la población, en intervenciones con matices de paternalismo o de autoritarismo.

Tabla 4.6.1 Actores sociales e instituciones de la Región Lerma-Chapala

Actores sociales/Instituciones	Subregión hidrológica	
	Lerma-Chapala	Santiago
Actores sociales involucrados en la gestión de crecidas	Consejo de Cuenca Lerma-Chapala Comisiones de Cuenca Asociación de usuarios de riego	Consejo de Cuenca Río Santiago Comisiones de Cuenca Asociación de usuarios de riego
Instituciones involucradas en la gestión de crecidas	SEMARNAT SG SCT CONAGUA-OCLSP Gobierno del Estado de Jalisco Protección Civil (Edo. Jalisco) CONAGUA Estatal (Edo. Jalisco) Municipios	SEMARNAT SG SCT CONAGUA-OC LSP

### Identificación de la vulnerabilidad a las inundaciones

Es ampliamente aceptado que las condiciones de la población mexicana no son homogéneas, y que al interior de ella existen desigualdades que los hacen más o menos vulnerables a los impactos que representan peligro o riesgo y que pueden decantar en un desastre. La vulnerabilidad urbana estará en función de la situación que caracterice a cada grupo de población en todas y cada una de las dimensiones en las que ésta se compone; a saber, física, económica, social, cultural, entre otras. Analizar las condiciones de vulnerabilidad de los grupos afectados es clave para comprender el proceso de construcción de situaciones de riesgo.

En este sentido, se puede establecer una conexión entre vulnerabilidad y marginación, si se considera que ésta última se asocia a la carencia de oportunidades sociales y a la ausencia de capacidades para adquirirlas o generarlas, pero también a privaciones e inaccesibilidad a bienes y servicios fundamentales para el bienestar. De acuerdo a Conapo, las comunidades marginadas enfrentan escenarios de elevada vulnerabilidad social cuya mitigación escapa del control personal o familiar (Conapo, 2011 y 2012), pues esas situaciones no son resultado de elecciones individuales, sino de un modelo productivo que no brinda a todos las mismas oportunidades.

En la literatura especializada se encuentran diversas propuestas para estimar la vulnerabilidad, las cuales están en función de factores diversos, entre ellos el tipo de impacto al que se es vulnerable. Para el caso que nos ocupa, sería la vulnerabilidad a inundaciones. El análisis que aquí se presenta tiene como base el Índice de Marginación Urbana (IMU) correspondiente al 2010 y se complementa con el uso de variables socioeconómicas resultantes del Censo de Población y Vivienda 2010 por manzana urbana que no están representadas en el IMU. De acuerdo a INEGI, el IMU es una medida-resumen que permite diferenciar AGEB urbanas del país según el impacto global de las carencias que padece la población como resultado de la falta de acceso a la educación, a los servicios de salud, la residencia en viviendas inadecuadas y la carencia de bienes. Como complemento a las dimensiones consideradas por el IMU, a saber, educación, salud, vivienda y bienes, se consideran tres más: ingresos, composición demográfica y discapacidad, con las variables de población desocupada para la primera dimensión, población menor de 5 años y mayor de 65 para la segunda y población con limitación en la actividad, que comprende limitaciones de movilidad, visual, auditiva, de comunicación y mental, para la última.

Tabla 4.6.2 Dimensiones e indicadores del índice de marginación urbana por AGEB 2010.

Indicador	Variable
-----------	----------

Ingresos	Población desocupada
Composición sociodemográfica	Población menor de 5 años
	Población mayor de 65 años
Discapacidad	Población con limitación en la actividad

Fuente: Estimaciones de la Conapo con base en el INEGI, Censo 2010

## 5. Evaluación de riesgos de inundación

Cuando se incorpora la probabilidad de inundación a los mapas de áreas inundables, dicha información se transforma en mapas de peligro por inundación. En estos mapas de peligro se describen aquellas peculiaridades del suceso que lo pueden convertir en más o menos dañino. Por ejemplo, las profundidades y la velocidad del agua, la permanencia del agua o la carga de transporte de sólidos.

En los mapas de peligro se pueden identificar los distintos elementos (áreas agrícolas, carreteras, centros industriales, zonas urbanas) que pueden ser afectados por la inundación y a partir ellos, es posible determinar el nivel del potencial de impacto de la inundación sobre ellos.

En este capítulo se presenta la metodología y cálculos hidrológico e hidráulicos, para poder evaluar el daño anual esperado para diferentes eventos de diseño.

### 5.1 Estimación de caudales y tormentas de entrada al sistema

La avenida de diseño para una obra hidráulica depende del periodo de retorno para el cual se diseña dicha obra. Para la determinación de la magnitud de la avenida es necesario hacer extrapolaciones a partir de los gastos máximos anuales registrados en el lugar donde se construirá la obra, pues casi siempre el periodo de retorno de diseño es mayor a la longitud del registro en años de gastos máximos anuales. Es evidente que la magnitud y la seguridad hidrológica de la obra dependerán del valor del gasto de diseño.

Sin embargo, cuando no se cuenta con información de escurrimientos en estaciones de aforo, en la cuenca de estudio, es necesario la aplicación de un modelo lluvia escurrimiento para conocer los gastos en la salida de la cuenca o en cualquier otro sitio de la misma zona. Dicho caso es el de la cuenca de estudio.

#### 5.1.1 Cálculo de las lluvias de diseño

La Coordinación Nacional de Protección Civil (CNPC), a través del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), interesada en la buena calidad de los estudios hidrológicos para elaborar mapas de peligro y riesgo por inundaciones, consideró pertinente elaborar mapas de isoyetas (altura de precipitación) con diferentes duraciones, asociados con distintos periodos de retorno, que proporcionan información importante para los Atlas de peligro o riesgo estatales y municipales, así como para el estudio de diferentes tipos de obras, que caen en el ámbito de otras dependencias del gobierno federal, organismos descentralizados y privados.

La información climatológica se obtuvo de la base de datos CLICOM, del Servicio Meteorológico Nacional (SMN), dependiente de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), que cuenta con alrededor de 5,338 estaciones en todo el país; sin embargo, las empleadas en este trabajo, corresponden a 2,243 estaciones pluviométricas instaladas en diferentes puntos del país. El número de estaciones utilizadas fue definido, básicamente, revisando que el registro histórico de cada estación contara con al menos 20 años de información válida, hasta diciembre de 2010.

Este trabajo abarca la totalidad del territorio nacional y presenta la información pluviométrica mediante mapas de isoyetas para cada uno de los Organismos de Cuenca en los que la CONAGUA divide al país y, aunque fue elaborado para simular escenarios de inundación, a través de los que se definen, tanto mapas de peligro como de riesgo, es

posible usarlo en proyectos de obras de infraestructura hidráulica (puentes, obras de protección, etc.).

Los periodos de retorno que se presentan son: 2, 5, 10, 20, 50, 100, 200, 500, 1000 y 2000 años, mientras que las duraciones corresponden a 1, 2, 3, 4, 5, 10, 15, 20, 30 y 40 días. El valor de la altura de precipitación máxima asociada con cada isoyeta está expresado en milímetros.

El análisis estadístico y probabilístico de la información se efectuó utilizando las distribuciones siguientes: Normal, Exponencial, Lognormal de 2 y 3 parámetros, Gama de 2 y 3 parámetros Gumbel y Doble Gumbel, en tanto que, para determinar la bondad de cada una de las distribuciones de probabilidad a la serie de datos históricos, se usó el mínimo error estándar.

La Tabla 5.1, muestra el número de las mismas y también señala la cobertura media en km<sup>2</sup> / estación.

Tabla 5.1 Distribución de estaciones pluviométricas, con más de 20 años completos, en la república mexicana

No.	Estado	Área	Estaciones pluviométricas		Cobertura Media
		(km <sup>2</sup> )	Existentes	Usadas	(km <sup>2</sup> /estac)
1	Aguascalientes	5,589	68	46	121.5
2	Baja California	70,113	130	36	1,947.60
3	Baja California Sur	73,667	160	72	1,023.20
4	Campeche	51,833	71	35	1,480.90
5	Coahuila	151,571	108	28	5,413.30
6	Colima	5,455	51	17	320.9
7	Chiapas	73,887	280	84	879.6
8	Chihuahua	247,087	328	58	4,260.10
9	D.F.	1,499	63	30	50
10	Durango	119,648	148	83	1,441.50
11	Guanajuato	21,461	352	108	198.7
12	Guerrero	30,589	160	129	237.1
13	Hidalgo	63,794	220	66	966.6
14	Jalisco	20,987	139	180	116.6
15	México	80,137	282	105	763.2
16	Michoacán	59,864	242	93	643.7
17	Morelos	4,941	68	44	112.3
18	Nayarit	27,621	80	25	1,104.80
19	Nuevo León	64,555	167	55	1,173.70
20	Oaxaca	95,364	359	130	733.6
21	Puebla	33,919	206	97	349.7
22	Querétaro	11,769	58	33	356.6

No.	Estado	Área	Estaciones pluviométricas		Cobertura Media
		(km <sup>2</sup> )	Existentes	Usadas	(km <sup>2</sup> /estac)
23	Quintana Roo	50,350	43	20	2,517.50
24	San Luis Potosí	62,848	190	102	616.2
25	Sinaloa	58,092	180	51	1,139.10
26	Sonora	184,934	275	79	2,340.90
27	Tabasco	24,661	84	42	587.2
28	Tamaulipas	76,829	198	109	704.9
29	Tlaxcala	3,914	50	20	195.7
30	Veracruz	72,815	352	185	393.6
31	Yucatán	39,340	89	30	1,311.30
32	Zacatecas	75,040	137	51	1,471.40
	TOTAL	1,964,173	5,338	2,243	1,092.90

Para determinar las lluvias de diseño se utilizó en este trabajo el programa de computo llamado V.E.L.L. (Figura 5.1), desarrollado en el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED<sup>6</sup>), con el cual se obtuvieron las alturas de precipitación para los periodos de retorno 2, 5, 10, 50 y 100 años (Tabla 5.2).

Estas alturas de precipitación corresponden a las precipitaciones máximas con duración de 24 horas, las cuales fueron obtenidas de la siguiente forma:

- Se delimitaron las cuencas tributarias o subcuencas de aportación al área de interés,
- Se determinaron los centroides de las subcuencas de aportación,
- Con las coordenadas de los centroides se utilizó la aplicación V.E.L.L. para determinar las láminas de precipitación,

---

<sup>6</sup>CENAPRED, Mapas de Precipitación para Diferentes Duraciones y Periodos de Retorno. Octubre 2013.



Figura 5.1 Interfaz del programa V.E.L.L. elaborado por el CENAPRED

Tabla 5.2 Lluvia máxima en 24 horas para diferentes periodos de retorno

Tr (AÑOS)	hp mm				
	2	5	10	50	100
Microcuenca 1	63.0	81.4	96.3	134.9	152.6
Microcuenca 2	61.1	78.7	93.1	130.3	147.3
Microcuenca 3	62.3	80.1	93.7	127.7	143.1
Microcuenca 4	61.6	79.8	94.4	132.2	149.4
Microcuenca 5	63.7	82.2	97.2	135.8	153.5
Microcuenca 6	62.5	80.6	95.3	133.2	150.5
Microcuenca 7	64.7	83.7	98.9	138.3	156.3
Microcuenca 8	65.4	84.6	99.9	139.3	157.3
Microcuenca 9	65.7	84.4	98.7	134	149.9
Área de estudio	60.8	78.3	92.7	129.9	146.8

### 5.1.2 Construcción de tormentas hipotéticas

La construcción de estas tormentas asociadas para un determinado periodo de retorno es la solución práctica a los problemas de escasez de información pluviográfica, o de periodos reducidos de registro que no permiten desarrollar relaciones confiables lluvia-frecuencia.

Para la construcción de los modelos meteorológicos, se utilizaron los valores de precipitación para cada periodo de diseño, obtenidos del programa “Mapas de precipitación para diferentes duraciones y periodos de retorno” anteriormente



mencionados; distribuyendo dicha lluvia a lo largo del día, con base en las ecuaciones de Chen (1983).

Es importante mencionar que las estaciones meteorológicas automáticas de la RED INIFAP, no cuentan con información para caracterizar las tormentas de la zona. Debido a lo anterior se ha utilizado la formulación de Chen (1983), únicamente para obtener un hietograma adimensional, ya que se cuenta con la lámina llovida de diseño con duración de 24 horas, obtenida con anterioridad.

Se procedió a distribuir de esta forma la precipitación debido a que en la zona se han presentado tormentas con duraciones de 24 horas debido a fenómenos meteorológicos extremos.

La fórmula, que calcula la lluvia (milímetros) de duración  $t$  (minutos) y periodos de retorno  $Tr$  (años), es la siguiente:

$$P_t^{Tr} = \frac{aP_1^{10} \log(10^{2-F} Tr^{F-1})t}{60(t+b)^c}$$

donde  $P_1^{10}$  es una lluvia expresada en milímetros que dura una hora, con un periodo de retorno de 10 años;  $a$ ,  $b$  y  $c$  son parámetros de función del cociente  $R$  y se determinan por medio de las relaciones siguientes:

$$a = 1.13171955 + 37.2614945R - 58.2203446R^2 + 387.242993R^3 - 357.121482R^4$$

$$b = -7.784969 + 59.5314751R - 120.215265R^2 + 246.112571R^3 - 203.278193R^4$$

$$c = 0.000507846976 + 3.92287365R - 9.60400232R^2 + 14.7036951R^3 - 9.27830257R^4$$

Enseguida se muestran los parámetros para la aplicación de la fórmula de Chen, para una duración de 24 horas, el cual se aplicó a las lluvias de diseño obtenidas del programa VELL (2, 5, 10, 50 y 100 años). El valor de  $R_{10}$  según la SCT fue de 55 mm/h

Tabla 5.3 Parámetros Chen

Parámetros Chen					
K	X	a	b	c	Microcuenca
0.57	1.585	37.5	11.2	0.85	1
0.59	1.582	39.3	11.6	0.86	2
0.59	1.527	38.9	11.5	0.86	3
0.58	1.583	38.5	11.4	0.86	4
0.57	1.579	37.0	11.1	0.85	5
0.58	1.579	38.0	11.3	0.86	6
0.56	1.580	36.1	10.9	0.85	7
0.55	1.575	35.6	10.8	0.84	8
0.56	1.519	36.2	11.0	0.85	9
0.59	1.584	39.5	11.6	0.87	Área estudio

Lluvia total mm (forma obtenida con Chen)

El cálculo de lluvia efectiva se llevó a cabo usando el método de la S.C.S en el cual se supone un NC de 73 y una abstracción inicial de 18.8 mm

A continuación, se muestran los hietogramas en mm/h (lluvia efectiva) para cada uno de los cinco periodos de retorno analizados que fueron utilizados para la modelación hidráulica.

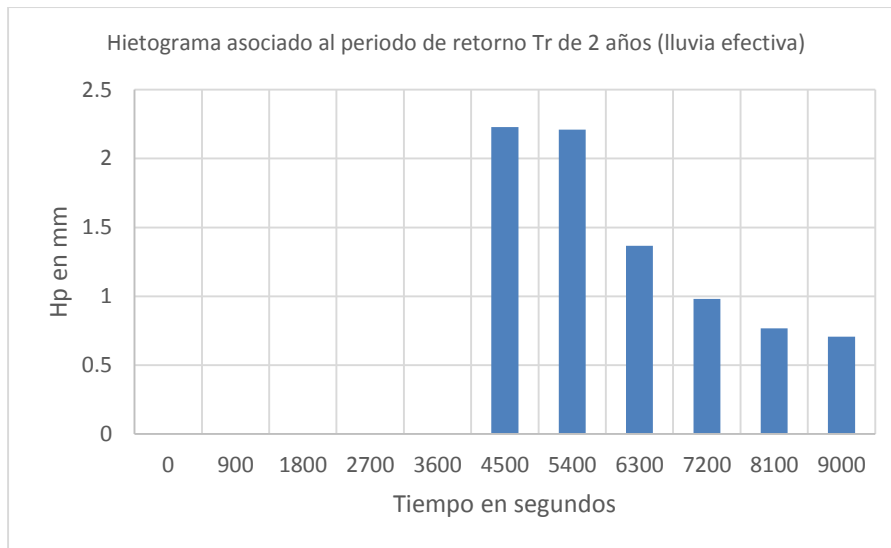


Figura 5.2 Hietograma asociado al periodo de retorno Tr de 2 años

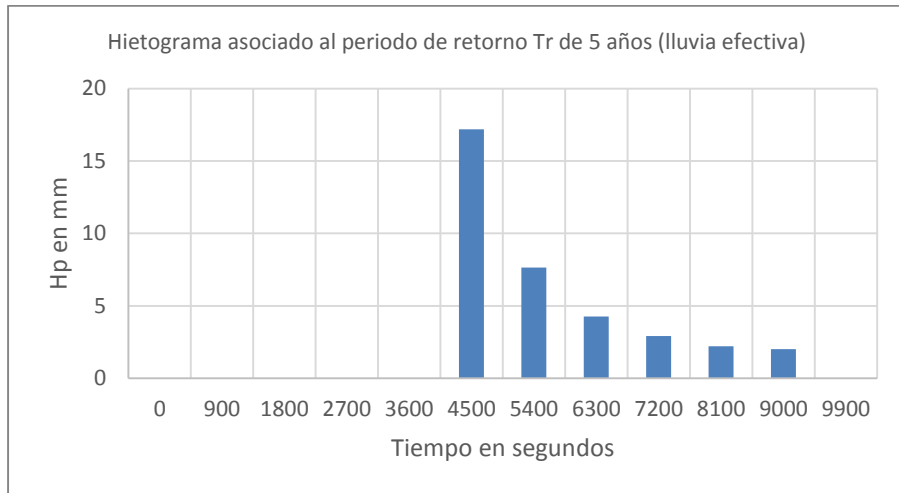


Figura 5.3 Hietograma asociado al periodo de retorno  $T_r$  de 5 años

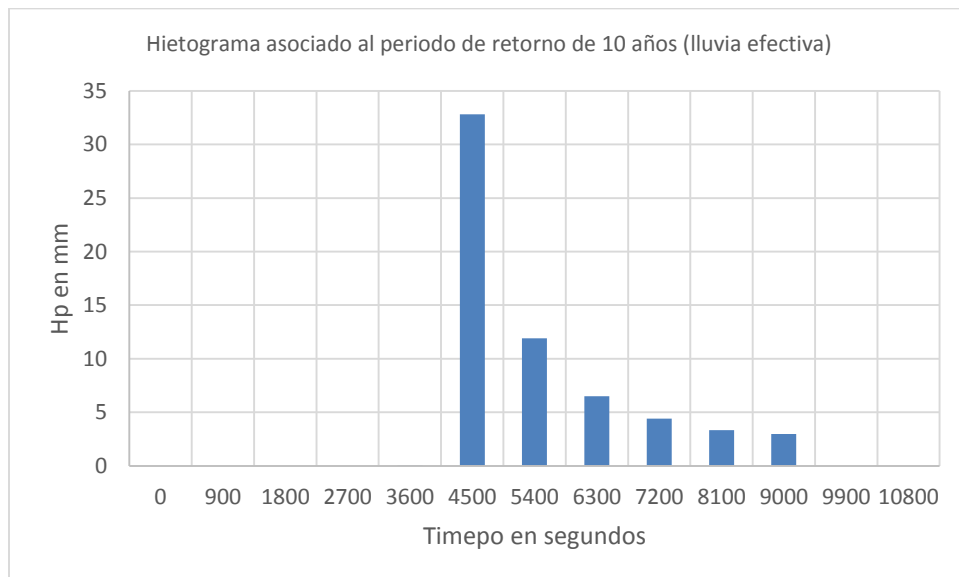


Figura 5.4 Hietograma asociado al periodo de retorno  $T_r$  de 10 años

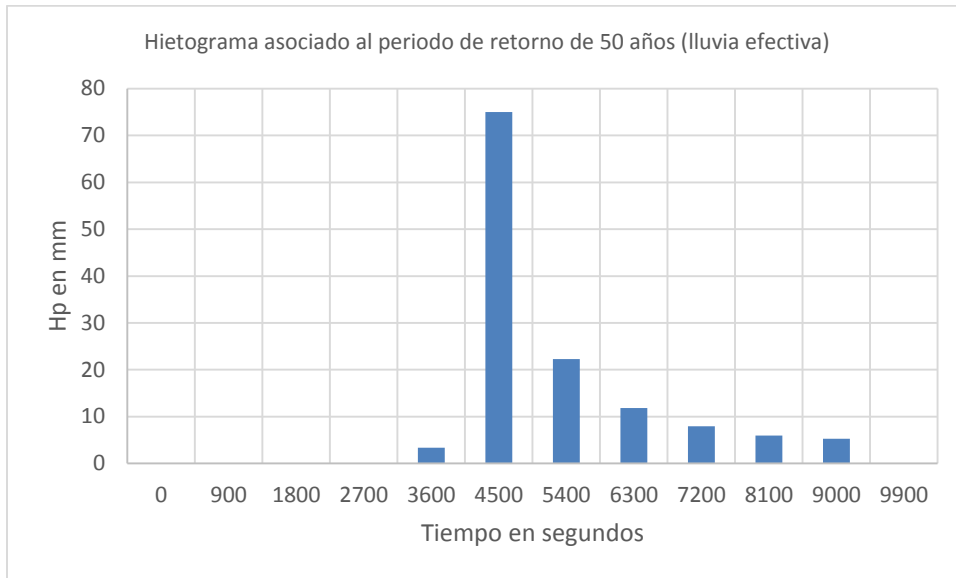


Figura 5.5 Hietograma asociado al periodo de retorno  $T_r$  de 50 años

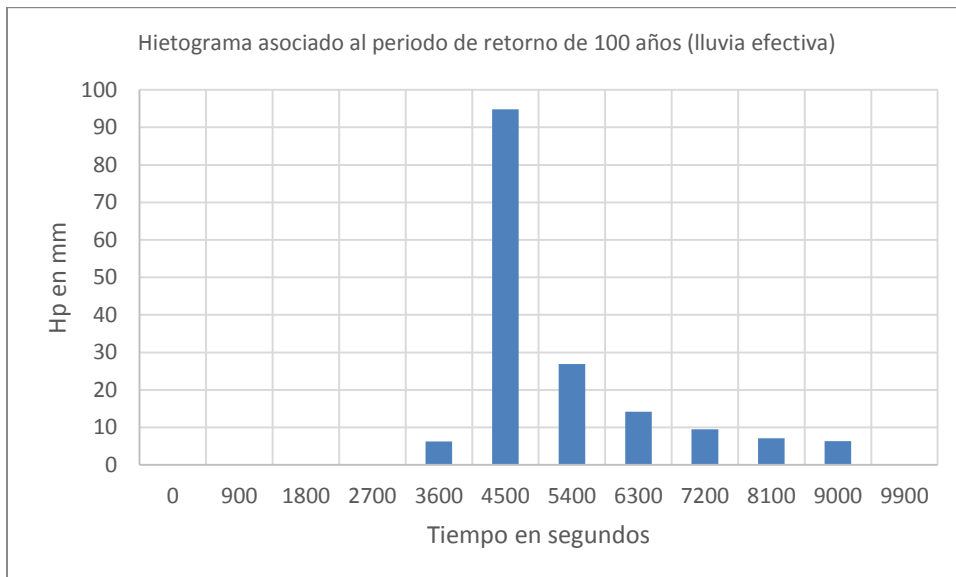


Figura 5.6 Hietograma asociado al periodo de retorno  $T_r$  de 100 años

### 5.1.3 Modelo lluvia-escorrentamiento

El modelo hidrológico se realizó con el software HEC-HMS (Hydrologic Engineering Center - Hydrologic Modeling System), el cual sirve para la simulación hidrológica semidistribuida, y fue desarrollado para estimar los hidrogramas de salida en una cuenca o varias subcuencas, aplicando para ello algunos métodos de cálculo de hietogramas de diseño, pérdidas por infiltración, flujo base y conversión de escurrimiento directo.

Los parámetros que se utilizaron en el modelo son los siguientes:

- Modelo de pérdida: Número de curva del SCS,

- Método de transformación de lluvia-escorrentamiento: Hidrograma unitario del SCS,
- Método para flujo base: ninguno.

Además, se determinó la lluvia de diseño en la zona urbana con el programa V.E.L.L. Y se utilizó el mismo patrón de lluvia que de las subcuencas, en el modelo hidráulico de IBER. Teniendo un modelo con entradas de caudales y de lluvia.

En la figura siguiente se muestra finalmente el modelo hidrológico construido.

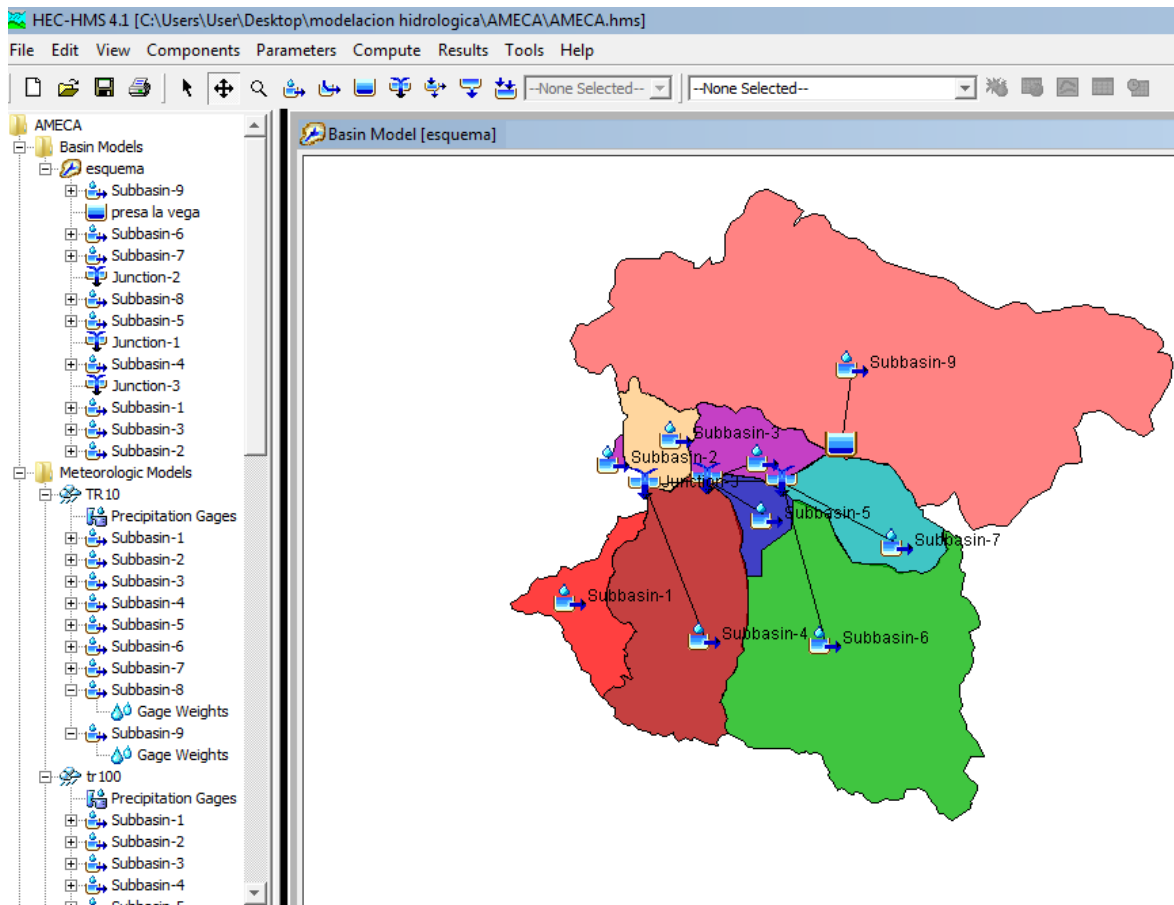


Figura 5.7 Esquema del modelo hidrológico en la plataforma HEC-HMS

#### 5.1.4 Resultados

En este apartado se muestran las gráficas de los hidrogramas de salida de las subcuencas 1, 2, 3 y acumulado de las subcuencas 4 a la 9 que son las que aportan directamente hacia el área de estudio (zona urbana de la Ciudad de Ameca, Jalisco).

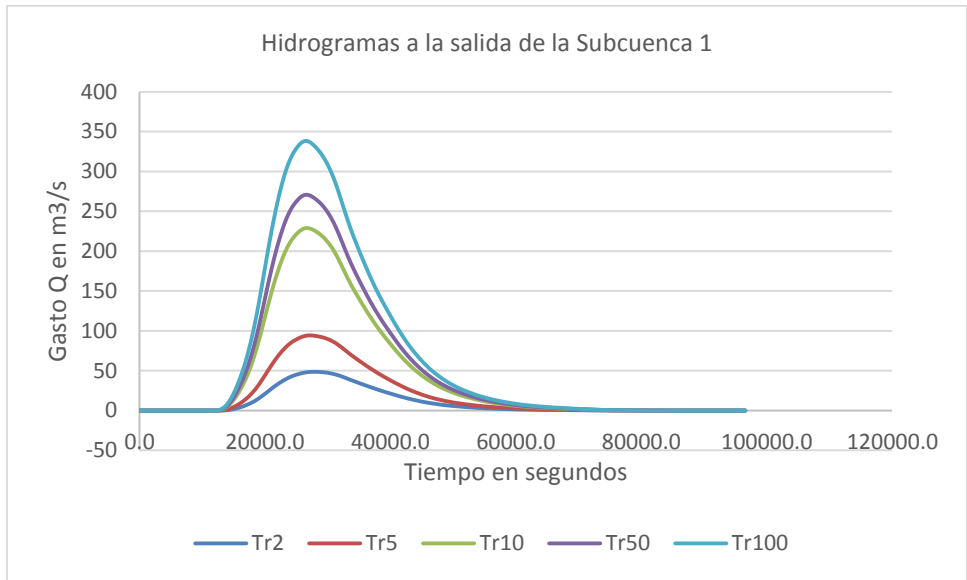


Figura 5.8 Hidrogramas a la salida de la subcuenca 1

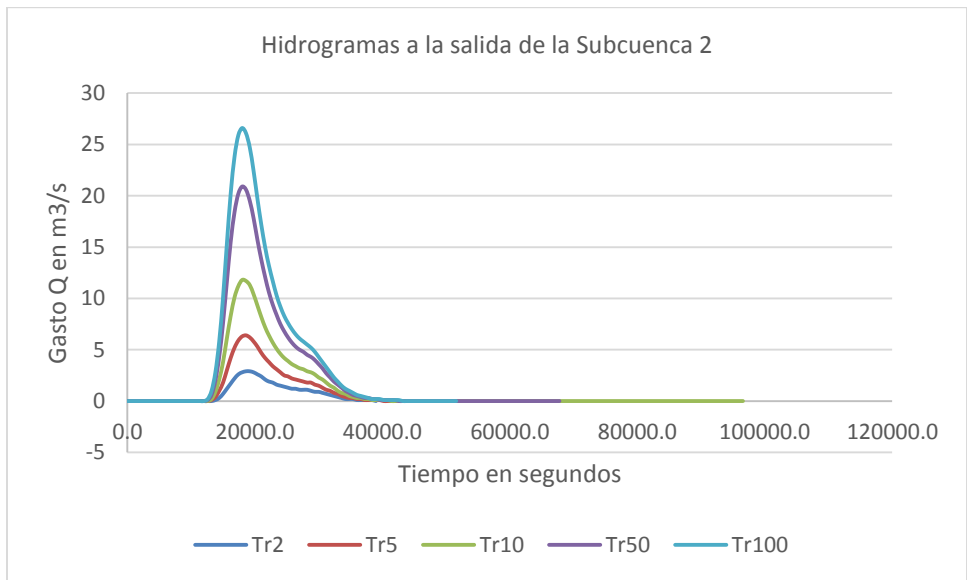


Figura 5.9 Hidrogramas a la salida de la subcuenca 2

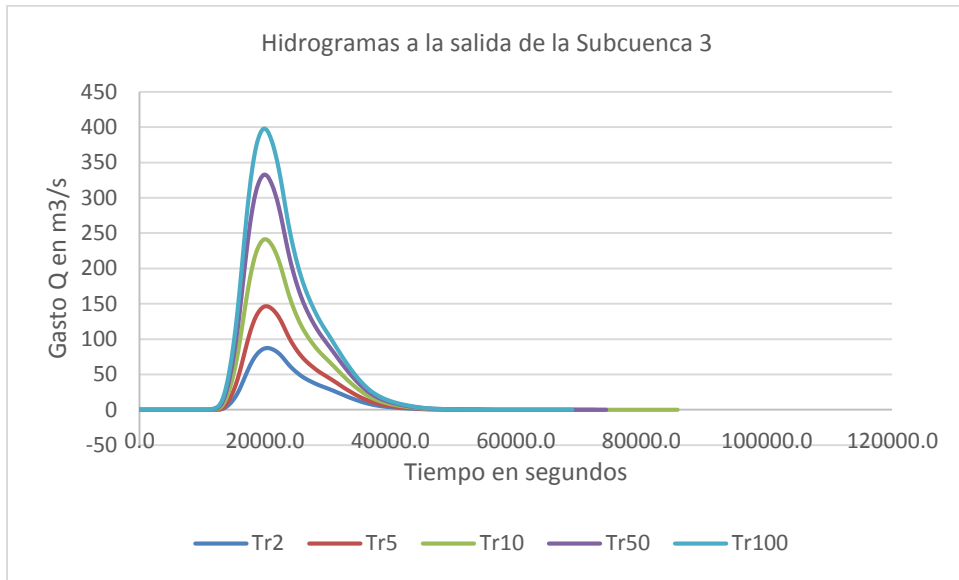


Figura 5.10 Hidrogramas a la salida de la subcuenca 3

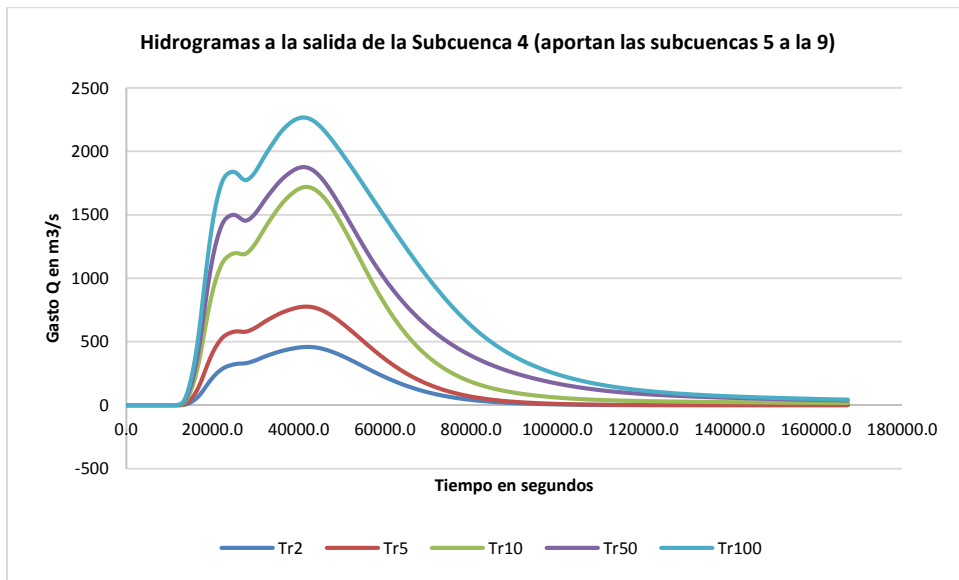


Figura 5.11 Hidrogramas a la salida de la subcuenca 4 (aportaciones de la subcuenca 5 a la 9)

## 5.2 Modelo hidráulico

El objetivo general de la presente evaluación es el de obtener los mapas de peligro para un periodo de retorno  $T_r$  de 2, 5, 10, 50 y 100 años por inundaciones fluviales y pluviales de tipo lento (zonas con pendiente pequeña) aplicando técnicas de modelación matemática hidráulica de los flujos de agua somera en dos dimensiones horizontales, utilizando el software IBER 2.3.27.

### 5.2.1 Condiciones de frontera

En lo que respecta a la definición de las condiciones de frontera aguas abajo de un tramo en estudio, el primer parámetro que se considera es la pendiente del cauce. En general, los cauces asociados con planicies de inundaciones son aquéllos cuya pendiente del colector principal es suave, es decir, que el tirante crítico es menor que el tirante normal. En consecuencia, el perfil de flujo gradualmente variado que se formará sobre ellos es del tipo M.

Existen tres variantes para el perfil tipo M:

Perfil tipo M1. Se dice que se presenta este perfil cuando la variación de la superficie libre del agua (SLA) se registra con valores mayores al tirante normal (y por tanto también al crítico) y el régimen subcrítico.

Perfil tipo M2, Este tipo de perfil ocurre cuando la variación de la SLA está entre el tirante normal y el crítico y el régimen del flujo, al igual que en el caso anterior, también es subcrítico.

Perfil tipo M3, En este tipo de perfil la SLA tiene variaciones menores al tirante crítico (y por tanto también al normal) y, por lo tanto, el régimen del flujo que se presenta en él es supercrítico.

Dadas las características topográficas de las ciudades analizadas en el Programa Contra Contingencias Hidráulicas (PRONACCH), este último tipo de perfil queda descartado como posible condición de frontera. Por lo anterior, la selección de la condición de frontera para el análisis de inundaciones en cada una de las ciudades analizadas, queda acotada a un perfil tipo M1, o bien, M2. Dadas las características topográficas de la ciudad, y que no se consideró en la simulación estructuras de cruce como son puentes y alcantarillas, este último tipo de perfil queda descartado como posible condición de frontera. Por lo anterior, la selección de la condición de frontera para el análisis de inundaciones en cada una de las ciudades analizadas, queda acotada a un perfil tipo M1, o bien, M2. Con respecto a lo anterior, los dos posibles perfiles corresponden a flujo subcrítico, por lo que en ambos casos su cálculo se inicia en la frontera aguas abajo y tienden al valor del tirante normal. El primero inicia con un nivel de agua superior al tirante normal, se presenta cuando aguas abajo, la frontera es un cuerpo de agua o un control que provoca un nivel mayor al tirante normal y que posteriormente con un remanso (perfil M1). Dicho perfil sería posible cuando exista, aguas abajo, un cuerpo de agua que force el nivel del río.

No obstante, lo anterior, y dada la poca información con la que se cuenta para realizar el análisis en las 23 ciudades, el perfil seleccionado para ser usado como condición de

---

<sup>7</sup> Bladé, E., Cea, L., Corestein, G., Escolano, E., Puertas, J., Vázquez-Cendón, M.E., Dolz, J., Coll, A. (2014). "Iber: herramienta de simulación numérica del flujo en ríos". Revista Internacional de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería, Vol.30(1) pp.1-10



frontera general en los casos estudiados es el denominado M2, el cual parte del tirante crítico y se desarrolla hasta alcanzar el tirante normal. Se seleccionó este perfil debido a que es un perfil corto y tiende rápidamente a las condiciones de flujo establecido, a diferencia del M1, el cual puede necesitar varios km para su desarrollo.

## 5.2.2 Procesamiento del modelo digital de elevaciones

El modelo hidráulico de la zona de Ameca, Jalisco fue elaborado sobre la base de datos del CEM v. 3.0 por lo que fue necesario llevar a cabo una modificación a la información en la zona de sus cauces. Ya que en esta zona en específico no se cuenta con información de LIDAR. Esta modificación se debió a que la resolución de la información del CEM es de 15 x 15 metros, lo cual la hace demasiado grande para mostrar la configuración de un cauce con anchos menores a estos valores; además que la información del continuo de elevaciones no contiene información de batimetría.

Para lograr el objetivo se siguió la siguiente metodología:

- Digitalizar los hombros del cauce de manera aproximada utilizando la fotografía satelital de algún servidor de mapas disponible (Google, ESRI, Bing, Yahoo, etc.),
- Medir el fondo del cauce en alguno(os) puntos de cada uno de los tributarios de la zona a modelar,
- Usando álgebra de mapas, aplicar las profundidades obtenidas como una diferencia sobre la elevación original del CEM para obtener un archivo de imagen tipo raster, de batimetría del cauce.

El Continuo de Elevaciones Mexicano 3.0 (CEM 3.0) es un producto que representa las elevaciones del territorio continental mexicano, mediante valores que indican puntos sobre la superficie del terreno, cuya ubicación geográfica se encuentra definida por coordenadas (X, Y) a las que se le integran valores que representan las elevaciones (Z). Los puntos se encuentran espaciados y distribuidos de modo regular. El CEM cuenta con las siguientes características:

Tabla 5.4 Características

Año de publicación	2013
Resolución	15 m x 15 m
Valores de Z	Enteros positivos y negativos.
Unidades de Z	Metros.
Datos de referencia geodésica	El datum corresponde a ITRF92 época 1988.0, elipsoide GRS80, coordenadas geográficas.
Cobertura geográfica	Territorio continental de los Estados Unidos Mexicanos.
Error medio cuadrático	4.9 m

Para la construcción del modelo hidráulico, se definió primeramente la zona a simular, la cual para este caso es de 22.35 km<sup>2</sup>, en la cual se localiza de manera íntegra la zona urbana de la ciudad Ameca. El tramo del río Ameca que atraviesa la Ciudad de oeste a este, así como sus afluentes fueron rectificadas en el MDE tanto en su perfil como en el ancho de los cauces como se muestra en la figura siguiente:

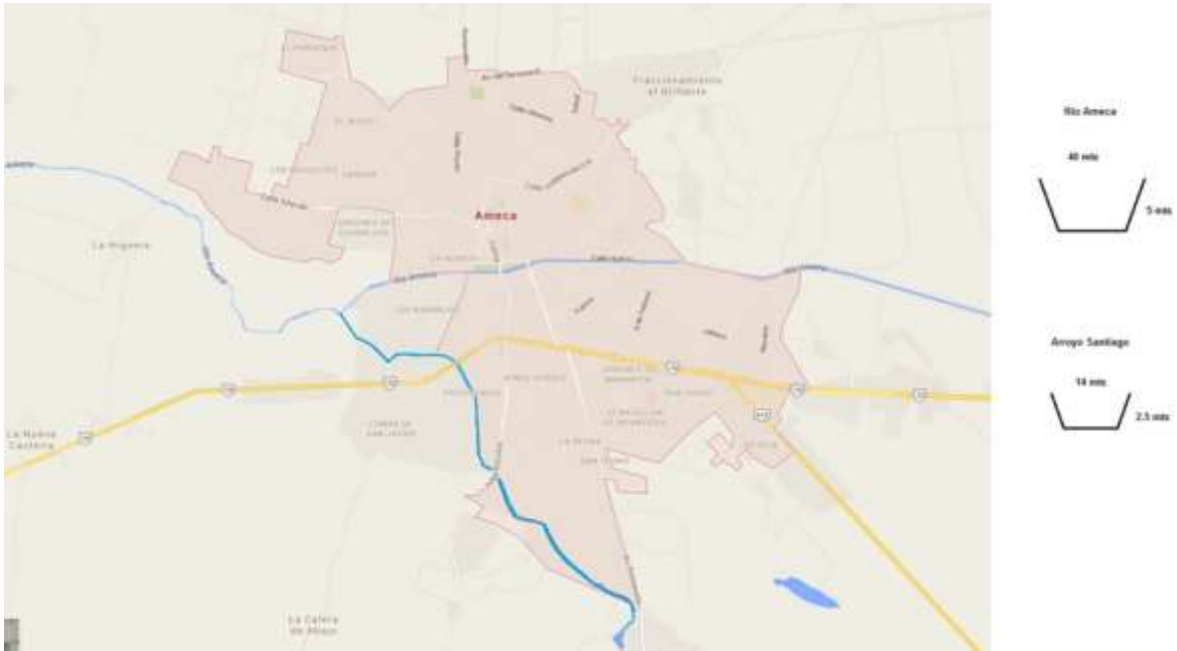


Figura 5.12 Anchura de ríos dragados en el MDE

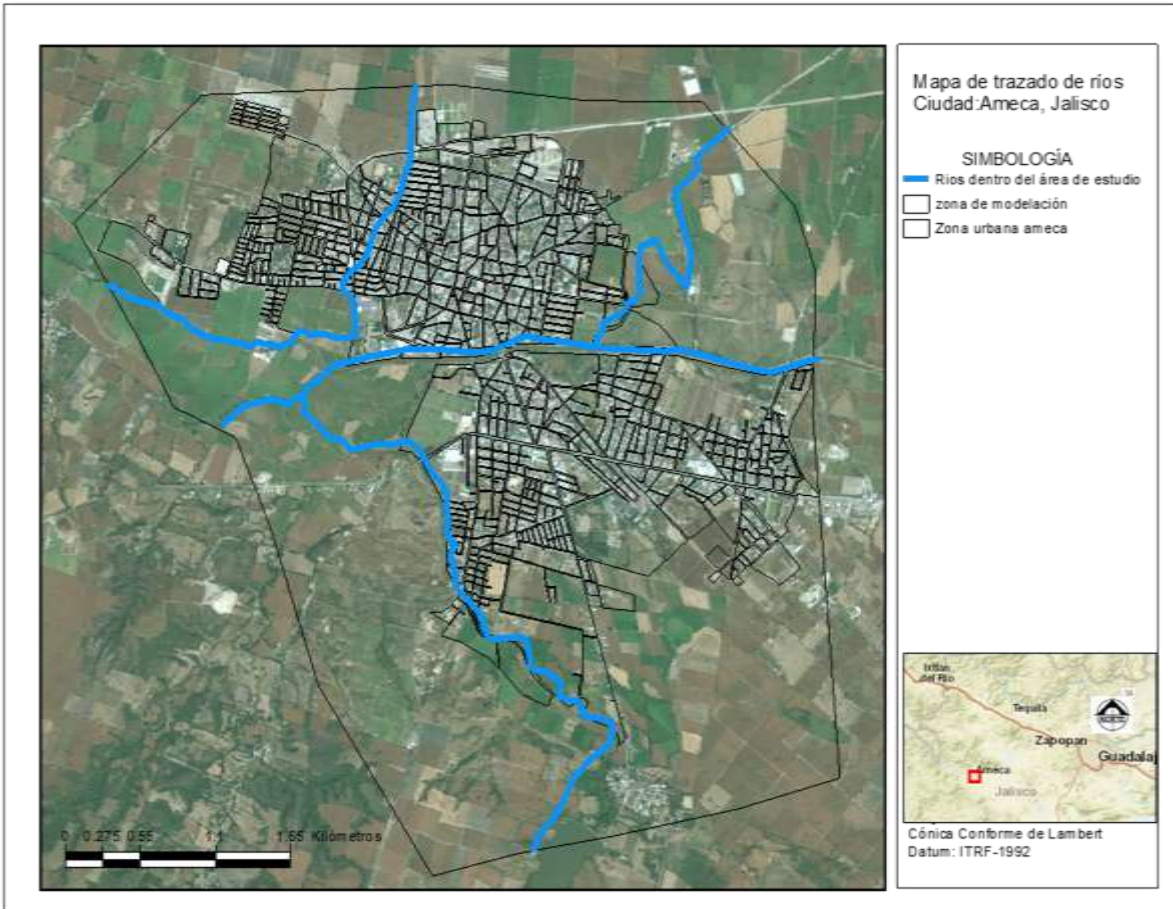


Figura 5.13 Trazado del rio Ameca dentro del área de estudio

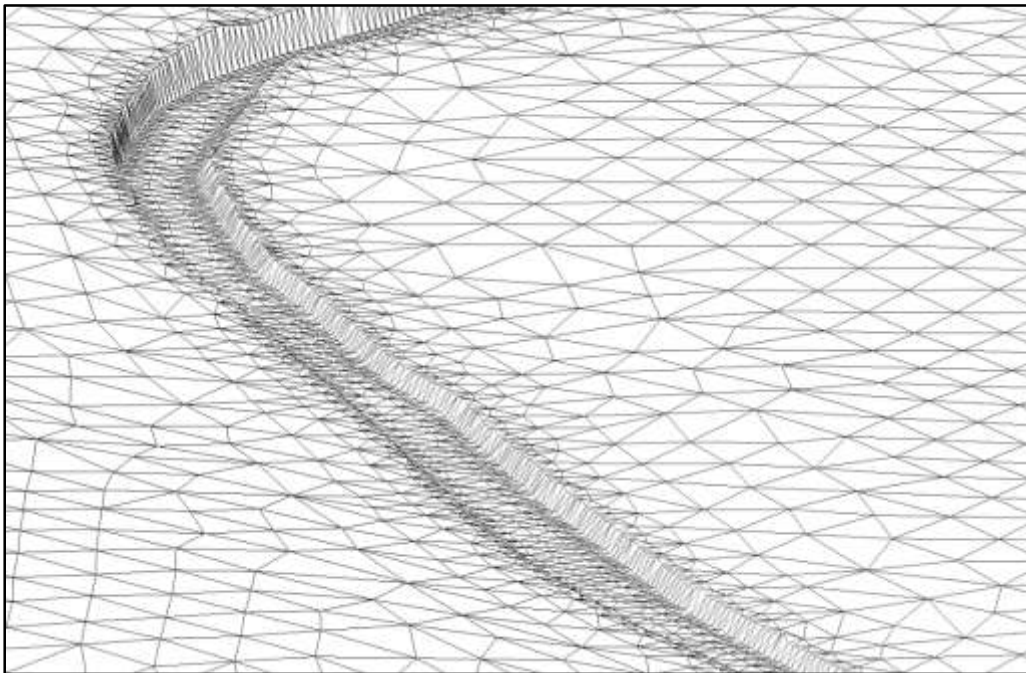


Figura 5.14 Malla final obtenida en el modelo IBER, para una zona del Rio Ameca

### 5.2.3 Infraestructura

En el modelo hidráulico de la zona de Ameca, Jalisco, no se incluyó información de infraestructuras hidráulicas como son: alcantarillas, puentes, diques, etc. Ya que dichas estructuras no existen en el modelo, con excepción de los puentes. Sobre éstos últimos no existen planos con el detalle requerido para ser incluidos en el modelo.

### 5.3 Simulación en las condiciones actuales

Se realizaron las simulaciones hidráulicas con el uso del programa IBER mediante el módulo hidrodinámico de IBER, el cual resuelve las ecuaciones de aguas someras promediadas en profundidad bidimensionales, también conocidas como ecuaciones de St.Venant 2D. Dichas ecuaciones asumen las hipótesis de distribución de presión hidrostática y distribución uniforme de velocidad en profundidad. La hipótesis de presión hidrostática se cumple razonablemente en el flujo en ríos, así como en las corrientes generadas por la marea en estuarios y zonas costeras. La hipótesis de distribución uniforme de velocidad en profundidad se cumple de forma habitual en ríos y estuarios, siempre y cuando no existan procesos relevantes de estratificación debido a diferencias de salinidad, de temperatura o al viento.

Las variables, parámetros y características para la simulación hidráulica de cada una de las avenidas de diseño son las siguientes:

- Utilización de modelos con mallas no estructuradas de triángulos, con longitudes de arista de 1.5 m, 2.5 m y 5 m en los cauces para los diferentes tipos de cauce, y de 30 metros en la superficie restante del modelo, que es la planicie de inundación o zonas residenciales y demás entidades.

Los datos del problema son los siguientes:

- Tiempo máximo de simulación: 134,400 segundos,
- Intervalo de resultados: 1800 segundos,
- Esquema numérico: Primer orden,
- Número de Courant-Friedrichs-Lewy: 0.45,
- Límite Seco-Mojado: 0.001 m.,
- Método de secado: Hidrológico

En la geometría del modelo se incluyeron:

1. Condiciones de borde como: hidrogramas de entrada y la definición de las salidas,
2. condiciones iniciales de flujo seco,
3. hietograma de tormenta de diseño: ingreso de lluvia efectiva al modelo,
4. en cuanto a la rugosidad, se ha empleado el coeficiente de Manning variable en función de la cobertura de suelo e infraestructura y vivienda existentes.

Se ingresó la lluvia efectiva en la malla de cálculo del modelo hidráulico, para disminuir los procesos de cálculo. El patrón de lluvia que se usó, es el mismo hietograma de lluvia adimensional obtenido con las fórmulas de Chen (1983).

### Coeficiente de rugosidad, n de Manning

Este coeficiente se emplea en la zona urbana, para estimar la resistencia al flujo que se simula dentro del área urbana.

Para definir los distintos valores de coeficientes de Manning en toda el área a modelar, se utilizó la información vectorial de la capa vectorial de manzanas de INEGI. A cada polígono definido por las manzanas y calles y con apoyo de la imagen de satélite se le asignó un uso de suelo.

Luego de procesar la capa arriba mencionada, para asignarle valores se emplearon los sugeridos por Ven Te Chow<sup>8</sup>, en combinación con los valores definidos por defecto en el programa IBER (Tabla 5.5).

Tabla 5.5 Valores para el coeficiente de rugosidad de Manning “n” de acuerdo con el uso del suelo

Clases	n Manning	Fuente
Río angosto < a 30m y recto con matorrales y piedras	0.035	Chow
Río angosto < a 30m y serpenteante con matorrales y piedras	0.06	Chow
Río angosto < a 30m montañoso	0.04	Chow
Río ancho > a 30 m con sección irregular y rugoso	0.04	Chow
Suelo desnudo	0.023	IBER
Pastizales	0.03	IBER
Bosque	0.12	IBER
Playa	0.023	IBER
Matorrales	0.06	Chow
Árboles	0.12	IBER
Vegetación urbana	0.023	IBER
Escasa vegetación	0.08	IBER
Vegetación densa	0.18	IBER
Colectores pluviales	0.017	Chow
No clasificado	0.032	IBER
Calles	0.02	IBER
Industrial	0.1	IBER
Viviendas	0.15	IBER
Cultivos	0.04	Chow
Arbustos	0.06	Chow
Cuerpos de agua	0.07	Chow
Parque	0.12	IBER
Canal concreto	0.02	Chow

Finalmente se estima la variación espacial del coeficiente de rugosidad de Manning en la zona que se analiza y con base en la clasificación de la tabla anterior, se asignan los valores como se muestra en la figura siguiente para la zona urbana de

Enseguida se muestra un esquema con los datos ingresados al modelo.

<sup>8</sup> Chow, Ven Te. Hidráulica de Canales Abiertos, pag. 108, Valores para el coeficiente de rugosidad de Manning “n”. Mc Graw Hill. 2004.

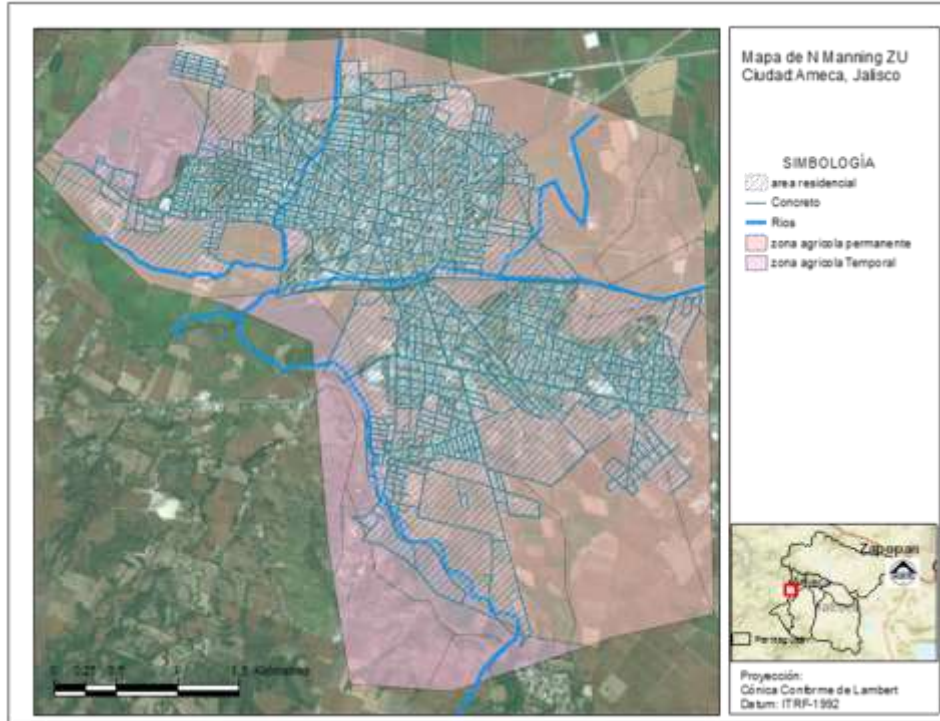


Figura 5.15 Variación del coeficiente de rugosidad de Manning en la zona de Ameca, Jalisco

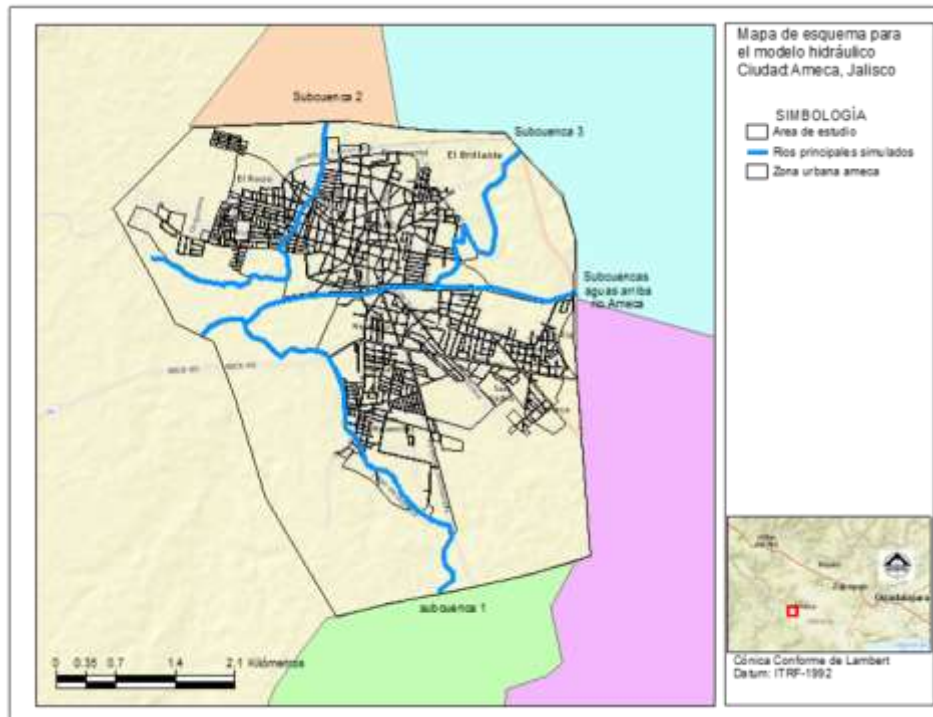


Figura 5.16 Esquema del modelo hidráulico

## 5.4 Resultados

Este estudio, además de realizarlo para definir los niveles de inundación y las velocidades de inundación, también se hizo con el objeto de evaluar el riesgo de inundación con base en el estudio que el gobierno de New South Wales (Australia) solicitó hacerle al río Bielsdown, el cual atraviesa una localidad llamada Dorrigo, con el fin de determinar una adecuada gestión de riesgos en llanuras de inundación. Por lo que enseguida se presentan los resultados de los niveles de inundación, las velocidades de inundación y la severidad para los periodos de retorno de 2, 5, 10, 50 y 100 años; así como el riesgo actual.

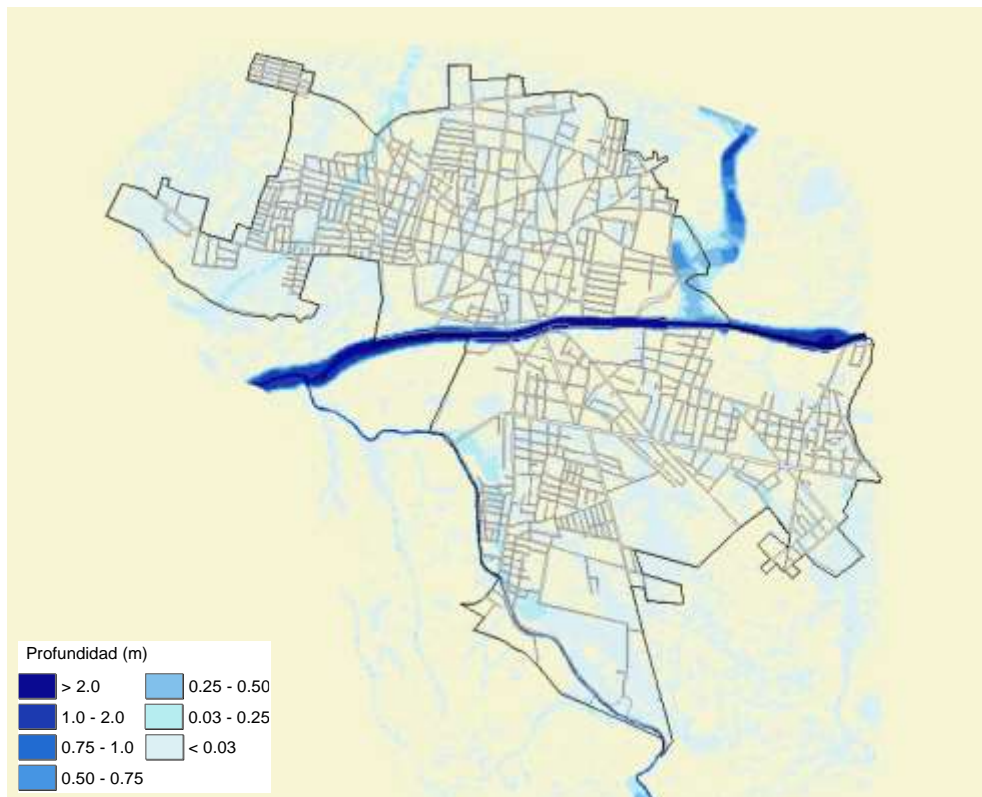


Figura 5.17 Mapa de tirantes máximos alcanzados para un periodo de retorno de 2 años

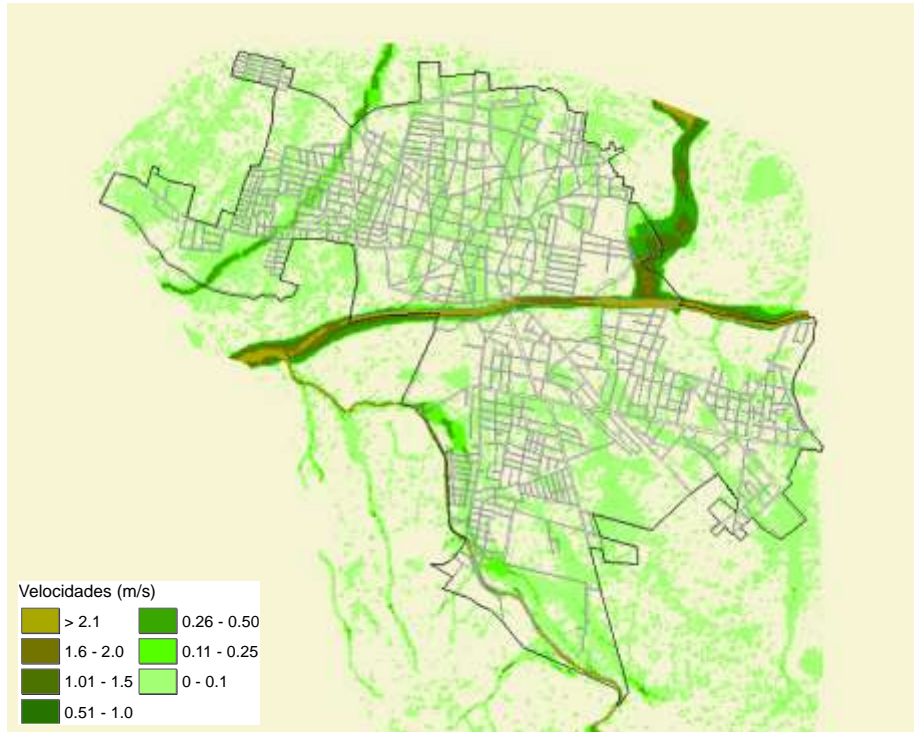


Figura 5.18 Mapa de velocidades máximas alcanzadas para un periodo de retorno de 2 años



Figura 5.19 Mapa de tirantes máximos alcanzados para un periodo de retorno de 5 años



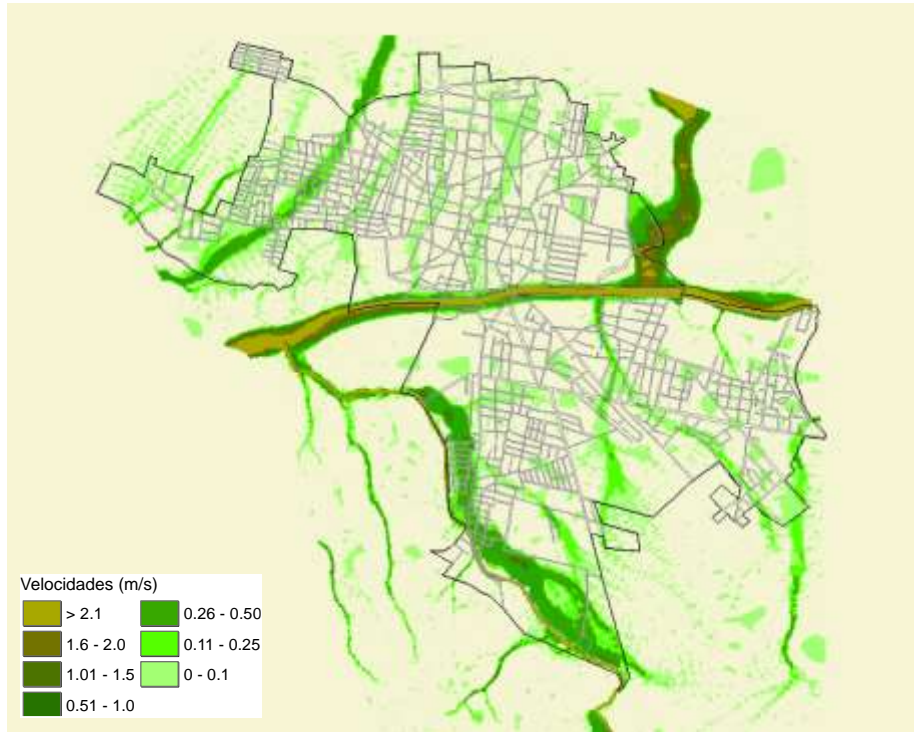


Figura 5.20 Mapa de velocidades máximas alcanzadas para un periodo de retorno de 5 años

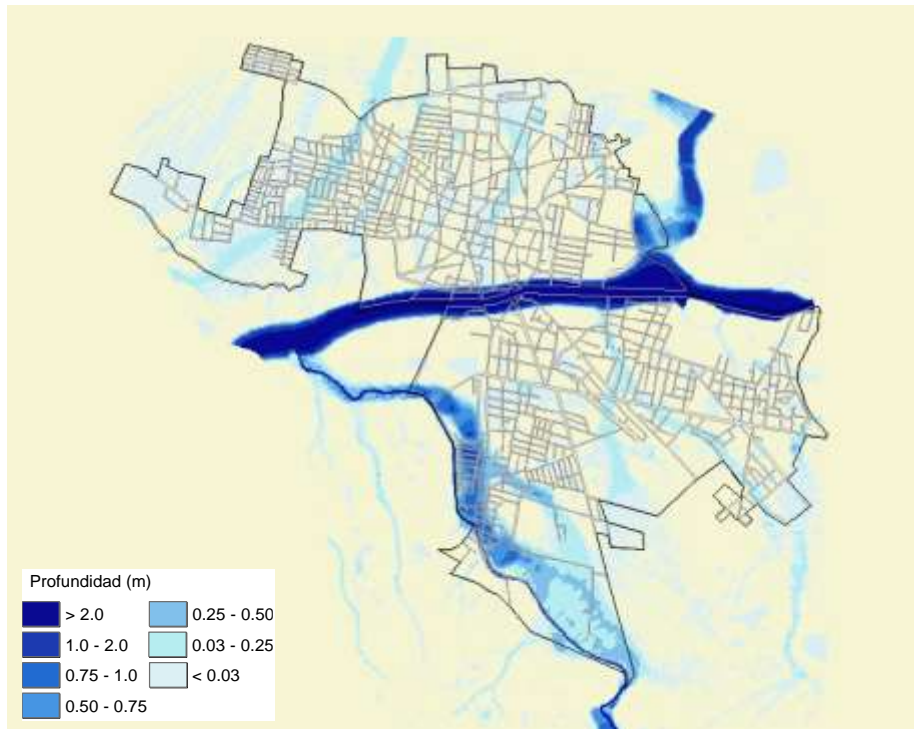


Figura 5.21 Mapa de tirantes máximos alcanzados para un periodo de retorno de 10 años



Figura 5.22 Mapa de velocidades máximas alcanzadas para un periodo de retorno de 10 años



Figura 5.23 Mapa de tirantes máximos alcanzados para un periodo de retorno de 50 años

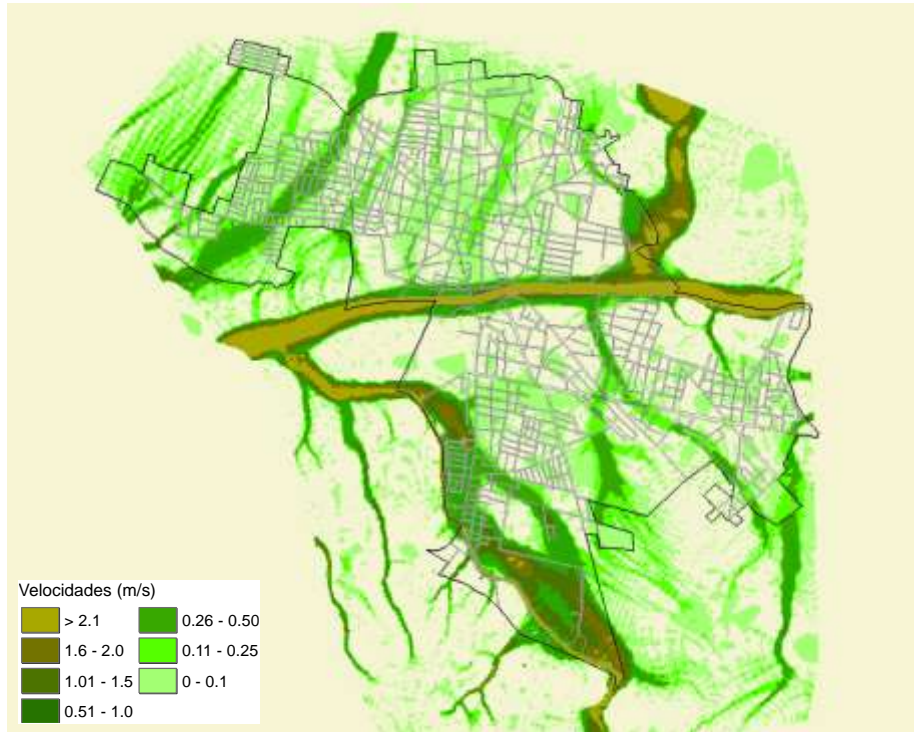


Figura 5.24 Mapa de velocidades máximas alcanzadas para un periodo de retorno de 50 años

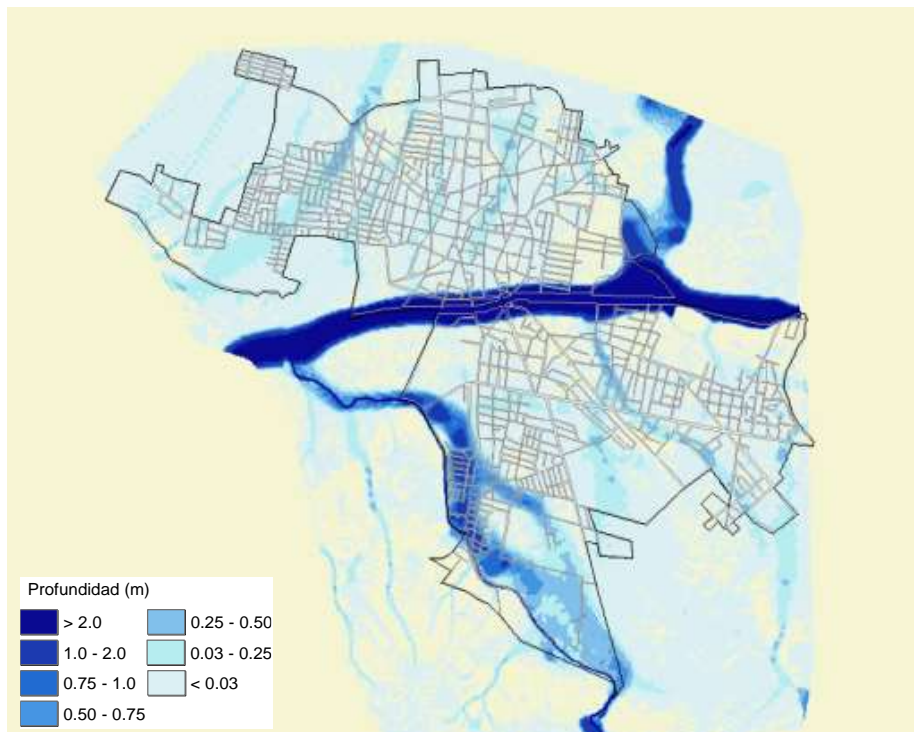


Figura 5.25 Mapa de tirantes máximos alcanzados para un periodo de retorno de 100 años

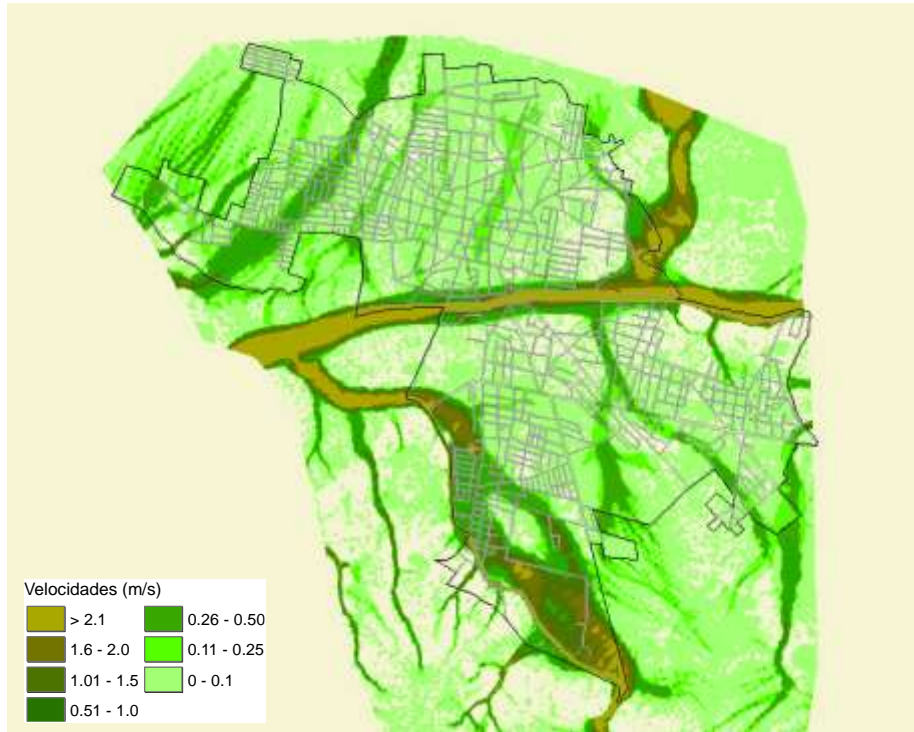


Figura 5.26 Mapa de velocidades máximas alcanzadas para un periodo de retorno de 100 años

## 5.5 Análisis de los resultados

Se hizo una revisión de la evolución de los caudales para las cinco avenidas de diseño, en la entrada y salida del río Ameca, con el objeto de conocer directamente la evolución del caudal y volumen. Los hidrogramas para las avenidas de diseño de un tr de 2 a 100 años presentan la característica que el gasto máximo se incrementa a la salida, debido a que existe una aportación de gasto de las tres microcuencas que entran al área de estudio; aunado a esto, está el del caudal generado por el proceso de lluvia, lo cual se integra al sistema a través de un hietograma en el área de estudio.

Las máximas elevaciones en los resultados se localizan a 100 mts aguas arriba del puente ubicado en el cruce de la Calzada Gobernador Flavio Romero de Velazco, el cambio del trazo sobre el curso del río produce dichas elevaciones sobre el cauce principal del río Ameca, como se observa en la figura. Así mismo el río que entra hacia la zona urbana, por la carretera Ameca-Atzacomulco del Mercado en la parte NW, provoca desbordamientos, hacia la zona que confluye al río Ameca, afortunadamente esa zona es una zona de uso agrícola, de igual manera el arroyo Santiago el cual drena hacia el río Ameca por la parte SE provoca desbordamientos hacia la zona urbana en la colonia las Higuieritas, la colonia niños héroes y la colonia Las Ladrilleras.

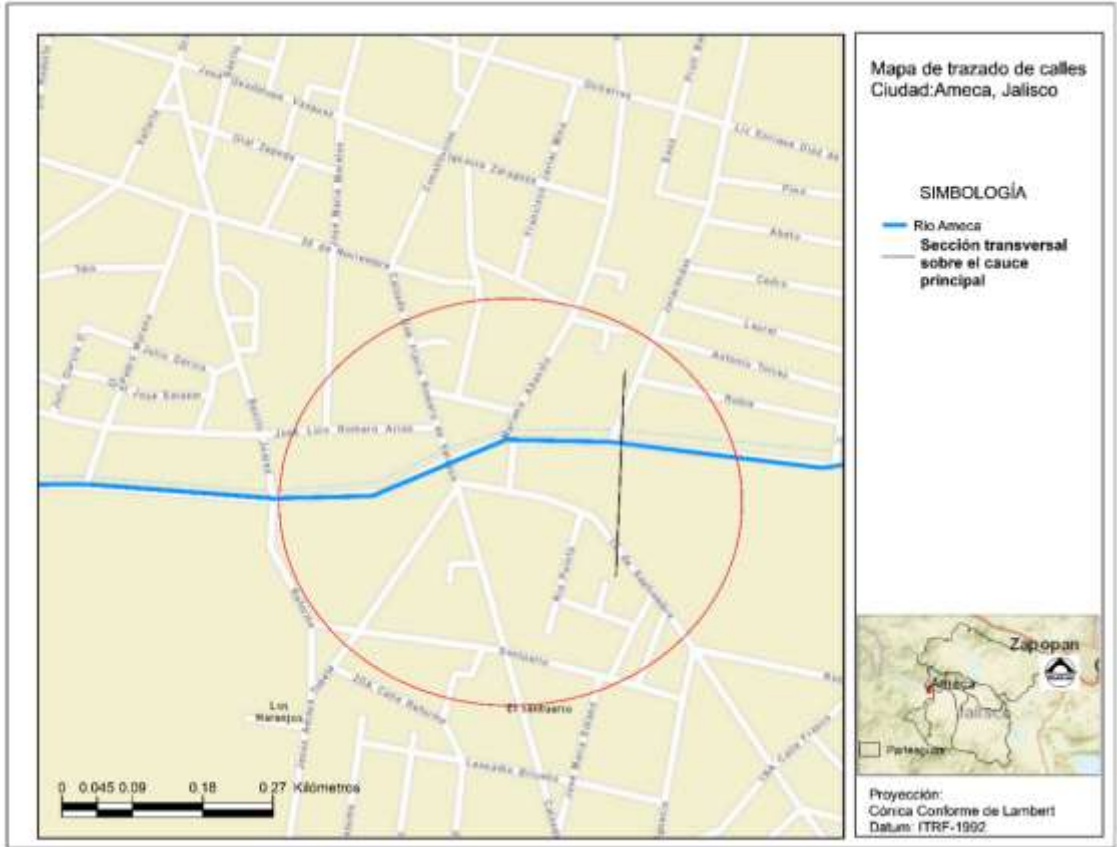


Figura 5.27 Mapa de trazado de calles

Las evoluciones de los tirantes asociados a los periodos de retorno se muestran en la siguiente figura: el tirante máximo fue de 9.95 m. para el periodo de retorno de 100 años, mientras que el tirante fue 5.25 m para un periodo de retorno de 2 años.

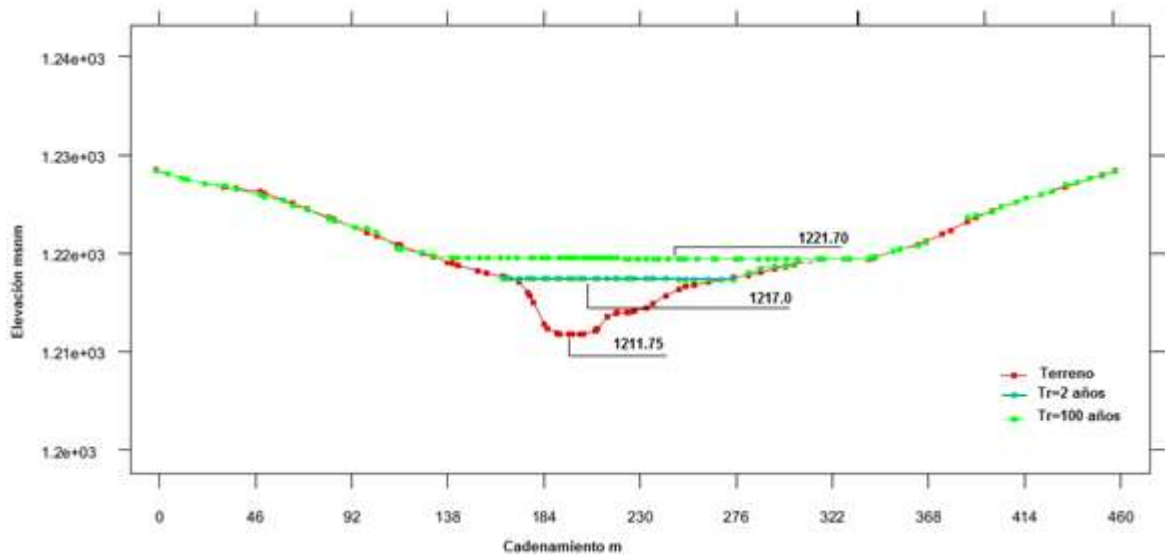


Figura 5.28 Evolución de los tirantes del Rio Ameca (Tr=2 y 100 años)

Sección ubicada 100 metros aguas arriba del puente de la Calzada Gob. Flavio Romero de Velazco

Tabla 5.6 Profundidades máximas alcanzadas en la zona cercana al puente ubicado sobre la calzada Gob. Flavio Romero de Velazco, ubicada sobre el rio Ameca

Periodo de retorno (años)	Tirante (m)
2	5.25
5	6.79
10	9.00
50	9.28
100	9.95

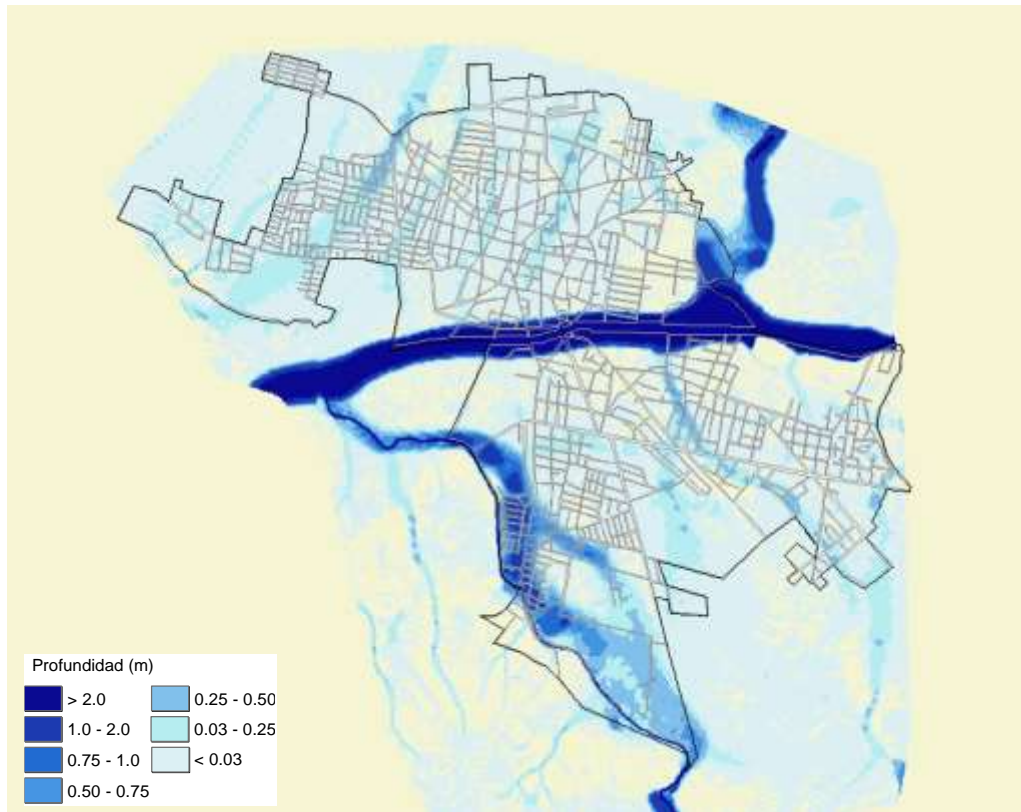


Figura 5.29 Mapa de Tirantes máximos (Tr= 100 años)

Finalmente es importante destacar que la inundación máxima y los desbordes analizados se presentan en dichas zonas a partir de la avenida de diseño de 10 años, siendo evidentemente más acentuado para la avenida mayor.

También se muestra en este estudio, tal y como se mencionó en el subcapítulo precedente, los niveles de severidad, por lo que se presenta la figura siguiente que muestra datos valiosos, de la relación velocidad del flujo/profundidad hidráulica de inundación, la cual es fundamental.

### 5.6 Elaboración del mapa de severidad

Para dar mayor detalle de la estimación del daño por inundación, en los últimos años en México se ha venido usando con mayor frecuencia "daño de resistencia a vórtice", mejor conocido como Daño de Lírico (Figura 5.3) Peterson, 2007). El cual, en función de la velocidad del flujo y del tirante alcanzado por la inundación, permite identificar posibles efectos en cualquier punto de la zona inundada.

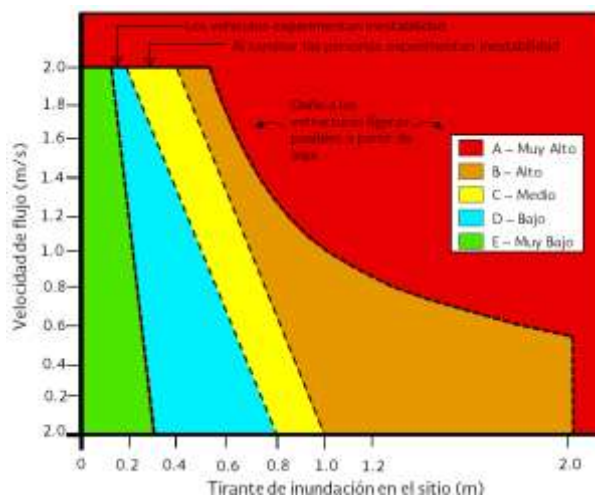


Figura 5.30 Criterios adoptados para clasificar el daño por severidad (cinco categorías).  
Fuente: Adaptado de Paterson (2007).

El Diagrama de Dórrigo (Figura 5.35) presenta un cuadrante coordinado compuesto por la velocidad del flujo ( $v$ ), en el eje de las ordenadas, y el tirante que alcanza la inundación ( $y$ ), en eje de las abscisas, dividido en cinco diferentes regiones, en función de los efectos que pueden llegar a presentarse ante la combinación de las dos variables antes mencionadas, a través de las cuales es posible identificar algunos de los efectos generados por una inundación y, de esa manera, clasificar toda el área inundada en función de la combinación ( $y, v$ ).

Cada región se identifica a través de una letra, de la A a la E y la “severidad de la inundación” se clasifica a través de un código de colores: el rojo corresponde a severidad muy alta, mientras que el verde a la severidad muy baja.

En la tabla siguiente se observa el criterio adoptado para clasificar la severidad ante una inundación.

Tabla 5.7 Código de colores para elaborar mapas de severidades

Letra	Índice	Color
A	Muy Alto	Rojo
B	Alto	Naranja
C	Medio	Amarillo
D	Bajo	Azul
E	Muy Bajo	Verde

El mapa de severidad permite que toda la zona afectada por la inundación sea clasificada en función de los efectos generados por la combinación del tirante y la velocidad estimados a través de la modelación hidráulica. Puede ser útil para restringir aquellas zonas que no deben ser utilizadas, o bien, reglamentar los usos del suelo que comprometan menos a la población o a la misma infraestructura, en función de esa severidad. La elaboración de un mapa de severidad por inundación requiere los resultados de un modelo bidimensional (tirantes y velocidades calculadas en cada celda de la zona modelada). Estas variables se almacenan en archivos ráster (matrices de valores de velocidad por un lado y matrices de valores de tirantes por el otro), que se conforman a partir de la extracción del



valor de ambas variables en cada celda y para cada tiempo de cálculo de la modelación, es decir: en la primera iteración se genera un archivo con el valor que resulte de cada variable en la matriz de tirantes y en la matriz de velocidades, en el paso siguiente se compara el resultado obtenido para las variables tirante y velocidad en toda la zona de análisis, con el valor existente (del primer paso de tiempo) en la matriz de tirantes y en la de velocidades y, en caso de que el nuevo valor sea mayor al existente, se sustituye y se guardan las nuevas matrices de tirantes y velocidades, para el resto de los pasos de cálculo, y hasta el final de la simulación, se realiza la misma comparación entre el valor obtenido en cada paso de tiempo y los de las matrices de tirantes y velocidades existentes y cada vez que algún nuevo valor sea mayor a su antecesor, se sustituye, al final del proceso, la matriz velocidad y la matriz de tirantes contendrán el valor máximo alcanzado por cada variable en la zona de estudio, es decir, representarán la envolvente de tirantes máximos (Figura 5.31) y la envolvente de velocidades máximas (Figura 5.32).

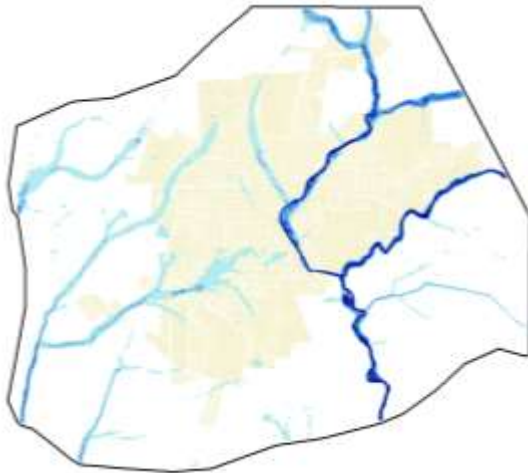


Figura 5.31 Envolvente de tirantes máximos

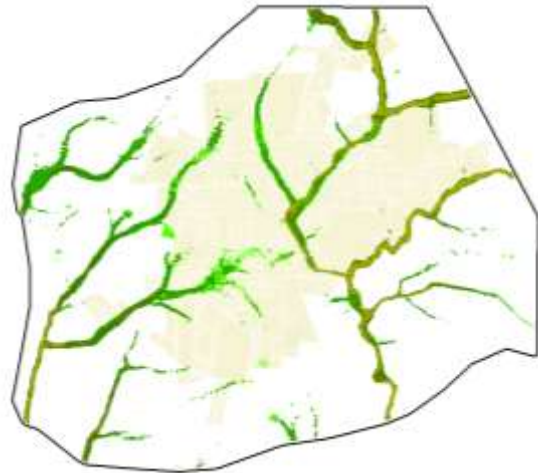


Figura 5.32 Envolvente de velocidades máximas

Por último, el mapa de severidades resulta de identificar la pareja de valores  $(y,v)$  para cada elemento de la matriz y verificar en qué zona del Diagrama de Dórrigo se ubica, procediendo a clasificar cada elemento.

El mapa de severidades, puede ser útil para que con base en el grado de severidad identificado en las diferentes zonas que conforman el área de estudio, se definan posibles usos de suelo cuyo objetivo sea minimizar los daños que puedan presentarse en ellas.

En las figuras siguientes se observan los mapas de severidad para los periodos de retorno analizados.



Figura 5.33 Mapa de severidad para un periodo de retorno de 2 años

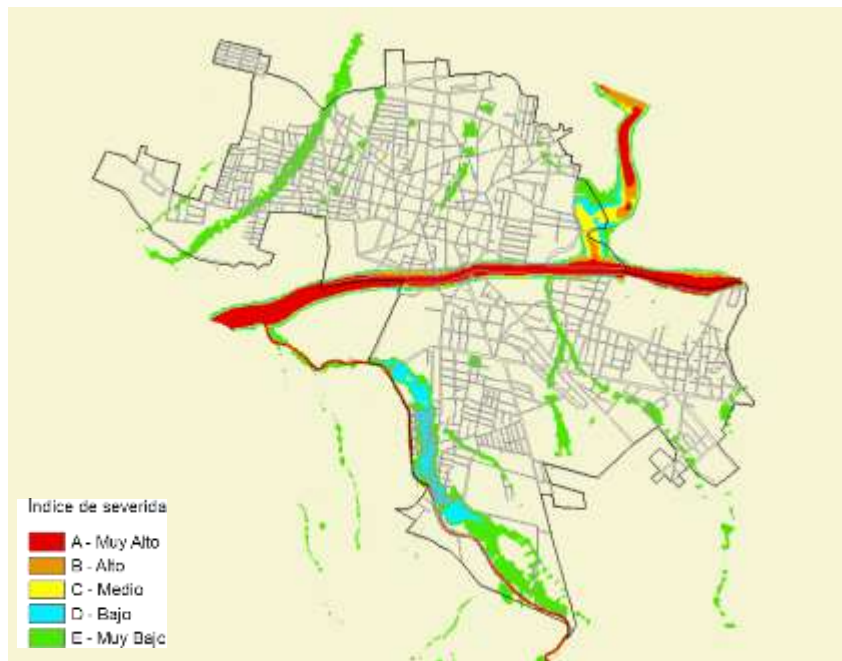


Figura 5.34 Mapa de severidad para un periodo de retorno de 5 años



Figura 5.35 Mapa de severidad para un periodo de retorno de 10 años

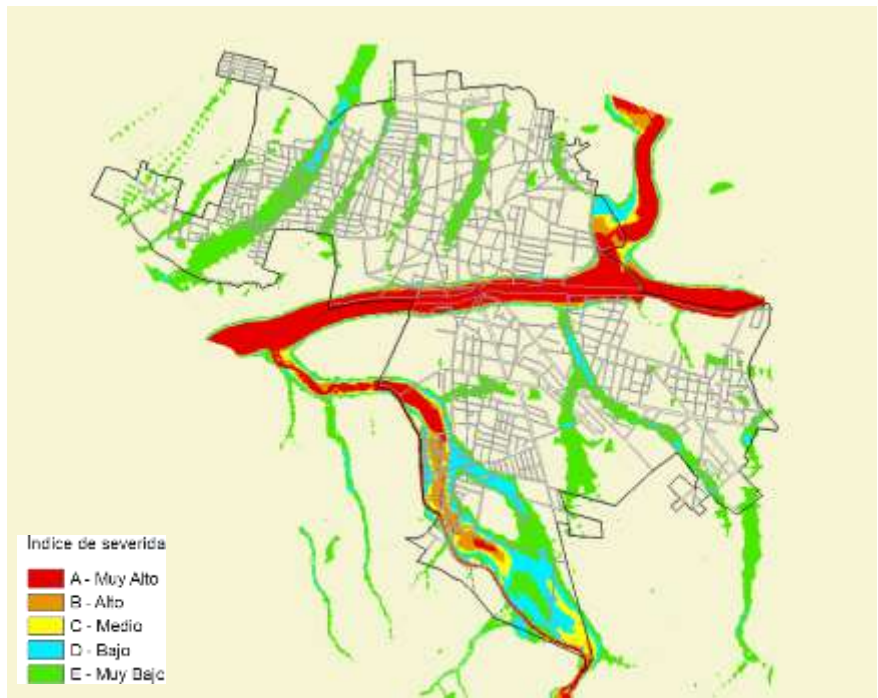


Figura 5.36 Mapa de severidad para un periodo de retorno de 50 años



Figura 5.37 Mapa de severidad para un periodo de retorno de 100 años

El río que entra hacia la zona urbana, por la carretera Ameca-Atzacomulco del Mercado en la parte NW, provoca niveles alto de severidad, hacia la zona que confluye al río Ameca, afortunadamente esa zona es una zona de uso agrícola, el arroyo Santiago el cual drena hacia el río Ameca por la parte SE provoca desbordamientos y zonas de alta severidad en los fraccionamientos Las Ladrilleras, Providencia y Niños Héroes. Sobre el cauce principal del río Ameca, se tiene una planicie de cerca de 180 metros con una severidad muy alta.

a et al (2011)

## 6. Recomendaciones generales de medidas estructurales y no estructurales

Las medidas no estructurales (MNS) engloban todas aquellas acciones que tienen relación con políticas, concientización, desarrollo del conocimiento, reglas de operación, mecanismos de participación pública e información a la población con el fin de reducir el riesgo existente y los impactos derivados de la inundación, así como la vulnerabilidad de la población en riesgo a partir del planeamiento y la gestión llevados a cabo antes, durante y después de la catástrofe, todo esto al menor costo.

Las medidas no estructurales cubren todas las intervenciones que no pertenecen a obras estructurales, como se mencionó anteriormente. Por ellos se recomienda poner en práctica o en su caso, fortalecer las acciones siguientes:

- Monitoreo y vigilancia de variables hidrometeorológicas,
- Pronóstico de avenidas y sistemas de alerta temprana,
- Medidas de protección civil (programas o acciones gubernamentales),
- Medidas para propiciar la participación social en la formación de una cultura de prevención contra inundaciones,
- Promover el aseguramiento frente a inundaciones sobre personas y bienes,
- Medidas para mejorar la gestión de crecidas.

Debido a que es difícil estimar los beneficios en términos económicos que se obtendrían de una MNS, la decisión de su selección no es fácil. Ante esta situación se muestra una figura que resulta de gran utilidad para orientar la toma de decisiones.

La figura muestra la relación costo-beneficio en el eje vertical y se observa que la medida ubicada en la parte baja de la figura tienen los beneficios más altos en relación al costo y aquellas en la parte alta tienen los beneficios más bajos. La relación costo-beneficio es solamente un factor importante en la toma de decisiones, pero otro factor importante es la robustez de las medidas de adaptación a las incertidumbres acerca del clima futuro, y esto es mostrado en el eje horizontal de la figura. La robustez mide el grado para el cual los beneficios varían considerando un cambio futuro y su unidad de medida es conocida como "remordimiento", ya que la incertidumbre puede llevar a la indecisión, ésta cuantifica la diferencia en desempeño de una estrategia comparada con el mejor desempeño de la estrategia a lo largo de un rango de posibles escenarios de clima futuro. Por ejemplo, en el lado izquierdo de la figura se encuentran las opciones "sin-remordimiento" (robustez alta) tales como sistemas de alerta, mejoramiento de la educación y atención a la salud las cuales tienen beneficios fuertes para cualquier variación de clima. En el lado derecho están las opciones de "alto-remordimiento" (robustez baja) tales como mantenimiento y modernización de sistemas de drenaje y obras de control (Ranger y Garbet-Sheils, 2011).

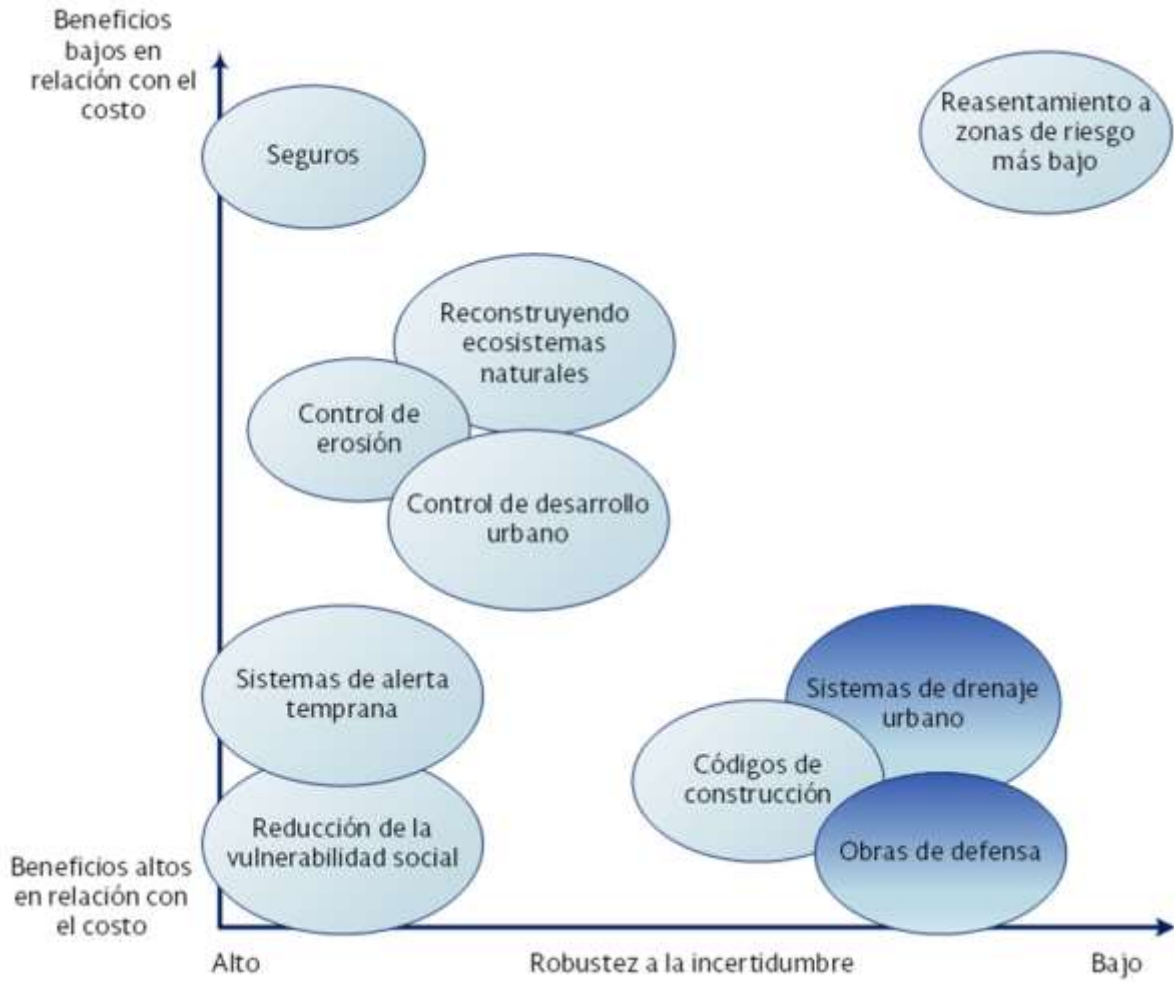


Figura 6.1 Relación costo-beneficio de opciones de gestión de inundaciones

## 7. Esquema de seguimiento de la ejecución del programa

Basado en el Programa de Prevención Contra Contingencias Hidráulicas para el Organismo de Cuenca Lerma Santiago Pacífico (1ra. Versión) a continuación se presenta un esquema general en donde las intervenciones reductoras del riesgo de inundación (Medidas no estructurales y estructurales) quedan ubicadas dentro de todo el proceso participativo tanto institucional como de la sociedad, para evitar que sean acciones aisladas dentro de la gestión del riesgo (Figura 7.1).

Por otro lado, debido a la poca experiencia que se tiene sobre la implementación de medidas no estructurales, se propone un esquema de seguimiento para que su ejecución se encamine al cumplimiento de objetivos programados (Figura 7.2). Asimismo, se incluye un diagrama que ilustra el seguimiento a una medida estructural (Figura 7.3); pero para fines prácticos en este tipo de medidas, se puede hacer uso de alguna herramienta existente.

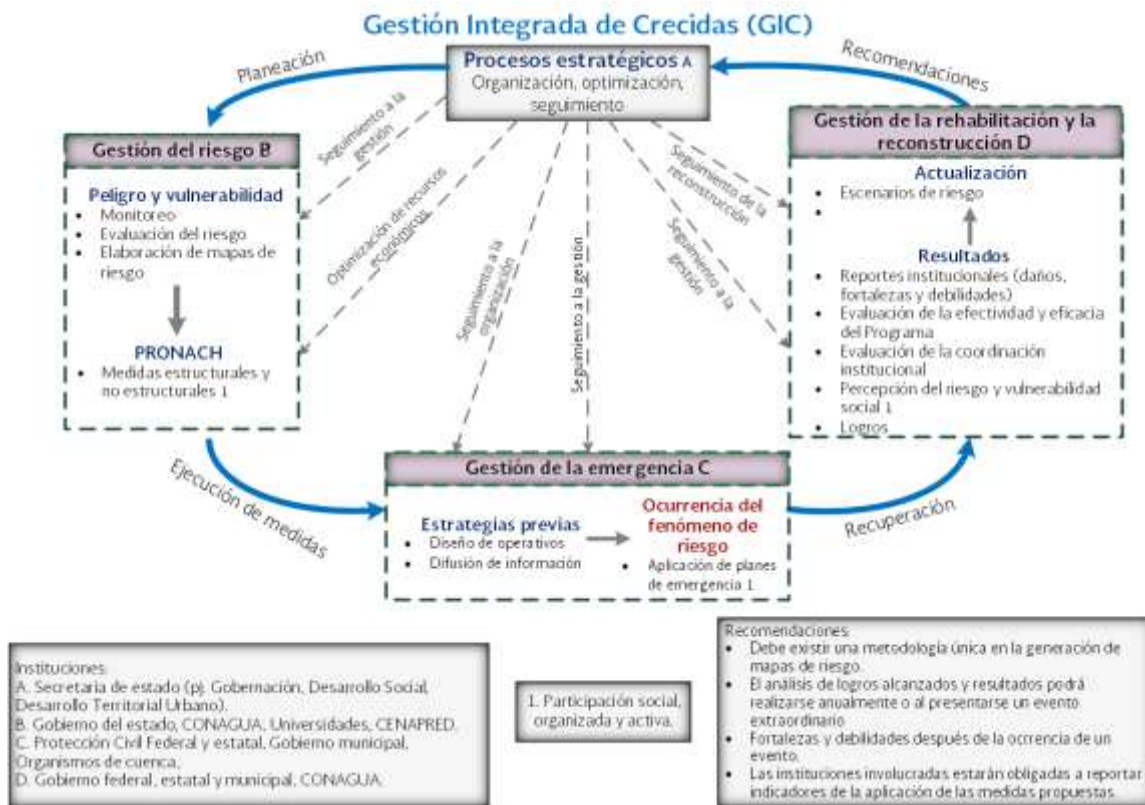


Figura 7.1 Esquema de seguimiento de medidas

## 7.1 Esquema de seguimiento de medidas no estructurales

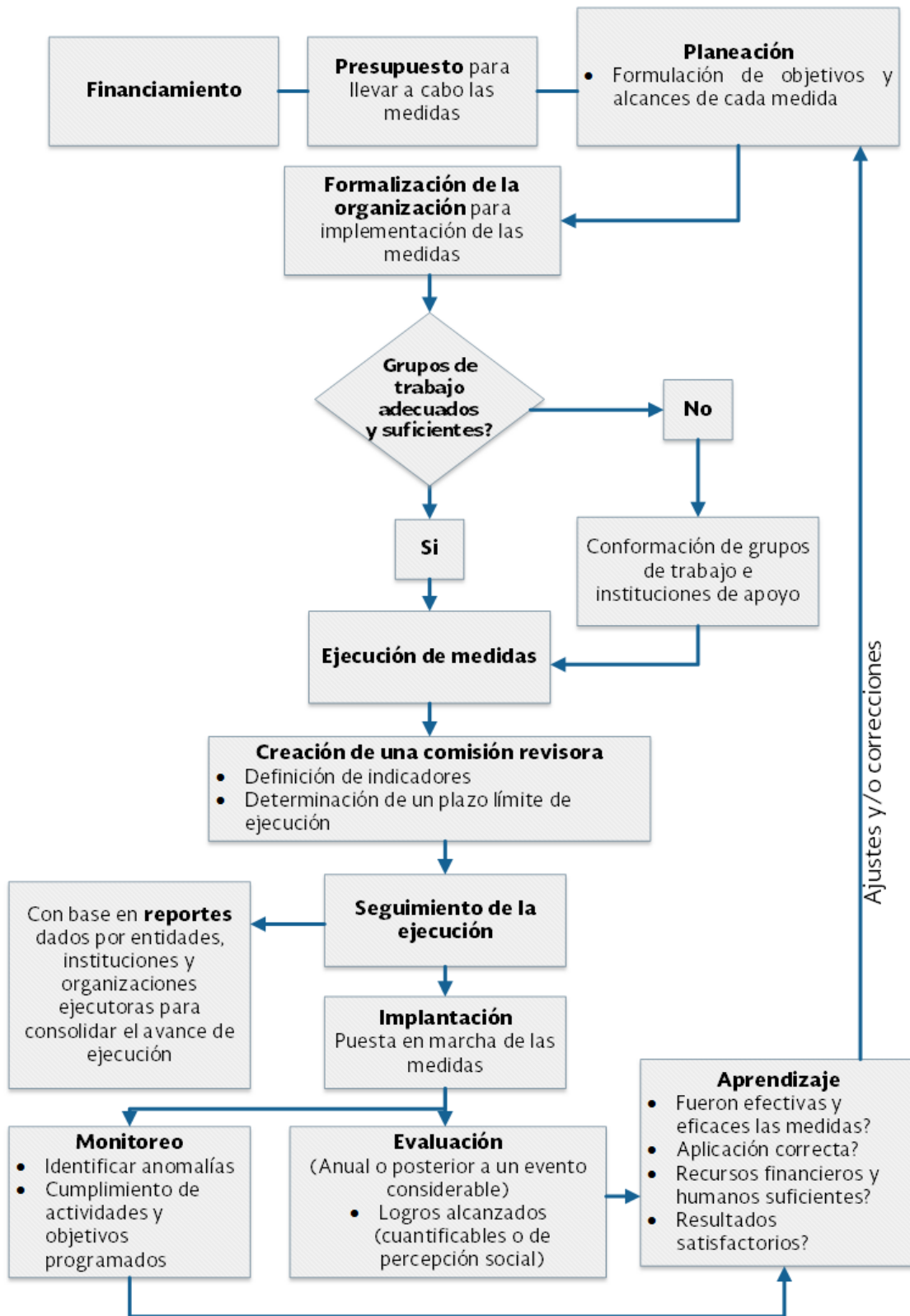


Figura 7.2 Esquema de seguimiento de medidas no estructurales.



7.2 Programas de ejecución de medidas estructurales

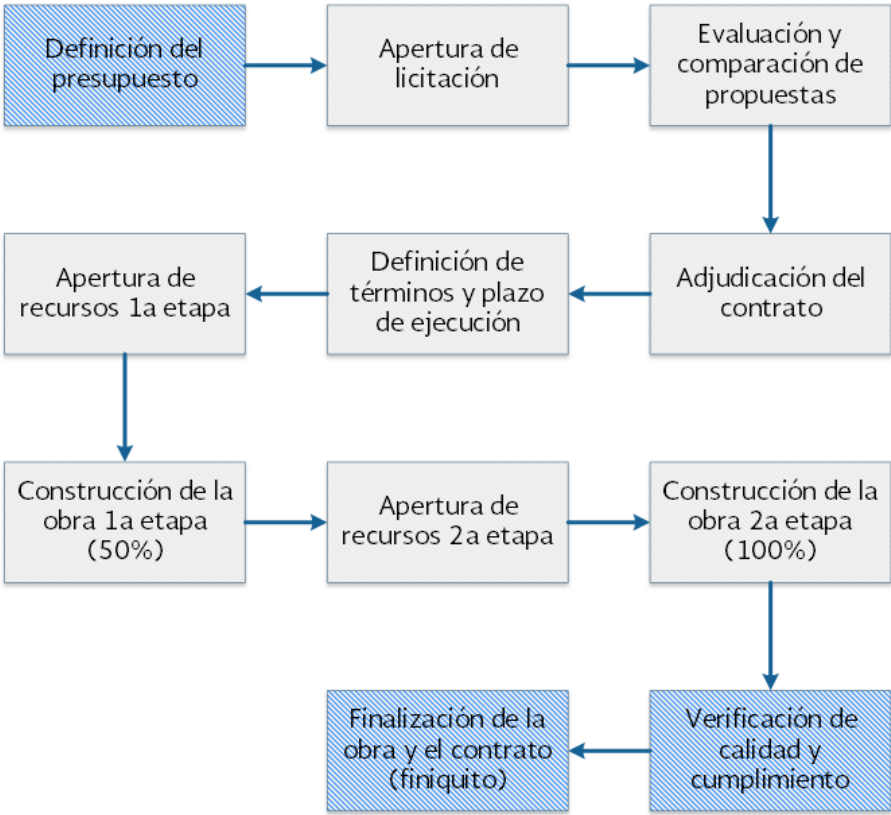


Figura 7.3 Esquema de seguimiento de una medida estructural.

## GLOSARIO

**Alerta.** Se avisa de que se aproxima un peligro, pero que es menos inminente que lo que implicaría un mensaje de advertencia. (2,7).

**Alerta temprana (Aviso temprano).** Provisión de información oportuna y eficaz de instituciones y actores claves, que permita a individuos expuestos a una amenaza la toma de decisiones a fin de evitar o reducir su riesgo y prepararse para una respuesta efectiva (2,7).

**Área de Aportación.** Véase cuenca (4).

**Avenida (Crecida).** Elevación, generalmente, rápida en el nivel de las aguas de un curso fluvial, hasta un máximo a partir del cual dicho nivel desciende a una velocidad menor (3).

**Azolve.** Material de acarreo que obstruye una corriente de agua (4).

**Bienes Expuestos.** Son todos aquellos bienes y servicios usados por la población para satisfacer sus necesidades y que pueden ser afectados durante una inundación (4).

**Bordo de protección.** Estructura que sirve para contener el agua de una corriente, ya sea no dejando que ésta salga e inunde las zonas vecinas, o bien, una vez que el escurrimiento del río ha sobrepasado la capacidad de conducción de la corriente y se ha desbordado, éste no alcance una determinada zona (4).

**Caudal.** Volumen de agua que fluye a través de una sección transversal por unidad de tiempo (2).

**Capacidad de conducción.** Potencial máximo con el que cuenta una corriente para desalojar un determinado volumen de agua durante cierto tiempo (4).

**Cauce.** Se refiere a la zona más baja del terreno por donde normalmente escurre el agua que se precipita en las zonas aledañas (4).

**Control de crecidas (control de inundaciones).** Manejo de los recursos de agua a través de construcciones de diques, represas, etc. para evitar inundaciones (2).

**Cuenca.** Área que aporta el agua precipitada hasta un determinado punto sobre una corriente, a través de un sistema de corrientes. Está delimitada por el parteaguas.

**Cuerpo de agua.** Formación hídrica que en conjunto forman la hidrosfera como charcos temporales, estanques, lagunas, lagos, mares, océanos, ríos, arroyos, manantiales, reservas subterráneas, acuíferos, casquetes polares y masas nubosas. (Sarmiento, 2001) (4).

**Cubierta vegetal.** Conjunto de plantas localizadas en un área geográfica definida que forman una capa protectora para el suelo; puede ser total, parcial, rala, dispersa, etc. (Sarmiento, 2001) (4).

**Daño.** Efecto adverso o grado de destrucción causado por un evento peligroso de inundación sobre las personas, los bienes, los sistemas de producción y servicios, y en sistemas naturales o sociales (4).

**Deforestación.** Limpieza o destrucción de un área previamente forestada (2).

**Desbordamiento.** Volumen de agua que sale por los lados de un río, cuando la capacidad de conducción de éste ha sido superada.

**Emergencia.** Situación anormal que puede causar un daño a la sociedad y propiciar un riesgo excesivo para la seguridad e integridad de la población en general, generada o asociada con la inminencia, alta probabilidad o presencia de un agente perturbador (5).

**Estaciones Hidrométricas.** Sitio junto a un río donde periódicamente se lleva a cabo la medición del escurrimiento, para conocer su régimen hidráulico a lo largo del año (4).

**Evaluación del riesgo.** Abarca el análisis, evaluación e interpretación de las distintas percepciones de un riesgo y de la tolerancia de la sociedad ante el riesgo como información para tomar decisiones y acciones en el proceso de riesgo de inundaciones. Es el postulado de que el riesgo resulta de relacionar la amenaza y la vulnerabilidad de los elementos expuestos, con el fin de determinar los posibles efectos y consecuencias sociales, económicas y ambientales asociadas a uno o varios fenómenos peligrosos en un territorio y con frecuencia a grupos o unidades sociales y económicas particulares. Cambios en uno o más de estos parámetros modifican el riesgo en sí mismo, es decir, el total de pérdidas esperadas y las consecuencias en un área determinada. Análisis de amenazas y de vulnerabilidades componen facetas del análisis de riesgo y deben estar articulados con este propósito y no comprender actividades separadas e independientes. Un análisis de vulnerabilidad es imposible sin un análisis de amenazas, y viceversa (3).

**Gasto.** Es la cantidad de escurrimiento que pasa por un sitio determinado en un cierto tiempo, también se conoce como caudal. Este concepto se usa para determinar el volumen de agua que escurre en un río (4).

**Gestión Integral de Riesgos:** El conjunto de acciones encaminadas a la identificación, análisis, evaluación, control y reducción de los riesgos, considerándolos por su origen multifactorial y en un proceso permanente de construcción, que involucra a los tres niveles de gobierno, así como a los sectores de la sociedad, lo que facilita la realización de acciones dirigidas a la creación e implementación de políticas públicas, estrategias y procedimientos integrados al logro de pautas de desarrollo sostenible, que combatan las causas estructurales de los desastres y fortalezcan las capacidades de resiliencia o resistencia de la sociedad. Involucra las etapas de: identificación de los riesgos y/o su proceso de formación, previsión, prevención, reducción, preparación, auxilio, recuperación y reconstrucción (5).

**Hidrograma.** Es la representación gráfica de la variación continua del gasto en el tiempo. En cada instante se conoce el gasto que está pasando en el sitio de medición (4).

**Hietograma.** Es una gráfica de barras que muestra la variación de la altura o de la intensidad de la precipitación en intervalos de tiempo, usualmente de una hora (4).

**Intensidad de precipitación.** Es la cantidad de lluvia que se precipita en cierto tiempo (altura de precipitación por unidad de tiempo). Sus unidades son mm/h, mm/día, etc. (4).

**Inundación.** Evento que, debido a la precipitación, oleaje, marea de tormenta, o falla de alguna estructura hidráulica que provoca un incremento en el nivel de la superficie libre del agua de los ríos o el mar mismo, genera invasión o penetración de agua en sitios donde “usualmente” no la hay (4).

**Mapa de riesgos de inundaciones.** Mapa confeccionado según criterios científicos, que indica los elementos de riesgo e informa sobre el grado y la extensión espacial de la inundación (3).

**Medidas estructurales.** Cualquier construcción física concebida para reducir o evitar el posible impacto de eventos peligrosos, ellas, incluyen obras de ingeniería y construcción de estructuras hidráulicas e infraestructuras resistentes a las inundaciones (3).

**Medidas no estructurales.** Acciones concebidas para reducir o evitar el posible impacto de fenómenos peligrosos, se encaminan a través del ordenamiento físico de los asentamientos humanos, la planificación de proyectos de inversión de carácter industrial, agrícola o de infraestructura, la educación y el trabajo con comunidades expuestas. Estas medidas son de especial importancia para que, en combinación con las medidas estructurales, se pueda reducir el riesgo de una manera efectiva y equilibrada. Las medidas no estructurales pueden ser activas o pasivas. Las medidas no estructurales activas son aquellas en las cuales se promueve la interacción directa con las personas y destacan: la organización para la atención de emergencias, el desarrollo y fortalecimiento institucional, la educación formal y capacitación, la información pública y campañas de difusión, así como la participación comunitaria y la gestión a nivel local. Las medidas no estructurales pasivas son aquellas más directamente relacionadas con la legislación y la planificación. (3).

**Monitoreo (Vigilancia).** Sistema que permite la observación, medición y evaluación continúa del progreso de un proceso o fenómeno a la vista, para tomar medidas correctivas (2).

**Nivel de alarma de crecida (Alarma de nivel de inundación).** Nivel de agua que se considera peligroso y en el cual deberían iniciarse las advertencias (2).

**Ordenamiento territorial (Planificación del uso de la tierra).** Rama de la planificación física y socioeconómica que determina los medios y evalúa el potencial o limitaciones de varias opciones de uso del suelo, con los correspondientes efectos en diferentes segmentos de la población o comunidad, cuyos intereses han sido considerados en la toma de decisiones. Es la asignación planificada y regulada de determinado uso del suelo, ya sea urbano, rural, área natural, etc. El ordenamiento territorial tiene en cuenta el uso actual y futuro del suelo, así como, el interés colectivo para asignar los diferentes “usos del suelo” (3).

**Parteaguas.** Es una línea imaginaria formada por los puntos de mayor nivel topográfico que separa una cuenca de sus vecinas (4).

**Peligro.** Probabilidad de ocurrencia de un agente perturbador potencialmente dañino de cierta intensidad, durante un cierto periodo y en un sitio determinado (5).

**Periodo de retorno.** Es el tiempo que, en promedio, debe transcurrir para que se presente un evento igual o mayor a una cierta magnitud. Normalmente, el tiempo que se usa son años y la magnitud del evento puede ser el escurrimiento, expresado como un cierto gasto, una lámina de precipitación o una profundidad de inundación (tirante). Se subraya que el evento analizado no ocurre exactamente en el número de años que indica el periodo de retorno, ya que éste puede ocurrir el próximo o dentro del periodo especificado (4).

**Preparación:** Actividades y medidas tomadas anticipadamente para asegurar una respuesta eficaz ante el impacto de un fenómeno perturbador en el corto, mediano y largo plazo (5).

**Precipitación.** Proceso por el cual el vapor de agua que forma las nubes se condensa, formando gotas de agua que al alcanzar el tamaño suficiente se precipitan, en estado líquido como lluvia o sólido como nieve o granizo, hacia la superficie terrestre. La precipitación pluvial se mide en milímetros (Ahrens, 2000).

**Prevención:** Conjunto de acciones y mecanismos implementados con antelación a la ocurrencia de los agentes perturbadores, con la finalidad de conocer los peligros o los riesgos, identificarlos, eliminarlos o reducirlos; evitar o mitigar su impacto destructivo sobre las personas, bienes, infraestructura, así como anticiparse a los procesos sociales de construcción de los mismos (5).

**Previsión:** Tomar conciencia de los riesgos que pueden causarse y las necesidades para enfrentarlos a través de las etapas de identificación de riesgos, prevención, reducción, preparación, atención de emergencias, recuperación y reconstrucción (5).

**Probabilidad de excedencia.** Probabilidad de que una magnitud dada de un evento sea igual o excedida (2).

**Protección civil.** Sistema de medidas, usualmente ejecutadas por una agencia del gobierno, para proteger a la población civil en tiempo de guerra, responder a desastres y prevenir y mitigar las consecuencias de un desastre mayor en tiempos de paz. El término Defensa civil se usa cada vez más en estos días (2).

**Población en riesgo.** Una población bien definida cuyas vidas, propiedades y fuentes de trabajo se encuentran amenazadas por peligros dados. Se utiliza como un denominador (2).

**Pronóstico.** Determinación de la probabilidad de que un fenómeno físico se manifieste con base en: en el estudio de su mecanismo generador, la observación del sistema perturbador y/o registros de eventos en el tiempo. En el caso de las inundaciones corresponde a la previsión del nivel, caudal tiempo de ocurrencia y duración de la avenida, especialmente de su caudal máximo en un punto determinado, producida por precipitación sobre la cuenca (3).

**Reducción de Riesgos:** Intervención preventiva de individuos, instituciones y comunidades que nos permite eliminar o reducir, mediante acciones del impacto adverso de los desastres. Contempla la identificación de riesgos y el análisis de vulnerabilidades, resiliencia y capacidades de respuesta, el desarrollo de una cultura de la protección civil, el compromiso público y el desarrollo de un marco institucional, la implementación de medidas de protección del medio ambiente, uso del suelo y planeación urbana, protección de la infraestructura crítica, generación de alianzas y desarrollo de instrumentos financieros y transferencia de riesgos, y el desarrollo de sistemas de alertamiento (5).

**Régimen Hidráulico.** Variación temporal de una corriente. Normalmente hay dos regímenes: el estiaje y la temporada de lluvias (4).

**Regulación.** Capacidad de un río, en un cierto tramo y para un instante dado, de sacar más agua de la que entra, es decir, almacenar instantáneamente un cierto volumen (4).

**Rehabilitación.** Operaciones y decisiones tomadas después de un desastre con el objeto de restaurar una comunidad golpeada, y devolverle sus condiciones de vida, fomentando y facilitando los ajustes necesarios para el cambio causado por el desastre (2,7).

**Reubicación.** Acciones necesarias para la instalación permanente de personas afectadas por un desastre, a un área diferente a su anterior lugar de vivienda (2).

**Remanso.** Aumento en el nivel de agua de un río, debido al taponamiento natural o artificial de éste (2).

**Riesgo.** Es la combinación de tres factores: el valor de los bienes expuestos, C, la vulnerabilidad, V, y la probabilidad, P, de que ocurra un hecho potencialmente dañino para lo expuesto (4).

**Riesgo Inminente.** Aquel riesgo que, según la opinión de una instancia técnica especializada, debe considerar la realización de acciones inmediatas en virtud de existir condiciones o altas probabilidades de que se produzcan los efectos adversos sobre un agente afectable (5).

**Seguro.** Instrumento de Administración y Transferencia de Riesgos (5).

**Sistema de información geográfica.** Es una herramienta de software que permite capturar, almacenar, organizar, presentar y realizar análisis sobre información geográficamente referenciada, es decir, que posee coordenadas terrestres. La tecnología GIS integra operaciones de bases de datos comunes tales como búsquedas o análisis estadísticos apoyados por la ayuda y beneficios ofrecidos por el desplegado gráfico de dicha información (1).

**Tirante.** Elevación de la superficie del agua sobre un punto en el terreno (4).

**Vulnerabilidad.** Susceptibilidad o propensión de un agente afectable a sufrir daños o pérdidas ante la presencia de un agente perturbador, determinado por factores físicos, sociales, económicos y ambientales (5).

**Zona de Riesgo.** Espacio territorial determinado en el que existe la probabilidad de que se produzca un daño, originado por un fenómeno perturbador (5).

(1) Ciclones tropicales. Serie Fascículos. Centro Nacional Prevención de Desastres. Secretaría de Gobernación. 1ª. Edición, diciembre 2003.

(2) Department of Humanitarian Affairs (DHA) (1992). Internationally agreed glossary of basic terms related to Disaster Management. United Nations.

(3) González T. M. E. (2008), Tesis doctoral. Un modelo integral para la valoración del riesgo de inundación en centros urbanos y/o suburbanos. Enfoque metodológico utilizando indicadores Caso: Pueblo Viejo, Veracruz, México. Universidad Autónoma de Madrid, Departamento de Geografía.

(4) Inundaciones. Serie Fascículos. Centro Nacional Prevención de Desastres. Secretaría de Gobernación. 1ª. Edición, octubre 2004. ISBN 978-870-821-002-7.

(5) Ley General de Protección Civil. Decreto por el que se expide la Ley General de Protección Civil. Diario Oficial de la Federación. Junio de 2012.

(6) Proyecto de norma mexicana. PROY-NMX-AA-175-SCFI-2015. Operación segura de presas. Parte 1.- Análisis de riesgo y clasificación de presas.

(7) Este término no se maneja en el presente documento, sin embargo, sirvió de base para la gestión integrada de la zona de estudio.

## REFERENCIAS

Baró-Suárez, J. E., Díaz-Delgado, C., Calderón-Aragón, G., Cadena-Vargas, E. y Esteller-Alberich, M.V., 2011. Costo más probable de daños por inundación en zonas habitacionales de México. Tecnología y Ciencias del Agua, antes Ingeniería Hidráulica en México, volumen II, núm. 3, julio-septiembre de 2011, pp. 201-218.

Beven, K.J. and Kirkby, M.J. A physically based, variable contributing area model of basin hydrology. Hydrol. Sci. Bull. Vol. 24, no. 1, 1979, pp. 43-69.

Bladé, E., Cea, L., Corestein, G., Escolano, E., Puertas, J., Vázquez-Cendón, M.E., Dolz, J., Coll, A. (2014). "Iber: herramienta de simulación numérica del flujo en ríos". Revista Internacional de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería, Vol.30(1) pp.1-10

CENAPRED, Mapas de Precipitación para Diferentes Duraciones y Periodos de Retorno. Octubre 2013.

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), 2014. Programa Nacional de Prevención Contra Contingencias Hidráulicas. 13 Organismos de Cuenca. Primera Versión.

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), 2011. Manual para el control de inundaciones.

De la Cruz L. F. Presentación de avance de proyecto del Instituto de Ingeniería ante CONAGUA. Septiembre de 2013. Participantes Faustino De la cruz Luna, Laura Vélez Morales, Griselda.

Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de las Naciones Unidas, 2002

Diccionario de datos de uso de suelo y vegetación. Escala 1:250,000. Noviembre (2009). Recuperado el 20 de noviembre de 2015:

[http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/reclat/usuarios/doc/dd\\_usyv\\_v1\\_250k.pdf](http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/reclat/usuarios/doc/dd_usyv_v1_250k.pdf)

[Estrategia Internacional de las Naciones Unidas para la Reducción de los Desastres, 2005.](#)

[Gestión Integrada de Crecidas: Documento Conceptual, Organización Meteorológica Mundial, 2009.](#)

Instituto Nacional de Estadística y Geografía, ed. (2016). «Censo de población y vivienda 2010». Consultado el 11 de noviembre de 2015:

[http://www.inegi.org.mx/lib/olap/consulta/general\\_ver4/MDXQueryDatos.asp?#Regreso&c=27770](http://www.inegi.org.mx/lib/olap/consulta/general_ver4/MDXQueryDatos.asp?#Regreso&c=27770)

Meyer V. et al. (2012) Economic evaluation of structural and non-structural flood risk management measures: examples from the Mulde River. Nat Hazards (2012) 62:301-324. DOI 10.1007/s11069-011-9997-z. Received: 21 April 2011 / Accepted: 25 September 2011 / Published online: 14 October 2011\_ Springer Science+Business Media B.V. 2011.



Organización Meteorológica Mundial (OMM). Guía de prácticas hidrológicas. Volumen I Hidrología. OMM Sexta edición, 2011.

Paterson Consultants Pty Limited, 2007. Dorrigo Flood Study. Final Report. Bellingen Shire Council. December 2007. Consultado en:

[http://www.bellingen.nsw.gov.au/index.php?option=com\\_content&view=article&id=47576:dorrigo-flood-study&catid=523&Itemid=1711](http://www.bellingen.nsw.gov.au/index.php?option=com_content&view=article&id=47576:dorrigo-flood-study&catid=523&Itemid=1711)

Salas S. M. A. Conferencia: Indicadores ambientales y el riesgo climático. Atlas de riesgo climático. 3er Congreso Nacional de Investigación en Cambio Climático. UNAM. Consultado en <http://www.pincc.unam.mx/congresonacional2013/presentaciones.html> Fecha de consulta: Septiembre, 2013.

Tercera Conferencia Mundial de las Naciones Unidas sobre la Reducción del Riesgo de Desastres, 2015.

UNESCO (1975). Soil map of the World. Volume III Mexico and Central America. Italy: 1975

Uribe-Alcántara, Edgar Misael, et al, Mapa Nacional de Índice de Inundación. Agroasemex, S. A., Tecnología y Ciencias del Agua, antes Ingeniería hidráulica en México, vol. I, núm. 2, abril-junio de 2010, pp. 73-85.

USACE, 1991. Expected Annual Flood Damage Computation. User's Manual. US Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center. March 1989, pp 45-49