



Universidad Autónoma del Estado de México
Facultad de Geografía

**Módulo de Propuesta de Polígonos de Vulnerabilidad,
Asociados al Riesgo por Inundación dentro de la Zona
Metropolitana del Valle de Toluca**

Reporte final para obtener el grado de:

Especialista en Cartografía Automatizada, Teledetección y
Sistemas de Información Geográfica

18a. Promoción

Presenta:

Lic. en Geog. Brenda Yazmin Reza Curiel

Asesor:

M. en C.A. Leonardo Alfonso Ramos Corona

Toluca, México; Febrero de 2014.



Índice General	Página
Resumen	6
Introducción	7
Planteamiento del problema	8
Objetivos	9
Justificación	10
Capítulo I Metodología	11
Capítulo II Marco teórico	19
Capítulo III Descripción del área de estudio	31
Capítulo IV Conclusiones	35
Resultados	38

Índice de Cuadros	Página
1 Requisitos de hardware	16
2 Elementos a considerar en la determinación de las zonas inundables.	22
3 Polígonos de contención urbana de la CONAVI	40

Índice de Figuras	Página
1 Modelo Conceptual (diagrama de casos de uso)	12
2 Diagrama de flujo de Polígonos de Vulnerabilidad, Asociados al Riesgo por Inundación.	14
3 Diagrama de arquitectura de Polígonos de Vulnerabilidad, Asociados al Riesgo por Inundación	15
4 Mapa de Zona de Estudio Vulnerable a Inundación, dentro de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca.	38
5 Mapa de Percepción de Inundación dentro de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca.	39
6 Mapa de CONAVI, Dentro de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca.	40
7 Mapa de Cuervas de Nivel de ASTER con resolución cada 2 metros, dentro de la zona Metropolitana del Valle de Toluca.	41
8 Mapa de Curvas de Nivel de ASTER con resolución cada 5 metros, dentro de la zona Metropolitana del Valle de Toluca.	42
9 Mapa de Curvas de Nivel de ASTER con resolución cada 10 metros, dentro de la zona Metropolitana del Valle de Toluca.	43

Módulo de Propuesta de Polígonos de Vulnerabilidad, Asociados al Riesgo por Inundación dentro de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca.

Resumen

El presente trabajo busca generar una propuesta de modelo de vulnerabilidad por riesgos de inundación dentro de la Zona Metropolitana del Valle Toluca. La metodología consistió en llevar a cabo la georreferenciación de los polígonos de inundaciones para los años 2009, 2010, 2011 proporcionados en los Atlas de Riesgos de la CAEM, para que la información sea confiable se llevó a la tarea de ocupar el DEM de INEGI y compararlo con imágenes ASTER, para observar cual contaba con mayor precisión, para lo cual las curvas generadas con el DEM de INEGI son muy generales no cuentan con detalle, sin embargo las curvas generadas con imágenes ASTER si cuenta con detalle en la topografía, comprobado con imágenes de Google Earth. En conclusión se obtuvo un módulo de propuesta de polígonos de vulnerabilidad asociados al riesgo por inundación dentro de la ZMVT, el cual determina la zona de estudio y la percepción a inundación.

Introducción

La población en general a través de la historia se han ubicado cerca de los ríos, lo que ha ocasionado peligros y riesgos ocasionados por las inundaciones, que vienen acompañadas de arrastre de material sólido proveniente de las partes altas de las cuencas, que esto depende de la cobertura vegetal además de tipo de suelo y pendiente, a consecuencia de esto, hay daños económicos potenciales, y pérdida de vidas humanas.

Así mismo es importante generar polígonos de vulnerabilidad asociados al riesgo por inundación, a través de métodos cuantitativos y cualitativos.

Dado lo anterior se realizará la ubicación de polígonos de inundación sobre las zonas determinadas por la CONAVI relacionadas con la construcción de la vivienda.

El generar una base de datos con las características asociadas a cada inundación, es una aportación de vital importancia, para que los usuarios puedan hacer las consultas que ellos requieran.

Por otra parte caracterizar las zonas de inundación con sus atributos físicos, sociales y económicos derivados de los censos oficiales.

Incorporar los resultados obtenidos sobre el Atlas de Riesgos del Estado de México a través de mapas temáticos y resultados descriptivos producto de las interpretaciones cualitativas.

Para finalmente representar un SIG de visualización y análisis de inundaciones dirigido a los usuarios en general.

Planteamiento del problema

El Estado de México está ubicado en el centro sur de la República Mexicana, cuenta con 125 municipios, con una superficie de 22,499 km² y su número de habitantes es de 15, 175, 86 personas. Su densidad de población es igual 656 habitantes sobre kilómetro cuadrado (INEGI censo 2010).

Las inundaciones en el Estado de México se presentan por fenómenos climáticos, hidrometeorológicos y antrópicos, las zonas más susceptibles son urbanas que se encuentra asentadas en zonas de riesgo por deficiencia de un plan de ordenamiento territorial, entre las que se encuentran la Zona Metropolitana de Toluca (ZMT).

Las principales causas que generan una inundación es la falta de mantenimiento de la red hidráulica o la mala planeación de la misma, generando pérdidas económicas para la Sociedad y el Gobierno. La Dirección General de Protección Civil del Estado de México es la encargada de realizar un monitoreo de las zonas más vulnerables y de costear los daños causados por inundación. A pesar de que el CENAPRED es el organismo regulador y responsable de generar y mantener el Atlas Nacional de Riesgos, los municipios en su gran mayoría históricamente han estado renuentes, desactualizados, abandonados económicamente, alejados de las tecnologías de información geográfica y poco capacitados en la generación de información y herramientas relacionadas con peligros, riesgos y vulnerabilidad.

La mayor parte de los municipios cuentan con un Plan de Desarrollo Municipal y un Atlas de Riesgos impreso, sin embargo, la calidad de la información que presentan estos Atlas de Riesgos Municipales carece de calidad, cantidad y precisión en la información, además de ser mapas estáticos en escalas en las cuáles no es posible realizar análisis de información y del territorio de una manera adecuada. Estos municipios y el Gobierno Estatal mucho menos tienen la capacidad de generar herramientas de prevención que posibiliten la creación de planes y programas para evitar desastres.

Por otro lado, es muy común que los municipios y entidades que cuentan con un área dedicada al procesamiento cartográfico ésta se encuentre aislada con personal especializado pero con una carencia total en la incorporación de la información geográfica sobre los procesos sustantivos de las entidades. Surge entonces consecuencias no deseadas como el aislamiento de los Sistemas de Información Geográfica de las nuevas tecnologías de información y la creación de islas automatizadas dedicadas al procesamiento espacial, frecuentemente desconectadas de las tecnologías de información centrales de las organizaciones.

En los Atlas de riesgos estatales esto no es la excepción y las herramientas de prevención simplemente no existen en el vocablo tradicional.

Objetivo General

Generar la propuesta de polígonos de vulnerabilidad asociados al riesgo por inundación en la Zona Metropolitana del Valle de Toluca.

Objetivos Específicos

Ubicar las inundaciones sobre los polígonos de contención urbana definidos por la CONAVI.

Recopilar y generar la cartografía vectorial de los polígonos de inundaciones de los Atlas de Riesgos existentes de la zona.

Generar una base de datos con las características asociadas a cada inundación.

Incorporar los resultados obtenidos sobre el Atlas de Riesgos del Estado de México a través de mapas temáticos.

Justificación

El presente trabajo tiene como objetivo analizar los riesgos por inundación en la ZMT desde un punto de vista cuantitativo y cualitativo que permita a los tomadores de decisiones contar con información actualizada, precisa y derivada de una metodología sustentada y generar soluciones eficientes y fundamentadas.

La reducción del impacto destructivo que provocan los fenómenos tanto naturales como de origen humano es la implementación de una estrategia efectiva de prevención. Para ello es necesario tomar acciones en cada una de las etapas del ciclo de la prevención. Este trabajo basará su eje de acción sobre los procesos de prevención e identificación y análisis de riesgos.



Figura 1. Ciclo del manejo integral de riesgos de desastres (CENAPRED, 2004)

CAPÍTULO I

Metodología para el cálculo del Índice de Vulnerabilidad por Inundación en Zonas Urbanas.

Requerimientos.

Lo más importante para elaborar este módulo son los polígonos de inundación, que en este caso no los había, por lo cual se llevó a la tarea de digitalizar los polígonos de inundación de los Atlas de Inundación.

Se necesita calcular la cuenca del área de estudio, para identificar la parte baja y colocar un punto para la delimitación de la cuenca.

Por otra parte es necesario determinar del área de estudio.

Es necesario el DEM de la zona de estudio, para generar las curvas de nivel a cada 10 metros, imágenes Aster para generar curvas de nivel, cada 2 metros y cada 5 metros y 10 metros, para ello voy a ocupar el software Global Mapper, ya que este software realiza las curvas de nivel en cuestión de segundos y con mayor detalle que las de INEGI.

La capa de Agebs, se tomara como mapa base.

Este módulo se va a implementar en el software Arc Map 10.

Se espera que el módulo de polígonos de vulnerabilidad, asociados al riesgo por inundación, seleccione los polígonos más vulnerables.

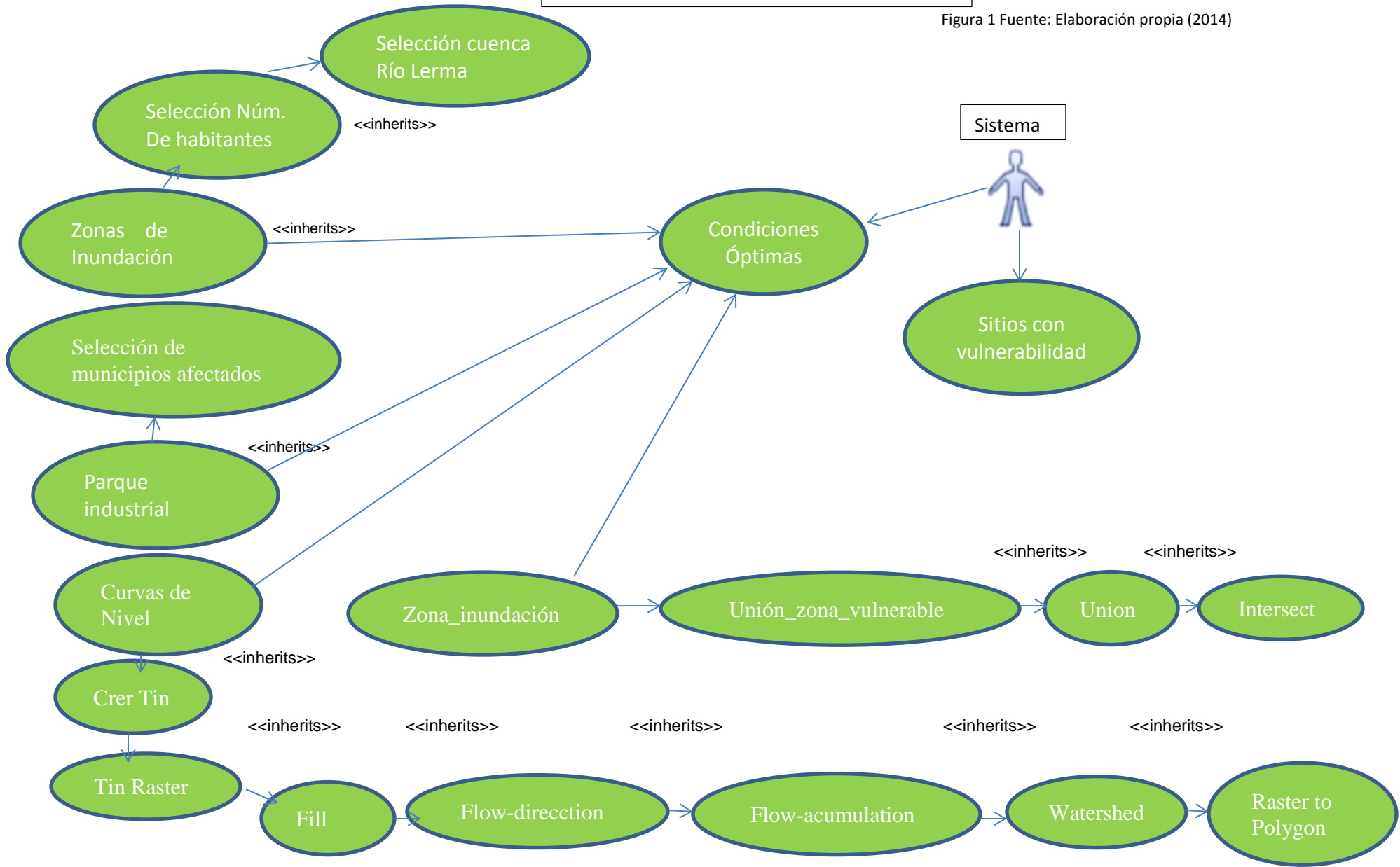
El tipo de usuario al que va dirigido este módulo es en general.

UML (Casos de uso)

“Dentro del modelado con UML existen diagramas que permiten al programador comprender el comportamiento del sistema y así explicarlo a través de los diagramas de casos de uso, los cuales se componen de actores y casos de uso. En estos diagramas los actores representan los componentes que interactúan en el sistema y los casos de uso describen detalladamente las actividades que realiza el sistema, tanto actores como casos de uso se conectan mediante flechas que explican la interacción que existe entre ellos” (Loza y Tarango, 2011:62)

Modelo Conceptual (diagrama de casos de uso)

Figura 1 Fuente: Elaboración propia (2014)



Cada diagrama de caso de uso debe tener una descripción detallada paso a paso, el cual facilita la lectura del diagrama del Módulo de Vulnerabilidad de Inundaciones.

- 1- En el primer paso son las zonas de inundación, en donde se lleva a cabo una selección para identificar el número de habitantes afectados, para posteriormente seleccionar la cuenca del Río Lerma. Después se seleccionan los parques industriales, para hacer la selección de los municipios afectados.
- 2- El siguiente paso es que por medio de las curvas de nivel se crear un Tin, para obtener un módulo raster, una vez teniendo este proceso se lleva a cabo un módulo raster Fill, para después obtener la dirección, una vez calculada la dirección se obtiene la acumulación, para hacer el siguiente paso se tiene que identificar la parte baja de la cuenca para tener el punto de inicio y así obtener la cuenca raster y por último por medio de raster polygon obtener la cuenca.
- 3- El tercer paso es seleccionar la zona de inundación y la unión zona vulnerable, para hacer una unión y por último una intersección para obtener la zona de estudio.

Una vez teniendo todos estos pasos se lleva a cabo lo siguiente:

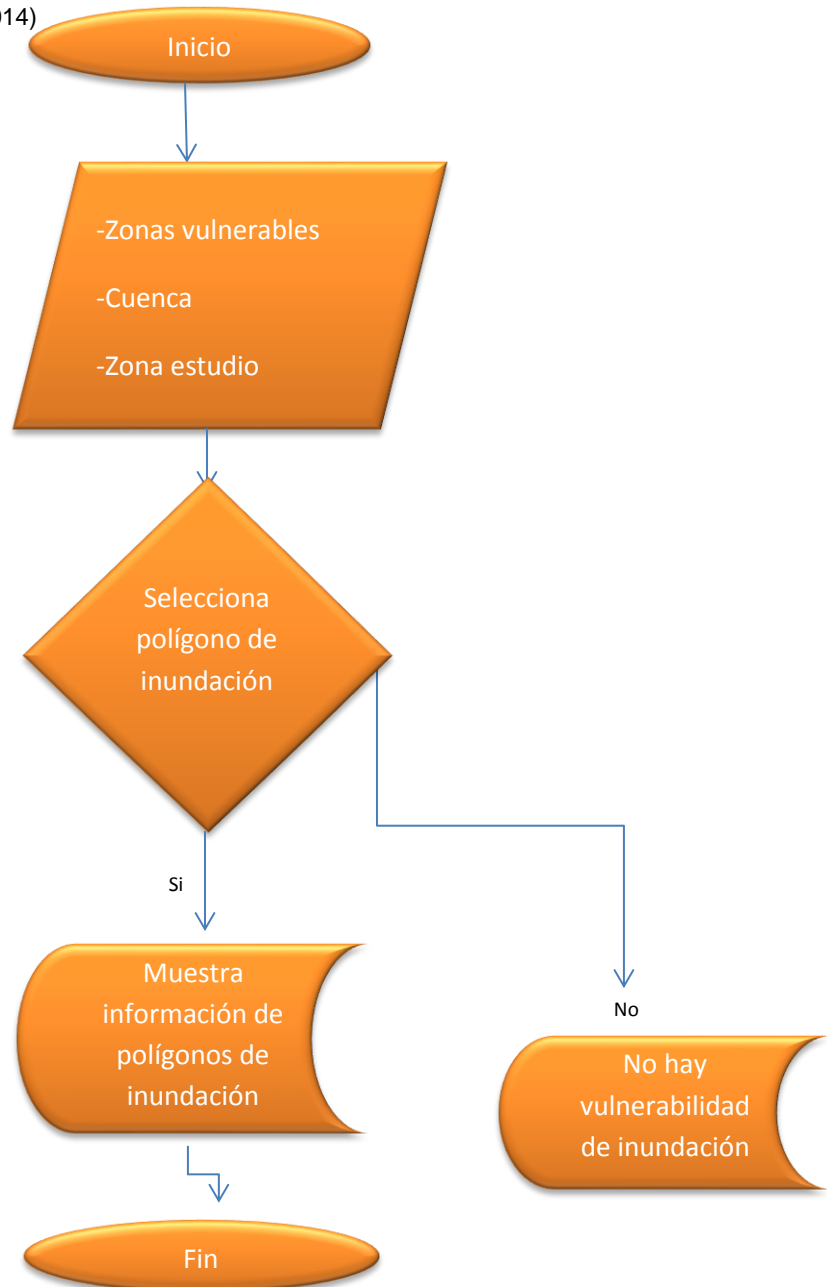
- 4- El sistema accede a la base de datos para seleccionar el registro correspondiente a los polígonos de inundación seleccionado para mostrar sus datos.
- 5- El sistema muestra la información de los polígonos de inundación consultada, para determinar los sitios con mayor vulnerabilidad de inundación.

Diagrama de flujo.

“Los diagramas de flujo permiten representar gráficamente el funcionamiento del sistema de tal manera que se puede ver el flujo de procesos que realiza el sistema para alcanzar el resultado esperado” (Loza y Tarango, 2011:65)

Diagrama de flujo de Polígonos de Vulnerabilidad, Asociados al Riesgo por Inundación

Figura 2 Fuente: Elaboración propia (2014)



El diagrama de flujo de polígonos de vulnerabilidad, asociados al riesgo por inundación, nos muestra de entrada las capas de: zonas vulnerables, cuenca y zona de estudio, las cuales permiten hacer el proceso para seleccionar polígonos vulnerables a inundación, y nos indica si cumple la condición entonces muestra información de polígonos de inundación y si no cumple la condición, indica que no hay vulnerabilidad de inundación.

Diagrama de arquitectura de software.

“Finalmente, en esta fase se muestra el diagrama de arquitectura del software, el cual expone de una forma más sencilla el funcionamiento del sistema a través de la interacción de sus componentes” (Loza y Tarango, 20011:68)

Diagrama de arquitectura de Polígonos de Vulnerabilidad, Asociados al Riesgo por Inundación

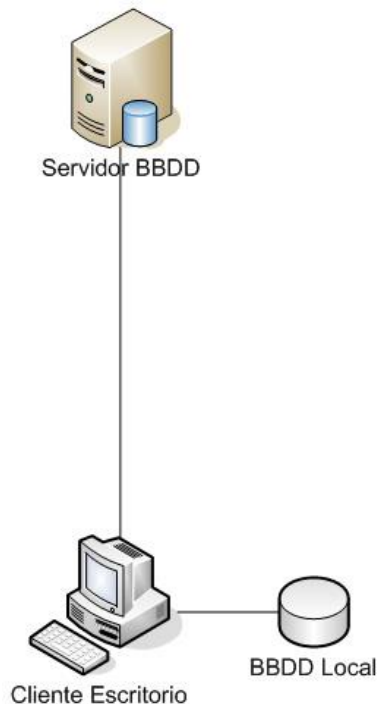


Figura 3: Fuente elaboración propia (2014)

La arquitectura del módulo está formado en estructura cliente servidor, en donde el lado del cliente tenemos a los usuarios que se conectan al módulo, el módulo a su vez se conecta a la base de datos geográfica para devolver al usuario la consulta solicitada.

Implementación

Con la culminación del diseño lógico y conceptual se prosiguió a la implementación.

La elección del software Arc Map 10 y Global Mapper, en cuanto a lenguaje de programación no lo hay ya que es sólo la creación de un módulo.

Requisitos mínimos del sistema

El equipo debe cumplir con estos requisitos mínimos del sistema para instalar Arc GIS Desktop, compatibilidad con .NET

Arc GIS Desktop requiere Microsoft .NET Framework versión 3.5 SP1. Si no se detecta .NET Framework 3.5 SP1 en el equipo, la instalación de ArcGIS Desktop no continuará.

Para su conveniencia, la instalación de .NET Framework 3.5 SP1 se proporciona en los medios, en la carpeta DotNet35.

Requisitos del sistema para Global Mapper

Se necesita tener instalado Arc Map 10, y contar con las características que se mencionan en los requisitos del hardware.

Requisitos de hardware

	Arc Map 10 y Global Mapper
Memoria	Más memoria le permite ejecutar más programas de software al mismo tiempo. 128MB PC2700/333 DDR
Procesador	Un procesador más rápido le permite terminar sus tareas en menos tiempo. Intel® Celeron 2.4GHz
Disco Duro	El disco duro le da el espacio de almacenamiento para sus datos y programas. 40 GB
Propiedades de visualización	Profundidad de color de 24 bits
disco óptico	Obtenga lo máximo de la multimedia con un disco óptico en su computadora CD-RW de 48X
tarjeta de red	Accese su red a la más alta velocidad. Tarjeta de red 10/100 integrada

Espacio en disco	163 MB Cuando se utilice, ArcGIS Explorer creará archivos caché; es posible que se requiera espacio en disco adicional.
Velocidad de conexión de banda ancha	Mínimo 380 Kbps; se recomiendan 1500 Kbps o más
Adaptador de vídeo/gráficos	Compruebe la capacidad de su equipo para ejecutar ArcGIS Explorer Acelerador de gráficos con capacidad de 24 bits Se requiere una tarjeta de vídeo compatible con Open GL 2.0 o superior, con al menos 32 MB de memoria de vídeo, aunque se recomiendan 256 MB o más de memoria de vídeo.
Global Mapper	64 MB de memoria RAM 40 MB de espacio en el disco duro para la instalación. Los requisitos de espacio para los datos son normalmente más altos según el tamaño del conjunto de datos.

Cuadro 1 Fuente: Elaboración propia (2014)

Lo más importante para elaborar este módulo fueron los polígonos de inundación, que en este caso no los había, por lo cual se llevó a la tarea de digitalizar los polígonos de inundación de los Atlas de Inundación, lo cual se llevó seis meses en elaboración, una vez teniendo estos polígonos ya se puede obtener un mapa de inundación, y usarlo para los fines que corresponda.

También se llevó a la tarea de identificar la cuenca del área de estudio, que en este caso fue la RH12 correspondiente a la cuenca del Río Lerma, para esto se identificó la parte baja para colocar un punto y por medio de esto realizar el debido proceso para la determinación de la cuenca del área de estudio.

La determinación del área de estudio se realizó por medio de los polígonos que se intersectan en la cuenca determinada en el proceso anterior.

La capa de Agebs sólo de toma como mapa base.

Este módulo de polígonos de vulnerabilidad, asociados al riesgo por inundación, selecciona los polígonos más vulnerables, para después cruzar la información de la CONAVI relacionadas con la construcción de la vivienda.

1.- Primer proceso identificación de zonas vulnerables:

Capa de Inundación se necesita hacer una selección, en el cual se hace una consulta en el cual SQL, donde seleccionamos la variable de número de habitantes que sea mayor igual a 1000 y menor igual a 5000 habitantes, posteriormente hacemos otra selección para hacer otra consulta de SQL, en el cual seleccionamos la cuenca que sea igual al río Lerma.

Posteriormente de la capa de parques industriales, se hace una selección de los municipios de la zona de estudio.

2.- Segundo proceso delimitación de la cuenca.

Capa de curvas de nivel, creamos un tin, posteriormente se crea un Tin Raster, para el módulo raster, seleccionamos Fill, para hacer el Módulo raster Fill, después arrastramos, Flow – dirección, para la dirección, posteriormente arrastramos flow accumulation, para generar la acumulación, continuamos arrastrando el watershed, para este paso seleccionamos un punto el cual debe estar en la cuenca en la parte baja, una vez seleccionado se crea la cuenca raster, después arrastramos raster to topolygon, para crear la cuenca.

3.- Tercer proceso para la determinación de la zona de estudio.

Capa de inundación y capa de unión zonas vulnerables, aquí se va hacer una unión de estas dos capas, para tener la percepción inundada y con esto hacer una intersección entre la percepción inundada y la cuenca, para que dé como resultado la zona de estudio.

Se hizo una comparación de información ya que el INEGI usa información que no cuadra con la información, esto es que mi zona de estudio está compuesta por cuatro cartas topográficas y a la hora de unirlos hay un error en la unión, es por esta razón que se utilizó el software Global Mapper, a partir del modelo digital de elevación se calcularon las curvas de nivel cada 10 metros y cada 20 metros y con esto se hizo una comparación entre INEGI y el software de Global y se llegó a la conclusión de que Global Mapper tiene más precisión en las curvas de nivel.

Para llevar a cabo el módulo de propuesta de polígonos de vulnerabilidad de riesgo por inundación, todos los shp se reproyectaron a WGS84 debido a que la información proporcionada se encontraba en diferentes proyecciones.

CAPÍTULO II

Marco Teórico

Análisis del riesgo y vulnerabilidad por inundaciones

Inundaciones

“El análisis de amenazas por inundaciones, está basado en los datos de intensidades de precipitación, las unidades de uso básico del suelo, las unidades fisiográficas del suelo (el cual contempla su textura y material geológico, la pendiente y su relieve), los datos hidrográficos de las cuencas internas dentro del área de estudio (áreas, pendientes, elevación máxima y mínima, longitud de cauces, áreas hidráulicas y rugosidad del drenaje)” (SNET, 2003)

“Cuando las precipitaciones son mayores a 50 milímetros por hora se genera mucha incertidumbre en las zonas aledañas a los ríos, ya que éstos no dan cabida al caudal de agua drenado desde la parte alta. En los últimos años los períodos lluviosos generalmente han sido normales, pero las zonas inundables son cada vez más frecuentes y con mayor área de cubrimiento, ya que como se mencionó anteriormente el avance de la infraestructura provoca cada vez más escorrentía en la parte baja; por cuanto no se toman las medidas paralelas de ampliación del canal en la parte media y baja de los drenajes. En los períodos de retorno con altas precipitaciones, como es el caso de la precipitación ocurrida en abril del año de 2002, con 90 milímetros por hora, provocó inundaciones en áreas que generalmente nunca se han inundado, lo cual se agrava ya que mucha construcción es de carácter permanente, como lo son las bóvedas sobre los drenajes; y que sobre ellas hay desarrollo de infraestructura (calles)” (SNET, 2003)

Tipos de inundaciones

Las inundaciones pueden clasificarse de acuerdo con su origen en (Bremer y Lara, 2001):

Pluviales: se deben a la acumulación de la precipitación que se concentra en los terrenos de topografía plana o en zonas urbanas con insuficiente o nulo drenaje.

Fluviales: son aquellas que se originan cuando los escurrimientos superficiales son mayores a la capacidad de conducción de los cauces.

Lacustres: se originan en los lagos o lagunas por el incremento de sus niveles de agua.

“Las inundaciones pluviales pueden ser repentinas y/o urbanas. Las inundaciones repentinas ocurren generalmente cuando se presenta una lluvia intensa ya sea sobre el área afectada o cuenca arriba, sin señal visible de lluvia en el área. Las inundaciones urbanas se presentan durante tormentas severas o lluvias intensas que causan encharcamientos en áreas bajas o pobremente drenadas como carreteras, vados, pasos a nivel, etc. Éstas prevalecen especialmente en áreas donde la escorrentía natural y los cauces han sido alterados por actividades humanas. Aunque la inundación urbana no siempre amenaza necesariamente la vida de los residentes, éstos necesitan estar informados y estar preparados para ello, ya que su aparición puede causar grandes trastornos y daños materiales” (Blemer y Lara, 2001).

La clasificación que presenta Kobiyama y Fabris-Goerl (2007) hacen énfasis en el desastre y define un índice cuantitativo para diferenciar una inundación (*flood*) de una inundación repentina (*flash flood*). Estos autores revisan las diversas definiciones y comprueban que cuando se aborda la definición de inundación, una consideración común es que cubre un área seca, denominada llanura de inundación, y que está en consecuencia de lluvias continuas, por lo que la elevación del nivel del agua es lenta, y por tanto, la población puede ser alertada con anticipación. Los daños que provocan son muy elevados ya que la superficie inundada abarca una gran extensión. Por otro lado, ya que existe cierto tiempo para tomar medidas de prevención, las pérdidas humanas son mínimas en comparación de las inundaciones repentinas.

Cuando se define una inundación repentina estas se presentan de forma inesperada y violenta y las áreas afectadas suelen ser poco extensas produciendo graves daños tanto en bienes materiales como no materiales. Estas ocurren en las inmediaciones de ríos, y aunque los daños totalmente no son muy elevados, a nivel individual, a estructuras o personas pueden ser considerables debido a la alta velocidad del agua. En varias de las definiciones se indica el tiempo que transcurre entre el momento de la precipitación y en el que se produce la inundación. Este tiempo se define, en algunos casos, de 6 y en otros de 12 horas.

Clasificación de Zonas Inundables

- a) Zona inundación habitual. Se forma por lluvia o avenidas de período de retorno de 2 años.
- b) Zona inundación frecuente. Se debe a precipitaciones o avenidas de período de retorno de 5 años.
- c) Zona inundación ocasional. Ocurre por lluvia o avenidas con un período de retorno de 10 años.
- d) Zona inundación esporádica. Se origina por lluvia o avenidas con un período de retorno de 50 años.
- e) Zona inundación excepcional. Se produce por lluvia o avenidas con un período de retorno de 100 años.
- f) Zona inundación extraordinaria. Sucede por precipitaciones o avenidas con un período de retorno de 500 años.
- g) Zona inundación extrema máxima Sucede por precipitaciones o avenidas con un período de retorno de 1000 años.

Elementos a considerar en la determinación de las zonas inundables.

1.- FÍSICAS	
Modelo de elevación (MDE)	Altitud
Características de la cuenca	Exutoria, superficie, perímetro, forma, curva hipsométrica, pendiente, orientación, características del drenaje, orden de corrientes, densidad de drenaje.
Polígonos de Inundación de la CAEM (Comisión del Agua del Estado de México)	Digitalización de polígonos de Inundación de los años 2009, 2010 y 2011 de la CAEM, de los Atlas de Riesgos.

Cuadro 2 Fuente: Elaboración propia (2014)

Según, (Banco Interamericano de Desarrollo Departamento de Desarrollo Sostenible, División de Medio Ambiente, Indicadores de Riesgo de Desastres y de Gestión de Riesgos, informe resumido, actualizado a 2007 Omar Darío Cardona et. al.) para la gestión de riesgos de desastres es necesario dimensionar el riesgo.

Medir el riesgo significa tener en cuenta, no solamente el daño físico esperado, las víctimas o pérdidas económicas equivalentes, sino también factores sociales, organizacionales e institucionales.

Parte de las dificultades para lograr una gestión efectiva del riesgo de los desastres han sido la ausencia de un adecuado marco conceptual que facilite su evaluación y su intervención desde una perspectiva multidisciplinaria, para esto es necesario definir que es Riesgo.

Riesgo

“El riesgo se define como el grado de pérdida debido a fenómenos naturales particulares (Vernes, 19849); por lo cual dentro del análisis se tendrá un producto de la amenaza (periodo de retorno del fenómeno natural) por la vulnerabilidad por los costos” (SNET, 2003: 46)

“En términos cualitativos, se entiende por Riesgo la probabilidad de ocurrencia de daños, pérdidas o efectos indeseables sobre sistemas constituidos por personas, comunidades o sus bienes, como consecuencia del impacto de eventos o fenómenos perturbadores. La probabilidad de ocurrencia de tales eventos en un cierto sitio o región constituye una amenaza, entendida como una condición latente de posible generación de eventos perturbadores” (CENAPRED, 2004:21)

“En forma cuantitativa se ha adoptado una de las definiciones más aceptadas del riesgo, entendido como la función de tres factores: la probabilidad de que ocurra un fenómeno potencialmente dañino, es decir el peligro, la vulnerabilidad y el valor de los bienes expuestos. Esta definición se expresa en la ecuación de la figura 1.5. A continuación se analiza brevemente cada uno de estos conceptos y las características que deben tener en el análisis de riesgo” (CENAPRED, 2004:22)

Los tres factores antes citados son importantes, pero en el que se va a centrar el trabajo de investigación es en los bienes expuestos.

$$\text{Riesgo} = f(\text{Peligro, Vulnerabilidad, Exposición})$$
$$R = f(P, V, E)$$

Figura 1.5 Definición de riesgo (Fuente: CENAPRED, 2004)

*“El **Peligro** se define como la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno potencialmente dañino de cierta intensidad, durante un cierto periodo de tiempo y en un sitio dado” (CENAPRED, 2004:22)*

Determinación del peligro asociado a los fenómenos identificados

“Una vez identificados los fenómenos que pueden afectar una zona en estudio, se procede a la evaluación del peligro, que consiste en obtener una descripción probabilística de la posible ocurrencia de dichos eventos perturbadores con distintas intensidades. Esto deberá calcularse para cada medida de la intensidad que sea significativa según el tipo de sistema y los modos de falla o daño que se deban incluir en el análisis de riesgo. Dos medidas clásicas asociadas al peligro son el periodo de retorno o bien, la tasa de excedencia. La tasa de excedencia es el número de eventos por unidad de tiempo (generalmente por año) que sobrepasan un cierto nivel de intensidad; el periodo de retorno es el inverso de la tasa de excedencia y se define como el lapso que, en promedio, hay que esperar para que ocurra un evento con intensidad superior a una especificada. En lo que se refiere a las medidas de intensidad, éstas son propias de cada fenómeno y están relacionadas con los parámetros con los que se evalúa la vulnerabilidad” (CENAPRED, 2004: 25)

“Dependiendo del fenómeno en estudio y la zona en la cual se desea conocer sus efectos, los peligros a los cuales puede estar expuesta la población tendrán un impacto diferente” (CENAPRED, 2004: 25)

Vulnerabilidad

“La vulnerabilidad es el grado de pérdida de un conjunto dado de elementos, como resultado de la ocurrencia de un fenómeno (s). Los elementos que pueden ser afectados dentro de las áreas de ocurrencia de la amenaza; se tienen calles, edificaciones, población, parcelas” (SNET, 2003: 42)

“El proceso de la asignación de los valores de ponderación es similar al de la amenaza y está basado en la importancia del elemento dentro del desenvolvimiento social en términos económicos y de sustentabilidad” (SNET, 2003: 42)

Factores que contribuye a incrementar la vulnerabilidad

- 1.- Pobreza, marginación urbana y rural.
- 2.- Crecimiento urbano y poblacional acelerado, sin planificación en contextos sociales dependientes y frágiles que no pueden adecuarse a las tendencias actuales y que carecen de recursos, voluntad política y capacidades para transformar en ventaja y oportunidades el proceso de urbanización.
- 3.- Ocupación inadecuada de márgenes, lechos o áreas de riesgo por inundación.
- 4.-La falta de políticas públicas inclusivas.
- 5.- Ausencia de ordenamiento y planeación territorial.
- 6.- Falta de gestión de los ordenamientos territoriales y de planes de desarrollo urbano.
- 7.- Desarrollos de infraestructuras y conjuntas habitacionales en zonas de peligro, las cuales se convierten en espacios de riesgo.
- 8.- Degradación ambiental de los ecosistemas y cuencas hidrológicas por falta de gestión.
- 9.- Cambio en los usos del suelo.
- 10.- Ausencia de atlas de riesgos, y en los casos donde existe, las mismas no se encuentran gestionadas.
- 11.- Carencia de políticas públicas que estén dirigidas a disminuir (prevención) la vulnerabilidad ante los fenómenos naturales.
- 12.- Debilidad institucional y política, en materia de reducción de riesgo y gestión integral de riesgo.

- 13.- Normatividad deficiente. Ausencia de reglamentos constructivos.
- 14.- Incumplimiento de la ley en materia de protección civil, asentamientos humanos y equilibrio ecológico.
- 15.- La falta de una cultura de riesgos y una concientización con respecto a las causas y consecuencias de los fenómenos naturales.
- 16.- La falta de idoneidad, capacitación, superación y capacidad técnica de las direcciones de protección civil municipales.
- 17.- La prevalencia del enfoque reactivo, de emergencia en las políticas públicas e instituciones para enfrentar el riesgo, siendo lo importante la PREVENCIÓN y con ello la inyección de recursos considerables al FOPREDEM.
- 18.- No existencia a una cultura de SEGURO ante los desastres naturales.

*“La **Exposición o Grado de Exposición** se refiere a la cantidad de personas, bienes y sistemas que se encuentran en el sitio y que son factibles de ser dañados. Por lo general se le asignan unidades monetarias puesto que es común que así se exprese el valor de los daños, aunque no siempre es traducible a dinero. En ocasiones pueden emplearse valores como porcentajes de determinados tipos de construcción o inclusive el número de personas que son susceptibles a verse afectadas” (CENAPRED, 2004:21)*

“Ligado al crecimiento y desarrollo de la población y su infraestructura. En cuanto mayor sea el valor de lo expuesto, mayor será el riesgo que se enfrenta. Si el valor de lo expuesto es nulo, el riesgo también será nulo, independientemente del valor del peligro. La exposición puede disminuir con el alertamiento anticipado de la ocurrencia de un fenómeno, ya sea a través de una evacuación o inclusive evitando el asentamiento en el sitio” (CENAPRED, 2004:21)

“Una vez que se han identificado y cuantificado el peligro, la vulnerabilidad y el grado de exposición para los diferentes fenómenos perturbadores y sus diferentes manifestaciones, es necesario completar el análisis a través de escenarios de riesgo, o sea, representaciones geográficas de las intensidades o de los efectos de eventos extremos. Esto resulta de gran utilidad para el establecimiento y priorización de acciones de mitigación y prevención de desastres” (CENAPRED, 2004:21)

“Ejemplos de escenarios de peligro son la representación de los alcances de una inundación con los tirantes máximos de agua que puede tener una zona; distribución de caída de ceniza consecuencia de una erupción volcánica; la intensidad máxima del movimiento del terreno en distintos sitios debido a un

sismo. Ejemplos de escenarios de riesgos serían el porcentaje de viviendas de adobe dañadas para un sismo de determinada magnitud y epicentro, el costo de reparación de la infraestructura hotelera por el paso de un huracán, el número de personas que podrían verse afectadas por el deslizamiento de una ladera inestable” (CENAPRED, 2004:21)

Identificación de los sistemas expuestos y su vulnerabilidad

“Este punto consiste en la evaluación de la vulnerabilidad de los sistemas expuestos, los que en la mayoría de los casos, son obras construidas por el hombre; sin embargo, también se cubren los casos de formaciones geológicas naturales, como laderas que pueden deslizarse o mantos de suelo blando que pueden agrietarse y que pueden ocasionar algún tipo de daño” (CENAPRED, 2004: 26)

Comisión Nacional de Vivienda (CONAVI)

¿Qué es la CONAVI?

Es la comisión nacional de vivienda quien coordina la función de promoción habitacional, es la encargada de aplicar y cuidar para que se cumplan los objetivos y metas del gobierno federal en materia de vivienda. Tiene entre sus atribuciones supervisar que las acciones de vivienda se realicen con pleno cuidado del desarrollo urbano, el ordenamiento territorial y el desarrollo sustentable.

CONAVI tiene a su cargo promover y concertar con los sectores público, social y privado programas y acciones relacionados con la vivienda y suelo, así como desarrollar, ejecutar y promover esquemas, mecanismos y programas de financiamiento, subsidio y ahorro previo para la vivienda. Su responsabilidad es promover la expedición de normas oficiales mexicanas en materia de vivienda; fomentar y apoyar medidas que promuevan la calidad de la vivienda; propiciar la simplificación de procedimientos y trámites para el desarrollo integrador de proyectos habitacionales, y establecer vínculos institucionales, convenios de asistencia técnica e intercambio de información con organismos nacionales e internacionales.

La CONAVI cuenta con varios programas entre los que se destacan está el: Programa Esquemas de Financiamiento y Subsidio Federal “Esta es tu Casa”.

Un subsidio es una cantidad de dinero entregada en este caso por el Gobierno Federal, en beneficio de las personas de escasos recursos con el fin de cubrir parcialmente los montos para el acceso a una de las soluciones habitacionales contempladas en el Programa “Ésta es tu Casa”, sin que genere intereses ni requiera devolución.

Incorporación de los resultados al Atlas de Riesgos del Estado de México

Con los conceptos antes mencionados es posible establecer un procedimiento general, para la generación de atlas de riesgos, según CENAPRED:

- _ Identificación de los fenómenos naturales y antrópicos que pueden afectar una zona en estudio;
- _ Determinación del peligro asociado a los fenómenos identificados;
- _ Identificación de los sistemas expuestos y su vulnerabilidad;
- _ Evaluación de los diferentes niveles de riesgo asociado a cada tipo de fenómeno, tanto natural como antropogénico;
- _ Integración sistemática de la información sobre los fenómenos naturales y antropogénicos, peligro, vulnerabilidad y riesgo considerando los recursos técnicos y humanos.

Identificación de los fenómenos naturales y antrópicos que pueden afectar una zona en estudio.

“El riesgo depende de las condiciones específicas de un sitio en estudio, según su ubicación, y de los fenómenos que pueden manifestarse con mayor o menor intensidad. Asimismo, las condiciones de vulnerabilidad de los sistemas expuestos de una región condicionan los niveles de riesgo a que está sometida. Por ello el primer paso para la construcción de un atlas de riesgos es la identificación de los fenómenos que han afectado y por lo tanto podrán afectar un área geográfica” (CENAPRED, 2004: 24)

En México, el Sistema Nacional de Protección Civil reconoce, de acuerdo con su origen, los siguientes agentes perturbadores:

- _ Fenómenos geológicos;
- _ Fenómenos hidrometeorológicos;
- _ Fenómenos químicos;
- _ Fenómenos sanitario-ambientales;
- _ Socio-organizativos.

“Para identificar los fenómenos que afectan una zona en estudio, se debe recurrir a diferentes fuentes de información tales como fuentes bibliográficas, hemerográficas y/o comunicación verbal” (CENAPRED, 2004: 24)

Evaluación de los diferentes niveles de riesgo asociado al tipo de fenómeno tanto natural como antropogénico.

“En términos generales, el riesgo es una función matemática denominada “convolución” del peligro y la vulnerabilidad. Para fines de protección civil una de las herramientas de mayor utilidad para la toma de decisiones es la construcción de escenarios en los que se detecten las zonas con niveles elevados de riesgo, en términos, por ejemplo, de las pérdidas monetarias derivadas de las consecuencias ocasionadas por la ocurrencia de un fenómeno. Otras medidas de riesgo pueden ser, los metros cuadrados perdidos de construcción, el número de vidas humanas perdidas, etc. Así, por ejemplo en la figura 1.8 se encuentra un escenario en el que se muestran las pérdidas, en pesos, debidas a la inundación que se generaría en un poblado asentado en la zona aledaña a un río si se presentara una precipitación con un periodo de retorno de cinco años. Es claro que con la ayuda de este escenario, las autoridades de protección civil podrían detectar las viviendas que deben ser reubicadas, tanto para evitar la pérdida de vidas como de daños materiales” (CENAPRED, 2004: 27)

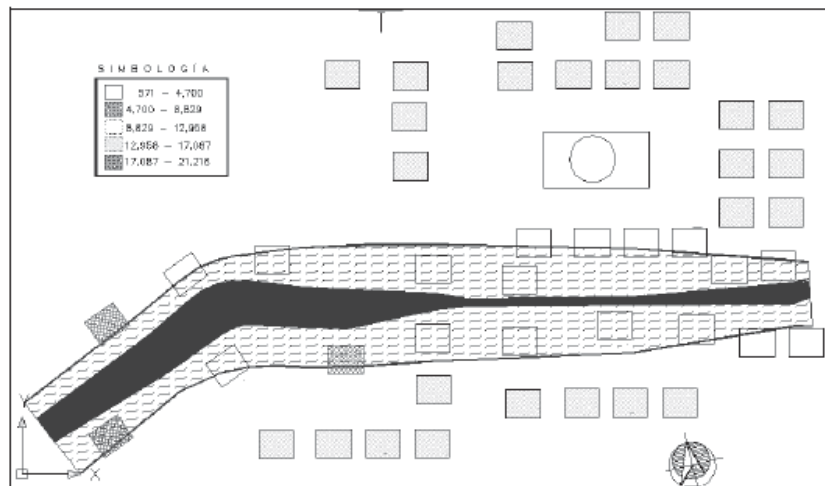


Figura 1.8 Mapa de riesgo por inundación para un periodo de retorno de cinco años (pérdidas calculadas) (CENAPRED, 2004)

Integración de la Información sobre los Fenómenos Naturales o Antropogénicos, Peligro, Vulnerabilidad y Riesgo Considerando los Recursos Técnicos y Humanos.

“Idealmente, un atlas de riesgos se debe concebir como un ente dinámico que sea un sistema integral de información del riesgo de desastres. Bajo ese concepto, la integración de la información que conforma un atlas de riesgo y su elaboración, requiere de tres elementos fundamentales” (CENAPRED, 2004: 28)

- _ Metodologías para la identificación de los fenómenos que afectan una zona determinada para la evaluación del peligro, vulnerabilidad y riesgo;
- _ Criterios para la selección de la cartografía adecuada que permita representar los resultados de un análisis de riesgo;
- _ Criterios para la selección de un sistema en el que se integre, procese y visualice la información anterior.

CONCEPTUALIZACIÓN DE UN ATLAS NACIONAL DE RIESGOS

“La presente sección tiene por objeto mostrar en términos generales la estructura del Atlas Nacional de Riesgos (ANR)” (CENAPRED, 2004: 28)

“El ANR está dirigido a autoridades y dependencias de los niveles de gobierno; autoridades de protección civil; diversas instituciones relacionadas con la planeación territorial, urbana, desarrollo social, ambiental; instituciones académicas y de investigación, así como población en general. Con la implementación del ANR se prevé fortalecer al Sistema Nacional de Protección Civil a través de un esquema homogéneo de valoración del riesgo como una política preventiva y de desarrollo, en suma, contar con una herramienta útil, entre otras acciones.” (CENAPRED, 2004: 28)

- _ Establecer políticas y estrategias de prevención;
- _ Mejorar la toma de decisiones en relación con planes de desarrollo urbano;
- _ Evaluar pérdidas humanas y materiales, tanto para eventos simulados como inmediatamente después de ocurrido un fenómeno natural o antropogénico;
- _ Atender las necesidades de una emergencia derivadas de la ocurrencia de un fenómeno natural o antropogénico, es decir, estimar los recursos que deberían ser destinados a la zona afectada;
- _ Contribuir a la cultura de la autoprotección a través de la orientación y concientización de la población sobre riesgo;
- _ Mejorar la calidad en la contratación de seguros de la infraestructura pública, tal como escuelas, hospitales, vías de comunicación, etc., ante la acción de fenómenos naturales o antropogénicos.

Por estas razones el ANR se ha planteado que sea un Sistema Integral de información del Riesgo de Desastres:

“Sistema, ya que será un conjunto ordenado de “objetos”, procesos, principios y soluciones tecnológicas racionalmente enlazados entre sí con un fin común: evaluar el riesgo” (CENAPRED, 2004: 29)

“Integral, ya que deberá ser capaz de incluir información actualizada, inclusive en tiempo real, con un nivel de detalle suficiente, según se requiera, para cubrir todas las escalas convenientes; implica un manejo compartido de datos de muy diferentes características y ubicaciones, mediante un diseño dinámico y modular” (CENAPRED, 2004: 29)

“De información, ya que deberá ser capaz de aceptar, reducir y facilitar el análisis e interpretación de la información. Es también, con un valor agregado, parte de los productos esperados. Según su destinatario, se deberán lograr varios niveles de información” (CENAPRED, 2004: 29)

“Riesgo de Desastres, es el objetivo final del producto: poder evaluar el riesgo mediante el análisis temporal y espacial de las amenazas, la vulnerabilidad y el grado de exposición, así como la estimación de pérdidas, entre otros” (CENAPRED, 2004: 29)

“Además, el ANR deberá ser interactivo, de modo que permita hacer análisis y visualizar la información instantáneamente, de plataforma abierta para facilitar su desarrollo y actualización permanentes y deberá hacer uso de las tecnologías de información más actuales” (CENAPRED, 2004: 29)

CAPÍTULO III

Descripción del área de estudio

El área de estudio se encuentra dentro de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca. *“La cuenca del valle de Toluca se encuentra localizada en la región hidrológica número 12 de la República Mexicana, ubicada en la cuenca del río Lerma”* (Robles, 1992: 9)

“El parteaguas se encuentra delimitado al norte, por el cerro de la Cruz con coordenadas aproximadas: latitud 19° 35' y longitud 99° 31', siguiendo al suroeste se encuentra el cerro del Perico en el poblado de San Pablo Autopan, con coordenadas aproximadas: Latitud 19° 22' 30" y longitud 99° 39' 45", al oeste se encuentra el cerro San Antonio con una localización aproximada: latitud 19° 13' y longitud 99° 52' 40". Al auroeste está el Nevado de Toluca con localización aproximada: latitud 19° 7' y longitud 99° 46'. Al sur, el cerro de Tenango con coordenadas aproximadas: latitud 19° 3' 30" y longitud 99° 34'. Al suroeste el Volcán el Muñeco con coordenadas aproximadas: Latitud 19° 10' y longitud 99° 20'. Al este por la zona de la Marquesa con localización aproximada: latitud 19° 18' 30" y longitud 99° 21'. Y al noreste se encuentra el cerro el Coyote con localización aproximada: latitud 19° 27' y longitud 99° 24' 30" (Robles, 1992: 9)

“La cuenca así delimitada incluye los municipios de: Toluca, Lerma, Zinacantepec, San Mateo Atenco, Ocoyoacac, Temoaya, Xonacatlan, Calimaya, Mexicalzingo, Chapultepec, San Antonio la Isla, Rayón, Tenango del Valle, Almoloya del Río, Tianguistenco, Otzolotepec, Xalatlaco, Santa Cruz Atizapan, Texcalyacac y Capulhuac” (Robles, 1992: 9)

“La cuenca tiene una superficie Total de 1948.55 km² y un perímetro de 228 km” (Robles, 1992: 9)

Pendiente media de la cuenca:

“Es la variación de la altura con respecto a la longitud. Este valor tiene una estrecha influencia con los escurrimientos superficiales, infiltración, humedad del suelo, y contribución de aguas subterráneas a cauces” (Robles, 1992: 7)

Red de drenaje

“La cuenca básicamente presenta dos tipos de drenaje: el drenaje natural a partir del parteaguas a la elevación 2700 msnm., encontrándose principalmente modelos de drenaje de los tipos: paralelo, subparalelo, y dicotómico. La densidad de

drenaje en esta zona es alta debido a que presenta un relieve montañoso y vegetación de densidad media” (Robles, 1992: 11)

“El otro tipo de drenaje es el urbano, el cual se presenta en la parte baja de la cuenca, formando por toda la infraestructura hidráulica con la que cuentan los asentamientos humanos en el valle, modificado los cursos de agua o control de los mismos” (Robles, 1992: 11)

Características del suelo

Edafología: “Existen principalmente dos zonas...andosol, que presenta características de bajo rendimiento agrícola, su origen es a partir de las cenizas volcánicas. Generalmente éste presenta vegetación de bosque de pino, abeto o encino...” (Bernal, 1992: 14)

“El segundo es ... Feozem, el cual se presenta en varias condiciones climáticas, así como en diversos tipos de terreno, desde planos hasta montañosos. En terrenos planos son utilizados con gran productividad en cultivos, o bien, si su profundidad es baja, pueden ser utilizados en el pastoreo en resultados aceptables” (Bernal, 1992: 14)

“En menor densidad se tienen en la cuenca otros tipos de suelo como son: Vertisol que se encuentra en varios climas y en zonas donde se acumulan las sales, su vegetación suele ser de pastizal a algunos matorrales, se caracteriza por tener un subsuelo arcilloso que presenta terrenos duros; otro tipo, es el Luvisol, que se encuentra en zonas templadas o tropicales lluviosas, su vegetación es de bosque ó selva” (Robles, 1992: 14)

“El tipo de suelo Litosol se encuentra en todos los climas, y con muy diversos tipos de vegetación, el uso de estos suelos depende de la vegetación que los cubre. El suelo Histosol se localiza en zonas lluviosas, su vegetación es de bosque o selva” (Bernal, 1992: 16)

“Existe además el tipo de suelo Planosol, su vegetación es de pastizal, son susceptibles a la erosión. El suelo Regosol, frecuentemente son someros, su fertilidad es variable y su uso agrícola está principalmente condicionado a su profundidad y al hecho de que no presenten pedregosidad” (Bernal, 1992: 16)

Clima

“El clima que predomina dentro de la cuenca del Valle de Toluca, se encuentra dentro del grupo de climas templados o mesotérmicos (C) con variaciones dentro de los subgrupos templados y fríos” (E) (Bernal, 1992: 24)

“En el centro de la cuenca se alcanzan temperaturas máximas, alrededor de 35.5 °C y la temperatura mínima extrema llega a descender hasta -6 °C en la zona aledaña al Nevado de Toluca” (Bernal, 1992: 24)

Subgrupo de climas templados

“El régimen térmico oscila entre 12 y 18 °C. Se encuentra asociado a comunidades vegetales tales como bosque de pino, de encino, mixtos y pastizales. Presenta tres variaciones que se diferencian por el grado de humedad” (Bernal, 1992: 25)

Templado subhúmedo

“Es el más húmedo de los templados con lluvias de verano y porcentaje de lluvias invernales menor de 5mm. La precipitación media anual es mayor a 800mm. Y la temperatura media anual oscila entre 12 y 18 °C. La máxima incidencia es en el mes de julio, con un valor que fluctúa entre 150 y 160 mm. La sequía se registra en los meses de diciembre a febrero con un valor menor a 10mm. El mes más cálido es mayo, con una temperatura que oscila entre los 14 y 15 °C, así como el mes más frío es enero con una temperatura de 11 a 12 °C. Este clima se localiza en los municipios de: Toluca, Tenango del Valle, Ixtlahuaca, Jiquipilco, Almoloya de Juárez” (Bernal, 1992: 25)

Subgrupos de climas semifríos

“Se caracteriza por tener temperatura media anual menor a 16°C, se presenta en comunidades vegetativas del tipo de bosque y de praderas de alta montaña” (Bernal, 1992: 25)

Semifrio subhúmedo: “es el más húmedo de los semifríos, con lluvias en verano y una precipitación en el mes más seco menor a 40mm. con porcentaje de lluvia invernal menor a 5. La precipitación media anual es mayor a 800mm. y la temperatura media anual esta entre 4 y 12 °C la lluvia se registra en el mes de julio que oscila entre 200 y 210 mm. con una mínima de 10mm. La máxima temperatura se presenta en los meses de abril y mayo con un valor entre los 12 y 13 °C. La misma se presenta en los meses de enero y diciembre con una temperatura que oscila entre los 8 y 9 °C. Este clima se localiza en los municipios de Zinacantepec y Calimaya” (Bernal, 1992: 25)

Grupo de climas fríos y muy fríos

“Este tipo de clima se caracteriza por que la temperatura en el mes más frío es menor a 0°C y por tener un régimen térmico medio en el mes más cálido menor a 6.5°C está asociado a comunidades vegetativas de alta montaña como son los

musgos y líquenes y algunas plantas herbáceas típicas de vegetación de tundra. La precipitación media anual fluctúa entre 1000 y 1500mm. y la temperatura entre 0 y 4°C” (Bernal, 1992: 26)

“La máxima incidencia de lluvias se presenta en el mes de julio, con un valor que oscila entre 260 y 270mm. y la mínima en diciembre, con un valor menor de 15 mm. En el mes de abril se registra la máxima temperatura con un valor aproximado de 5°C, la mínima se presenta en el mes de diciembre con un valor entre 2 y 3 °C, este tipo de clima se presenta en Zinacantepec” (Bernal, 1992: 26)

Recopilación y generación de cartografía vectorial y bases de datos

Base de datos y sistema de información.

“Habitualmente la información en un SIG se estructura de dos formas. Mediante el uso de vectores que representan los diferentes objetos geográficos de forma individualizada y mediante el uso de matrices que tratan el territorio como un todo continuo en un sistema cartesiano. En el primer caso hablamos de SIG vectorial y en el segundo de SIG matricial o ráster. Aunque existen otras formas más complejas, las más extendidas son éstas” (Domínguez, 2000: 11)

“Un sistema vectorial es aquel en el que el territorio se representa a partir de vectores, éstos se localizan en el espacio mediante pares de coordenadas coincidentes con su origen y destino (en el caso de los puntos es el mismo). Las características del objeto representado por el vector van asociadas al mismo en forma de atributos. La representación de objetos lineales (carreteras, ríos, etc.) se realiza definiendo igualmente su origen y su destino, y describiendo la sinuosidad de la línea mediante vértices (pares de x, y). La combinación de varios vectores con un origen y un destino común se utiliza para describir superficies o áreas (p. ej. usos del suelo)” (Domínguez, 2000: 11)

CAPÍTULO IV

Conclusiones

El módulo de Propuesta de Polígonos de Vulnerabilidad, Asociados al Riesgo por Inundación dentro de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca, cumple los requisitos para seleccionar los polígonos con mayor vulnerabilidad de inundación, como lo son: percepción a inundación y zonas vulnerables.

Se ubicaron los polígonos de contención urbana de la CONAVI para asociarlos a las zonas de inundación como una herramienta al otorgamiento de los subsidios a los desarrolladores de la vivienda.

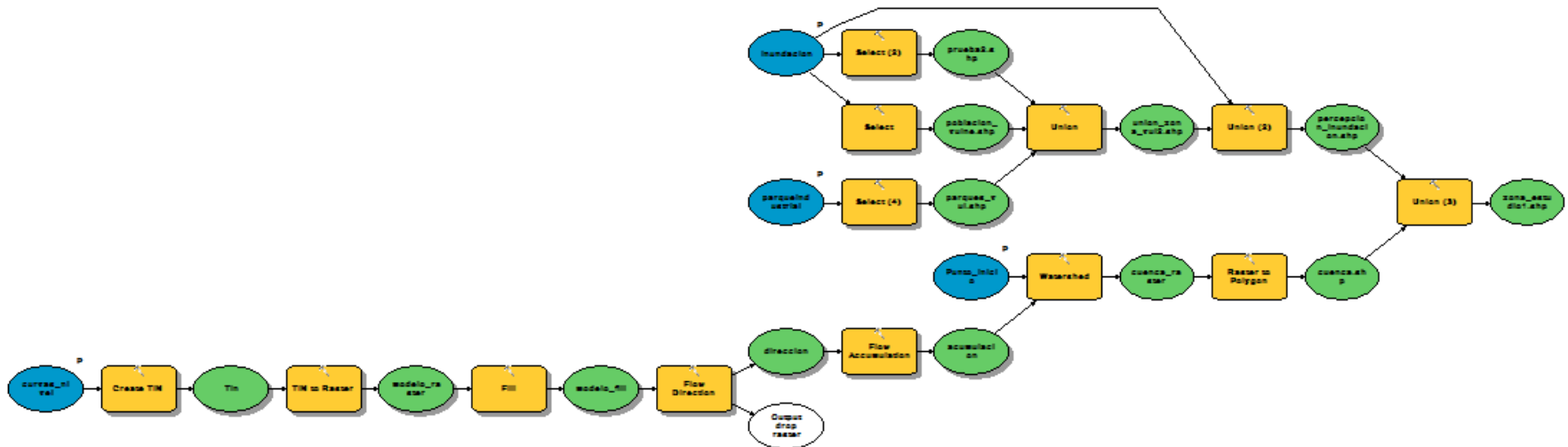
Se generó cartografía vectorial de los polígonos de inundaciones de los Atlas de Riesgos existentes de la zona.

Se generó una base de datos con las características asociadas a cada inundación.

Se Incorporarán los resultados obtenidos sobre el Atlas de Riesgos del Estado de México a través de mapas temáticos.

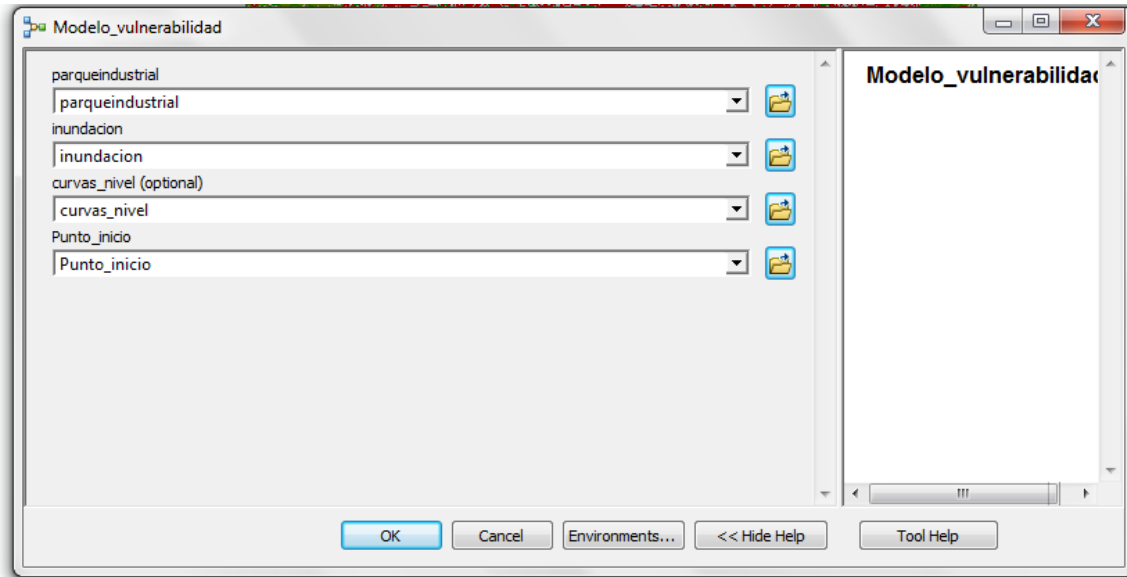
Esquemas de resultados

Módulo de Propuesta de Polígonos de Vulnerabilidad, Asociados al Riesgo por Inundación dentro de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca.



Módulo de Propuesta de Polígonos de Vulnerabilidad, Asociados al Riesgo por Inundación dentro de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca.

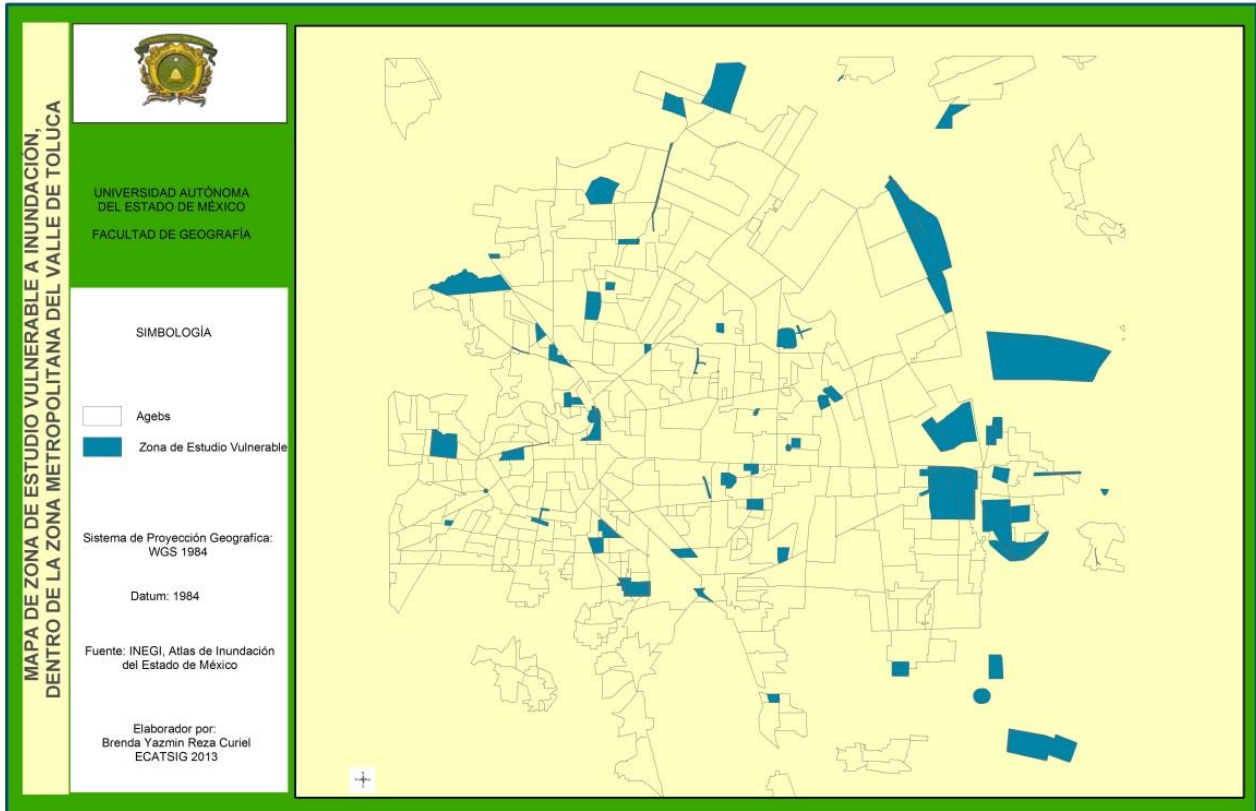
Lo único que se tiene que hacer es colocar los archivos de entrada, darle en ok y te genera los resultados, que son la zona de estudio y la percepción a inundación.



Resultados

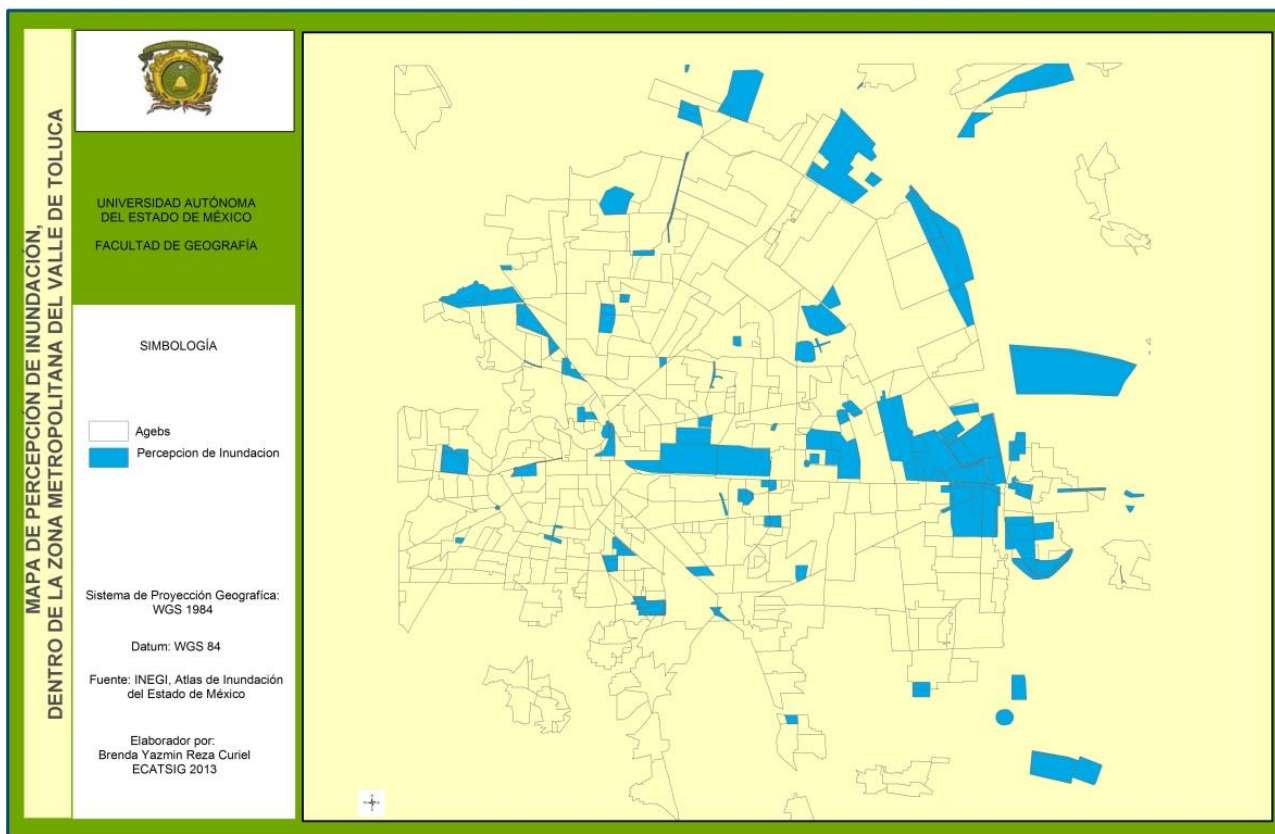
Uno de los resultados del módulo fue la obtención de la zona de estudio vulnerable, la cual cuenta con datos que indican cuándo fue la inundación, así como la descripción de sus causas de inundación, entre otras variables.

Figura 4 Mapa de Zona de Estudio Vulnerable a Inundación, dentro de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca.



Otro resultado del módulo es la percepción de inundación, dentro de las cuales se localizan las industrias afectadas de la zona de estudio, al igual que el anterior cuenta con datos.

Figura 5 Mapa de Percepción de Inundación dentro de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca.



Polígonos de contención urbana de la CONAVI	
U1	Cuenta con empleo, infraestructura y servicios.
U2	No hay mucho empleo pero si hay infraestructura y servicios.
U3	Es un buffer de crecimiento del área urbana.

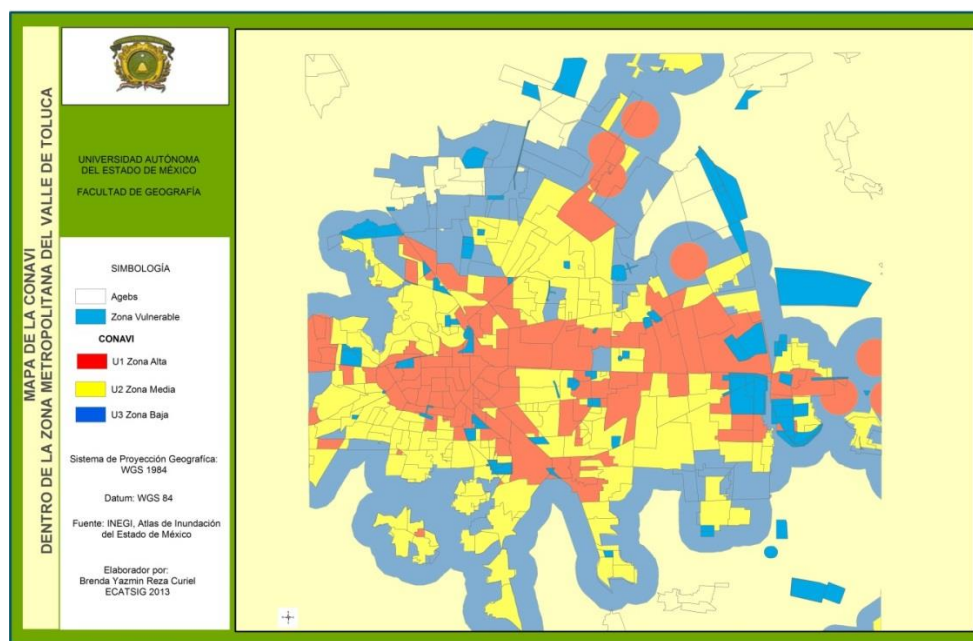
Cuadro 3 Elaboración propia (2014)

Se le agregaron los polígonos de inundación, en la cual se observa que hay inundaciones en las cuales caen en la U1, de acuerdo a las reglas de operación en esta área de influencia si se les otorgan subsidios, pero si caen en un área de inundación disminuye el apoyo de la CONAVI.

U2 las reglas de la operación para la obtención de subsidios ya en esta área disminuye y más, dado que existe un riesgo de inundación.

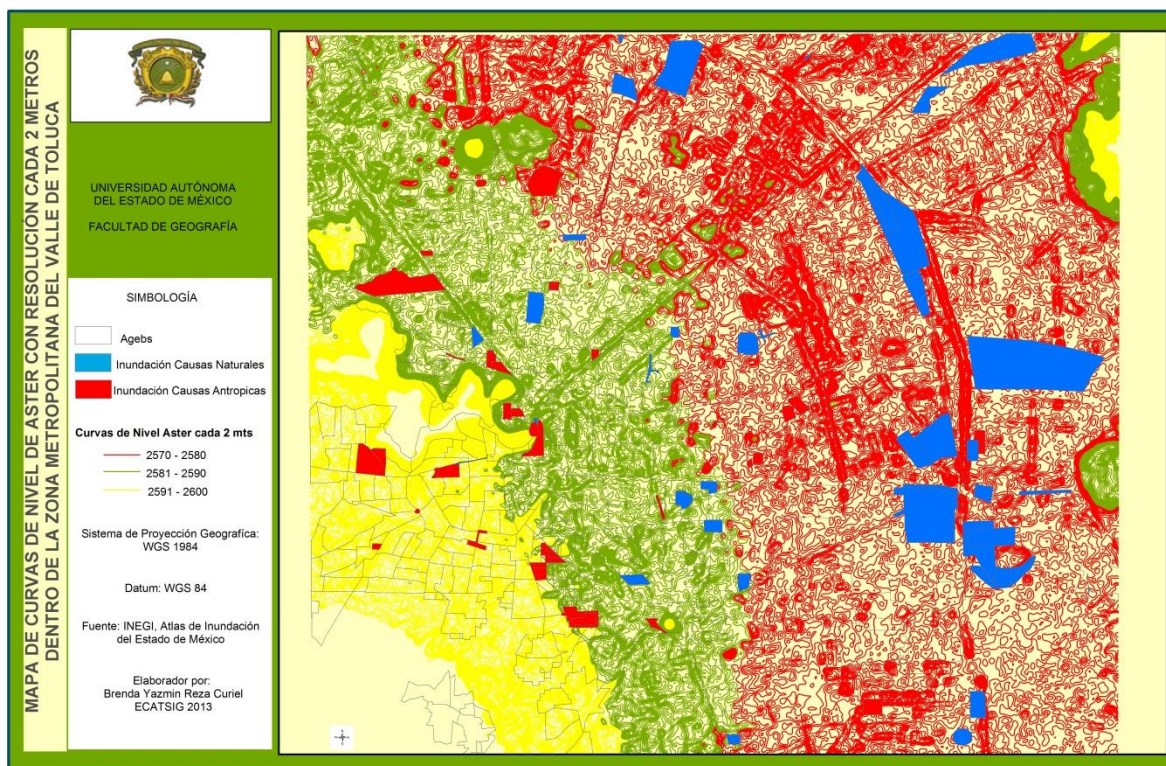
U3 si llegará haber riesgo de inundación en esta área la CONAVI ya no se hace cargo de otorgar subsidios dado que es un área de crecimiento del área urbana y no afecta a la población.

Figura 6 Mapa de CONAVI, Dentro de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca.



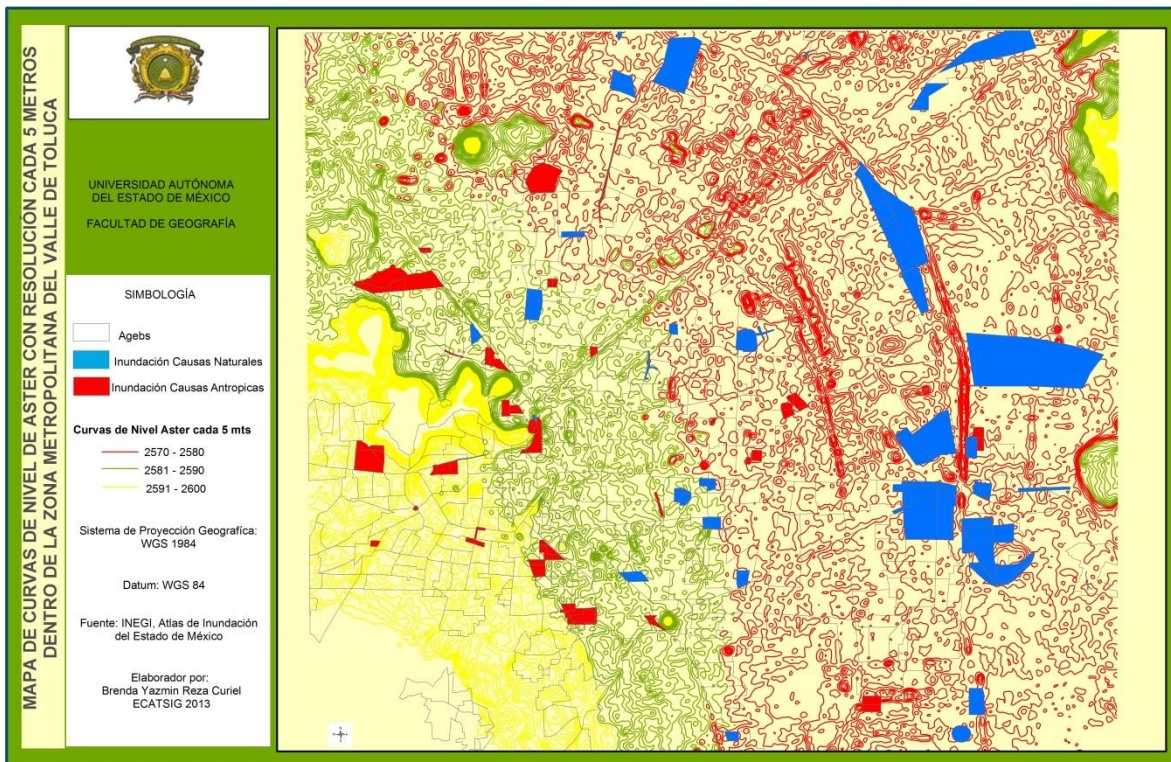
Para mayor precisión de las inundaciones se llevó a la tarea de generar curvas de nivel generadas con imágenes de satélites ASTER, procesadas en el software Global Mapper, para posteriormente visualizarlo en el software Arc Map 10, el siguiente mapa cuenca con curvas de nivel cada 2 metros, las cuales se observan a mayor detalle que las de 10 metros, las curvas de color rojo son las cotas bajas que van de 2570 - 2580, mientras que las de color verde van de 2581 – 2590 y las de color amarillo van de 1591 -2600 que son más altas, esto tiene la finalidad de comprobar que en las cuervas bajas se dan más las inundaciones, que en las cuervas altas, si observamos hay dos colores en las inundaciones unas son de color azul, las cuales nos indican que son causadas por la naturaleza, por ejemplo: la acumulación de la precipitación pluvial fue momentáneamente extraordinaria por lo tanto la infraestructura hidráulica fue insuficiente, mientras que las de color rojo, son causas antrópicas, por ejemplo: el problema se origina porque la mayoría de la gente arroja al drenaje basura, originando la obstrucción de las rejillas existentes en el cárcamo de bombeo, provocando a su vez remansos por las tuberías, es por esa razón que hay polígonos de inundaciones en las partes altas.

Figura 7 Mapa de Cuervas de Nivel de ASTER con resolución cada 2 metros, dentro de la zona Metropolitana del Valle de Toluca.



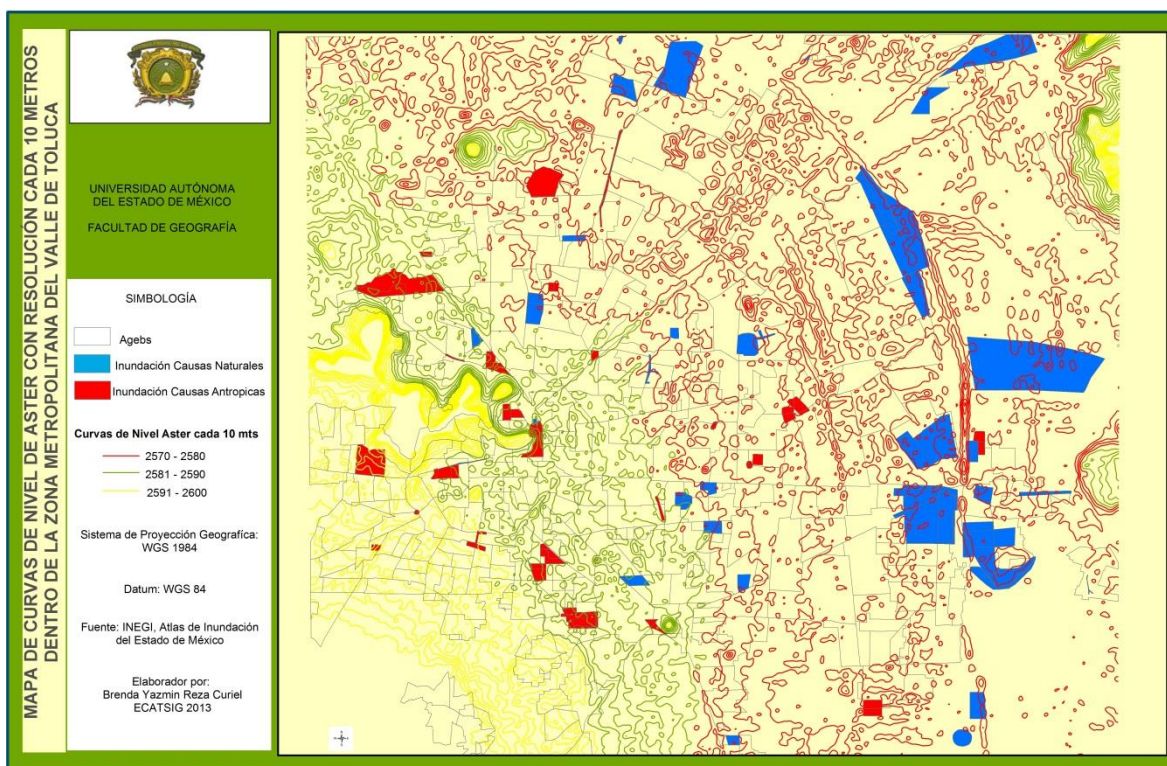
Curvas de nivel generadas con imágenes de satélites ASTER, procesadas en el software Global Mapper, para posteriormente visualizarlo en el software Arc Map 10, aquí las curvas van a cada 5 metros, en las cuales se observa que coinciden que las inundaciones caigan en las curvas bajas que son las de color rojo.

Figura 8 Mapa de Curvas de Nivel de ASTER con resolución cada 5 metros, dentro de la zona Metropolitana del Valle de Toluca.



Curvas de nivel generadas con imágenes de satélites ASTER, procesadas en el software Global Mapper, para posteriormente visualizarlo en el software Arc Map 10, aquí las curvas van a cada 10 metros, se observa que el nivel de detalle de las curvas es menor pero sin embargo coincide en que la mayoría de las inundaciones se dan en las partes bajas, para hacer esto confiable las curvas que se generaron en Global Mapper se pasaron a Google Earth, se observó que las curvas coinciden con la realidad.

Figura 9 Mapa de Curvas de Nivel de ASTER con resolución cada 10 metros, dentro de la zona Metropolitana del Valle de Toluca.



Bibliografía

1. **Bernal (1992)** “Análisis de información disponible para estudios hidrológicos en la cuenca del Valle de Toluca y ejemplos” Tesis Facultad de Ingeniería UAEM.
2. **Bremer, M.H. y Lara C.A. (2001)** Proyecto de Atlas de Riesgo de Inundación de la Ciudad de Monterrey. Reporte ITESM Campus Monterrey. México.
3. **CENAPRED (2004)** “Guía Básica para la elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos”1ª edición, México, D.F.
4. **Domínguez (2000)** “Breve introducción a la cartografía y a los sistemas de Información Geográfica (SIG) CIEMAT, Madrid, España.
5. **Kobiyama, M., Fabris-Goerl, R. (2007)** Quantitative method to distinguish flood and flash flood as disasters. Hydrological Research.
6. **Loza y Tarango, (2011)** “Diseño y programación de un sistema digital de visualización y consulta en Google Maps acerca de servicios de agencias automotrices ubicadas en la Zona Metropolitana de la Ciudad de Toluca. Periodo 2010-2011”Tesis de Licenciatura, UAEM, Toluca, México.
7. **SNET (2003)** “Análisis de riesgo por inundaciones y deslizamientos de tierra en la microcuenca del arenal de Montserrat” Universiteit, San Salvador.
8. **Uribe Alcantara, E. M. et al (2010)**, Mapa Nacional de Índice de Inundación, Agroasemex, S.A.