

Riesgos de las actividades económicas urbanas sobre la población, Nogales, Sonora: respuestas ante emergencias

Risk of urban economic activities on population, Nogales, Sonora: emergency response

Alejandro Brugués Rodríguez,
Israel Díaz Arcos***

Resumen

En países en desarrollo como México el crecimiento urbano muestra una ocupación del suelo sin una clara separación entre usos industriales y los demás usos urbanos, incluido el habitacional. Esta situación expone a la población a riesgos derivados de las contingencias asociadas a las actividades económicas, en especial a las actividades que utilizan sustancias químicas o que requieren de un manejo especializado y que constituyen fuentes de riesgo. En este contexto, se consideró desarrollar un modelo espacial ante emergencias que requieran la intervención de Protección Civil y una evacuación de la población. El desarrollo del modelo parte de identificar el área de afectación y calcula las rutas óptimas de evacuación hacia áreas seguras y la población a evacuar por cada ruta. En general, los resultados se constituyen en un sistema de soporte a la planeación de evacuaciones que provee información relevante para la toma de decisiones en el ámbito de Protección Civil.

Palabras Clave: planeación, emergencias, evacuación.

* Doctor en Ciencias Económicas por la Universidad Autónoma de Baja California. El Colegio de la Frontera Norte. Temas de especialización: economía regional, desarrollo económico y economía urbana. Correo electrónico: abrugues@colef.mx

** Maestro en Planeación y Desarrollo Urbano por la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. El Colegio de la Frontera Norte. Temas de especialización: planeación y desarrollo urbano, utilización, regulación y tributación del suelo urbano. Correo electrónico: idiaz@colef.mx

Abstract

Currently, in emerging countries such as Mexico, urban growth involves land use without a clear separation between industrial and other urban uses, including housing. This situation exposes the population to risks derived from the contingencies associated with economic activities, particularly activities that use chemicals or require special handling, and constitute sources of risk. In this context, it was decided to develop a spatial model for emergencies involving the intervention of Civil Protection and the evacuation of the population. The model was developed on the basis of the identification of the area affected and calculates the optimal escape routes to safe areas for evacuating the population. Overall, the results constitute support for planning evacuations that provides relevant information for decision-making in the field of Civil Protection.

Keywords: planning, emergencies, evacuation.

Introducción

En la historia del pensamiento económico sobre la teoría de desarrollo, son recientes los cambios que posicionan a las personas como el centro del proceso de desarrollo asociados al paradigma del desarrollo humano, de hecho, este nuevo planteamiento se sitúa a finales de la década de 1980, asociado a la obra de Amartya Sen (Ibarra y Unceta, 2001: 25-40) y que es promovido en la agenda internacional del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) con la publicación del Human Development Report 1990 (UNDP, 1990), en este sentido, la teoría del desarrollo, también explica la forma de la estructura económica donde las personas realizan diversas actividades económicas dentro de contextos urbanos y rurales. En el caso del contexto urbano, dichas actividades son relevantes, no solo por generar implicaciones socioeconómicas para las personas, sino también, porque puede suceder alguna situación que exponga a un riesgo a la población relacionado con contingencias asociadas a las actividades económicas. Adicionalmente, las implicaciones de las actividades humanas que generen algún riesgo para ella, en un contexto urbano, pueden ser entendidas, en parte, por el paradigma del desarrollo urbano sustentable, al desarrollarse también bajo el auspicio de las Naciones Unidas, la Conferencia de Naciones Unidas sobre Asentamientos Humanos (Habitat II)", llevada a cabo en Estambul, Turquía, del 3 al 14 de junio de 1996, en la que se aprobó la Agenda Hábitat, que de manera conjunta con la Declaración del Milenio aprobada en la denominada cumbre del Milenio en el año 2000, identifican las prioridades emergentes para el desarrollo urbano sustentable.

Como parte de los compromisos establecidos en la Agenda Hábitat se reconoce en la sección de Asentamientos humanos sostenibles la prevención de "...los desastres causados por el hombre,... utilizando mecanismos apropiados de planificación y recursos para asegurar respuestas rápidas que antepongan los intereses de la población y promuevan una transición sin tropiezos del socorro a la rehabilitación, la reconstrucción y el desarrollo..." (ONU, 1996) y que se constituye como uno de los primeros referentes en el tema de prevención de desastres ocasionadas por actividades humanas. El artículo, tiene como objetivo implementar un protocolo que a partir de emergencia con dispersión atmosférica de sustancias químicas genere respuestas automatizadas del área susceptible a ser evacuada, la estimación de la población en ella y su distribución por rutas hacia los albergues de atención primaria. El resultado, es un sistema de soporte a la planeación de evacuaciones en el ámbito urbano con expresiones espaciales y lo suficientemente flexible para considerar que las fuentes de la contingencia puedan ser fijas o móviles, ocurrir en cualquier horario y en combinación con otros fenómenos que puedan afectar la conectividad de la red vial de la ciudad (Brail y Klosterman, 2001).

En esencia concebimos a la planeación de evacuaciones como un proceso de toma de decisiones que secuencialmente debe determinar la zona de afectación, estimación de la población a evacuar, selección de los destinos de la misma, el diseño de las rutas y la distribución origen-destino de las personas (Johnson, 2000; Cova y Church, 1997; Klosterman, 1997). Para el soporte de esta secuencia en el que se incluyen procesos eminentemente espaciales se ha considerado la utilización de los Sistemas de Información Geográfica (SIG). En su implementación se requerirán básicamente los datos cartográficos, generalmente incluidos como parte de la cartografía urbana del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), y el procesamiento de algunas variables contenidas en los Censos y Conteos de Población y en los Censos Económicos.

El desarrollo empírico del modelo formó parte del proyecto de investigación "Modelo de contingencia contra riesgos antrópicos de Nogales, Sonora", financiado por la Secretaría de Desarrollo Social a través del Instituto Municipal de Investigación y Planeación de Nogales como parte del Observatorio Urbano de Nogales. Una ciudad con alta concentración de actividad industrial a la que se asocia el uso de sustancias potencialmente peligrosas, con presencia activa del transporte ferroviario en el tránsito de sustancias a través de la ciudad y que adicionalmente la segmenta, además de una baja conectividad de la red vial primaria y secundaria que condiciona los tiempos de traslados a la adecuada selección de la rutas.

En el desarrollo de este artículo se ha considerado continuar el mismo con una primera sección de revisión de la literatura sobre la planeación de contingencias. Subsecuentemente en las secciones de la dos a la seis, se tratará el desarrollo el modelo conceptual y su implementación. Una

vez desarrollado el mismo se reportarán los resultados alcanzados en varios ejemplos desarrollados en la ciudad de Nogales. Finalmente, se presentará una sección para delinear las principales conclusiones derivadas del estudio realizado y un espacio de reflexión sobre los retos en el desarrollo de la misma.

1. La planeación de contingencias

De acuerdo con datos del 2012 generados por el Grupo Swiss Re a nivel mundial, 35.8% de las catástrofes tuvieron relación con siniestros antropogénicos. Para el mismo año, en México este tipo de siniestros representó 2.1% del total de daños y pérdidas. En este sentido, el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) identifica como principales fuentes de peligro los lugares donde puede suceder algún siniestro antropogénico: en primer término, las zonas industriales, por ejemplo la industria farmacéutica; en segundo, donde se realizan actividades productivas relacionadas con la industria petroquímica; le sigue, la existencia de tuberías de gas y las estaciones expendedoras de combustibles; y por último, las fuentes de materiales radioactivos. De las fuentes mencionadas, las que mayormente se localizan en zonas urbanas de todo el país son la actividad industrial, las estaciones expendedoras de combustibles y la existencia de tuberías de gas (CENAPRED, 2009a).

En México, la atención y prevención de desastres se relaciona en lo fundamental con la actuación de Protección Civil, concebido como una figura de coordinación multiinstitucional, en la que concurren los tres órdenes de gobierno, la sociedad civil y las comunidades. Con la publicación del Programa Nacional de Protección Civil 2008-2012 (SEGOB, 2008) se establecen cambios fundamentales entre los que destacamos la concepción de los desastres como objeto de la política de desarrollo y un enfoque en el manejo integral de riesgos.

En términos generales los fenómenos antropogénicos se asocian en gran parte a un origen químico. Entre las principales contingencias de esta naturaleza registradas en México son obligadas las menciones a las explosiones dentro de la planta terminal de gas licuado de petróleo en la población de San Juan Ixhuatepec (San Juanico), en septiembre de 1984 resultado de la cual más de 1 000 personas perdieron la vida y 5 000 fueron heridas. Cuatro años después se presentó un flamazo en el kilómetro 143 del oleoducto de 30 pulgadas Nuevo Teapa-Poza Rica, por el que murieron 20 personas y fue necesaria la evacuación de 15 000. En 1991, se registró una explosión en el complejo petroquímico Pajaritos, Veracruz donde murieron seis personas y hubo 329 heridos. Finalmente, en Guadalajara en 1992 se generó una explosión en cadena en el sector Reforma de la misma, donde se reportaron 210 fallecidos, dos desaparecidos y 1 480 lesionados (Bitrán, 2001). No

obstante, en México los fenómenos que involucran sustancias químicas ocurren con una frecuencia bastante más grande de la que recuerdan los hechos mencionados, como se puede apreciar en el cuadro 1.

Cuadro 1. Daños en México por fenómenos químicos 2005 – 2008

Año	Muertos	Población afectada (personas) ^{1/}	Viviendas dañadas	Área de cultivo dañada y/o paltizales (ha.)	Total de daños (millones de pesos)
2005	93	6,031	102	276,090.90	284.4
2006	119	4,439	223	243,865.20	262.5
2007	39	2,121	50	141,664.10	143.6
2008	46	3,767	49	231,645.50	241.7

^{1/} Se consideran personas lesionadas, evacuadas y desaparecidas. Fuente: (CENAPRED, 2009a).

Las situaciones donde se expone a la población a riesgos derivados de las emergencias generadas por las actividades económicas y el propósito de fortalecer las capacidades locales en la atención de contingencias antropogénicas constituyen el fundamento para generar un sistema de soporte a la planeación de evacuaciones en el ámbito urbano, en este sentido, se considera que los “factores de riesgos antropogénicos o antrópicos en México han sido causados por el hombre debido a los procesos de industrialización y modernización, o provocados deliberadamente por causas delincuenciales. Entre los primeros, sobresalen el envejecimiento de la infraestructura urbano-industrial; el incremento del manejo de materiales y transportación de sustancias y residuos peligrosos en ciudades y carreteras; la fuga de sustancias tóxicas y explosivas; el crecimiento urbano desordenado y los asentamientos irregulares en reservas ecológicas, en orillas de lagunas, riveras y barrancas; y la contaminación del agua y la deforestación” (Cloutier y Cushmac, 2012). Por otra parte, la Secretaría de Gobernación (SEGOB) (2008) considera que los factores de riesgo antropogénico están relacionados con el terrorismo, la delincuencia, los accidentes tecnológicos, y el comercio ilegal de estupefacientes y armas, entre otros.

Entre las contingencias de naturaleza antropogénica, en esta investigación nos enfocamos en las que afectan o ponen en peligro solo una parte del espacio urbano y en las que la protección de la población requiera de su traslado a un lugar seguro dentro de la propia ciudad. De acuerdo con esto quedarían fuera de nuestro objetivo la atención a desastres que requieran de la evacuación total de una ciudad o región. En términos de cobertura, esta propuesta puede ser clasificada como enfocada a la Micro-evacuación urbana.

La planeación de evacuaciones en general se reconoce como un proceso secuencial que inicia con la identificación precisa del área de afectación, misma que depende del tipo y volumen de la sustancia liberada, las condiciones atmosféricas, la velocidad y dirección del viento y el tiempo transcurrido desde el inicio de la eventualidad. Este es un proceso crítico, ya que el mismo se relaciona a la evaluación adecuada de la magnitud del incidente y la base del resto de los procesos necesarios hasta la evacuación (Goldblatt, 2004; Rossetti y Ni, 2010).

En esta planeación secuencial, una vez definida el área de evacuación, se hace una estimación de la población que necesita ser evacuada del área de peligro, la cual depende de las actividades desarrolladas por los residentes del área, el día de la semana y la hora del día, al respecto, se debe diferenciar entre la población nocturna y diurna de las áreas asociadas. En este proceso, se reconoce a los datos disponibles en los censos de población y vivienda como la población nocturna de las áreas. Por su parte, las estimaciones de la población diurna considera a trabajadores y estudiantes del área que se trasladan fuera de la unidad espacial y a quienes se trasladan de otras unidades a la misma; adicionalmente se puede considerar la existencia en el área de instalaciones que implican la concentración de personas asociadas a la misma, como la existencia de centros comerciales, lugares de abasto que agrupen a personas.

El proceso continúa con el diseño de las rutas óptimas entre los límites del área de evacuación y los albergues de respuesta inmediata. En el diseño de las rutas se debe considerar una priorización de vialidades que favorezca la circulación sobre la red primaria, dadas las mayores velocidades, y el menor tiempo, que permiten las mismas y la distribución de la población entre los puntos de contacto del área a evacuar con la red vial primaria. Finalmente, el diseño de las rutas debe prevenir la saturación de las capacidades en los albergues de respuesta inmediata.

Hasta aquí, se considera que son los elementos básicos del proceso inicial de planeación de evacuaciones. Para llevar a cabo dicho proceso, se puede utilizar el potencial de programación y representación geográfica de los SIG de la que resulte una respuesta espacial a las necesidades establecidas como sistema de soporte a la planeación. A partir de este resultado, se puede considerar continuar con el protocolo establecido para la evacuación o modificar los parámetros y generar una respuesta alternativa para pasar a la fase de implementación y la movilización de recursos necesarios para su realización (Johnson, 2000).

2. Procedimiento general y etapas en el manejo de una emergencia en México

A partir de conocer el proceso de planeación de evacuaciones ante una situación de emergencia, se requiere saber que instituciones, personas, recursos, estrategias, decisiones, gestión de riesgos

y acciones son necesarios realizar de manera estructurada, como parte del procedimiento y las etapas del manejo de una emergencia. En primer lugar, en México frente a cualquier situación de emergencia se debe seguir el procedimiento general de actuación del Sistema Nacional de Protección Civil, donde el auxilio a la población debe constituirse en una función prioritaria, su funcionamiento es el siguiente (DOF, 2012):

1. En caso de emergencias se hará del conocimiento de la Secretaría de la Defensa Nacional y la Secretaría de Marina para que se implemente el Plan de Auxilio a la Población Civil, con la finalidad de iniciar las actividades de auxilio a la población.
2. La primera autoridad que tome conocimiento de la situación de emergencia, deberá proceder a la inmediata prestación de ayuda e informar tan pronto como sea posible a las instancias especializadas de protección civil.
3. “El Reglamento de esta Ley y las demás disposiciones administrativas en la materia establecerán los casos en los que se requiera de una intervención especializada para la atención de una emergencia o desastre. La primera instancia de actuación especializada, corresponde a las Unidades Internas de Protección Civil de cada instalación pública o privada, así como a la autoridad municipal o delegacional que conozca de la situación de emergencia” (DOF, 2012: 32).
4. Corresponderá “en primera instancia a la unidad municipal o delegacional de protección civil el ejercicio de las atribuciones de vigilancia y aplicación de medidas de seguridad” (DOF, 2012: 32).
5. “En caso de que la emergencia o desastre supere la capacidad de respuesta del municipio o delegación, acudirá a la instancia estatal o del Distrito Federal correspondiente, en los términos de la legislación aplicable. Si esta resulta insuficiente, se procederá a informar a las instancias federales correspondientes, las que actuarán de acuerdo con los programas establecidos al efecto...” (DOF, 2012: 32).
6. En las acciones de gestión de riesgos se dará prioridad a los grupos sociales vulnerables y de escasos recursos económicos.

A partir del conocimiento del procedimiento general de actuación, también es necesario que antes, durante y después de una emergencia los responsables, conozcan estrategias y realicen acciones

para la administración de recursos en el manejo de las mismas. Según Rivera (2003: 11-13) en este proceso pueden identificarse cuatro etapas :

- a. **Prevención:** Los programas de prevención están destinados a prevenir o mitigar los efectos de una emergencia, e incluyen medidas tales como: desarrollo de estándares o normas para la construcción, operación y mantenimiento de equipo e instalaciones.
- b. La prevención, es la mejor manera de evitar o disminuir los efectos adversos que los desastres provocan en la sociedad. Dentro de las acciones preventivas principales, los simulacros de evacuación de inmuebles constituyen un recurso básico para el adiestramiento adecuado de los grupos especializados y de quienes ocupan un inmueble ya sea en forma permanente o temporal, como población fija o flotante, por ello contribuye a mejorar la preparación de la población en su conjunto (CENAPRED, 2009b: 7).
- c. **Preparación:** Los programas de preparación están diseñados para que los individuos y los participantes (autoridades, voluntarios, etcétera) estén preparados para reaccionar efectivamente una vez que la emergencia ha ocurrido, e incluyen medidas como: planes de emergencia, convenios de ayuda mutua, inventario de recursos, procedimientos de aviso o advertencia, ejercicios de capacitación, sistema de comunicación de emergencias.
- d. **Respuesta:** Los programas de respuesta están diseñados para combatir emergencias cuando estas han ocurrido, e incluye medidas como: establecimiento del centro de operación, movilización de recursos, provisiones para los servicios de asistencia médica y social, procedimiento para la declaración de emergencia.
- e. En el marco de la protección civil, el análisis de consecuencias permite estimar o cuantificar los daños hacia las personas, los bienes materiales y el medio ambiente.
- f. **Recuperación:** Los programas de recuperación están diseñados para ayudar a restaurar el ambiente y/o el sitio del incidente y áreas afectadas, a las condiciones previas a la emergencia, e incluyen medidas como: restauración y reconstrucción física, alojamiento temporal, información sobre seguridad e higiene.

Las autoridades locales (Protección Civil, Seguridad Pública, Cuerpo de Bomberos) son comúnmente los primeros en responder a una emergencia, por lo cual requerirán establecer y aplicar las acciones de atención antes que otras instituciones participantes. Para ello se requerirán de algunas provisiones para compartir recursos, información y asistencia con otros participantes.

Desarrollar acciones apropiadas a una respuesta a un amplio rango de situaciones implica contar con toda la ayuda necesaria, de tal manera, que la planeación resulta preponderante en la anticipación, durante y en el planteamiento de posibles soluciones de una emergencia (Rivera, 2003).

Durante una emergencia las etapas de prevención y de preparación son imperantes para la toma de decisiones. Una vez que se ha activado el sistema de respuesta por parte del Comité de Protección Civil, se decide la asignación y movilización de los recursos necesarios para su atención (Boletín Oficial, 2006). Las decisiones y acciones estarán en función de la capacidad de respuesta del comité y de su equipo de soporte técnico. En este sentido, resulta de gran ayuda contar con un modelo que genere respuesta automáticas y dinámicas a posibles contingencias que impliquen la intervención de protección civil y la necesidad de evacuación; esto nos permitirá contar con apoyo e información técnica para la toma de decisiones del comité antes y durante la respuesta a una emergencia; tales capacidades han sido desarrolladas por personal de El Colegio de la Frontera Norte y el Instituto Municipal de Investigación y Planeación de Nogales, mismas que son suficientes para la operación e implementación del modelo en la localidad.

3. Análisis de consecuencias

En el marco de la protección civil, el análisis de consecuencias permite estimar o cuantificar los daños hacia las personas, los bienes materiales y el ambiente. Las consecuencias generalmente se miden en términos del número de muertes, aunque también es posible expresarlos en función del número de lesionados, número de personas evacuadas o de daños a la propiedad. Normalmente se consideran tres tipos de efectos: radiación térmica, ondas de sobrepresión por explosión y la exposición de las personas a sustancias tóxicas (CENAPRED, 2007).

El análisis de consecuencias debe contemplar como mínimo:

1. La cantidad de sustancia liberada.
2. Los procesos físicos y mecanismos de dispersión por los cuales una sustancia puede alcanzar y afectar a las personas próximas al lugar de la fuga, o dañar al ambiente.
3. La cantidad de sustancia, radiación o sobrepresión que pueda alcanzar a las personas, o a propiedades.
4. Los efectos esperados de la sustancia liberada.

Para lo cual, pueden seguirse los siguientes modelos empleados para el análisis de riesgos y consecuencias, que implican dispersión atmosférica de sustancias y evacuación de personas (CENAPRED, 2007):

- a. Modelos de fuente: Los modelos de fuente se utilizan para predecir la tasa de descarga, la evaporación instantánea de una sustancia, la cantidad de aerosol formado y la cantidad de sustancia evaporada. Esta liberación puede ser producto de la ruptura o fractura de los recipientes, válvula de venteo o válvula abierta. El material fugado puede estar en estado gaseoso, líquido o en dos fases.
- b. Modelos de dispersión: Los modelos de dispersión tratan de definir los aspectos de transporte y dispersión de un material una vez que se ha liberado a la atmósfera. La densidad es una de las características principales que condiciona la transferencia de un gas en la atmósfera. existiendo tres posibilidades:
- c. Gases ligeros. Densidad inferior a la del aire (se dispersan).
- d. Gases pasivos o neutros. Densidad similar a la del aire (permanecen en el lugar).
- e. Gases pesados. Densidad mayor que la del aire (descienden a nivel del piso).
- f. En estos modelos las concentraciones están definidas para un tiempo promedio y se consideran las condiciones meteorológicas y la densidad de vapor.
- g. Dispersión de nube neutra, modelo gaussiano de difusión: Este modelo describe el comportamiento de los gases/vapores de fuerza ascensional neutra, dispersados en la dirección del viento y arrastrados a la misma velocidad, es lo que se denomina modelo de Pasquill-Gifford para liberaciones de gases neutrales.

4. Modelos de simulación de consecuencias de accidentes con sustancias peligrosas

Es muy común que en muchas actividades humanas, como la actividad industrial, se manejen sustancias que en determinado momento puedan provocar una explosión o un incendio. En este sentido resultan de especial interés los gases o líquidos que puedan dar lugar a la formación de un incendio o una nube explosiva. En este caso es importante el poder estimar los radios de afectación y la magnitud de los daños potenciales por la ocurrencia de un evento explosivo o un incendio,

considerando el personal expuesto y las características de instalaciones y procesos existentes (CENAPRED, 2006).

Un solo modelo no permite evaluar, todos los escenarios (fugas, derrames, incendios y explosiones) por lo que el manejo de estos simuladores requiere de personal capacitado o especializado para interpretar los resultados que proporciona el software, así como el manejo de criterios y variables a utilizar. Estos modelos de simulación están enfocados a personas capacitadas que se involucren en la atención de emergencias, pueden ser de tipo ambiental o de estudios de riesgo. Ante estas situaciones y en las etapas de prevención y de preparación cobra importancia la actuación del personal capacitado de El Colegio de la Frontera Norte y el Instituto Municipal de Investigación y Planeación de Nogales para operar e implementar el modelo de respuesta espacial a accidentes, dentro del proceso de toma de decisiones y posibles respuestas a una emergencia.

En general, para la simulación de las consecuencias de los accidentes existe una gran diversidad de softwares libres especializados como por ejemplo: ALOHA, CAMEO, DEGADIS, ARCHIE, T-SCREEN. Adicionalmente, también existen softwares que requieren del pago de una licencia para su operación, entre los que podemos mencionar: SCRI-MODELOS y PHAST- (CENAPRED, 2006). No obstante, en ninguno de los casos los mismos son capaces de evaluar los recursos dentro de las áreas de afectación –entre ellos los humanos- ni prever las acciones necesarios para salvaguardar los mismos, una de las ventajas que se puede lograr a partir de complementar los mismos con un sistema de soporte a la planeación como el propuesto en este artículo.

5. Secuencia de procedimientos para la evacuación de personas

En primer término, es importante destacar que los datos cartográficos, de población y económicos se requieren para el desarrollo e implementación del modelo, son generados por el INEGI, mismos que pueden ser consultados y utilizados por cualquier usuario que requiera información, por lo que en estos términos, la parte de la disponibilidad de los datos está resuelta para poder desarrollar e implementar el modelo.

En el desarrollo de la primera fase del proceso de planeación, la determinación del área de afectación del proyecto se sustenta en una aplicación de software desarrollada por la Oficina de la Environmental Protection Agency (EPA) y la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA), para ayudar a planificar y responder a las emergencias químicas denominada CAMEO, Computer-Aided Management of Emergency Operations. Su utilización permite acceder, conservar y evaluar información crítica para el desarrollo de planes de emergencia.

El sistema integra una base de datos químicos y un método para gestionar los datos, un modelo de dispersión de aire, y la capacidad de expresar espacialmente en un mapa los resultados del modelo aplicado. Todos los módulos de trabajo funcionan de forma interactiva para compartir y mostrar la información crítica en forma oportuna.

CAMEO es en realidad un conjunto de módulos de software y programas diseñados para asistir a los planeadores de emergencias y a los equipos de respuesta inmediata, está compuesto por cuatro aplicaciones que funcionan interactivamente y que brindan al usuario:

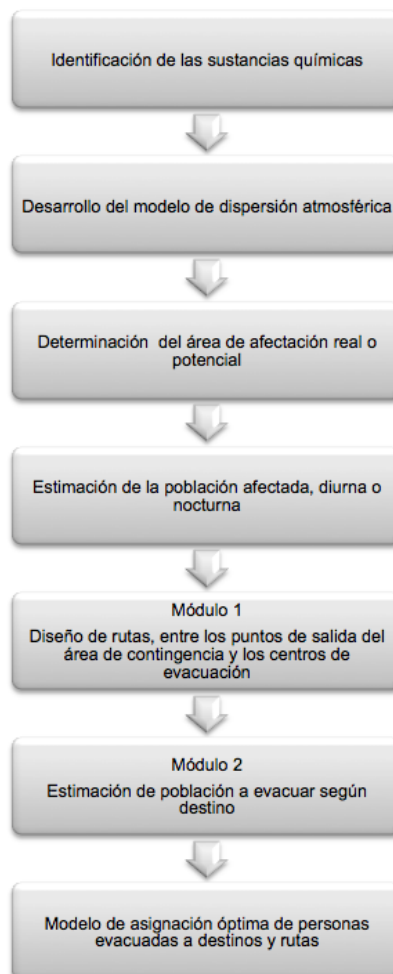
- a. Acceso a las propiedades químicas e información de respuesta
- b. Modelo potencial de escapes químicos
- c. Mostrar los resultados en un mapa
- d. Administrar los datos de planeación

Generar una respuesta inmediata ante una situación de emergencia implica la realización de diversas actividades como parte de un proceso a seguir. En este sentido, las actividades relacionadas con el uso de programas y software inician con la identificación de las sustancias químicas que originan la emergencia, la identificación se obtiene de las hojas de datos químicos contenidas en el software Chemicals, el cual, es un módulo del programa CAMEO que proporciona propiedades físicas, riesgos para la salud, la información sobre los peligros del aire y del agua, y recomendaciones para la lucha contra incendios, primeros auxilios, y respuesta a derrames de las sustancias químicas. Además de la información en las hojas de datos, también puede añadir sustancias químicas a la colección My Chemicals para ver qué peligros se podrían producir si los productos químicos en la colección se mezclan (diagrama 1).

El siguiente paso del proceso consiste en desarrollar en el software ALOHA un modelo de dispersión atmosférica, utilizándolo para evaluar las emisiones de vapores químicos peligrosos, permitiendo al usuario estimar la dispersión por el viento de una nube química, basada en la toxicología y las características físicas de la sustancia química liberada. Los datos de entrada requeridos son básicamente de dos tipos: aquellos relacionados con las características químicas de la sustancia y las circunstancias específicas de la liberación, y aquellos relacionados con las condiciones meteorológicas (temperatura, presión atmosférica, humedad relativa, nubosidad, dirección y velocidad del viento). Los datos de salida que genera el software ALOHA se relacionan principalmente con la estimación de las zonas de afectación asociada con varios tipos de emisiones de sus-

tancias químicas peligrosas, incluyendo las nubes de gases tóxicos, incendios y explosiones. En el ejercicio desarrollado se considera que los datos en relación a la sustancia y las condiciones en que se da su liberación forman parte de los datos proporcionados por Protección Civil del municipio y que los datos meteorológicos necesarios pueden ser obtenidos en línea de la estación meteorológica Campana Plaza, I-19 & Mariposa, Nogales, (<http://www.wunderground.com/cgi-bin/findweather/getForecast?query=85621&sp=KAZNOGAL1>).

Diagrama 1. Secuencia de procedimientos para la evacuación de personas ante una situación de emergencia



Fuente: elaboración propia.

Enseguida, se utiliza el módulo MARPLOT, la aplicación de mapeo que permite a los usuarios ver las zonas contaminadas por la liberación de sustancias químicas peligrosas, generando escenarios reales o potenciales. En este último caso, y de igual manera que en un caso real, las sustancias químicas también pueden ser superpuestas en los mapas para determinar los impactos potenciales; adicionalmente el modulo considera otros datos espaciales, por ejemplo, carreteras, instalaciones, escuelas, como parte de los recursos necesarios para generar una respuesta. La información sobre mapas de la zona se muestra en una computadora y que también puede ser impresa.

Las zonas de afectación pueden ser trazadas en los mapas con MARPLOT para mostrar la ubicación de las instalaciones de almacenamiento de otros materiales peligrosos y lugares vulnerables, como hospitales y escuelas, o como en nuestro caso, ser exportadas en un formato de SIG para su utilización.

Una vez determinada las zonas de afectación, es necesario incorporar los resultados al SIG y en el mismo combinar esa información con los datos de la población, nocturna y diurna, incorporados previamente a la base de datos de las Áreas Geoestadísticas Básicas (Ageb) en el espacio de estudio, utilizando la Cartografía Básica Urbana (INEGI, 2009). Para la estimación de las poblaciones referidas se partió de la base de datos de los resultados del II Censo de Población y Vivienda del 2005 (INEGI, 2005) para establecer la población nocturna. A partir de esta, se consideran las entradas provenientes de otras unidades espaciales por motivo de estudio -matrícula de las escuelas en la Ageb- y por motivo de trabajo -empleo por Ageb- de los Censos Económicos 2004 (INEGI, 2004). A su vez, se considera que de la unidad espacial también salen personas por motivo de estudios, población en edad escolar por Ageb (INEGI, 2005) y de trabajo, personas en edad laboral por tasas de actividad por sexo por Ageb (INEGI, 2000).

En el caso de las Ageb que por ser más actuales no disponen de los datos necesarios en las bases utilizadas se substituirá su falta con el promedio correspondiente para la ciudad. Finalmente, se considera la existencia de centros comerciales, lugares de abasto y de otro tipo que pueden estar ubicadas dentro de las Ageb y que implican la concentración de personas, esta información estará contenida en una base de datos "ad hoc" construida a partir de información primaria de la localidad y a ser mantenida como parte de la administración del sistema.

Para la determinación de las rutas en el SIG, las vialidades contenidas en la Cartografía Básica Urbana (INEGI, 2009) deben quedar expresadas en términos de una red vial con valores de tiempos y velocidades como medidas de impedancia de los recorridos por tramos de vialidad. En el caso de las velocidades fueron establecidas de manera homogénea a partir del orden de las mismas, de modo que para vialidades de primer orden se asumió una velocidad de 60 Km/h, mientras

que en las de segundo se consideró una velocidad de 45 Km/h y la de tercero y cuarto 30 Km/h. Una vez establecida la velocidad y conociendo el tamaño de los segmentos de la misma entre intersecciones el tiempo de recorrido puede ser calculado a partir de la relación algebraica entre recorrido, tiempo y velocidad.

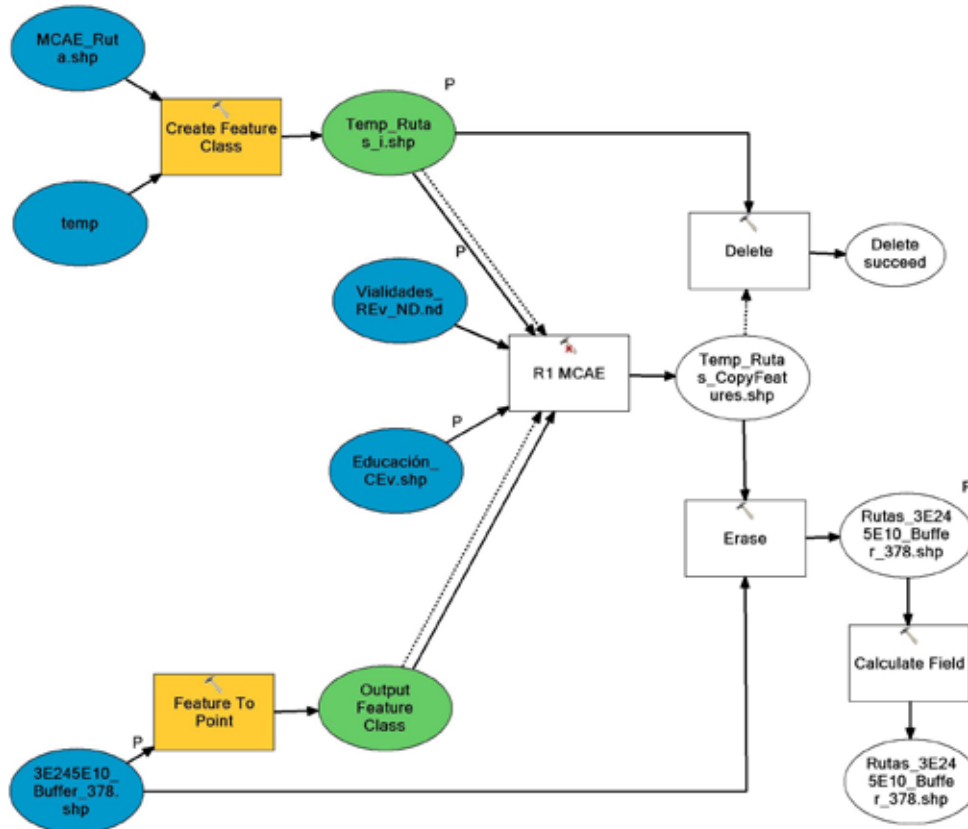
Finalmente, la información básica debe ser complementada con la ubicación de los centros de recepción de evacuados de primera respuesta. En el caso del ejercicio aplicado, se consideró que esa función podía ser desempeñada por los centros educativos de nivel medio y superior. En su selección fue determinante el reconocimiento de la cobertura espacial de los mismos en la ciudad, su ubicación en relación a la red vial primaria y que por lo general son instalaciones con la preparación necesaria para dotar servicios básicos a grupos de personas, aunque sujeto a restricciones de capacidad.

El modelo desarrollado para el diseño de las rutas considera el supuesto de que los puntos de origen de la evacuación se ubican en la intersección de los límites del área de afectación con la red vial primaria. También supone que la asignación de las personas a el o los puntos de origen son determinados a partir de la menor distancia en línea recta desde su ubicación al interior del área y los puntos de origen. Finalmente, se supone que la distribución de la población al interior de las Ageb es proporcional al área que ocupan dentro de la misma.

Los datos y las transformaciones asociados a esta fase están contenidos en el sistema y son transparentes para el usuario. El funcionamiento del modelo se programó utilizando el ModelBuilder del software ArcMap que permite la integración en una herramienta de un conjunto de geoprocесamientos y transformaciones en una secuencia definida para resolver un problema específico. En nuestro caso el mismo se construyó en dos partes: la primera, con el propósito de diseñar las rutas entre los puntos de salida del área de contingencia y los centros de evacuación de primera respuesta; y la segunda, para estimar las cantidades de personas a evacuar por cada una de las rutas asociadas y dividir el área a evacuar en función de la cercanía a los puntos de salida de la misma.

La interfase de interacción con el usuario del componente de diseño de rutas, requiere de cuatro parámetros, tres de entrada y uno de salida. El geoprocесamiento para el diseño de las rutas requiere de la especificación del nombre de la Red vial asociada al área de estudio, el dato independiente del evento analizado, los datos del archivo que contiene la ubicación de los centros de evacuación a utilizar, el dato independiente del evento analizado, y el área asociada a la afectación por la contingencia analizada, como parámetro de salida se genera un archivo en el software MAPLOT y finalmente se nombra el archivo de resultados de las rutas diseñadas (figura 1).

Figura 1. Diseño de rutas entre los puntos de salida del área de contingencia y los centros de evacuación

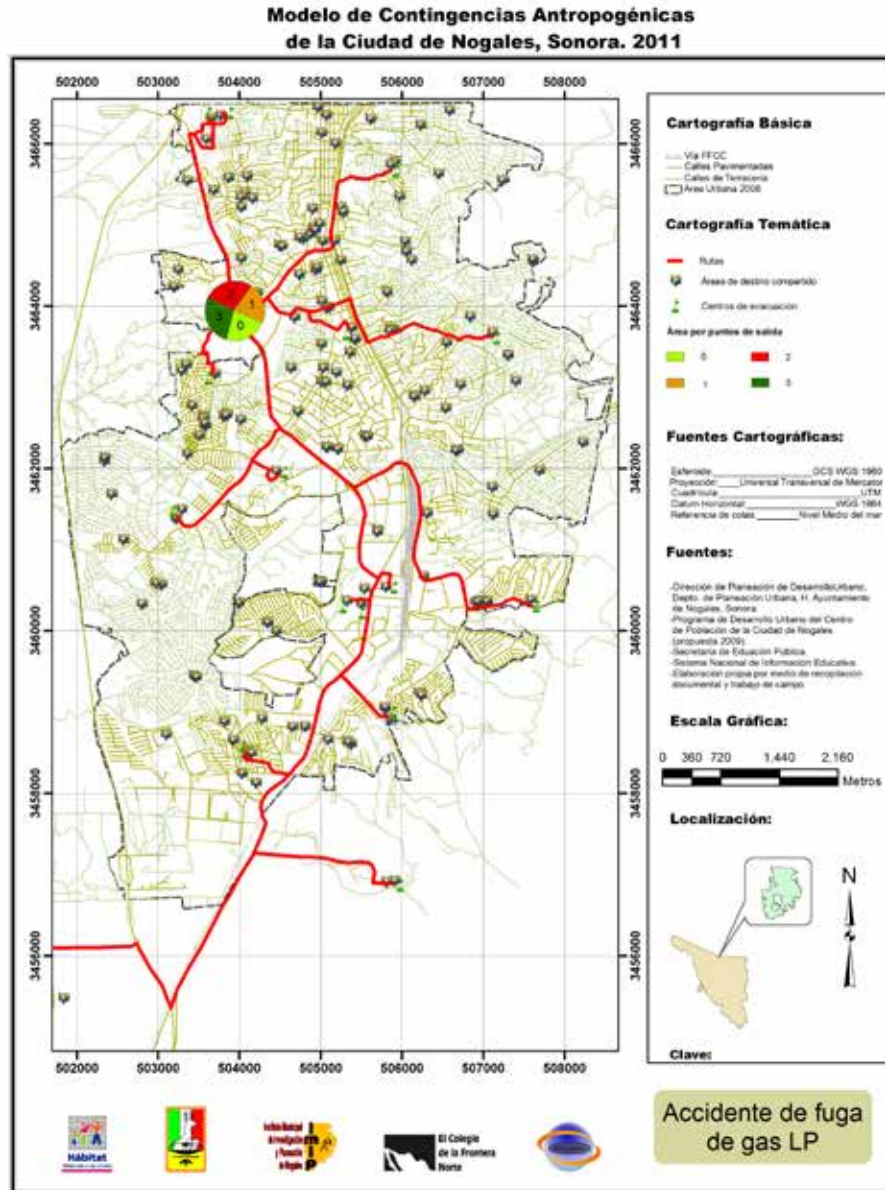


Fuente: (COLEF-IMIP, 2011).

Con el resultado de las rutas entre el área de la contingencia y los centros de evacuación se completan los requerimientos del segundo y último módulo del modelo que estima la población a evacuar por punto de salida y divide el área de la contingencia de acuerdo a las distancias mínimas a los puntos de salida. En este proceso se utiliza la interfase con el usuario, en la misma se consideran dos nuevos parámetros de entrada: las Ageb, donde se han incorporado las estimaciones de población y los destinos compartidos, puntos a los que se asocian las instalaciones concentradoras de flujos poblacionales importantes en el área de estudio. El resto de los parámetros de entrada se refiere al área de la contingencia y al resultado del módulo de rutas. Como parámetros de salida, en este caso se tendrán el archivo de área de la contingencia por salida de ruta para almacenar la distribución del área en función de la cercanía a los puntos de salida y tres archivos de texto que contendrán la distancia a recorrer entre los puntos de salida y los centros de evacuación y el área

asociada a cada punto de salida y finalmente dos archivos de texto que contendrán a la población estimada del área de la contingencia y la población usuaria de las denominadas instalaciones concentradoras de flujos poblacionales, solo en caso de existir alguna en el área de evacuación.

Mapa 1. Resultados del modelo en la evacuación de personas a albergues por ruta durante una contingencia en Nogales, Sonora



Fuente: (COLEF-IMIP, 2011).

Los resultados de ambos procesos, a modo de ejemplo, quedan contenidos en el mapa siguiente. En este caso, se realizó un ejercicio de un siniestro de fuga de gas LP en una estación donde se expende; se muestra la estimación de la población a evacuar por punto de salida y la ruta a seguir para llegar a los centros de evacuación.

6. Modelo lineal de asignación óptima de personas evacuadas a destinos y rutas

Para la organización del análisis de los resultados se preparó una hoja de cálculo a la que se incorporan, en una ubicación predeterminada, los datos contenidos en los archivos de salida de los módulos de procesamiento, anteriormente descritos, y que contiene adicionalmente un modelo de programación lineal que resuelve la asignación óptima entre orígenes y destinos de la evacuación. A modo de ejemplo, utilizando uno de los ejercicios desarrollados, como parte del proyecto, a continuación se muestra el procedimiento para su análisis. Los resultados del archivo de texto que contiene el destino, la distancia y los puntos de salida de las rutas u origen de la evacuación se agregan a la hoja de nombre “Rutas ODyD”, donde la distancia a recorrer para llegar a cada albergue está determinada por la ruta asignada.

En el caso de los resultados del archivo de población residente por punto de salida de origen de la ruta de evacuación, estos resultados deben copiarse en las respectivas celdas de la hoja llamada “PoblacionEv” que contiene el total por punto de salida de la población que corresponde al área de contingencia. En el caso de la población no residente, se considera necesario especificar la hora a la que ocurre el evento para poder determinar a esa hora el estimado de la población de “visita” en el área de la contingencia.

Con los datos así especificados, el modelo de programación lineal determina la asociación de orígenes y destinos y las cantidades de población a mover entre estos puntos que minimice los desplazamientos totales a recorrer, lo que constituiría la solución más eficiente en el desarrollo de la evacuación. Los resultados de este proceso, presentados resumidamente en el siguiente cuadro, muestran resaltados los espacios de soluciones factibles del mismo. De acuerdo a ello, la columna de destino 0 no tiene asociada alguna solución factible; en este caso por estar dentro del área de la contingencia. Por el contrario, en la columna 1 sí hay una solución factible, pero dado que la misma aparece también en la columna 17, el modelo lineal “decide” asignársela a la columna 17, ya que la distancia del Origen 2-Destino 17 es la menor de ambas (ver cuadro 2). De este modo son asignados los resultados generales del modelo. Entre las situaciones especiales a presentarse se incluyen la asignación de exceso de capacidad a alguno de los destinos, lo cual se indicaría con un sombreado en rojo.

Cuadro 2. Resultados del modelo lineal de asignación óptima de personas evacuadas a destinos y rutas

Origenes	Destinos						Suma	Total
	0	1	2	7	16	17		
0	-	-	-	21	-	-	21	21
1	-	-	-	-	311	-	311	311
2	-	-	-	-	-	557	557	557
3	-	-	473	-	-	-	473	473
4	-	-	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-	-	-	-
99	837	681	554	287	161	933	11,012	11,012
Suma	837	681	1,027	308	472	1,490		
Total	837	681	1,027	308	472	1,490		

Fuente: (COLEF-IMIP, 2011)

En general, la totalidad de procesos que se han considerado como parte del desarrollo de este sistema de soporte a la planeación urbana de contingencias, utilizando diferentes equipos de cómputo, nunca rebasó los cinco minutos. Comparando el tiempo que tarda el proceso en los equipos de cómputo con relación al tiempo en que se activa el funcionamiento del Comité municipal de Protección Civil, encontramos que al comité le toma mucho más tiempo comenzar a sesionar, en comparación con la respuesta casi inmediata a partir que se implementa el modelo de simulación ante una emergencia.

Entre las alternativas a considerar como parte de las posibilidades del modelo desarrollado está el considerar que la red vial puede ser interrumpida como resultado de algún agente externo o como resultado de la ocurrencia de la interrupción de la red vial en una situación de inundaciones en la ciudad. En ambos casos la incorporación de alguna interrupción debe considerar una modificación de la red vial de base. La solución, como respuesta a una inundación puede ser prevista y considerada a partir del conocimiento histórico del comportamiento de las inundaciones en la ciudad o del modelo digital de elevaciones que permiten expresar en términos de área los segmentos de vialidad que no pueden ser utilizados. Con esas áreas determinadas podemos entonces “recortar” las vialidades y generar una nueva red vial que considere anticipadamente el impacto de las inundaciones en las soluciones ofrecidas por el modelo. La consideración de otras interrupciones se soluciona con el mismo proceso solo que al no tener una previsión de los lugares de ocurrencia su implementación debe considerarse en el momento de la ejecución.

Las necesidades de mantenimiento del sistema son mínimas e incluyen ajustes en la red vial y las relaciones entre distancia y las velocidades consideradas para cada vialidad, también, posteriormente se pueden incorporar puntos de concentración de personas y cantidades de ellas, así como, actualizar los datos de población y empleo por Ageb en la ciudad.

7. Aplicación a la ciudad de Nogales, Sonora

La ciudad de Nogales es la urbe fronteriza más importante del estado de Sonora y se considera parte del Corredor del Sol, un desarrollo estratégico que conectaría las áreas metropolitanas de Phoenix, Tucson y Nogales, en Arizona, con Nogales, Hermosillo, y Obregón, en Sonora. Su crecimiento y estructura productiva y urbana es similar al de otras ciudades fronterizas de México que destacan por un crecimiento poblacional acelerado, una estructura productiva asociada a la presencia de la industria maquiladora y una estructura urbana centralizada con un crecimiento histórico a partir de los puntos de cruce a Estados Unidos (COLEF-WWC, 2009).

Estas características particulares han implicado en la práctica el ahogamiento de las infraestructuras industriales al interior de las ciudades y una mezcla de usos de suelo que no considera la segregación de las mismas en función de la prevención de afectaciones a la población por accidentes industriales. Adicionalmente, prevalecen ocupaciones del suelo en espacios considerados como no aptos para el desarrollo urbano y una fuente de peligro constante ante desastres naturales y restricciones importantes a la accesibilidad a esos lugares en caso de desastres o emergencias de cualquier naturaleza (Segob, 2008).

Al respecto, es una realidad cómo gran parte de las infraestructuras industriales se mezclan con usos de suelo habitacional al interior de la ciudad. No obstante, esas no son las únicas fuentes de riesgo distribuidas al interior de las áreas urbanas; otras fuentes son: la ubicación de instalaciones con manejo de gasolina e hidrocarburos, en Nogales se observa una peligrosa cercanía entre algunas de ellas, y en algunos casos se encuentran concentradas en determinados espacios. Por otra parte, la ubicación de hielерías y tintorerías, que si bien por la escala de su operación no se perciben como actividades riesgosas, se debe considerar que en la fabricación de hielo se utiliza amoníaco y en las tintorerías se maneja por ejemplo percloruro de etileno, un solvente que puede producir graves daños a la salud.

En la configuración urbana de la ciudad, el crecimiento acelerado de la misma y la accidentada orografía de la zona han sido importantes elementos condicionantes. Su impacto, ha incidido también en el desarrollo de una red vial que se caracteriza por una baja conectividad de su estructura primaria. Una red que además es susceptible de sufrir graves interrupciones dada la

existencia de vías de ferrocarril en la parte central de la misma con predominio de intercepciones con pasos a nivel.

Entre los ejercicios desarrollados en primer lugar se presenta el que considera la ocurrencia de un accidente de fuga de gas LP en una estación donde se expende. En este caso en que la zona de afectación se considera que es circular con un radio aproximado de 378 metros, de acuerdo a los resultados del uso del software ARCHIE simulando una fuga de gas. En la determinación de las zonas de afectación se consideraron las opiniones del personal especializado de Protección Civil del municipio que asocia la zona de afectación con la capacidad de los tanques de que dispone la estación y el volumen contenido en ellos.

Los resultados fueron los presentados en su versión espacial en el mapa 1, donde el área de la afectación es dividida en cuatro zonas asociadas a los puntos de salida. El resultado de las rutas calculadas (cuadro 2) muestra las distancias que es necesario recorrer entre los puntos de salida y los centros de respuesta inmediata ante la evacuación. En otro de los resultados se describe la asignación de personas a cada una de las rutas, se muestra la cantidad de personas que se estima sean evacuadas desde cada uno de los puntos de salida, asimismo, se describe el número de personas que reciben cada uno de los centros de respuesta inmediata y su relación con la capacidad total que se tiene en cada uno de ellos.

Un segundo ejercicio considera el derrame de Oleum, un reactivo agresivo y altamente corrosivo de amplio uso industrial al transformarse en ácido sulfúrico, transportado a través del ferrocarril. Por las características de la sustancia, su área de afectación es pequeña, según los resultados de la implementación del software ARCHIE, por lo que en lugar del mapa extendido de la ciudad se utilizará un acercamiento al área considerada. En este caso, la división del área de evacuación se ha dividido en dos considerando que las rutas asociadas a la división del área tienen contacto con dos espacios de ella, no obstante que la misma tiene contacto con otros segmentos de la red vial primaria que dada la interrupción de la red vial y la conectividad de la red quedan fuera de su selección como puntos de origen de la evacuación. En este caso se puede observar a detalle cómo funciona la priorización de la selección de las vialidades en las rutas, ya que aunque el recorrido puede ser más corto a través de vialidades de tercer o cuarto orden el modelo selecciona el recorrido sobre las de primer y segundo orden por ser más rápido.

Finalmente, la calibración de la aplicación desarrollada y su ajuste a las condiciones de la realidad específica dependerá de la realización continua de ejercicios de esta naturaleza y el análisis de las respuesta espacial por los expertos locales que permita, de ser necesario, el ajuste de los elementos críticos en la calibración de la aplicación, en especial de la red de vialidades y las velocidades ante una situación de emergencia real.

Entre los elementos no considerados que a futuro pueden incorporarse al modelo desarrollado podemos mencionar, entre otras, la estimación de los tiempos requeridos para la evacuación total de las áreas y las necesidades de control de tráfico para evitar congestionamientos en las rutas de evacuación.

Conclusiones

Como parte de los principales resultados de la investigación, en primer lugar se debe resaltar que los peligros y riesgos antropogénicos existentes en el área urbana de la ciudad de Nogales, Sonora, son de consideración. Situación, a la que han contribuido en diferente medida un crecimiento urbano no ajustado en su totalidad al marco normativo aplicado, el crecimiento en condiciones irregulares del uso de suelo habitacional y presiones desde las actividades económicas con requerimientos de espacios para su operación. Procesos de los que ha surgido una mezcla de usos de suelo con implicaciones importantes en la determinación de los peligros y riesgos a los que está expuesta la población.

De manera general, en materia del manejo de los riesgos antropogénicos uno de los principales hallazgos fue que dicha problemática evidencia una alta vulnerabilidad poco analizada en los estudios de las áreas urbanas en México, por lo que el desarrollo e implementación de este tipo de modelos contribuyen al conocimiento y a una mejor toma de decisiones de las personas encargadas de proporcionar las primeras respuestas ante una emergencia que implique la evacuación de personas por rutas a seguir en dirección a los albergues.

Otro aporte del modelo desarrollado es que para su implementación se requiere de datos que están disponibles para cualquier usuario. Asimismo, parte del software que requiere el modelo se puede obtener de forma gratuita. Además, partiendo del supuesto de que en todo momento está disponible la red vial para ser utilizada para llegar a los albergues desde donde hay una contingencia, en el modelo se consideran soluciones ante posibles interrupciones viales. También, al considerar la existencia de protocolos de Protección Civil y de los tres niveles de gobierno para la atención de una contingencia, el desarrollo e implementación del modelo se incluye como parte de la secuencia de procedimientos de dichos protocolos y de las acciones de los comités de Protección Civil, personal especializado y de gobierno.

Es un modelo flexible ya que se pueden incorporar en el futuro, elementos no considerados como la estimación de los tiempos necesarios para la evacuación total de las áreas, las necesidades de control de tráfico para evitar congestionamientos en las rutas de evacuación, ajustes en la red vial y las relaciones distancia velocidades consideradas en las mismas, incorporación de puntos de

concentración de personas y cantidades de ellas asociadas a los mismos, actualización de los datos de población y empleo por Ageb en la ciudad. En términos generales, las necesidades de mantenimiento del sistema son mínimas.

En especial se encontró una combinación de tecnologías compatibles entre sí que permitieron la interacción en un modelo final con la suficiente flexibilidad para considerar escenarios alternativos y que adicionalmente pueda ser actualizado en un proceso continuo que acerque los resultados del mismo a escenarios cada vez más reales. Adicionalmente, se consideró que el modelo desarrollado pueda ser utilizado por usuarios con conocimientos básicos de SIG.

Los ejercicios desarrollados muestran resultados de operación del modelo estable; no obstante se espera que a futuro y luego de la operación experimental del mismo se pueda evaluar con un conocimiento de los resultados para una gran variedad de casos. En cuanto a los tiempos de ejecución de las fases del modelo, utilizando diferentes equipos de cómputo, nunca rebasó los cinco minutos en total, lo cual es suficiente para que al reunirse el Comité municipal de Protección Civil ya se disponga de los documentos y mapas que apoyen las decisiones necesarias.

Finalmente, ante una emergencia que implique la intervención de Protección Civil y la necesidad de evacuación de personas, se requiere de la generación de respuestas automatizadas a posibles contingencias. En este sentido, el modelo se constituye como un sistema de soporte a la planeación, que contribuye a mejorar las capacidades de respuesta, de los Comités de Protección Civil, en la toma de decisiones para la asignación y movilización de recursos necesarios para su atención, antes y durante una emergencia que se constituye por sus capacidades como una respuesta desde la planeación a las necesidades de actuar para salvaguardar la vida de las personas a partir de la capacidad de respuestas rápidas ante las contingencias. El desarrollo del modelo de manera conjunta con personal en la localidad adscrito al Instituto Municipal de Investigación y Planeación generó un núcleo inicial de usuarios avanzados del modelo. Las capacidades desarrolladas en los mismos son suficientes para su operación y las necesidades de capacitación que implicarían su implementación en la localidad.

Referencias

- Bitrán Bitrán, Daniel (2001). *Características del impacto socioeconómico de los principales desastres ocurridos en México en el periodo 1980–1999*. Serie 1, México D.F.: Secretaría de Gobernación, Centro Nacional de Prevención de Desastres, 107 pp.
- Boletín Oficial del Gobierno del Estado de Sonora (Boletín Oficial) (2006). “Reglamento de Protección Civil para el Municipio de Nogales, Sonora”. Heróica Nogales, Sonora, 116 pp.

- Brail, Richard y Richard Klosterman (2001). *Planning Support Systems: Integrating Geographic Information Systems, Models, and Visualization Tools*. Redlands, California: ESRI, 500 pp.
- Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) (2006). “Guía práctica sobre riesgos químicos”. México, D.F., 119 pp.
- Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) (2007). “Riesgos Químicos”, México, D.F., 44 pp.
- Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) (2009a). “Características e impacto socioeconómico de los principales desastres ocurridos en la República Mexicana en el año 2008”. México, D.F., 364 pp.
- Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) (2009b). “Guía Práctica de Simulacros de Evacuación en Inmuebles”. México D.F., 85 pp.
- Cloutier, Michel y George Cushmac (2012). *Guía de respuesta en caso de emergencia*. Ottawa, Washington, México D.F.: Transporte Canadá, Departamento de Transporte de los Estados Unidos de América, Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 436 pp.
- Cova, Thomas y Richard Church (1997). “Modelling community evacuation vulnerability using GIS”. En *International Journal of Geographical Information Science*, 2 (8), Taylor & Francis Group, pp. 763 -784.
- Diario Oficial de la Federación (DOF) (2012). “Ley General de Protección Civil”. México, D.F., 32 pp.
- El Colegio de la Frontera Norte e Instituto Municipal de Investigación y Planeación de Nogales (COLEF-IMIP) (2011). “Proyecto Modelo de Riesgos Antropogénicos de Nogales, Sonora, 2011”, Nogales, Sonora, 68 pp.
- El Colegio de la Frontera Norte y Woodrow Wilson Center (COLEF-WWC) (2009). “Strategic Guidelines for a Competitive and Sustainable Transborder Region”. Border Governor Conference, Monterrey, Nuevo León.
- Goldblatt, Reuben (2004). “Evacuation Planning: A Key Part of Emergency Planning”. 83rd Annual Meeting Transportation Research Board, Washington D.C.
- Ibarra, Pedro y Koldo Unceta (2001). *Ensayos sobre el desarrollo humano*. Barcelona: Icaria, 431 pp.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2000). “XII Censo General de Población y Vivienda”. Base de datos estadísticos, Texto completo y de acceso libre, <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/ccpv/cpv2010/Default.aspx>. Última consulta 20 de noviembre de 2011.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2004). “Decimosexto Censos Económicos”. Base de datos estadísticos, Texto completo y de acceso libre, <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/ce/ce2004/default.aspx>. Última consulta 13 de octubre de 2011.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2005). “II Conteo de Población y Vivienda”. Base de datos estadísticos, Texto completo y de acceso libre, <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/ccpv/cpv2005/Default.aspx>. Última consulta 10 de diciembre de 2011.

- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2009). “Decimoséptimo Censos Económicos”. Base de datos estadísticos, Texto completo y de acceso libre, <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/proyectos/censos/ce2009/default.asp?s=est&c=14220>. Última consulta 27 de julio de 2011.
- Johnson, Russ (2000). “GIS Technology for Disasters and Emergency Management”. Informe, Texto completo y de acceso libre, <http://www.esri.com/library/whitepapers/pdfs/disastermgmt.pdf>. Última consulta 14 de marzo de 2012.
- Klosterman, Richard (1997). “Planning support systems: a new perspective on computer-aided planning”. En *Journal of Planning education and research*, 17(1), SAGE, pp. 45-54.
- McPherson, Timothy y Michel Brown (2004). “Estimating daytime and nighttime population distributions in U.S. cities for emergency response activities”. 84th Annual Meeting of the American Meteorological Society, Symposium on Planning, Nowcasting, and Forecasting in the Urban Zone, Seattle, Washington.
- McPherson, Timothy, Austin Ivey, Michel Brown y Gerald Streit (2004). “Determination of the spatial and temporal distribution of population for air toxics exposure assessments”. 5th Conference on Urban Environment, Vancouver, Canadá.
- Organización de Naciones Unidas (ONU)(1996). Conferencia de las Naciones Unidas sobre los Asentamientos Humanos, Estambul (Turquía) en <http://habitat.aq.upm.es/aghab/aproghab.html>, consultado el 2 de febrero del 2015.
- Rivera Balboa, Rubén Darío (2003). *Planeación y evaluación de las capacidades de respuesta ante emergencias con materiales y residuos peligrosos*. México D.F.: Secretaría de Gobernación, Centro Nacional de Prevención de Desastres, 92 pp.
- Rossetti, Manuel y Qingbiao, Ni (2010). “Simulating large-scale evacuation scenarios in commercial shopping districts, methodologies and case study”. Winter Simulation Conference, Baltimore, Maryland.
- Secretaría de Gobernación (Segob) (2008). “Programa Nacional de Protección Civil 2008-2012”. Texto completo y de acceso libre, http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5060600&fecha=19/09/2008. Última consulta 29 de enero de 2011.
- United Nations Development Program (UNDP) (1990). “Human Development Report 1990”. New York, 189 pp.

Recibido: 25 de mayo de 2015

Aceptado: 11 de agosto de 2015

Editora asociada: Martha Rojas Wiesner