

Capítulo 2. Manejo de riesgos y cartografía

Para entender la naturaleza de los desastres hay que conocer las causas y fenómenos que los conforman. A continuación se definen los conceptos de amenaza, riesgo, desastre, así como las consideraciones necesarias para la protección de la población. Posteriormente se analiza la cartografía como un proceso de comunicación, se describen las partes que componen este proceso y a los errores se ve expuesto. Por último se describe el uso de VRML y X3D para producir cartografía y cuáles son sus ventajas sobre el medio impreso.

2.1 Protección Civil y el manejo de riesgos

En el contexto de protección civil se manejan tres conceptos básicos: amenaza, riesgo y desastre.

Una **amenaza** es un proceso o evento producido por un fenómeno natural (o inducido por el hombre) con el potencial de crear un daño o pérdida a personas o bienes materiales [Smith 2001].

El **riesgo** por otro lado es la posibilidad de que ocurra una determinada amenaza.

Por ejemplo la amenaza de un terremoto existe en regiones inhabitadas pero el riesgo de un terremoto existe solamente en una región donde habitan las personas y donde se tengan posesiones. El riesgo puede aumentar o disminuir de acuerdo a las condiciones particulares de cada individuo.

Los **desastres** son fenómenos particularmente sociales que ocurren cuando una comunidad sufre un nivel de alteración y presión excepcional. En muchos casos las crisis son causadas por eventos naturales extremos o la falla de los sistemas tecnológicos, aunque existen también factores sociales [Smith 2001].

Generalmente se piensa que los desastres naturales son actos causados por fuerzas ajenas a nuestro control y esta concepción implica erróneamente que los humanos no tienen influencia en los desastres y que son pocas las posibilidades de disminuir su daño. Sin embargo, existen en realidad muchas cosas que pueden hacerse para evitar los desastres. El

riesgo de que una población y su propiedad se vea amenazada por una inundación es causada por el hecho de encontrarse, mal ubicada, en zonas de alto riesgo. La concentración de la población contribuye a incrementar el riesgo por lo que los desastres más grandes ocurren en las ciudades con más número de habitantes. Es en este contexto donde trabajan las autoridades de protección civil.

Protección civil tiene la responsabilidad de evaluar los riesgos a los que se ve expuesta la población, crear medidas de prevención y reducción de riesgo, planeación y realización de planes de emergencia y evacuación. Una vez ocurrido un desastre protección civil se encarga de las labores de rescate, rehabilitación y reconstrucción (ver figura 2.1).

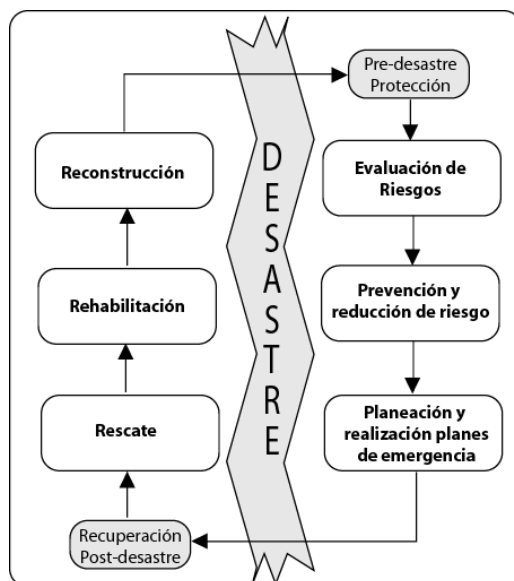


Figura 2.1 Actividades pre y post desastre adaptado de Smith [2001].

Las autoridades generan planes de contingencia para todo tipo de desastres ya que su labor es salvaguardar la vida de los habitantes. En el momento de la planeación y al ser este un proceso costoso cuyo objetivo es a largo plazo, se puede dar la impresión de que se tiene gente aparentemente haciendo nada, esperando que ocurra un evento que nadie desea y el cual muchas personas están convencidas que nunca ocurrirá [Smith 2001].

Protección civil tiene a su alcance las siguientes medidas para llevar a cabo su labor:

Educativas. Los programas de información a la población pueden servir para incrementar el conocimiento del peligro de manera que la gente pueda tomar acciones de manera voluntaria que les permita reducir su riesgo.

Económicas. Instrumentos de financiamiento, tales como subsidios, créditos y fianzas, pueden ser usados por el gobierno para motivar la implementación de políticas que permitan reducir el riesgo.

Legislativas. La autoridad competente obliga el establecimiento de los procedimientos de seguridad usando la fuerza de la ley

La comunicación con las demás autoridades y con la población es muy importante. Por un lado tiene que preparar e informar no sólo a los elementos de seguridad y a las autoridades tanto municipales como estatales si no a la población en general de cuáles son los riesgos a que se ve expuesta. Esto se realiza a través de pláticas, conferencias, documentación, diagramas, mapas y todo lo que está a su alcance. De la misma manera, debe comunicar las medidas necesarias para reducir estos riesgos, de forma clara y detallada. Por último, debe de presentar los planes de evacuación en el que se detallen claramente los actores involucrados y sus responsabilidades. El hacer llegar esta información de manera completa y clara es muy importante. Esta tarea va a permitir que los errores y problemas sean menores en el caso de que ocurra una tragedia y así se puedan salvar más vidas.

Los problemas ocurren cuando la población enterada de la situación solicita y busca información y las dependencias no pueden satisfacer la demanda de material impreso o de representantes en reuniones públicas. También hay problemas porque debe existir información a diferentes niveles de detalle y con cantidad de información variable. Por ejemplo, un mapa de la zona de riesgo para una escuela primaria va a ser diferente del mapa para el ejército ayudando en las labores de rescate. Hay autoridades que manejan información descriptiva únicamente, como el listado de las escuelas federales que están sirviendo de albergues para la Secretaría de Educación Pública, por otro lado alguien encargado de distribuir víveres necesita además un mapa donde pueda localizar estas escuelas.

En el caso de una amenaza inminente cualquier medida preventiva debe venir de una dependencia gubernamental reconocida y emitida por autoridades locales reconocidas o

figuras públicas. Cada medida debe venir acompañada por una breve explicación que justifique la acción recomendada y detallando la manera de cómo llevarla a cabo efectivamente. Para una evacuación exitosa, es indispensable que la población en riesgo esté claramente informada con anticipación acerca de las rutas de evacuación y los refugios a donde dirigirse. La evacuación de áreas densamente pobladas genera problemas de transporte incluyendo la saturación de la capacidad de la infraestructura carretera y el balance entre el transporte público y el privado disponibles. La evacuación a gran escala implica desplazar gente, voluntaria o involuntariamente, a lugares seguros. El entender el comportamiento y el proceso de toma de decisiones de las personas que son afectadas por su miedo, la incertidumbre y la velocidad con que ocurren los eventos es crucial para garantizar el éxito de la evacuación [Nisha de Silva 2000]. Esto significa que las rutas que cada una de estas personas tome están determinadas por sus propios objetivos más que por la ubicación oficial de los albergues. Esta situación puede frustrar y complicar una evacuación por lo que las autoridades deben de estar listas para manejar estas situaciones para evitar confusiones costosas en términos de daños, lesiones o hasta pérdidas de vidas humanas. Estas diferencias de acciones entre lo que planean y esperan las autoridades y lo que en realidad realizan las personas, se ven incrementadas por información inadecuada y procedimientos pobremente definidos.

Entre los factores más importantes a analizar en el momento de una evacuación se encuentran: el radio del área a evacuar, el retraso entre la orden de evacuación y la evacuación, la velocidad de la evacuación, cambio de condiciones meteorológicas, medios de transportación alternativos, identificación de las facilidades que requieran de una atención especial (escuelas, hospitales) y las medidas de salud a implementar [Nisha de Silva 2000].

Después de que la gente evacuada llega a los albergues, se va a requerir de servicios de soporte. Entre estos se incluye tratamiento médico, camas, alimento y sanitarios. Las emergencias volcánicas pueden durar meses, esto significa que los arreglos temporales tal vez tengan que funcionar por más tiempo del previsto.

Tecnologías de Información

En años recientes el estudio de los fenómenos naturales se ha enfocado en el aspecto de monitoreo y predicción. Pero es igual de importante la etapa de prevención. Para auxiliar a estas labores se está integrando nueva tecnología como son los Sistemas de Información Geográfica (GIS por sus siglas en inglés) y los sistemas de posicionamiento global (GPS por sus siglas en inglés). Para principios de los años 90 las redes de cómputo eran parte integral de las operaciones de protección civil. En casos como la planeación de rutas de evacuación y la ubicación de refugios son aspectos críticos que pueden ser auxiliados por sistemas de cómputo. Aunque se discute el hecho que en el caso de un desastre las instalaciones de cómputo por la fallas de energía y de las líneas de comunicación quedan inutilizables, la prevención de estos aspectos con baterías y el uso de comunicaciones de radio o inalámbricas permitirán continuar con las operaciones. Puede hacerse uso de computadoras portátiles, PDAs, teléfonos radio, en el caso de que un centro de operaciones se vea afectado de manera grave. Las computadoras portátiles integradas con GPS son auxiliares en las zonas remotas y devastadas para localización y monitoreo. Imágenes de satélite están disponibles para el estudio de los daños y posibles zonas de peligro.

Los SIG proveen un recurso clave para muchos gobiernos locales que continuamente actualizan sus datos, con hidrografía, topografía, geología, infraestructura carretera, censos, listados telefónicos, identificación de zonas de riesgos par sus propias localidades. Los sistemas comerciales se encuentran actualmente disponibles en computadoras personales a un costo razonable.

A su vez el Internet abre un nuevo canal de comunicación entre las autoridades y la población. En México destaca el CENAPRED (Centro Nacional de Prevención de Desastres) con su página de Internet dedicada al monitoreo de volcanes entre otros desastres [<http://www.cenapred.unam.mx>].

Amenazas volcánicas

Para entender el riesgo al que nos vemos expuestos todos los días es importante conocer lo que es un volcán y los riesgos que genera. El volcán Popocatepetl es un volcán de subducción, el 80% de los volcanes activos pertenecen a esta clasificación, que son el tipo más explosivo y peligroso [Gobierno del Estado de Puebla 1997].

Las erupciones volcánicas generan múltiples amenazas. Alrededor del mundo, las laderas de los volcanes atraen los asentamientos urbanos, ya que la ceniza enriquece el suelo y se cuenta con clima agradable. El impacto de la amenaza de erupción depende en gran medida de la densidad local de la población y el tipo de construcciones.

Las erupciones más explosivas generalmente vienen acompañadas de flujos piroclásticos, o nubes ardientes. Estas nubes ardientes se desplazan fácilmente por las laderas de los volcanes gracias a su consistencia de fragmentos de lava y ceniza es más pesada que el aire. La temperatura de estas nubes puede llegar a los 1,000 °C y su altura pueden llegar varias decenas de kilómetros en la atmósfera. En el caso de venir precedidas por una gran explosión lateral, su amenaza es mayor ya que entonces se mantienen cerca del suelo y puede desplazarse a velocidades mayores a 30m/s. Los antecedentes demuestran que estas nubes ardientes pueden llegar a una distancia de 30-40 km. Casi nada sobrevive a su paso, estos flujos son los responsables de más del 70 por ciento del total de muertes en erupciones volcánicas del siglo XX.

La lluvia de ceniza, es el resultado de material fragmentado que es expulsado por el volcán y que tiende a cubrir la superficie. A esta amenaza se asocia menos del 5 por ciento de las muertes. Esta ceniza reduce considerablemente la visibilidad y puede interrumpir el tráfico aéreo de la zona. En este caso las personas experimentan dificultades para respirar, el tráfico se puede interrumpir debido a la poca visibilidad y al daño que causa la ceniza a los motores. Se pierde también la comunicación por radio, lo cual es una consecuencia muy grave en la coordinación de la emergencia. En algunos lugares los techos de las casas se pueden venir abajo, por lo que se recomienda barrer los techos y no tirar la ceniza en las coladeras para no saturar las tuberías.

Los flujos de lava representan la mayor amenaza cuando emergen de erupciones con fisuras, a diferencia de una erupción central. La viscosidad de la lava es menor y se desplaza más rápidamente. La emisión de gases, por último, representa un peligro inmediato para las poblaciones cercanas a los volcanes. Estos gases formados por agua, vapor, hidrógeno y monóxido de carbono, entre otros componentes, pueden resultar tóxicos.

De las amenazas volcánicas secundarias, son las deformaciones de tierra, los lahares, los deslizamientos de tierra y los tsunamis. Los lahares o flujos de lodo son los más peligrosos y se componen de sedimentos muy finos. Estos fenómenos ocurren cuando se combina una erupción con la presencia de grandes cantidades de agua o hielo. Al combinarse el agua con los flujos piroclásticos se genera una mezcla ardiente que puede llegar a desplazarse a más de 15m/s.

Este tipo de amenazas se encuentran presentes en el volcán Popocatepetl el mapa de zonas de riesgo presenta además zonas de cañadas donde pueden desplazarse los lahares. al noreste del cráter del volcán se localiza un glaciar, si este llegara a derretirse como consecuencia una erupción muy fuerte se crearía un lahar el cual puede llegar a ser muy peligroso.

Protección civil en el Estado de Puebla

Como en el caso de los terremotos, el costo de monitorear la actividad del volcán y la planeación de evacuación resulta muy bajo comparado las pérdidas potenciales. Dada la existencia de un programa de monitoreo sería posible la evacuación de las zonas de mayor riesgo antes de que ocurra una erupción.

En el caso de Puebla, el Centro Nacional de Desastres CENAPRED es la institución encargada de monitorear el volcán Popocatepetl que es el volcán con más actividad recientemente y el más cercano a la capital. La Oficina del Plan Popocatepetl, a cargo del Lic. Ramón Peña, es la encargada de planear la evacuación. Se cuenta en el estado de Puebla con un total de 10 rutas de evacuación, las cuales atienden a más de 50 poblaciones con un total de 200,000 habitantes. Por cada una de las poblaciones se tiene un estimado del número de vehículos públicos necesarios para evacuar la población. Las necesidades de albergue se tienen previstas en escuelas y centros comunitarios.

Existen otras amenazas como lahares, flujos de lodo y ceniza que no han sido debidamente analizados por lo que hay mucho trabajo que hacer al respecto. La ceniza, dependiendo de las condiciones del tiempo, puede llegar a afectar a comunidades distantes del volcán por lo que se deben tomarse medidas de prevención en un radio más amplio. Por ejemplo, la ceniza fácilmente puede alterar los vuelos a la ciudad de México, como lo ha hecho en otras ocasiones.

2.2 La Cartografía

Los mapas se pueden clasificar en dos grupos; los de temáticos, de propósito específico y los de referencia que son de propósito general. El proceso de creación de un mapa se divide en 5 etapas como explica [Hodgkiss 1981]:

Adquisición de la información

Captura de datos, depende del tipo de mapa que se quiere producir. Los mapas topográficos implican la adquisición de datos a partir del análisis del terreno, ya sea por métodos tradicionales o usando fotografía aérea o satelital. Para el caso de mapas temáticos la adquisición de información es un poco diferente ya que se puede basar en estudios por especialistas en el área, la aplicación de cuestionarios o la consulta de datos estadísticos disponibles.

Procesamiento de la información

Es probablemente la etapa más crítica de las cinco, ya que el éxito o el fracaso de la comunicación cartográfica depende en la efectividad en que este proceso se lleve a cabo. En el caso de mapas topográficos esta etapa involucra la evaluación y edición de la información. Ya sea seleccionando, generalizando y simplificando entidades o eligiendo y diseñando símbolos o el uso de colores, escala, proyección, formato. En el caso de usar información estadística o cualitativa, hay que definir las proporciones, relaciones y unidades.

Reproducción

Consiste en la apariencia visual y la claridad del mapa final y tiene un efecto considerable en la calidad de la comunicación. Esta etapa se ve limitada principalmente por el medio a utilizar, siendo hasta nuestros días el papel el más utilizado.

Distribución

Esta etapa se encuentra de alguna manera fuera del proceso cartográfico pero forma parte del ciclo de comunicación. Esta etapa se refiere a la manera en que se hace llegar el producto cartográfico a los usuarios.

Uso

Esta etapa es parte integral del proceso de comunicación. Se refiere a la adquisición, almacenamiento y entrega del mapa, ya sea a través de una biblioteca o de algún individuo. El último paso de la comunicación consiste en que el mapa sea observado, leído e interpretado por el usuario. Si la comunicación se realiza entonces la imagen recibida por el usuario corresponderá con la vista de la realidad de quien generó el mapa.

Sin embargo, durante este proceso existe la posibilidad de cometer errores. En la etapa de adquisición de datos, errores técnicos o de valor pueden dar lugar al procesamiento de datos incorrectos. En la etapa de procesamiento, el mal uso de símbolos, combinaciones de colores, tipografía son ejemplo de errores.

El creador de mapas debe concentrarse en transmitir su mensaje de la manera más honesta y directa que se pueda, evitando distracciones que puedan desviar la atención del usuario y se genere una interpretación errónea del mapa. Hay que tener en cuenta siempre las necesidades del usuario.

La cantidad de información que se puede llegar a representar en un mapa es muy grande. A diferencia de la lectura de un texto la lectura de un mapa no presenta un secuencia lineal (con principio y final) si no que el usuario prácticamente puede empezar desde cualquier punto y detenerse donde lo considere sin que necesariamente haya seguido un orden. Aunque en la práctica la mayoría de las veces el cartógrafo se encarga de manipular los elementos de su mapa para llamar la atención a alguno o varios detalles.

El lenguaje cartográfico, como su contraparte escrita se divide en gramática y alfabeto, donde la gramática involucra la escala, orientación, sistemas de referencias y el alfabeto son toda la gama de símbolos convencionales que los creadores de mapas han desarrollado.

Una de las primeras cosas que debe quedar claro es que un símbolo cartográfico no sólo nos permite conocer la naturaleza de una determinada entidad, sino que también puede indicarnos algunos factores como: cantidad, valor, tamaño, altura e intensidad.

La aplicación de las computadoras al proceso de generación de mapas topográficos ha permitido realizar este proceso de manera más rápida y flexible sin alterar el proceso.

2.3 La Cartografía tridimensional

Una definición general de cartografía es convertir las propiedades multidimensionales, extensivas y detalladas de la distribución espacial de un fenómeno en una representación limitada apropiada para un propósito particular [Dykes 1999]. La transformación de información geográfica a un mapa involucra un proceso de selección, clasificación, simplificación, exageración y simbolización. Esto demuestra que la cartografía es más bien una serie crítica de procedimientos que una réplica de la realidad. El representar la "realidad" no es necesariamente el objetivo de un mapa, aunque las representaciones claras y creíbles son las más deseables. La cartografía es siempre una compensación entre: una imagen real y un mensaje, un mapa diseñado para un individuo y el diseñado para una audiencia mayor, la representación deseada, los costos y el medio disponible.

Los cartógrafos no necesariamente están conformes con el medio impreso altamente usado y accesible [Dykes 1999]. Las técnicas para extender el medio del papel (2D) a la tercera dimensión no son nuevos. De hecho Dykes menciona como Imhof desde 1951 ofrece una serie de "anaglifos" para ser vistos con los lentes especiales rojo y azul incluidos. Las técnicas asistidas por computadoras han incrementado las posibilidades para generar mapas y una gran variedad de programas especializados han surgido. El término 'visualización' se ha convertido un término popular para describirlos. Teniendo esta gran variedad de productos con distintos objetivos y usuarios, se propone una clasificación al momento de hablar de cartografía y visualización. Además de la distinción real-abstracto, se debe identificar el "nivel de interactividad", la audiencia del mapa producido y la presentación de algo conocido o la revelación de algo desconocido. Anteriormente se requería de sistemas complejos y costosos, actualmente los nuevos desarrollos han cambiado el escenario.

La especificación de VRML [www.vrml.org] y la disponibilidad de programas para su interpretación han permitido un rápido acceso a las representaciones tridimensionales para una gran mayoría de usuarios. La mayoría de las aplicaciones se desvían de la realidad al estilizar deliberadamente la información (por que así lo desea el cartógrafo) o toman ventaja del medio al mejorar el ambiente virtual y utilizarlo para comunicar o visualizar [Dykes 1999]. Entre los elementos que VRML puede aportar a la cartografía actual se

encuentran: la interacción con el usuario, representaciones extendidas (multimedia), funcionalidad de tiempo, dinámica, interacción y comunicación multi-usuario, nuevos simbolismos cartográficos, la presentación de fenómenos abstractos en un espacio tridimensional. La cartografía puede por su parte aportar a VRML en aspectos como: la navegación, la señalización y vistas, la perspectiva y sistemas de coordenadas. Los ambientes virtuales pueden ayudarnos a la percepción de fenómenos del mundo real tal y como lo hace la cartografía al filtrar información, enfocándose en los detalles, facilitando la interactividad y manipulación de objetos de maneras no disponibles en la vida real, facilitando la representación de una realidad alternativa, definida por el usuario. Existe un grupo actualmente GeoVRML [www.geovrml.org] que se encuentra esta trabajando con el aspecto realista del aspecto realista/abstracto. Aunque es más probable que VRML sirva más para la generación de mapas abstractos en este momento y debe trabajarse en este momento en proveer de mecanismos y técnicas para facilitar este aspecto.

VRML actualmente es un estándar ISO que permite representar información tridimensional y ser transmitida por Internet. Su especificación consiste en primitivas geométricas y figuras complejas así como mecanismos de control y animación. El grupo de trabajo GeoVRML [www.geovrml.org] trabaja desarrollando métodos y herramientas para representar información geográfica en VRML. Los problemas que busca resolver son los siguientes: soporte de diferentes sistemas de coordenadas geo-espaciales, representar grandes terrenos y otros datos, manipular distintos niveles de detalle con esta información y resolver las limitaciones de VRML con puntos flotantes de precisión sencilla. El trabajo que se ha realizado hasta el momento [Reddy 1999a] consiste en:

- la creación de un paquete en Java que permite la conversión entre distintos sistemas de coordenadas,
- la implementación de nuevos nodos de VRML para extender su funcionalidad como por ejemplo GeoCoordinate que permite especificar puntos en un archivo de VRML usando sistemas de coordenadas geográficas como UTM,
- una librería en C para generar información de terrenos cuadrículados con multi resolución y por último

- una propuesta para integrar estos nodos en la próxima generación de VRML. La importancia de esta propuesta se confirma con la integración de estas recomendaciones a la especificación de X3D una especificación en XML para VRML.

Reddy [1999b] explica cómo cada uno de los nodos propuestos por el grupo de GeoVRML funciona con VRML. Los objetivos de estos nodos incluyen:

1. permitir la representación de información geográfica de manera transparente para geo-científicos, Sistemas de Información Geográfica y modeladores de 3D,
2. asegurar la correcta representación y presentación de información geográfica desde una escala planetaria hasta la escala de una calle por ejemplo,
3. permitir la escalabilidad de bases de datos geográficas distribuidas en Internet, permitir la fácil lectura y escritura por parte de personas y sistemas,
4. proveer una implementación rápida.

El nodo GeoElevationGrid provee la facilidad de definir una cuadrícula con valores de elevación de un elipsoide utilizado para modelar el planeta, esta puede ser definida en distintos sistemas de coordenadas geográficas, a diferencia del nodo ElevationGrid de VRML que trabaja en relación a un plano. El nodo de GeoCoordinate permite la especificación de coordenadas usando un sistema de coordenadas geográficas. Este nodo puede ser utilizado con geometría de VRML. El nodo de GeoLocation le permite al usuario georeferenciar un modelo arbitrario de VRML. A diferencia de los otros nodos anteriores que permiten representar información de GIS en VRML, este nodo permite colocar VRML en un GIS.

X3D [www.vrml.org] es la especificación en XML de VRML97. El objetivo de esta especificación es hacer uso de la nueva tecnología de XML y utilizarla para mejorar y extender la especificación VRML97. De las extensiones actualmente implementadas en X3D destaca, para el contexto de este proyecto, GeoVRML.

El mapa como medio de comunicación y su proceso de creación no se ve alterado con la inclusión de nueva tecnología, al contrario se enriquece. A manera de resumen podemos concluir que la comunicación es una parte muy importante de la protección civil, si se tiene

la disposición se puede hacer uso de la cartografía para hacer llegar la información a una gran audiencia. Diferentes tipos de mapas diferentes necesidades basados en la misma fuente de datos. VRML demuestra ser un mecanismo válido para presentar cartografía tridimensional, su especificación y su naturaleza como formato de distribución vía internet lo hacen una solución idónea para este proceso.

El objetivo de este capítulo consiste en reconocer el papel de la cartografía como medio de comunicación. En el contexto de la protección civil si se utiliza correctamente puede representar una oportunidad de hacer llegar información valiosa y de vital importancia a la población. Es importante la difusión de los mapas de riesgo y los planes de evacuación tanto a autoridades (bomberos, policía, ejército) como a la población en general. Una vez que ocurrió un desastre la información tanto descriptiva como de mapas de las zonas afectadas es necesaria para ayudar en las labores de rescate, también esta información sirve para evaluar los daños y solicitar ayuda. En la etapa de recuperación (o vuelta a la normalidad) los mapas pueden servir para la reconstrucción de infraestructura y viviendas. El uso de las nuevas tecnologías y las ventajas que nos ofrecen no debe ser descartado, VMRL es un ejemplo de estas nuevas tecnologías su uso para la difusión de mapas en tercera dimensión es una nueva área de desarrollo, investigación y aplicación que debe ser aprovechada

Este marco teórico permite situarnos en el contexto del proyecto de tesis. Lo que se presenta a continuación en una recopilación de trabajos relacionados para dar paso al análisis y diseño del sistema.