Capítulo 11: APLICACIÓN DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN LA DETERMINACIÓN DE ÁREAS VULNERABLES A RIESGOS NATURALES

Ing. Carmen E. Eustaquio Villanueva¹

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, se ha comenzado a desarrollar en numerosos países toda una serie de procedimientos automáticos destinados a la recopilación, almacenamiento, análisis y presentación de datos referenciados geográficamente, con el fin principal de satisfacer las necesidades de información y análisis generadas fundamentalmente para el proceso de toma de decisiones en planeamiento territorial, en gestión del espacio urbano y de los recursos físicos.

En la actualidad, se han realizado diversos estudios específicos y multidisciplinarios relacionados con los desastres naturales que ocurren en el Perú. Es decir, determinar áreas que involucren la vulnerabilidad a riesgos naturales, cuyos métodos de trabajo y análisis están referidos a aplicar la microzonificación en el planeamiento físico de ciudades y el impacto socioeconómico de los desastres.

Por ello, el presente estudio constituye una metodología sobre SIG, aplicado en el distrito de Comas, Lima Metropolitana, con el fin de integrar información multidisciplinaria, que aplique técnicas y métodos científicos apropiados en la obtención, procesamiento, análisis y modelamiento de datos. El estudio se desarrolló bajo el Convenio de Cooperación Técnico Científico entre el Instituto Nacional de Defensa Civil-Universidad Nacional Mayor de San Marcos, E.A.P. Ingeniería Geográfica.

Esto nos permitirá adquirir los conocimientos necesarios sobre los análisis de riesgos de manera conveniente y óptima, así como la ubicación de la infraestructura física y social que corresponda a áreas vulnerables, a fin de evaluar los posibles daños, el impacto poblacional ocasionado por los desastres naturales, etc.; teniendo al SIG como una herramienta fundamental para la toma de deci-

siones y para la formulación de planes y estrategias de prevención y atención de desastres naturales.

El Sistema de Información Geográfica podrá aplicarse, asimismo, para el manejo de riesgos en los diferentes niveles de la planificación del desarrollo. A nivel local, se utilizará para facilitar el proceso en la toma de decisiones, para la organización territorial y determinación de estrategias específicas de mitigación.

2. GENERALIDADES

La planificación y el manejo de la infraestructura física son elementos críticos en los medios urbanos. Se convierten, con el tiempo, en un proceso complejo desde el punto de vista de manejar gran cantidad de información. Teniéndose en cuenta las decisiones que deberán tomarse sobre el acondicionamiento integral del territorio, existe la necesidad de estudios y levantamientos exhaustivos basados en información detallada.

Por lo tanto, la información requerida debe ser más que una simple recolección de datos, ya que en el análisis de éstos, los requerimientos deben estar de acuerdo a las instituciones que manejen información. Mediante este proceso, en cualquier tarea de planificación se tiene la necesidad de establecer mecanismos que puedan convertir estos datos en información, considerando el uso de las técnicas de modelamiento de datos, y todas las variables que puedan influir en los objetivos establecidos por el sistema, en el que se realizan las combinaciones necesarias para la toma de decisiones.

El fundamento conceptual de estos sistemas simples o complejos es el mismo en el que se apoyan los métodos convencionales en la elaboración de la cartografía. El documento cartográfico ha sido siempre un instrumento básico a la hora de la concepción de ideas, del análisis y de la comunicación de conceptos; del cual han hecho uso todas las ciencias y técnicas que se ocupan de los problemas espaciales.

En la actualidad, y para los fines señalados, la necesidad de manejar simultáneamente gran cantidad de datos de diversas tipologías, así como la rápida evolución de las características de algunos de éstos, hace que la cartografía convencional resulte insuficiente. Por ello los esfuerzos e investigaciones se orientan a sistemas integrados y automatizados de almacenamiento de datos geográficos, análisis matemáticos de los mismos y presentación de los resultados, tanto en forma alfanumérica como gráfica, constituyendo los denominados Sistemas de Información Geográfica.

Se intenta emprender la mitigación de riesgos naturales mediante estudios de planificación del desarrollo. Sin embargo, pueden existir los conocimientos y los datos básicos en forma de mapas, documentos y estadísticas; pero, a menudo, falta un enfoque sistemático espacial. La cantidad de información necesaria para el manejo de riesgos naturales, especialmente dentro de la planificación del desarrollo integrado, sobrepasa la capacidad de los métodos manuales; por lo cual es imprescindible el uso de técnicas automatizadas, como el Sistema de Información Geográfica.

Por ello, los Sistemas de Información Geográfica desempeñarán un papel importante en este proceso, actuando como una herramienta para recolectar, organizar, analizar y presentar datos; servirá también como medio sistemático para recolectar varias capas temáticas de información sobre una unidad del espacio geográfico denominado "unidades homogéneas de análisis".

Las perspectivas de la aplicación de los Sistemas de Información Geográfica son prácticamente ilimitadas, y en la actualidad se están incorporando a diversos campos; tanto es así que mediante este estudio se busca establecer una metodología aplicativa, por lo que resulta imprescindible modificar las formas y estructuras actuales de generar información y de planificar el desarrollo, tanto a nivel regional como local. En este caso, determinando las áreas de vulnerabilidad física frente al riesgo sísmico, así como su incidencia e impacto en la población, para proponer las medidas preventivas pertinentes.

3. ANTECEDENTES

3.1. La vulnerabilidad sísmica en Lima Metropolitana

Lima está ubicada en la costa del Pacífico, donde entran en contacto dos placas tectónicas: la Placa de Nazca y la Placa Americana. El movimiento de la Placa de Nazca, empujando debajo de la Placa Americana, causa una descarga considerable de energía sísmica en el área.

La vulnerabilidad de la ciudad y sus habitantes también varía de acuerdo a la ubicación dentro del entorno de la capital. Es una interrelación compleja de varios factores que intervienen para configurar la vulnerabilidad sísmica relacionada con los aspectos del comportamiento del suelo.

En las zonas marginales, donde se encuentran ubicados los pueblos jóvenes, la vulnerabilidad sísmica es más alta, debido a que muchas viviendas son de

material noble y, por lo general, no se toman en cuenta criterios antisísmicos en los diseños. Además, muchos asentamientos están ubicados en vertientes o en suelos inestables.

3.2. Los desastres naturales y los SIG

En los últimos años, en los medios de investigación y planificación se está desarrollando y generalizando el uso del término Sistema de Información Geográfica (SIG) como denominación de base de datos georreferenciales que ejecutan actividades de manipulación, automatización y procesamiento de información espacial.

Esta continua innovación en el campo de la informática, y en el manejo espacial de los datos, constituye el principal factor de aceptación de esta metodología, que ha ido incorporando avances en cuanto a nuevas formas de manipulación y análisis de la información necesaria y acorde con la aplicación.

La información que debe ser incluida en un SIG para el manejo de riesgos estará determinada de acuerdo al nivel de aplicación y de su utilización: como evaluaciones de amenazas, evaluaciones de vulnerabilidad, preparación y respuestas a desastres o actividades de auxilio y reconstrucción después de un desastre.

El presente estudio tiene una importancia práctica, en el sentido de aplicar el SIG en ámbitos urbanos para la determinación de áreas de vulnerabilidad al riesgo sísmico, teniendo en cuenta las condiciones de vida de la población (niveles socioeconómicos) y la disponibilidad de vivienda. De igual manera se tomará en cuenta la vulnerabilidad física, en la cual se involucran los diferentes factores que intervienen en la estructura y el comportamiento de los suelos, llegándose a identificar las áreas críticas para su acción inmediata. Asimismo, se determinará la cuantificación del impacto que pueda ocasionar tal riesgo en la población, y se establecerán medidas para minimizar los efectos destructivos y, por consiguiente, reducir su magnitud.

3.3. Objetivos

Generales

- Aplicar el Sistema de Información Geográfica Automatizado en la determinación de áreas de vulnerabilidad por riesgos, a fin de proponer las medidas de prevención y mitigación correspondientes, mediante el diseño de modelos cartográficos digitales de múltiple propósito.

Específicos

- Microzonificación del distrito de Comas según grados o niveles de vulnerabilidad sísmica y la identificación de áreas críticas.
- Mediante los modelos cartográficos, facilitar el proceso de toma de decisiones con respecto a la organización y ordenamiento del territorio del distrito, de acuerdo a los niveles de riesgos, impacto e incidencia en la población e infraestructura física.

4. DESCRIPCIÓN Y LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA

El ámbito de estudio contiene todas las características esenciales del desarrollo urbano, y corresponde al cono norte de Lima Metropolitana, específicamente al distrito de Comas. El interés e importancia están dados por el proceso del crecimiento urbano, que tiene como resultado un área totalmente caótica, con una mínima capacidad de respuesta por parte de los órganos de control del desarrollo urbano, donde el INDECI, como entidad encargada de la prevención de desastres, está desplegando esfuerzos para cumplir su rol promotor de protección y seguridad de la población.

La ocupación de las diferentes zonas geográficas del distrito de Comas presenta ciertos casos de riesgos naturales: una presencia activa en los rápidos cambios demográficos, degradación ambiental y deficiencia de infraestructura adecuada para la mitigación de riesgos. Además, la población deberá tener un rol clave en la reducción de la vulnerabilidad, evitando mayores consecuencias.

Los problemas que puedan presentarse en el distrito de Comas constituyen una realidad necesaria de conocer mediante este estudio. Para tal efecto, se proyectará, con el apoyo de los modelos cartográficos digitales, las alternativas de solución adecuadas, utilizando las herramientas que la tecnología moderna ofrece.

El área de estudio está situada en el departamento de Lima, provincia del mismo nombre, y en el cono norte de la zona metropolitana. El distrito de Comas tiene una superficie aproximada de 48,75 km², la cual equivale al 94.1% del ámbito de estudio (51.81 km²). Geográficamente está comprendido entre las siguientes coordenadas: Meridianos 77°25'00" y 77°04'16", de longitud oeste de Greenwich. Paralelos 11°53'00" y 11°58'20", de latitud sur

Políticamente, está limitado por los siguientes distritos:

- Por el norte, con el distrito de Carabayllo y Puente Piedra.
- Por el sur, con el distrito de Independencia
- Por el este, con el distrito de San Juan de Lurigancho
- Por el oeste, con el distrito de Los Olivos

5. MATERIALES

5.1. Recubrimiento cartográfico

Se recopilaron planos urbanos, mapas topográficos, planos topográficos, mapas temáticos con escalas compatibles al ámbito de estudio.

5.2. Recubrimiento aerofotográfico

Se utilizaron fotografías aéreas a escalas 1/30,000 y 1/4,000.

5.3. Recubrimiento satelital

Los archivos digitales fueron Imágenes Spot Pancromáticos del Perú y de Lima metropolitana.

6. SOFTWARE

Principal: SIG PC ARC/INFO

Complementarios: SIG ILWIS, SIG IDRISI

7. METODOLOGÍA

La información pasa a una evaluación en variables y parámetros, para que el análisis de los modelos que se apoyen con las técnicas que el SIG proporciona, para esta metodología, se desarrollen bajo los objetivos deseados.

7.1. Fase de precampo

Preparación para la adquisición de información

En esta fase se llegó a recopilar la información necesaria de diversas instituciones, para la construcción y desarrollo de los modelos cartográficos de apli-

cación, utilizando la tecnología SIG. Por ello, fue necesario definir los parámetros y variables concluyentes, para la conformación de la base de datos geográficos del área de estudio con carácter de múltiples propósitos.

Resulta importante mencionar que se revisaron los estudios y aplicaciones desde el punto de vista metodológico, los mecanismos de procesos, así como la obtención de sus productos.

Por este motivo, en la construcción de dicha aplicación SIG, fue necesario priorizar los estudios referentes a Lima metropolitana, ya que dependerá exclusivamente de la información que se pueda obtener. Para ello, se clasificó en cuatro fases, necesarias para analizar y realizar el presente estudio de acuerdo a la información con la respectiva verificación de campo.

7.2. Fase de campo

Esta fase compromete diferentes procesos, lo que nos permite realizar la metodología del SIG. Tanto es así que dicha metodología necesariamente se complementa con el trabajo de campo, para ciertos elementos geográficos, así como para generar información a diversos niveles de detalle; es decir, elaborar cartografía ambiental necesaria y consistente.

Para realizar esta fase, se efectuó primeramente un reconocimiento de la zona de estudio. Para ello, se consideraron diferentes puntos de interés e importancia. Esto se explica debido a que necesitamos establecer mecanismos necesarios para identificar, definir y deducir características de los fenómenos urbanos que son registrados en las aerofotografías; asimismo, para realizar los chequeos tradicionales de información, verificación y ajuste, etc.

Para tal efecto, se programaron diversas visitas a la zona, con el fin de compatibilizar la información recopilada, así como las características prioritarias para la cartografía ambiental elaborada (geología, pendientes, geomorfología, etc.).

7.3. Fase final - Sistema de Información Geográfica

Preparación para la captura de datos geográficos

Se consideraron los siguientes procesos:

- a) **Proceso de homogeneización de información**
Se compatibilizó la información proveniente de todas las fuentes. Esto supone la congruencia de datos, con el fin de tener la compilación cartográfica, estableciendo la base de datos de este estudio SIG.

b) Proceso de acondicionamiento cartográfico

Esta fase consistió en preparar la información recopilada, por lo cual era necesario preparar cartografías tales como: mapa base, mapa de pendientes, mapa geológico-litológico, mapa geomorfológico, zonificación tectónica estructural, mapa isosistas, entre otros.

Elaboración del mapa de unidades homogéneas de análisis

Este proceso consistió en la superposición de la cartografía ambiental generada a este nivel, la que ha sido ajustada a la base cartográfica, que dispone de la referencia geográfica; estableciéndose las relaciones geométricas y precisas para su posterior integración. Fue necesario realizar este proceso en forma automática, ya que presentaba los patrones de homogeneización para cada capa temática ingresada y su respectiva correlación con los demás mapas temáticos.

De este modo, se llegó a integrar cada elemento de la cartografía ambiental correspondiente; referido al comportamiento del suelo, donde las variables del medio físico son las siguientes:

- Unidades litoestratigráficas - litología
- Unidades geomorfológicas
- Zonas de intensidades (isosistas)
- Zonificación tectónica estructural
- Pendiente
- Tipos de suelos

Las características físicas ambientales y socioeconómicas más saltantes, que tipifican el carácter del área y que tienen relación con el objetivo del estudio, se establecieron mediante un diagnóstico físico-ambiental que conforma la base de datos:

- Tipificación de vivienda
- Impacto poblacional
- Equipamiento urbano
- Infraestructura crítica
- Vías de comunicación
- Servicios básicos
- Microzonas de desarrollo
- Zona comercial, industrial, agrícola

8. MODELAMIENTO CARTOGRÁFICO

Como resultado de la integración ambiental, y de acuerdo a la ponderación, fueron obtenidas las siguientes áreas:

Descripción	Área (ha)	%
Alta vulnerabilidad	704.14	13.60
Moderada vulnerabilidad	2 174.12	41.96
Baja vulnerabilidad	2 303.07	44.44

Como consecuencia del modelo cartográfico, se obtuvo una distribución superficial de los niveles de vulnerabilidad considerados en el análisis. Esta última etapa consistió en señalar las áreas vulnerables desde el punto de vista del medio físico/comportamiento del suelo y, con ello, llevar a cabo la transformación de uso y recomendaciones con el modelo cartográfico.

8.1. Áreas críticas-impacto e incidencia de niveles de vulnerabilidad en la población:

La información obtenida, mediante los modelos cartográficos de los niveles de vulnerabilidad del área geográfica, se considera bajo un análisis del riesgo que ocasionaría en la población, por lo cual se hizo una estimación de la población comprendida ante un riesgo sísmico, cuantificándose la afectada en los niveles de vulnerabilidad.

	Hab./miles	%
Manzanas con población en zonas de alta vulnerabilidad	113,857	29.55
Manzanas con población en zonas de moderada vulnerabilidad	32,723	8.50
Manzanas con población en zonas de baja vulnerabilidad	238,690	61.9

NOTAS

- 1 Proyecto: Sistema de Información Geográfica – GEODECI, Instituto Nacional de Defensa Civil, Calle 1 y 21 Urb. Corpac – Oficina 301, Lima 27, Perú.