

CAPITULO V

DISEÑO E IMPLANTACION DEL PROTOTIPO DE SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

Fase 1 Análisis del Sistema de Actividades

Definición del Sistema de Actividades (SA)

En el año 1979, el Ejecutivo del Estado Mérida decretó la creación de la Comisión Especial de Asesoría para la Prevención del Riesgo Sísmico (CEAPRIS), con el objeto de asesorar a los organismos oficiales, públicos y privados en materia de prevención y mitigación de riesgo sísmico.

Esta comisión fue reestructurada en el año 1984, quedando integrada por una Junta Directiva, conformados por representantes de: Defensa Civil, Universidad de los Andes, Comisionaduría de Salud Pública del Estado, Ministerio de Energía y Minas y cuatro subcomisiones de trabajo: subcomisión de construcción y desarrollo urbano, subcomisión de educación y capacitación, subcomisión de zonificación de riesgos naturales, subcomisión de manejo de emergencia sísmica y la red sismológica de los Andes (ver Figura 14).

En el año 1993, CEAPRIS se transformó en una Fundación (FUNDAPRIS), con la misma estructura organizativa, pero con personalidad jurídica propia y mayor autonomía económica y operativa.

El SIG a implementarse se desarrollará para la subcomisión de zonificación de riesgos naturales, por lo tanto, la referida subcomisión se constituirá en el sistema de actividades a quién el SIG apoyará en sus actividades de gestión y planificación.

En relación a la subcomisión de zonificación y estudio de riesgos naturales, la misma está integrada por representantes del Laboratorio de Geofísica, de la Escuela de Geología y del Instituto de Geografía de la Universidad de los Andes y del Ministerio de Energía y Minas y tiene como objetivos los siguientes:

- Ubicar, caracterizar, evaluar y zonificar los peligros naturales asociados a movimientos sísmicos con el objeto de estimar la vulnerabilidad de la región y asesorar a los organismos oficiales y autoridades en la toma de decisiones al respecto.
- Prevenir a la comunidad y autoridades sobre procesos naturales inminentes que representen una amenaza para la vida y la propiedad.
- Asesorar a los organismos públicos y privados y a la comunidad en general en materia de riesgos naturales a la hora de planificar, realizar o adquirir obras de construcción civil.

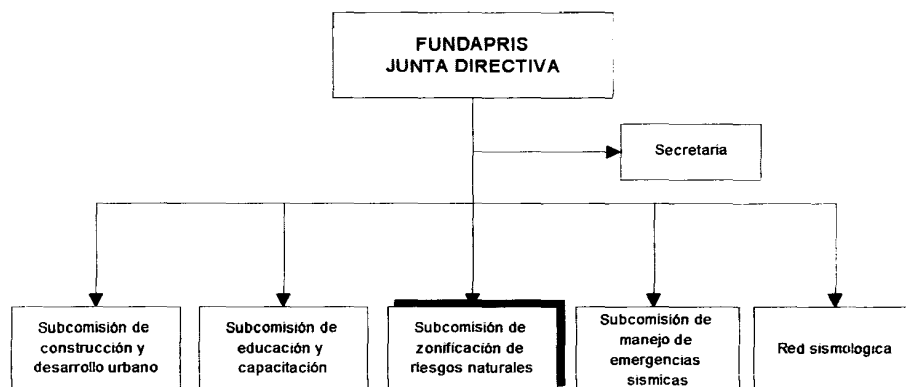


Figura 14. Organigrama de la Fundación para la Prevención del Riego Sísmico. (FUNDAPRIS).

Modelado de la Estructura Funcional de la subcomisión de Zonificación y estudio de Riesgos Naturales.

En la Figura 15 se puede observar el modelo funcional de la subcomisión de zonificación y estudio de Riesgos naturales, y la forma en que se estructuran las actividades.

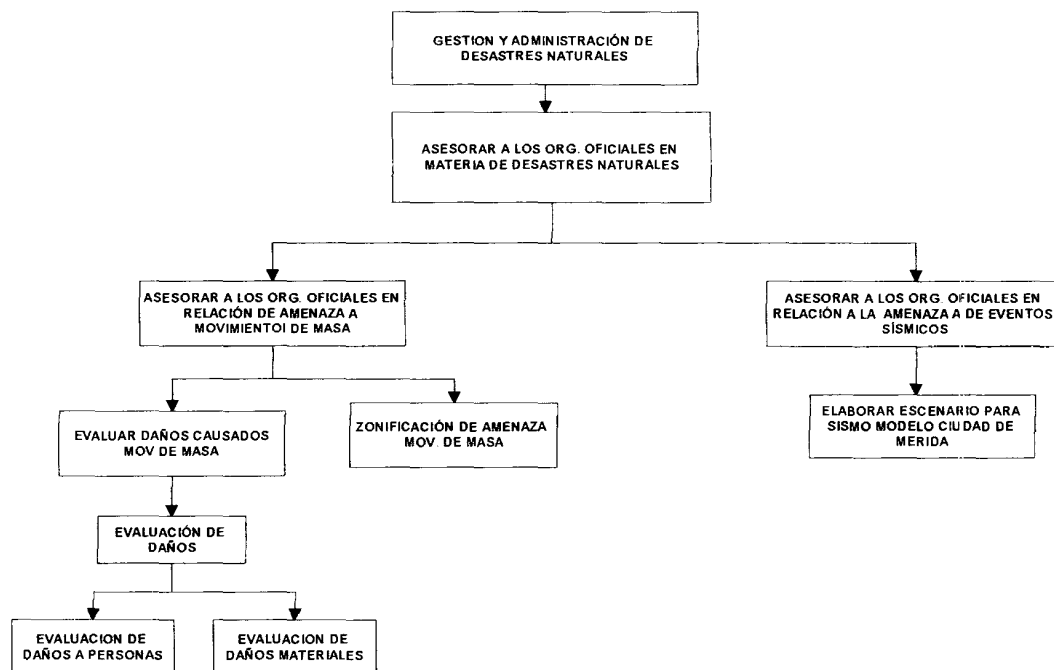


Figura 15. Estructura funcional de la subcomisión de zonificación de riesgos naturales.

Dentro de la estructura funcional de la subcomisión de zonificación y estudio de riesgos naturales, se identificaron los siguientes procesos:

- Inventario y caracterización de movimiento de masa.
- Evaluación de daños a personas por movimiento de masa.
- Evaluación de daños material por movimiento de Masa.
- Zonificación por amenaza del área metropolitana de Mérida por movimiento de masa.
- Generación del escenario sísmico para sismo modelo para el área metropolitana de Mérida.

Los procesos identificados constituirán las unidades fundamentales de trabajo en las siguientes fases.

Modelado de la Estructura Organizativa

Estructura Organizativa

Como se indicó anteriormente, la subcomisión de zonificación y estudio de riesgos naturales, es una de las cuatro comisiones que constituyen la Fundación para la Prevención del Riesgo Sísmico (FUNDAPRIS). En particular, esta subcomisión, presenta una estructura organizativa muy sencilla (ver Figura 16).

Está compuesta por dos grupos de trabajo: el Grupo de Movimiento de Masa y el Grupo de riesgo sísmico, estos grupos de trabajo son los usuarios potenciales del Sistema de Información Geográfica a desarrollar.

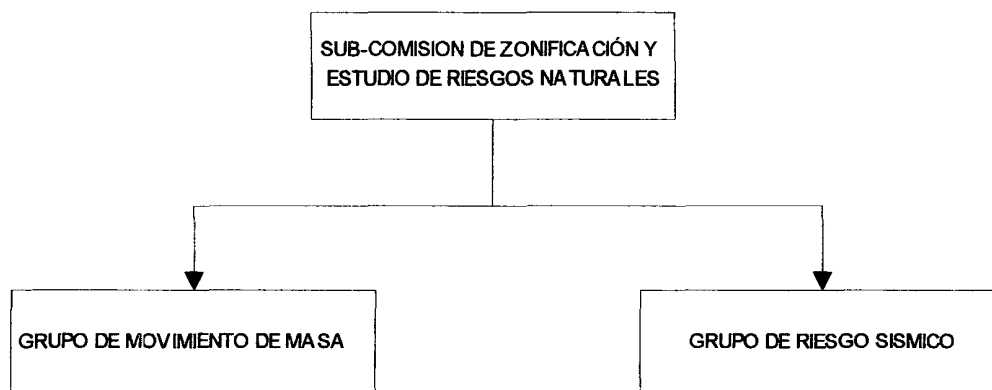


Figura 16. Estructura organizativa de la subcomisión de zonificación de riesgos naturales

Matriz de relación

Después de haber definido la estructura funcional y la estructura organizativa, se procede a elaborar una matriz donde las columnas representan los grupos de trabajo y las filas los procesos de la estructura funcional. Esta matriz (ver Tabla 5) permitirá identificar con facilidad, para cada grupo de trabajo, sus responsabilidades en la ejecución de cada proceso.

Tabla 5. Relación proceso - entidad responsable.

Proceso	Grupo Mov de Masa	Grupo Riesgo Sísmico
Inventario y Caracterización Mov de Masa	X	
Evaluación daños a personas Mov de Masa	X	
Evaluación daños Materiales Mov de Masa	X	
Zonificación amenaza a Movimientos de Masa	X	X
Generación de escenario sísmico		X

Modelado preliminar de las entidades relevantes al Sistema de Actividades

Descripción general del espacio geográfico

Localización y extensión del área de estudio: El área objeto de estudio está localizada en los andes centrales venezolanos. Ocupa un valle tectónico (graben), que tiene aproximadamente la dirección de los Andes (NE-SO), limitada al NO por la Sierra La Culata y al SE por la Sierra Nevada y con las coordenadas geográficas 8° 32' 34" y 8° 38' 49" de latitud norte y 71° 7' 20" y 71° 5' 42" de longitud oeste.

Características físico naturales del área de estudio: El área se encuentra dentro del graben tectónico del río Chama, el cual separa las cordilleras de la Sierra Nevada y La Culata o del Norte.

Este cordón montañoso está conformado por una gran variedad de material geológico, en donde afloran rocas posiblemente precámbricas de la Formación Sierra Nevada, así como materiales de edad terciaria y acumulaciones recientes, sobre las cuales se desarrolla una red de drenaje más o menos densa, representada por su principal afluente el río Chama y por una serie de ríos secundarios y quebradas, como son: El Mucujún, Albarregas, Milla, etc.

Esta red hidrográfica se encuentra mayormente controlada por los cortes tectónicos generados por el sistema de falla de Boconó, la cual disecta las amplias acumulaciones cuaternarias donde se asienta la ciudad de Mérida y otras ciudades importantes.

En el Apéndice 5 se presentan una secuencia de fotos de la ciudad de Mérida y el Talud.

Características Sísmicas: La ciudad de Mérida, como muchas ciudades del Occidente de Venezuela se encuentra ubicada en una de las zonas sísmicamente más activas del país: la zona de fallas de Boconó.

Esta zona de fallas se extiende con dirección noreste desde el sur del estado Táchira hasta la costa venezolana con el Mar Caribe, atravesando longitudinalmente la Cordillera de los Andes venezolanos. Igualmente la historia sísmica de esta región, descrita brevemente en el capítulo II, y los análisis de la sismicidad instrumental, dejan entrever el nivel de riesgo a que está sometida la Ciudad de Mérida y poblaciones circunvecinas.

Aspecto urbano-poblacional del área de estudio: El vertiginoso crecimiento urbano-poblacional de la ciudad de Mérida en los últimos años, ha generado una ocupación desordenada del espacio urbano, lo que ha traído como consecuencia la utilización de áreas propensas a los riesgos naturales, tales como: sismos, movimientos de masa etc.

Según datos del Instituto de Investigaciones Económicas de la -U.L.A, la población del área metropolitana de Mérida para 1990 era de 177.811 Hab, de los cuales el 19.2 % estaban ubicados en el casco central (sector comprendido entre Milla-Glorias Patrias), correspondiendo a la mayor densidad de población .

Hacia el Sur del casco central se ubican una serie de nuevas urbanizaciones y el área urbana de La Parroquia con un 9.3 % de la población. Hacia el norte se localizan áreas con un 4.9 % (Hoyada de Milla- Andrés Eloy Blanco-Chorros de Milla), al Sur-Oeste se ubica el sector la Otra Banda que agrupa un 10 % de la población y en la actualidad se desarrollan importantes complejos multifamiliares.

Trabajos realizados por la Oficina Central de Estadística e Informática (OCEI) sobre poblamiento, estiman que la ciudad de Mérida, contará para el año 2000 con una población aproximada 309391 habitantes.

La ocupación desordenada del espacio en la Ciudad de Mérida, en especial el desarrollo de complejos habitacionales, en áreas no aptas desde el punto de vista geotécnico y sin cumplir las normas de construcciones antisísmicas, en combinación con la potencial ocurrencia de un sismo que afecte la región, definen un alto nivel de riesgo para la ciudad de Mérida.

Entidades relevantes al Sistema de Actividades

En el punto anterior, se efectuó una descripción general del área de influencia de la Subcomisión de Zonificación y Estudio de Riesgos Naturales. Del espacio

descrito, no todo tiene relevancia o interés al sistema de actividades, sólo algunas entidades de ese espacio son de interés y requieren ser estudiadas, descritas y analizadas debidamente.

Estas entidades relevantes al sistema de actividades se identificaron sobre la base de la estructura funcional y para cada proceso se indicó cuáles son las entidades que actúan, se requieren o son afectadas y, a su vez, para cada entidad se identificaron sus propiedades relevantes, con base en los objetivos que persiguen la subcomisión.

Estas propiedades relevantes se denominan atributos. En la Tabla 6 se puede observar para cada proceso, el tipo de entidad involucrada y los atributos temáticos correspondientes requeridos.

Tabla 6. Entidades Relevantes al Sistema de Actividades

PROCESO	TIPO DE ENTIDAD	ATRIBUTOS TEMATICOS
Evaluación de daños a poblaciones por Movimiento de Masa	Movimiento de Masa	Clase Movimiento Condición Actual Area afectada Fecha Ocurrencia
	Población	Nombre de la Población Número de habitantes
Evaluación de daños materiales	Movimiento de Masa	Clase Movimiento Condición Actual Area afectada Fecha Ocurrencia
	Líneas Vitales	Tipo de instalación Ubicación instalación.
Zonificación de amenaza por Movimiento de Masa	Movimiento de Masa	Clase Movimiento Condición Actual Area afectada Fecha Ocurrencia
	Sector	Consolidación del suelo Clase de Pendiente
Elaboración escenario sísmico para la ciudad de Mérida	Sismo	Intensidad
	Sector	Clase de Pendiente Consolidación de Suelo Profundidad de Sedimentos Composición del Suelo Distancia al Talud Tipología Constructiva

Fase 2 Análisis y especificación de requerimientos

Con base en los resultados obtenidos en la fase anterior se procedió a identificar y documentar los servicios que prestará el SIG a la Subcomisión de Zonificación y Estudio de Riesgos Naturales.

Para lograr tal fin se efectuó el análisis y especificación de los diferentes requerimientos a ser satisfechos. Los resultados obtenidos se especificaron de acuerdo al tipo de requerimiento, de la forma siguiente:

Especificación de requerimientos de información

En este paso para cada uno de los requerimientos se indica la información que debe contener, el formato y medio de presentación, sus usuarios, la frecuencia de utilización y su disponibilidad.

En la Tabla 7 (ver Apéndice 6), se presentan los resultados obtenidos.

Especificación de requerimientos de análisis de datos espaciales

Para el desarrollo de este punto nos basamos en los resultados obtenidos en el paso anterior. En tal sentido se elaboró una tabla donde en las filas se indica el requerimiento y en las columnas el proceso de análisis de datos que es necesario realizar.

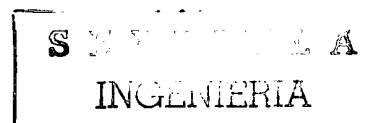
El tipo de análisis requerido puede ser análisis de atributos o variables temáticas, análisis espacial o modelado cartográfico.

En la Tabla 8 (ver Apéndice 6), pueden observarse los resultados obtenidos en este proceso, siendo necesario destacar el hecho que en la referida tabla no se presentan los procesos y requerimientos que no requieren análisis.

Especificación de requerimientos de almacenamiento.

Lista entidades espaciales y no espaciales relevantes para el SIG y atributos de cada entidad.

En relación a los dos anteriores, se revisaron los resultados obtenidos en el proceso de identificación de las entidades relevantes al sistema de actividades (ver Fase 1), manteniéndose las mismas entidades y atributos seleccionados en ese paso sin efectuárseles ningún cambio (ver Apéndice 6, Tabla 7).



Requerimientos de respaldo y recuperación

- El mantenimiento del sistema será realizado por el técnico adscrito a FUNDAPRIS, quién deberá revisar periódicamente el buen funcionamiento del sistema haciéndole pruebas tales como consultas interactivas, operaciones de análisis espacial sencillas, etc. que permitan determinar algún mal funcionamiento del sistema.
- Cada usuario, al momento de hacer uso del sistema, debe reportar cualquier anomalía observada en el mismo.
- Se debe realizar un respaldo completo de la información del sistema, por lo menos una vez al mes.
- Cuando se desarrollen trabajos de investigación o docencia donde se utilicen los equipos y los usuarios no sean personal adscrito a FUDAPRIS, la información generada en esa actividad debe ser respaldada o eliminada según sea el interés del usuario en forma inmediata, ya que el técnico responsable de mantenimiento semanalmente eliminará todos aquellos archivos e información no requerida o necesaria para el funcionamiento del sistema.
- Los miembros de la subcomisión de zonificación de riesgos naturales, se les asignara 100 MB de espacio en disco duro para el desarrollo de sus aplicaciones.
- Con el transcurrir del tiempo, se pueden presentar problemas en el sistema. Estos episodios son usualmente resultado de la carencia de espacio en el disco duro o por fragmentación del disco, otras por operación normal del sistema. Por lo tanto, se requiere tomar las medidas para resolver estos problemas. En relación al espacio en el disco duro, ya se indicó que semanalmente se hará un mantenimiento del sistema.

En el caso de fragmentación, el técnico mensualmente debe utilizar los programas que le permitan hacer pruebas al disco duro y corregir los problemas generados por la fragmentación.

Requerimientos de Seguridad.

En materia de seguridad se consideran dos aspectos la seguridad del software y la seguridad física.

Seguridad del Software Algunas herramientas SIG, como el ARCINFO, requieren de llaves físicas para su utilización haciendo más difícil o no interesante la copia ilegal de este programa. Pero existen otras herramientas SIG IDRISI, Altas Gis, Map Info y otros programas como procesadores de palabras, manejadores de

bases de datos, hojas de cálculo etc., que no tienen ningún implemento o sistema que evite que sean copiados en forma ilegal, siendo necesario establecer ciertas normas para evitar cualquier plagio :

- Los usuarios externos del sistema podrán ingresar al área donde se encuentran los equipos únicamente con los discos flexibles necesarios para respaldar la información que generen en la sesión de trabajo.
- Los miembros de la subcomisión de zonificación de riesgos naturales como usuarios del sistema, no deben realizar copias ilegales de los programas adquiridos con licencia, únicamente se debe realizar la copia de respaldo requerida por razones de seguridad.
- Se debe orientar a los usuarios externos del sistema en relación al uso del software y las normas establecidas en el laboratorio.
- En relación con los virus informáticos, las computadoras deben tener instalado anti-virus residente en memoria RAM actualizado periódicamente que proteja el sector de arranque del disco duro y todo disco flexible que se use, tanto para extraer como para introducir información debe ser revisado por el anti-virus e inoculado.

Seguridad Física Los computadores y sus periféricos deben estar localizados en una dependencia que les brinde la seguridad suficiente contra robos y daños materiales.

Únicamente el personal autorizado (los miembros de la subcomisión de zonificación de riesgos naturales) deberá tener llave de la dependencia donde se encuentren los equipos.

Se deben utilizar únicamente los reguladores de voltaje, cables y conectores recomendados por los fabricantes y no se le debe asignar a ningún equipo un uso diferente al que fue diseñado o adquirido.

Especificación de requerimientos de interacción

Los requerimientos de interacción se dividen de la siguiente forma:

Requerimientos de adquisición de datos espaciales

Se determinaron las fuentes de datos espaciales que alimentarán el SIG, indicando para cada fuente su nombre, escala, organismo que la proveerá, formato de almacenamiento y actualización. (ver Tabla 9)

Tabla 9. Requerimientos de adquisición de datos espaciales.

FUENTE DE DATOS					
TIPO DE ENTIDAD	Nombre	Escala	Organismo	Almacena	Actualiz
Movimiento de Masa	Fotografía Aérea	1:10.000	ULA	Digital	1989, 90,
	Observación directa Base de Datos	1: 5.000	ULA ULA		92,94 1996 1996
Entidad Sectores					
Atributos					
Litología	Mapa litológico	1:50.000	ULA	Mapa Analógico	1984
Geología	Mapa geológico	1:50.000	ULA	Mapa Analógico	1984
Pendiente	Mapa topográfico	1:10000	FUNDAPRIS	Mapa Analógico	1995
Composición del suelo	Mapa Composición de suelo	1:10000	FUNDAPRIS	Mapa Analógico	1995
Profundidad de sedimentos	Mapa profundidad de sedimentos	1:10000	FUNDAPRIS	Mapa Analógico	1995
Grado de consolidación	Mapa consolidación de suelos	1:10000	FUNDAPRIS	Mapa Analógico	1995
Talud	Mapa topográfico	1:10000	FUNDAPRIS	Mapa Analógico	1995
Tipología constructiva	Mapa tipología constructiva	1:10000	FUNDAPRIS	Mapa Analógico	1996
Líneas Vitales	Mapas de Líneas Vitales:	1:25000	M.T.C	Mapa analógico	1985
	Vías de comunicación	1:25000	CADELA	Mapa analógico	1992
	Líneas Eléctricas	1:10000	FUNDAPRIS	Mapa analógico	1997
	Red de tuberías			Mapa analógico	
Población	Mapa de Población	1: 10000	U.L.A	Mapa Analógico	1996

Requerimientos de adquisición de datos temáticos

Se determinaron las fuentes de datos temáticos que alimentarán el SIG, indicando para cada fuente su nombre, organismo que la proveerá y formato de almacenamiento. (ver Tabla 10).

En relación a la información temática, es recomendable iniciar el proceso de adquisición de datos, utilizando las fuentes presentes en la región y luego las fuentes nacionales e internacionales.

Tabla 10. Requerimientos de adquisición de datos temáticos.

TIPO DE ENTIDAD	FUENTE DE DATOS		
	Nombre	Organismo	Almacen
Movimiento de Masa	Tesis y Trabajos de Investigación	Bibliotecas de la Universidad de los Andes, Centros de Investigación Bibliotecas y Centros de Investigación del resto del país Organismos Oficiales (MARNR, M.T.C, CADELA, Gobernación, Alcaldía.	Analógico
Sector atributos:			
Litología			
Geología	Bibliografía Especializada (Libros Técnico)	Bibliotecas de la Universidad de los Andes, Centros de Investigación Bibliotecas y Centros de Investigación del resto del país. Organismos Oficiales (MARNR, M.T.C, CADELA, Gobernación, Alcaldía.	Analógico
Pendiente			
Composición de Suelos			
Consolidación de Suelos	Seminarios y Congresos	Bibliotecas de la Universidad de los Andes, Centros de Investigación Bibliotecas y Centros de Investigación del resto del país Organismos Oficiales (MARNR, M.T.C, CADELA, Gobernación, Alcaldía.	Analógico Digital
Profundidad de Sedimentos			
Tipologías Constructivas			
Sismos	Publicaciones Periódicas	Fundación de Ciencia y tecnología.	Analógico Digital
Líneas Vitales			
Población			

Requerimientos de presentación de información espacial

Entre las capacidades del SIG están la producción de material cartográfico, que generalmente es el resultado final de una serie de procesos desarrollados por el mismo SIG (Ver Tabla 11). Por lo tanto, si este producto final es de buena o mala calidad, en la misma medida se pensará que es la eficiencia del sistema en su totalidad.

Tabla 11. Requerimientos de presentación de información espacial

NOMBRE DEL MAPA	TIPO	VARIABLE VISUAL	ESCALA
Base	Cuantitativo Lineal (isohipsas)	Forma y tamaño	1:10.000
Inventario movimiento de masa	Cuantitativo Puntual	Tamaño y forma	1:10.000
Pendiente	Cuantitativo Areal	Color	1:10.000
Geológico	Cualitativo Areal	Color	1:10.000
Litológico	Cualitativo Areal	Color	1:10.000
Litología y pendiente combinados	Cualitativo Areal	Color y textura	1:10.000
Zonificación de riesgos	Cualitativo Areal	Color	1:10.000
Pendiente	Cuantitativo Areal coroplético	Color	1:10.000
Probabilidad de subsistencia pendiente, sismos intensidad vii, viii, ix, x (4 mapas)	Cuantitativo Areal coroplético	Color	1:10.000
Profundidad de sedimentos	Cuantitativo Areal coroplético	Color	1:10.000
Probabilidad de subsistencia profundidad de sedimentos sismos intensidad vii, viii, ix, x (4 mapas)	Cuantitativo Areal coroplético	Color	1:10.000
Composición del suelo	Cualitativo Areal	textura y color	1:10.000
Probabilidad de subsistencia composición del suelo sismos intensidad vii, viii, ix, x (4 mapas)	Cuantitativo Areal	textura, base corocromática	1:10.000
Grado de consolidación del suelo	Cualitativo Areal	Textura, base corocromática	1:10.000
Probabilidad de subsistencia composición del suelo. sismos intensidad vii, viii, ix, x (4 mapas)	Cualitativo Areal	color y textura	1:10.000
Distancia al talud	Cualitativo Areal	Color	1:10.000
Probabilidad de subsistencia distancia al talud sismos intensidad vii, viii, ix, x (4 mapas)	Cuantitativo Areal coroplético	Color	1:10.000
Tipologías constructivas	Cualitativo Areal	Color y textura	1:10.000
Probabilidad de subsistencia tipología constructivas, sismos intensidad vii, viii, ix, x (4 mapas)	Cuantitativo Areal coroplético	Color y textura	1:10.000
Sectores, sismos intensidad vii, viii, ix, x (4 mapas)	Cualitativo Areal	Color y textura	1:10.000
Probabilidad de subsistencia sectores, sismos intensidad vii, viii, ix, x (4 mapas)	Cuantitativo Areal, coroplético	Color y textura	1:10.000

Requerimientos de la interfaz usuario-sistema

Se utilizará el interfaz que tiene por defecto el sistema de información geográfica

Especificación de restricciones

Requerimientos de Hardware y software

Se utilizara el Hardaware y software, que reúna las características técnicas más apropiadas de acuerdo a las funciones y objetivos del sistema.

Restricciones de costo, tiempo y recursos humanos.

En cuanto al costo, tiempo de desarrollo del SIG y personal, son responsabilidad del ente encargado de desarrollar el sistema (FUNDAPRIS).

Fase 3 Diseño conceptual de la base de datos

Modelado de esquemas conceptuales externos

Para cada uno de los procesos se construyó un esquema conceptual, usando el modelo entidad-relación (ver Figuras 17, 18, 18 y 20) .

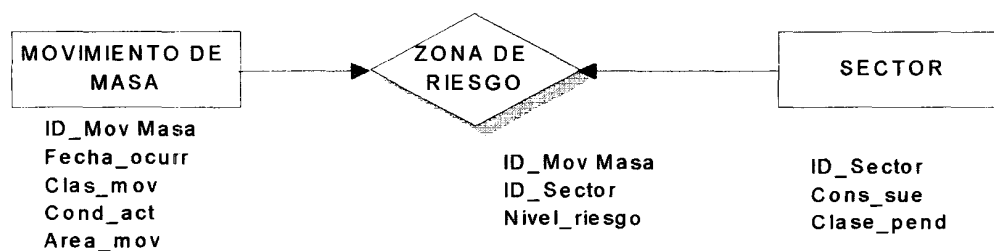


Figura 17. Zonificación de amenaza a movimientos en masa (proceso 1)

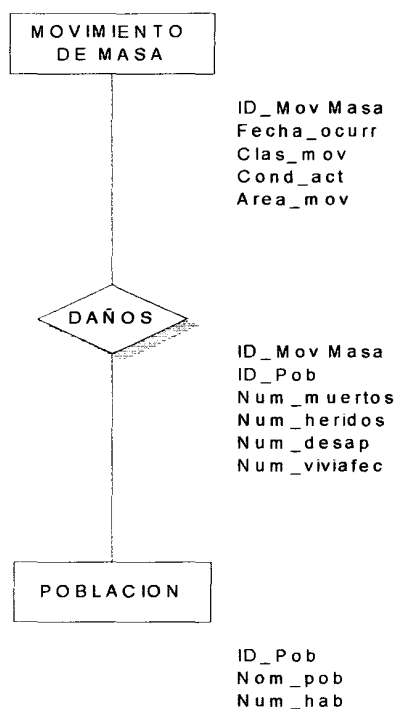


Figura 18. Evaluación de daños a personas por movimientos de masa. (proceso 2).

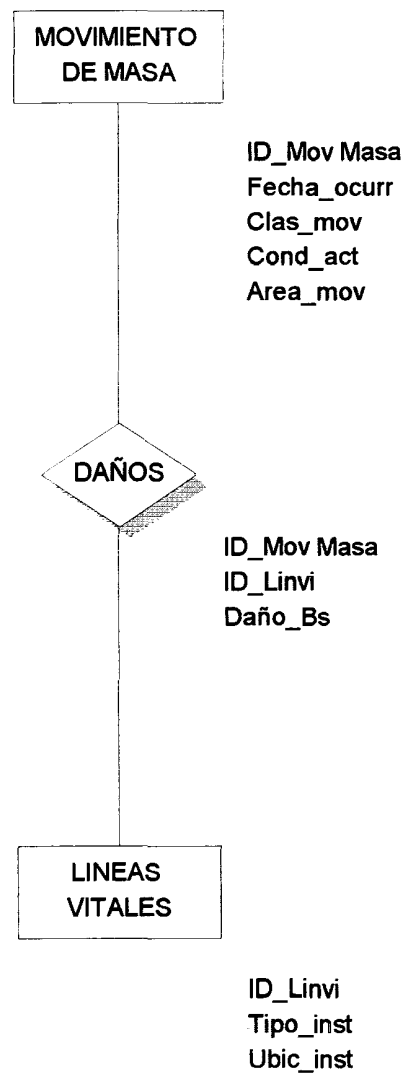


Figura 19. Evaluación de daños a líneas vitales por movimientos de masa (proceso 3)

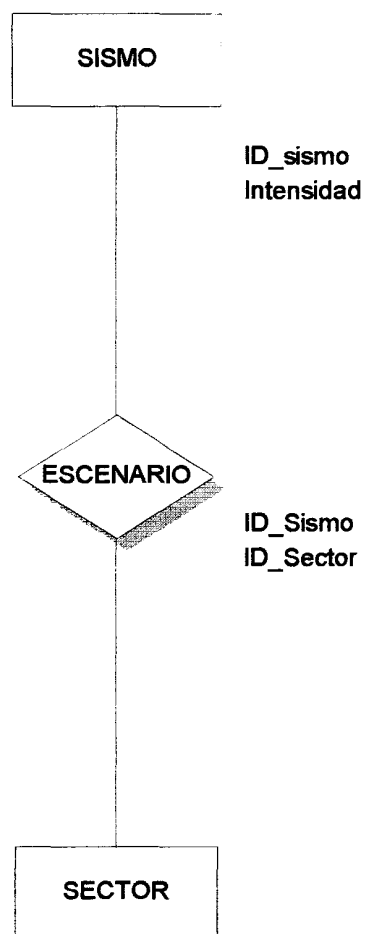


Figura 20. Elaboración escenario sísmico para la ciudad de Mérida (proceso 4).

Pre-Integración de esquemas externos

Los esquemas externos se integraron de la siguiente manera (ver Figura 21) :
a) Integración de los esquemas externos 1, 2 y 3, teniendo como resultado:

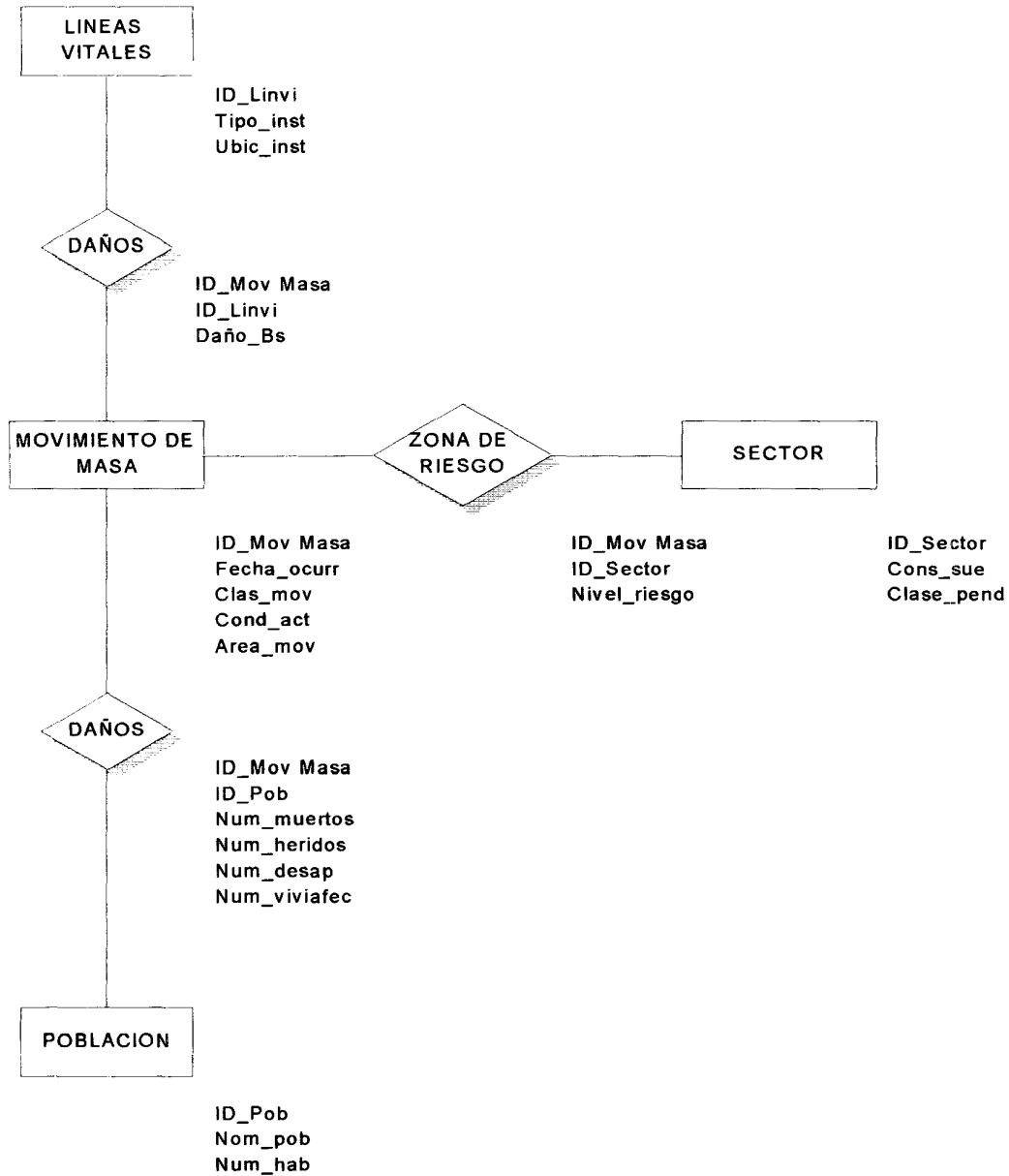
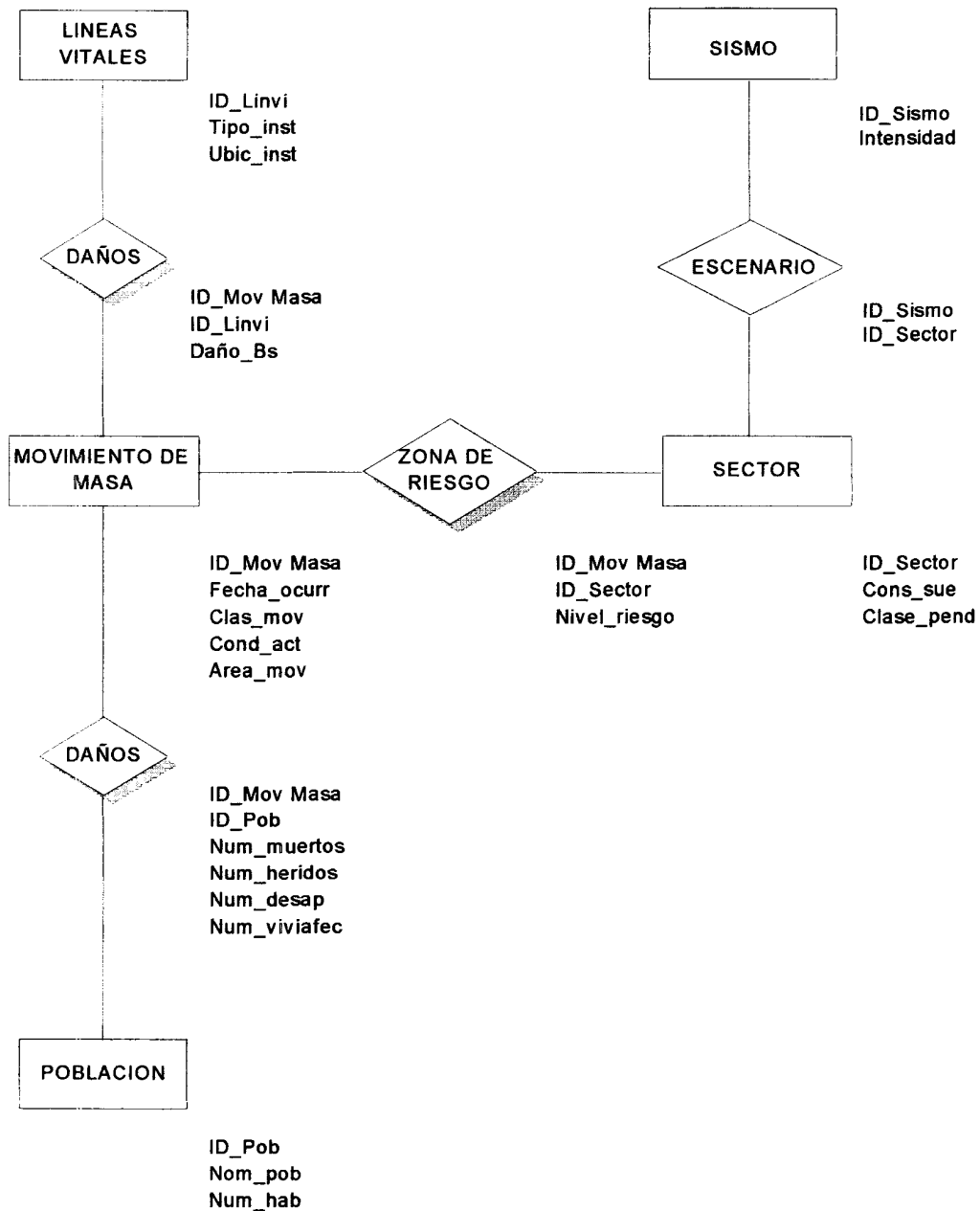


Figura. 21. Pre-integración de esquemas externos.

Integración de esquemas externos

Se procedió a integrar el esquema externo A, conformado por los procesos 1, 2 y 3 y el esquema B, proceso 4, obteniéndose de esta forma el esquema conceptual integrado C (ver Figura 22).



INSTITUTO
NACIONAL
DE ESTADISTICA

Figura 22. Integración de Esquemas Externos.

Verificación del esquema conceptual Integrado

Se efectuaron las correcciones y ajustes del esquema conceptual integrado y se verificó que cada requerimiento de información, especificado en la fase 2, pudo ser generado a partir del esquema general integrado.

Fase 4. Diseño implementable del sistema

Conversión del esquema conceptual a implementable

Dado que la herramienta a ser utilizada es un SIG del tipo vectorial, para la conversión se seguirán los siguientes pasos:

Determinación de las coberturas básicas o fundamentales

Tabla 12. Coberturas básicas

ENTIDAD	COBERTURA
Movimiento de Masa	Inventario Mov de Masa
	Mapa Base (Curvas, ríos y vías)
Sectores	Clases de pendiente
	Profundidad de sedimentos
	Consolidación del suelo
	Composición del suelo
	Distancia al talud
	Tipología constructiva
	Mapa Base (Curvas, ríos y Vías)
Líneas vitales	Líneas vitales
	Mapa Base (curvas, ríos y vías)
Población	Barrios, Urbanizaciones
	Mapa Base (Curvas, ríos y vías)

El atributo de enlace entre los datos temáticos y coberturas, es definido automáticamente por el sistema.

Determinación de las tablas o relaciones temáticas de la BDE a partir del esquema conceptual:

Conversión de las entidades en un esquema de relación .

Movimiento de masa (ID Mov_Masa, Fecha_ocurr, Clas_mov, Cond_mov, Area_mov).

Sectores (ID_Sector, Clase_pend, Cons_sue, Prof_sed, Comp_sue, Dist_tal, Tipo_con).

Sismo (ID_sismo, Intensidad).

Líneas vitales (ID_Linvi, Tipo_inst, Ubic_inst).

Población (ID_Pob, Nom_pob, Num-hab).

Conversión de las interrelaciones:

Escenario(ID_Sismo, ID_Sector).

Zona de Riesgo (ID_Sector, ID_Mov Masa, Nivel_riesgo).

Daños Líneas vitales (ID_Linvi, ID_Mov Masa, Daño_Bs).

Daños Población (ID_Pob, ID_Mov Masa, Num_muertos, Num_heridos, Num_desap, Num_viviafec).

Fase 5. Diseño Físico

Especificación de los procesos de digitalización

La digitalización es el proceso de transformar la localización de los elementos espaciales de un mapa en formato digital. Los puntos, líneas y polígonos que forman un mapa serán transformados en coordenadas cartesianas X, Y. Un punto es representado por un par de coordenadas, una línea por un conjunto de pares de coordenadas y un polígono por una o más líneas que encierran un área.

El proceso de Digitalización, se desarrolla de la siguiente manera:

- Determinación de los mapas a digitalizar: Con base en la información obtenida en la Fase 2 , se determinaron los mapas que debían ser digitalizados, los cuales fueron mapa base, composición de suelos, consolidación de suelos, profundidad de sedimentos, pendientes y tipologías constructivas.
- Antes de efectuar la digitalización, se procedió a revisar cada uno de los mapas, con la finalidad de determinar su calidad, en cuanto a la información y representación. Se determinó que todos eran de excelente calidad.
- Se efectuó la digitalización, utilizando para ello el *hardware* y *software*, seleccionado.

- En el proceso de digitalización , al crear las coberturas se les debe asignar un nombre que sea alegórico a la variable que representa. En la Tabla 13 se presentan los nombres asignados.

Tabla 13 Nombre de las coberturas

DESCRIPCIÓN	NOMBRE DE LA COBERTURA
Composición del suelos	Composic
Consolidación de suelos	Consolid
Profundidad de sedimentos	Profundi
Pendiente	Pendient
Tipologías constructivas	Tipologi
Distancia al talud	Talud
Curvas de nivel	Curvas
Ríos	Ríos
Vialidad	Vías

Diseño físico de la base de datos espacial

En relación al diseño físico de la base de datos espacial, es necesario considerar que en el proceso de creación de coberturas, en los SIG vectoriales, se generan automáticamente las tablas de relación, como por ejemplo en ARC/INFO las tablas pat.dbf (tabla de atributos de polígonos) y aat.dbf (tabla de atributos de arco), tienen definidos por defecto una serie de items, como son área, perímetro, identificador interno, identificador definido por el usuario . En tal sentido se procedió a anexar a las tablas ya creadas los items faltantes.

En la Tabla 14 (ver Apéndice 6), se tiene el diseño físico de la base de datos referido a las coberturas iniciales (Composición, consolidación y profundidad de suelos, pendiente, tipologías constructivas y distancia al talud) y en el Apéndice 7 se puede observar el diseño físico de la cobertura, sectores y la descripción general de toda la base de datos espacial diseñada.

Análisis de datos espaciales

En este paso se procedió a definir y desarrollar los procesos de análisis de datos espaciales a ser implementados en la siguiente fase. Basándonos para ello en los requerimientos indicados en la Tabla 8 (ver Apéndice 6).

Para una mejor comprensión del proceso, se procederá a indicar los procesos de análisis a que serán sometidas cada una de las coberturas involucrada,.

Composición de Sedimentos

Operaciones de atributos o variables temáticas. Se procedió a calcular la probabilidad de subsistencia a la variable composición, para sismos de intensidad vii, viii, ix y x. Los resultados obtenidos se ubicaron en los campos Psvii_com, Psviii_com, Psix_com, Psx_com, respectivamente.

La fórmula a ser utilizada, para el cálculo de la probabilidad de subsistencia relacionada con la composición de sedimentos es la siguiente (5.1) (Laffaille, 1996):

$$P_c = \begin{cases} 1 & \text{si } I < 0.275C + 6 = A \\ 2.30 - 0.217I + 0.0605C & \text{si } A \leq I \leq B \\ 0 & \text{si } B = 0.275C + 10.61 < I \end{cases} \quad 5.1$$

I = Intensidad Sismo.

C = Indice de Comportamiento Sísmico C .

Los valores del Indice C de comportamiento sísmico se presentan en la Tabla 15.

Tabla 15. Indice C de comportamiento sísmico

Composición del Suelo	Indice_C
Muy rico en arcilla, pero con limo y arena	5.5
Arenoso con arcilla (proporciones similares)	3.3
Arenoso, pero con arcilla y limo	2.9
Rico en limo y arcilla, con poca arena	2.5
Rico en limo, con arcilla y arena	2.3
Muy arenoso, con arcilla y limo	1.9
Básicamente arcilloso	1.7
Arenoso, con limo y casi sin arcilla	1.5
Limo arcilloso, sin arena	1.5
Solo arena	0
Solo limo	0
Roca meteorizada	6
Roca diaclasada	7
Lecho rocoso	8

Consolidación de Sedimentos

Operaciones de atributos o variables temáticas. Se procedió a calcular la probabilidad de subsistencia, tomando en cuenta la variable consolidación de

sedimentos, para sismos de intensidad vii, viii, ix y x. Los resultados obtenidos se ubicaron en los campos Psvii_con, Psviii_con, Psix_con, Psx_con, respectivamente.

La fórmula a ser utilizada, para el calculo de la probabilidad de subsistencia es la siguiente: (5.2) (Lafaille, 1996)

$$P_{\epsilon} = \begin{cases} 1....si....I < 8.207 - \frac{1}{m} \log \left[\frac{(1-n)E}{6} + n \right] = e1 \\ 2.78 - 0.217I - \frac{0.217}{m} \log \left[\frac{(1-n)E}{6} + n \right]e1 \leq I \leq e2. \\ 0.....si.....12.807I - \frac{1}{m} \log \left[\frac{(1-n)E}{6} + n \right] = e2 < I \end{cases} \quad 5.2$$

I = Intensidad Sismo

$m = 0.333$.

E = Indice E de comportamiento sísmico.

Los valores del Indice E, de comportamiento sísmico, de acuerdo a la consolidación del suelo, se presentan en la Tabla 16.

Tabla 16 Indice E de comportamiento sísmico

Grado de Consolidación	Vs (mts/seg)	Indice_E
Sin estructura, no consolidados	160-190	0
Muy débilmente consolidados (estructura muy débil)	190-235	1
Poco consolidados (débilmente estructurados)	235-305	2
Consolidados (con estructura)	305-618	3
Bien consolidados (estructura fuerte)	618-2400	4
Formados por rocas diaclasadas	2400-3000	5
Formados por roca intacta (lecho rocoso)	>3000	6

En la primera columna se presenta una descripción cualitativa de las características de suelo, en la segunda columna el intervalo de valores de la velocidad de propagación de las ondas transversales en cada clase de suelo y en la tercera el índice E de comportamiento sísmico ($E=0$ pero caso, $E=$ caso optimo)

Profundidad de Sedimentos

Operaciones de atributos o variables temáticas. Se procedió a calcular la probabilidad de subsistencia, para la variable Profundidad de Sedimentos, considerando sismos de intensidad vii, viii, ix y x. Los resultados obtenidos se ubicarán en los campos Psvii_prof, Psviii_prof, Psix_prof, Psx_prof, respectivamente.

La fórmula a ser utilizada, para el calculo de la probabilidad de subsistencia es la siguiente: (5.3) (Laffaille, 1996)

$$P_p = \begin{cases} 1.....si.....I < 8.207 - \frac{1}{m} \log(ch + 1) = p_1 \\ 2.78 - 0.217I - \frac{0.217}{m} \log(ch + 1).....si....p_1 \leq I \leq p_2 \\ 0.....si.....12.807 - \frac{1}{m} \log(ch + 1) = p_2 < I \end{cases} \quad 5.3$$

I = Intensidad Sismo.

c = Parámetro c 0.01.

h = Profundidad del sedimentos en metros.

Tipologías constructivas

Operaciones de atributos o variables temáticas. Igual que para las coberturas anteriores, se calculó la probabilidad de subsistencia, para la variable Tipologías Constructivas, tomando en cuenta sismos de intensidad vii, viii, ix y x. Los resultados obtenidos se ubicarán en los campos Psvii_tcl, Psviii_tcl, Psix_tcl, Psx_tcl, respectivamente.

La fórmulas a ser utilizadas (5.4....5.11) (Laffaille, 1996), varían de acuerdo al tipo de edificación, en tal sentido existen tantas fórmulas como tipologías de edificación, se presenten en el área de estudio.

$$PC_3 = \begin{cases} 1.....si.....I < 8.607 \\ 2.87 - 0.217I.....si.....8.607 \leq I \leq 13.207 \\ 0.....si.....13.207 < I \end{cases} \quad 5.4$$

$$PC_5 = \begin{cases} 1.....si.....I < 8.407 \\ 2.83 - 0.217I.....si.....8.407 \leq I \leq 13.007 \\ 0.....si.....13.007 < I \end{cases} \quad 5.5$$

$$PC_8 = \begin{cases} 1.....si.....I < 8.207 \\ 2.78 - 0.217I.....si.....8.207 \leq I \leq 12.807 \\ 0.....si.....12.807 < I \end{cases} \quad 5.6$$

$$PC_6 = \begin{cases} 1 & \text{si } I < 8.207 \\ 2.78 - 0.217I & \text{si } 8.207 \leq I \leq 12.807 \\ 0 & \text{si } 12.807 < I \end{cases} \quad 5.7$$

$$PC_7 = \begin{cases} 1 & \text{si } I < 8.007 \\ 2.74 - 0.217I & \text{si } 8.007 \leq I \leq 12.607 \\ 0 & \text{si } 12.607 < I \end{cases} \quad 5.8$$

$$PC_8 = \begin{cases} 1 & \text{si } I < 7.807 \\ 2.70 - 0.217I & \text{si } 7.807 \leq I \leq 12.407 \\ 0 & \text{si } 12.407 < I \end{cases} \quad 5.9$$

$$PA = \begin{cases} 1 & \text{si } I < 6.207 \\ 2.34 - 0.217I & \text{si } 6.207 \leq I \leq 10.807 \\ 0 & \text{si } 10.807 < I \end{cases} \quad 5.10$$

$$PB = \begin{cases} 1 & \text{si } I < 7.207 \\ 2.57 - 0.217I & \text{si } 7.207 \leq I \leq 11.807 \\ 0 & \text{si } 11.807 < I \end{cases} \quad 5.11$$

I = Intensidad del Sismo.

En el Apéndice 3 se encuentra una descripción general de cada una de las tipologías constructivas presentes en el área de estudio, a saber: C3, C5, C6, C7, C8, A y B.

Distancia al Talud

Esta variable es sometida a una serie de procesos y análisis de carácter espacial, para poder obtener los valores de probabilidad de subsistencia relacionada con la distancia al talud.

A continuación se explica el proceso general a seguir:

Operaciones de análisis de atributos espaciales Como primer paso se deben determinar áreas de influencia o corredores, de acuerdo a una condición predeterminada. En el caso que compete, se definirán 3 corredores a partir del borde del talud, comprendidos cada uno de ellos entre 0-20 m, 20-40 m y 40-60 m, es decir, se producirán 3 nuevas coberturas para cada una de las distancias. Denominadas Buf20, Buf40, Buf60

Modelado Cartográfico. Como es necesario que los tres buffers realizados se encuentren en una sola cobertura, se efectuó la unión o superposición de las mismas, para obtener una cobertura integrada de corredores que se denomina Talud.

Operaciones de atributos o variables temáticas. Utilizando la cobertura Talud, se procedió a calcular la probabilidad de subsistencia referida a distancia al talud, utilizando para tal fin la siguiente fórmula: (5.12) (Laffaille, 1996)

$$P_v = \begin{cases} 1....si....I < 8.207 - \frac{1}{m} \log \left[\frac{f}{h} (1-n)d + n \right] = t_1 \\ 2.78 - 0.217I - \frac{0.217}{m} \log \left[\frac{f}{h} (1-n)d + n \right]si....t_1 \leq I \leq t_2 \\ 0...si....12.807 - \frac{1}{m} \log \left[\frac{f}{h} (1-n)d + n \right] = t_2 < I \end{cases} \quad 5.12$$

I = Intensidad del Sismo.

f = 3.

h = 180 m, Altura promedio del talud.

n = 6.1 (Factor de ampliación justo en el borde del talud).

d = Distancia al talud; para cada uno de los rangos, se utilizará el menor valor, por ejemplo, en el rango 20-40 m, se tomará como distancia al talud 20 m.

En el Apéndice 5, se pueden observar algunas tomas fotográficas del talud formado por el río Chama.

Pendiente

Para obtener los valores de probabilidad de subsistencia referidos a pendiente, se deben seguir los siguientes pasos:

Cálculo de valores de Pendiente. La cobertura Curvas de Nivel, en forma vectorial, se convierte a formato raster.

En formato raster se procedió a efectuar la interpolación espacial correspondiente para tener una cobertura con valores continuos de altura.

Seguidamente con los valores de altura estimados en el paso anterior, se calcularon los valores de pendientes, utilizando para ello las herramientas que dispone el sistema raster utilizado. En este paso se obtuvo un mapa con valores continuos de pendiente.

Los valores de pendientes continuos, obtenidos en el paso anterior, se reclasificaron, para generar un mapa de pendiente por rangos. Y por último, el mapa de pendiente reclasificado se convierte a formato vectorial.

El proceso descrito se encuentra esquematizado en la Figura 23

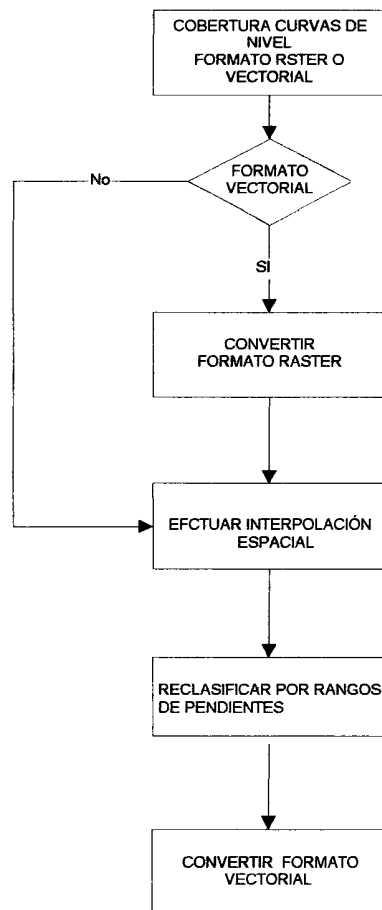


Figura 23. Proceso para la obtención Mapa de Pendiente.

Operaciones de atributos o variables temáticas. El cálculo de la probabilidad de subsistencia para la variable pendiente, se realiza con la siguiente formula: (5.13) (Laffaille, 1996)

$$\begin{aligned}
 &1, \dots, \text{si} \dots I < 8.207 - \frac{1}{m} \log\left(1 + \frac{a\theta}{a_1}\right) = A \\
 Pp\theta &= 2.78 - 0.217I - \frac{0.217}{m} \log\left(1 + \frac{a\theta}{a_1}\right) = \log\left(1 + \frac{a\theta}{a_1}\right) \dots \text{si} \dots A \leq I \leq B \\
 &0, \dots, \text{si} \dots 12.807 - \frac{1}{m} \log\left(1 + \frac{a\theta}{a_1}\right) = B < 1
 \end{aligned}
 \tag{5.13}$$

$a_0 = g \sin \theta$

$\log a_1 = 0.333I_1 - 0.5$

$a_1 = \text{cm/s}^2$

$g = 1000 \text{cm/seg}^2$

$\theta = \text{en grados}$

$m = 0.333$

$I = \text{intensidad del sismo}$

Al efectuar los cálculos de probabilidad para la pendiente, es necesario considerar que el mapa de pendientes se reclasificó por rangos de pendiente y al momento de aplicar la fórmula se utilizó el mayor valor de pendiente (θ) de cada rango. Por ejemplo, si un rango de pendiente está entre 8 - 12 grados, se utiliza 12 grados para introducirlo en la fórmula.

Sectores por Probabilidad de Subsistencia

Modelado Cartográfico. Esta cobertura se generó como producto de operaciones de modelado cartográfico, el proceso se describe en forma general en la Figura 24, donde se esquematiza el proceso a seguir en la fase de implementación.

Dado que el comando unión permite trabajar únicamente con dos coberturas a la vez, al aplicar este comando se generaron una serie de coberturas intermedias y para evitar confusiones, se les asignó nombres que se relacionaban con las coberturas involucradas en la unión:

Composic $\cup$ Consolid = CC

CC $\cup$ Profundi = CCP

CCP $\cup$ Pendient = CCPP

CCPP $\cup$ Talud = CCPPT

CCPPT $\cup$ Tipologi = SECTORES

El resultado final de este proceso fue una cobertura de sectores, producto de la unión de las coberturas iniciales

Operaciones de análisis espacial. En este paso se procedió a calcular la probabilidad de subsistencia para cada uno de los sectores (PSSi), aplicando la formula 5.14.

$$PSSi = (Ps_com * Ps_con * Ps_prof * Ps_tlc * Ps_tal * Ps_pen)..... 5.14$$

La tabla pat.dbf de la cobertura Sectores (ver Apéndice 7), generada en el proceso de modelado cartográfico, fue modificada agregándole una serie de campos, donde se almacenaron los resultados de las operaciones de cálculo de la probabilidad de subsistencia.

Los valores de probabilidad para cada uno de los sectores, se colocaron en el campo Total_vii, Total_viii, total_ix, Total_x y se procedió a realizar el cálculo correspondiente.

En la Tabla 17, se tiene un ejemplo con valores hipotéticos para el cálculo de Total_x (probabilidad de subsistencia para un evento sísmico de intensidad X escala de Mercalli)

$$Total_x = 0.45 * 0.45 * 0.50 * 0.51 * 0.97 * 1.00.$$

$$Total_x = 0.05.$$

Tabla17. Ejemplo de cálculo de probabilidad de subsistencia cobertura sectores. .

Psx_com	Psx_con	Psx_prof	Psx_tlc	Psx_pend	Psx_tal	Total_x
0.45	0.45	0.50	0.51	0.97	1.00	0.05
0.56	0.60	0.50	0.60	1.00	1.00	0.10

Dado que en la cobertura sectores de probabilidad de subsistencia se presentó un gran numero de sectores, que dificultaron los procesos de análisis y, obtención de información, es recomendable efectuar una reclasificación, agrupando los valores de probabilidad en clases de probabilidad de subsistencia, para reducir de esta manera el numero de sectores y facilitar los procesos de análisis.

Los resultados obtenidos de los procesos de reclasificación fueron almacenados en los campos Clas_vii...x,. En la Tabla 18, se puede observar un ejemplo de la reclasificación.

Tabla 18 . Ejemplo de reclasificación por clases de probabilidad de Subsistencia

Sectores	Total_x	Clas_x
1	0.05	0.01-0.05
2	0.04	0.01-0.05
3	0.03	0.01-0.05
4	0.10	0.06-0.10

Composición cartográfica

La facilidad con la cual un mapa puede hacer llegar información al usuario o permitir efectuar análisis espaciales rápidos y precisos depende en gran parte de una composición cartográfica bien elaborada. Por tal motivo se especificaron detalladamente la distribución, dimensiones, leyendas, información marginal, escala gráfica etc., de cada uno de los mapas a elaborar.

Ubicación y dimensión de los elementos del mapa.

En la Figura 25, se presentan las dimensiones y distribución de los elementos del mapa a ser utilizados al momento de producir la cartografía requerida.

Títulos

En la Tabla 19 se presentan los títulos y una breve descripción del contenido de los mapas a elaborar.

Tabla 19. Títulos y Descripción General de los Mapas.

Título	Contenido
Terraza de Mérida	Corresponde al mapa base, curvas de nivel, red vial, hidrografía.
Composición de Sedimentos	Estos tres mapas, se refieren a la aptitud de los materiales del suelo de la terraza de Mérida.
Consolidación de Sedimentos	
Profundidad de Sedimentos	
Sectores de Pendiente	Mapa de rangos de pendiente de la terraza de Mérida.
Tipologías Constrictivas	Representa los diferentes tipos constructivos existentes en la ciudad de Mérida, desde el punto de vista de comportamiento sísmico.
Probabilidad de Subsistencia Sismo Intensidad VII	Estos mapas presentan una sectorización de la Ciudad de Mérida en base a rangos de Probabilidad de Subsistencia ante eventos sísmicos de intensidades entre 7 y 10 de la escala de Mercalli Modificada.
Probabilidad de Subsistencia Sismo Intensidad VIII	
Probabilidad de Subsistencia Sismo Intensidad VIII	
Probabilidad de Subsistencia Sismo Intensidad X	

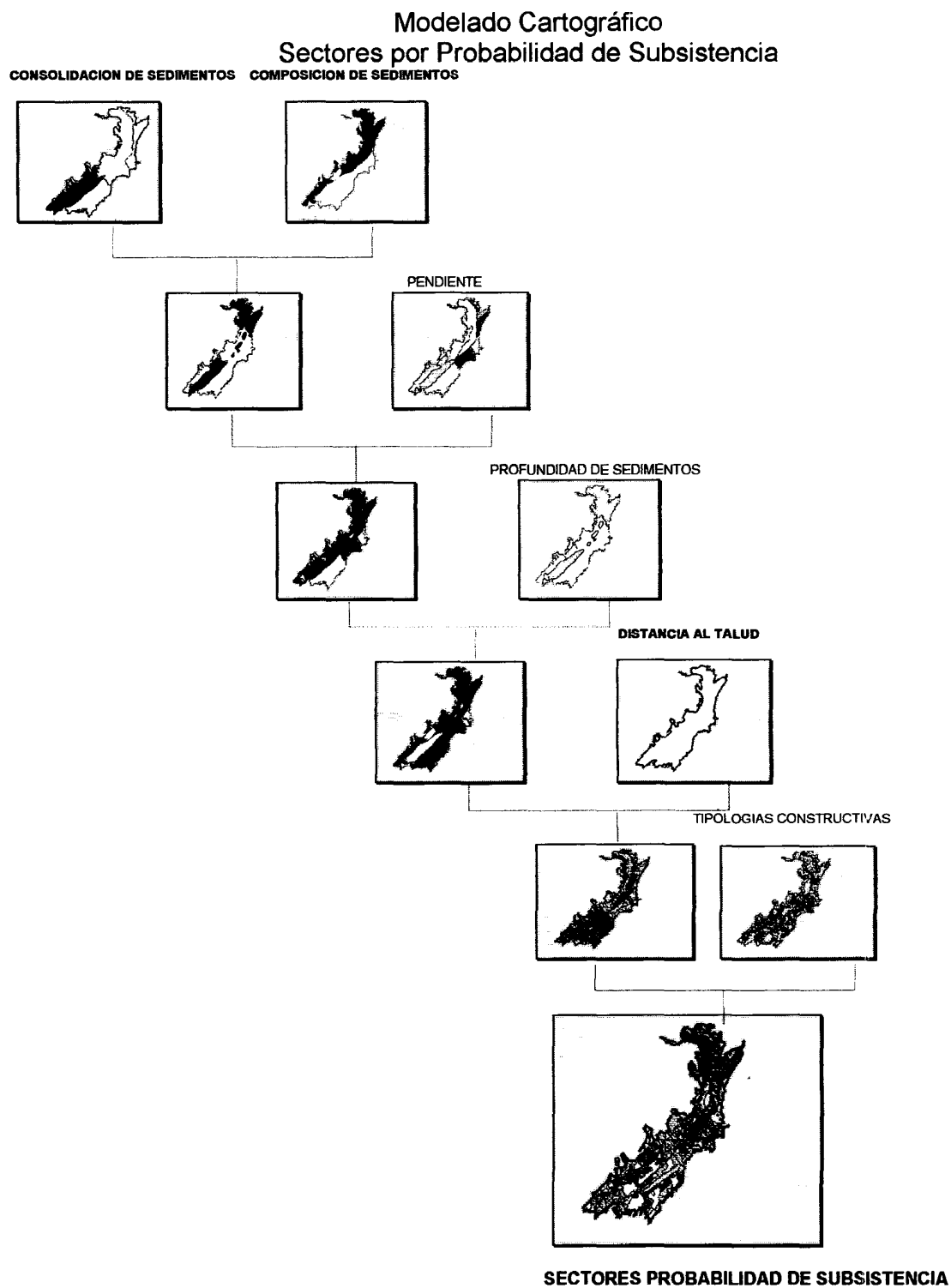
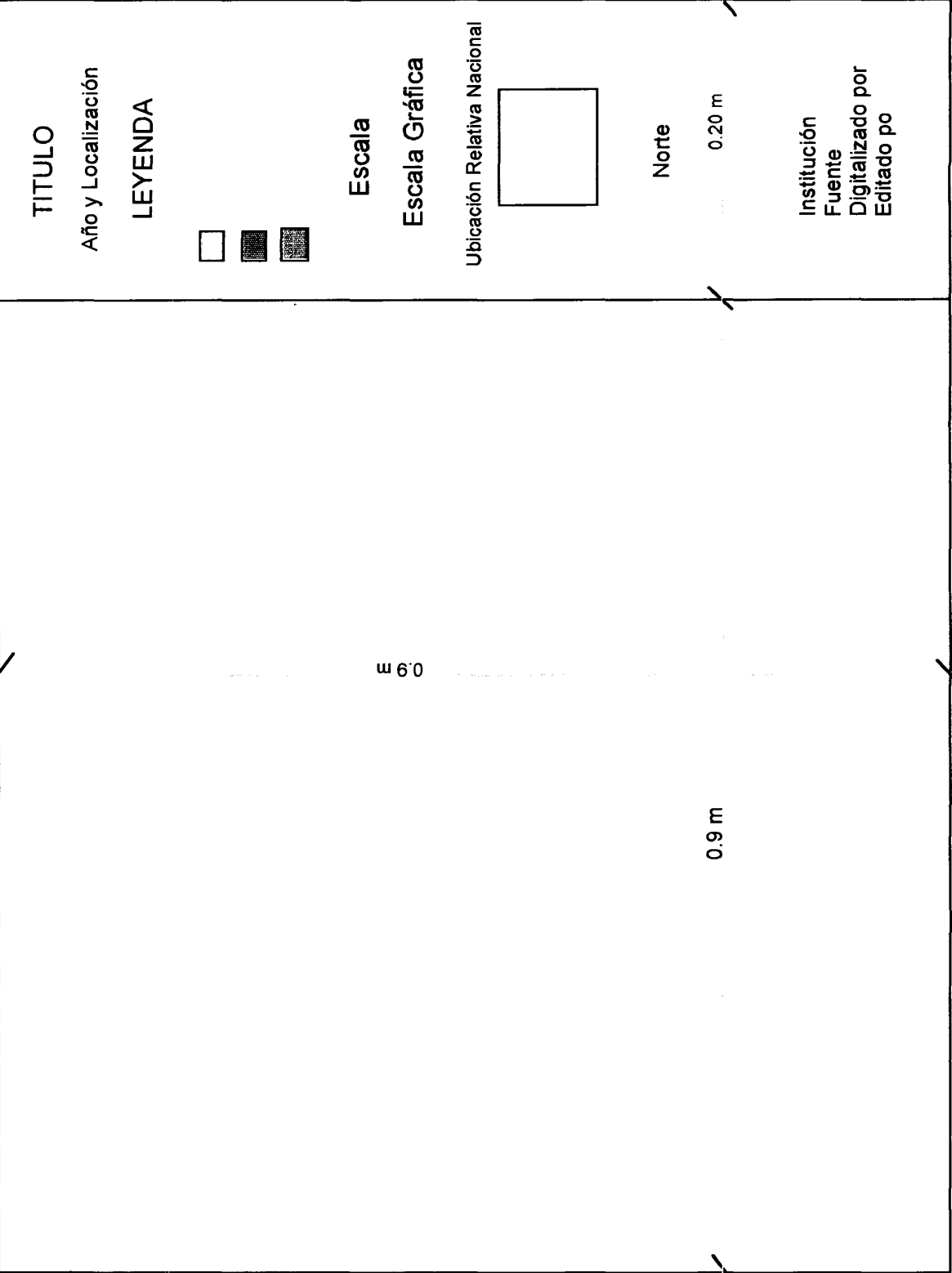


Figura 24. Modelado Cartográfico, obtención del mapa de sectores según la probabilidad de subsistencia.



0.02 m

0.02 m

0.02 m

Tabla 20. Identificadores de usuario (Cover_id)

Cobertura: Compositic		Cobertura: Consolid	
Compositic_id	Atributo (Composición)	Consolid_id	Atributo (Consolidación)
1	Arenoso con arcilla (proporciones similares)	1	Poco consolidados-Consolidados
2	Muy rico en arcilla pero con limo y arena	2	Consolidados- bien consolidados
3	Muy arenoso, con arcilla y limo	3	Consolidados
4	Arenoso pero como limo y arena		
Cobertura: Profundi		Cobertura: Tipologi	
Profundi_id	Atributo (profundidad)	Tipologi_id	Atributo (Tipología)
1	50 m	1	NC
2	150 m	2	B
3	100 m	3	C3
		4	A
		5	C5
		6	C6
		7	C7
		8	C8
		9	Plaza
Cobertura:: Edificac (edificaciones)			
Edificac_id	Atributo (Edificación)	Edificac_id	Atributo (Edificación)
1	Fac de Ciencias Forestales	19	Colegio San Luis
2	Ciclo Básico	20	Mercado Periférico
3	Parque Bethoven	21	Camoula
4	Residencia Domingo Salazar	22	Colegio La Salle
5	Hotel Prado Rio	23	H.U.L.A
6	M.T.C	24	Facultad de Farmacia
7	CORPOANDES	25	Piscina U.L.A
8	U.N.A	26	Estadio Soto Rosa
9	Residencias Las Marías	27	I.N.D
10	Plaza de Milla	28	Terminal
11	Plaza de Belén	29	Club Militar
12	Plaza Bolívar	30	IU. Antonio José de Sucre
13	Plaza Las Heroínas	31	Urbanización Humboldt
14	Colegio Arzobispo Silva	32	Cruz Roja
15	Estadum Lourdes	33	Zona Industrial Herdeca
16	Plaza Gloria Patrias	34	Jardines La Inmaculada
17	Grupo Godoy	35	Hotel Belenzate
18	Mercado principal	36	Aeropuerto de Mérida

Implementación de los procesos de análisis

La implementación de los análisis, se efectuó en forma secuencial, de acuerdo a lo establecido en fase anterior, a continuación se detallan los procedimientos:

Estimación probabilidad de subsistencia para eventos sísmicos de intensidad vii, viii, ix y x para las variables Composición de suelos, Consolidación de suelos, Profundidad de Sedimentos , Tipologías Constructivas, Pendiente y Distancia al talud.

En primera instancia se cálculo la posibilidad de subsistencia de las variables involucradas, que no requerían de una preparación previa, las cuales fueron: Composición de suelos, Consolidación de suelos, Profundidad de Sedimentos y Tipologías Constructivas.

El cálculo se realizó utilizando el manejador de bases de datos Fox Pro 2.6, bajo ambiente windows, y el procedimiento seguido fue el establecido en la fase 5. A continuación presentamos un ejemplo donde se calculará la probabilidad de subsistencia para una tipología constructiva tipo C6 y un sismo de intensidad X.

Tipologías constructivas

Como primer paso se abre la tabla pat.dbf, de la cobertura tipología constructiva y se chequea que todos los campos requeridos estén debidamente creados, de acuerdo al diseño físico de la base de datos, establecido en la fase anterior.

Como ejemplo se procede a efectuar el cálculo, utilizando la fórmula correspondiente para una tipología C6 (5.7).

Fórmula:

$$PC_e = \begin{cases} 1 & \text{si } I < 8.207 \\ 2.78 - 0.217I & \text{si } 8.207 \leq I \leq 12.807 \\ 0 & \text{si } 12.807 < I \end{cases} \dots\dots\dots 5.7$$

Replace Psx_tcl with (2.78-(0.217*10)) for tipología = "C6"

En la Tabla 21 (pat.dbf) se observa los resultados obtenidos al efectuar los cálculos correspondientes , para una tipología C6 y sismo intensidad X

Tabla 21. Ejemplo cálculo de probabilidad (Tipologías Constructivas)

tipología	Psvii_tcl	Psviii_tcl	Psix_tcl	Psx_tcl
C6	1.00	1.00	0.83	0.61
C8	1.00	0.96	0.75	0.53
B	1.00	0.83	0.62	0.40
C6	1.00	1.00	0.83	0.61

Composición , consolidación y profundidad de sedimentos

El procedimiento descrito anteriormente, es el mismo que se aplicó para el cálculo de la probabilidad de subsistencia para profundidad de sedimentos, composición, consolidación, el cálculo de la probabilidad para pendiente y distancia al talud es similar, pero se requiere una manipulación previa de los datos espaciales y temáticos, antes de hacer los cálculos, a continuación se describe el proceso:

Distancia al talud

Como se indicó en la fase 5, antes de efectuar el cálculo de probabilidad relativo a distancia al talud se procede a definir las áreas de influencia o buffers. De acuerdo a las exigencias del escenario sísmico, se deben considerar tres áreas críticas o de influencia (Buffer) a partir del borde del talud, a saber entre: 0-20 m, 20-40 m, 40-60 m. En tal sentido se efectuó el siguiente procedimiento para su obtención.

Del mapa base de la zona de estudio, se tomó el borde de la terraza y se creó una nueva cobertura denominada Borde, utilizando para ello los comandos GET y PUT del subsistema ARCEDIT.

Se procedió a definir el primer corredor, el cual fue de 20 m, para ello se tomó la cobertura borde y en el subsistema ARC, se definió el buffer (corredor) de 20 m, como se explica a continuación:

Sintaxis comando :

C:\[Arc]: BUFFER <In cover> <out cover> {buffer_item} {buffer _table} {buffer_distance} {fuzzy_tolerance} {LINE|POLY|POINT}

C:\[Arc]: Buffer Borde Buf20 # # 20 0.01 POLY

Al ejecutar el comando buffer se obtuvo una nueva cobertura, que se denomina Buf20, cuya pat.dbf presentó la estructura que se observa en la Tabla 22.

Tabla 22. Tabla pat.dbf. Cobertura Buf20 (Buffer de 20 m)

AREA	PERIMETER	BUF2_	BUF2_ID	IN20
-17082090	38291,	1	0	
198,268100	258,4	2	5	1
3249427	74254,29	3	1	100
13832460	35703,98	4	2	1

Donde los valores del campo In20, indican:

0 = área fuera de la zona Buffer (polígono Universal).

1= área rodeada por la zona buffer.

100 = área dentro de la zona buffer.

El comando buffer se aplicó nuevamente para definir el área de influencia de 40 y 60 metros, generándose dos coberturas denominadas Buf40 y Buf60, y con una tabla pat.dbf, similar a la presentada anteriormente (ver Tabla 22), pero el último campo se denominó In40 e In60 para Buf40 y Buf60 respectivamente.

Una vez obtenidas las coberturas Buf20, Buf40, Buf60, se procedió a efectuar una superposición, para obtener la cobertura disttal, donde se tendrá integrados los tres buffers (20m, 40 m, 60m). En la Tabla 23 se observa la Pat.dbf de la cobertura disttal.

Tabla 23. Tabla Pat.Dbf cobertura disttal.

AREA	PERIMETER	Talud_	Talud_ID	IN20	IN40	IN60	Dist_tal	PSVII_tal	PSVIII_tal	PSIX_tal	PSX_tal
-15465730	41287	1	0	1							
821044	82010	2	1	100	100	100					
812228	76426	3	2	1	100	100					
685030	68746	4	3	1	1	100					
13147430	33042	5	4	1	1	1					

Al observar la tabla pat.dbf. (ver Tabla 23) de la cobertura disttal (distancia al talud), se dificulta percibir el concepto de distancia al talud utilizando valores de 1 y 100, por lo tanto se procedió a crear un nuevo campo denominado Dist_tal (distancia al talud), tipo carácter, donde se almacenarán los valores de distancia y se procedió a eliminar los campos IN20, IN40, IN60. Este proceso se efectuó utilizando Fox Pro 2.6, de la siguiente forma: (ver Tabla 24)

Replace Dist_tal with "0.0 - 20 m" for In 20 = 100

Replace Dist_tal with "20 - 40 m" for In20 = 1 and In40 = 100

Replace Dist_tal with "40 - 60 m" for In20 = 1 and In40 = 1 and In60 = 100

Replace Dist-tal with >60 for In60 = 1

Tabla 24.Reclasificación Distancia al Talud.

AREA	PERIMETER	Talud_	Talud_ID	Dist_tal	PSVII_tal	PSVIII_ta l	PSIX_ta l	PSX_tal
-15465730	41287	1	0					
821044	82010	2	1	0.0 - 20 m				
812228	76426	3	2	20 - 40 m				
685030	68746	4	3	40 - 60 m				
13147430	33042	5	4	>60 m				

Una vez preparada la cobertura se procedió a efectuar el cálculo de probabilidad de subsistencia relacionado con la distancia al talud, utilizando la fórmula respectiva y siguiendo el mismo procedimiento aplicado a las otras coberturas.

El procedimiento descrito anteriormente fue automatizado mediante el desarrollo de un macro de nombre talud.sml, cuya estructura se puede ver en el Apéndice 8, macro 3.

Pendiente

El proceso se inicia con la cobertura denominada curvas, la cual fue manipulada de acuerdo al esquema que aparece en la Figura 23, hasta obtener una cobertura denominada pendiente (en rangos), que fue la que se utilizó para efectuar el cálculo de la probabilidad de subsistencia asociada a la pendiente. A continuación se describe el proceso en forma más detallada:

La cobertura curvas en formato vectorial, se convirtió a ASCII, utilizando el comando UNGENERATE en Starter Kit de Arc/Info, para producir la cobertura curvas.asc.

C:\[ARC]UNGEN [LINE/POINT] [cover] {file}

C:\[ARC] Ungen line curvas

Seguidamente se procedió a la conversión de curvas.asc, a archivo vectorial de IDRISI, para tal fin se utilizó el Programa IDRISI versión 2 para windows. El proceso se efectuó mediante el uso del comando Arcidris, que permitió la conversión del archivo curvas. asc a curvas.vec.

Mandatos IMPORT/EXPORT de ARCIDRIS

[1] Arc/Info to IDRISI

[2] IDRISI to Arc/Info

Se eligió la opción 1

Seguidamente IDRISI, interrogó el tipo de elemento a importar

[1] Points

[2] Lines

Se eligió la función 2 lines, debido a que fue el tipo de elemento incluido en el fichero ASCII generado con ungen en Arc/Info.

Enter the name of the Arc/Info file (with its extension)

Se colocó el nombre del archivo producido con UNGEN: Curvas.asc.

Enter a new name for the idrisi vector file to be created

Se introdujo el nombre para el fichero vectorial de IDRISI: Curvas.vec.

Indicate the refrence system to be used: [1] Plane

[2] Lat/Long

[3] other

Se eligió la opción que se ajustaba al tipo de proyección de la cobertura de ARC/INFO.

Enter the units for the system (1=m/2=ft/3=mi/4=km)

Se eligió la opción que se ajustaba a la cobertura original: 1.

Enter the units distance for these coordinates [default=1.0]

Se eligió la opción por defecto.

Antes de continuar con el proceso se procedió a visualizar el fichero vectorial curvas.vec mediante la sucesión de comandos IDRISI/DISPLAY/PLOT. De esta forma se constató que el archivo vectorial estaba en buen estado.

El archivo curvas.vec se convierte a curvas.img (raster, idrisi); para efectuar esta conversión se procedió de la siguiente forma:

Se creó un archivo raster vacío, es decir, que en todos los píxeles, contiene el mismo valor, para crear este archivo vacío se utilizó la orden INITIAL y se documentó de la siguiente forma:

Nombre: Curvas.img

Tipo de Datos: Real

Tipo de fichero: Binario

Número filas: 500

Número Columnas: 500

Sistema de coordenadas: Planas

Seguidamente se procedió rasterizar el archivo curvas.vec, utilizando el módulo LINERAS. Al ejecutarse éste módulo solicitó el nombre del archivo vectorial que contiene la descripción geográfica de los objetos a rasterizar (curvas.vec) y seguidamente pidió el nombre de la imagen raster a actualizar con los datos anteriores, que fue precisamente la creada con el comando INITIAL, denominada curvas.img.

La imagen curvas.img, fue sometida a un proceso de interpolación para así obtener una imagen con valores continuos de altura. Para tal fin se utilizó el modulo INTERCOM, que al ser ejecutado, solicitó lo siguiente:

Nombre de la imagen raster que contiene las curvas de nivel: Curvas. Img.

Nombre y título de la nueva imagen: mdt.img, Modelo Digital del Terreno Curvas.

Valor temático que indica el fondo: 0.

Los valores de altura de los cuatro extremos de la imagen a interpolar:

Superior Izquierada: 1525 msnm.

Inferior Izquierda: 1453 msnm.

Superior Derecha: 1620 msnm.

Inferior Derecha: 1580 msnm.

El mapa de pendiente se elaboró utilizando el módulo SURFACE, de IDRISI; la cobertura de entrada mdt.img (modelo digital del terreno) contiene las alturas sobre el nivel del mar, la cobertura de salida se denominó Pend.img y la pendiente se expresó en grados.

El mapa elaborado en el paso anterior, presenta valores continuos de pendiente y esto dificultaba su análisis y procesamiento, por lo tanto se procedió a reclasificar la imagen en rangos de pendiente, para ello se utilizó el módulo RECLASS y los rangos definidos fueron 0- 4 grados, 4 - 8 grados y 8 - 12 grados. El nombre de la imagen reclasificada se mantuvo igual, es decir Pend.img.

El archivo pend.img se vectorizó utilizando el módulo POLYVEC . Al ejecutar la orden preguntó por el nombre de archivo .img a procesar, en este caso pend.img, y luego por el nombre del archivo vectorial que se producirá. El resultado fue el archivo pend.vec, es decir un archivo raster vectorizado.

Seguidamente se efectuó la conversión de IDRISI a ARC/INFO de la cobertura Pend.img:

Partiendo del archivo raster vectorizado pend.vec, se procedió a ejecutar el módulo ARCIDRIS, en el diálogo activado se eligió la opción [2] Idrisi to Arc/Info. Seguidamente interrogó por el archivo vectorial a exportar pend.vec y el fichero ASCII a generar que se denominó pend.asc.

En este punto concluye la utilización del programa IDRISI para este proceso y se retoma PC Arc/Info:

En Starter Kit de Arc/Info, se procedió a generar una cobertura a partir del archivo ASCII pend.asc, siendo utilizado para ello el comando GENERATE el cual permite la conversión de archivos ASCII de listas de coordenadas a coberturas Arc/Info, produciéndose la cobertura pend.

c:\ [ARC] GENERATE PEND.ASC

Dado que la cobertura producida con generate (pend) no contiene topología fue preciso generarla, utilizando para ello los comandos BUILD y CLEAN

Al ejecutar los dos comandos descritos anteriormente, se obtuvo una cobertura de polígonos denominada PENDIENT, con sus respectiva tabla de atributos pat.dbf y corregida de errores geométricos.

A partir de la cobertura PENDIENT, se procedió a efectuar el cálculo de la probabilidad de subsistencia relacionada con la pendiente, siguiendo el mismo procedimiento utilizado para efectuar los otros cálculos de probabilidad, utilizando la fórmula indicada en la fase 5.

Elaboración del mapa de sectores

Modelado Cartográfico Con las coberturas Composic (composición de suelos), Consolid (consolidación de suelos), Profundi (profundidad de sedimentos), Talud (distancia al talud) y Pendient (pendiente) debidamente procesadas y calculadas sus respectivas probabilidades de subsistencia para sismos entre intensidad vii y x, se procedió a generar la cobertura de sectores de probabilidad de subsistencia.

El comando utilizado en este proceso es UNION y el esquema que se siguió para efectuar las diferentes uniones es el que aparece en la Figura 24 de la fase 5.

En el anexo 8 macro 2, se presenta un archivo elaborado en el lenguaje SML de Arc/Info de nombre super.sml que automatiza el proceso de modelado cartográfico descrito anteriormente .

Análisis Espacial Se procedió al cálculo de la probabilidad de subsistencia para cada uno de los sectores.

A partir de la cobertura Sectores, generada en el paso anterior, se procedió a calcular la probabilidad de subsistencia total para cada uno de los sectores, para sismos de intensidad vii, viii, ix y x. Para el cálculo de probabilidad se utilizó la fórmula indicada en la fase 5 (5.14) .Las operaciones se efectuaron con las herramientas de cálculo de FoxPro.

Con la finalidad de ejemplificar el proceso de cálculo, se tomará una porción de la tabla pat.dbf, de la cobertura Sectores y se estimará el valor de probabilidad para el sector_id = 8 para un sismo de intensidad vii (ver Tabla 25):

Tabla 25 .Tabla pat.dbf de la cobertura Sectores

SECTORES_	SECTORES_ID	Psix_COM	Psix_CON	Psix_prof	Psix_pend	Psix_TAL	Psix_TCL	Total_IX	Totan_IX	Cla_IX	Clan_IX
7	6	0.45	0.45	0.50	0.40	1.00	0.51	0.02	0.1	0.0-0.10	0.0-0.10
8	7	0.58	0.60	0.65	1.00	1.00	0.60	0.2	1	0.11-0.20	0.90-1.00

$Psix = (Psix_com * Psix_con * Psix_prof * Psix_pen * Psix_tal * Psix_tcl)$

Replace Total_ix with $Psix_com * Psix_con * Psix_prof * Psix_pen * Psix_tal * Psix_tcl$
all

Debido al elevado número de sectores presentes, se procedió a reclasificar con base en clases de probabilidad de subsistencia. Las clases definidas para cada una de las intensidades evaluadas se muestra en la Tabla 26.

El procedimiento de reclasificación realizado no modificó el componente espacial, sino que creó un nuevo campo de clases, el cual permitió ver agrupados, bajo un mismo color o símbolo, los sectores cuyos valores se encontraron dentro de una misma clase. El procedimiento para efectuar la reclasificación fue:

Utilizando FoxPro 2.6

Replace cla_ix with "0.11 - 0.20" for total_ix >= 0.11 and total_ix <= 0.20

Este proceso permitió asignarle el valor de clase 0.10 - 0.20, al campo clase_viii para todos aquellos sectores con valores comprendidos entre 0.11 y 0.20, este procedimiento se repitió para cada una de las clases e intensidades.

Tabla 26 Clases de probabilidad de Subsistencia

Clase de Probabilidad de Subsistencia			
intensidad vii	intensidad viii	Intensidad ix	intensidad x
0.40 - 0.50	0.10 - 0.20	0.00 - 0.10	0.00
0.51 - 0.60	0.21 - 0.30	0.11 - 0.20	0.01
0.61 - 0.70	0.31 - 0.40		0.02
0.71 - 0.80	0.41 - 0.50		0.03
0.81 - 0.90	0.51 - 0.60		
0.91 - 1.00			

Elaboración de mapas .

Los mapas producidos en este paso son los siguientes: Base, Composición de Sedimentos, Consolidación de Sedimentos, Profundidad de sedimentos, Tipologías

Constructivas, Pendientes, Distancia al Talud, Sectores de Probabilidad para intensidades sísmicas de vii, viii, ix y x . En el Apéndice 9, se encuentran los mapas elaborados en pequeño formato.

CAPITULO VI

ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS

Una vez desarrollada e implementada la metodología MEDSIG-OO creada por el grupo de Ingeniería de Datos y Conocimiento (GIDYC), se obtuvo un prototipo de Sistema de Información Geográfica, cuyo elemento central es una base de datos espacial. Este prototipo tendrá como función apoyar a la Fundación para la Prevención de Riesgo Sísmico en la Gestión y Administración de Desastres Naturales asociados a eventos sísmicos y movimientos de masa que afectan a la ciudad de Mérida

Como se indicó anteriormente, el elemento central del prototipo y donde se requirió más tiempo de trabajo e investigación fue en el desarrollo de la base de datos espacial, esto debido principalmente, según Montilva (1996) a que la calidad de un SIG, medida en términos de su habilidad para responder a los requerimientos de los usuarios, está en relación directa con el diseño de la base de datos. Es por consiguiente, fundamental que en el proceso de desarrollo de un SIG se le dé particular importancia al diseño conceptual de su base de datos.

La base de datos espacial diseñada e implementada parcialmente fue el producto de un proceso continuo e interactivo, de intercambio de información y experiencias entre los usuarios y los diseñadores del sistema, hecho que permitió el desarrollo de una base de datos espacial ajustada a los objetivos y requerimientos de la institución que fungirá como usuario.

Igualmente el orden secuencial, progresivo y lógico, de cómo está estructura la metodología, facilitó su diseño e implementación, ya que desde un principio se definieron claramente qué objetos del mundo real era necesario modelar y representar en la base de datos, se evitó la búsqueda y generación de información superflua y redundante que puede afectar la eficiencia de la base de datos espacial y que puede incrementar en gran medida los costos relacionados con personal, equipo, materiales e información.

Es importante, en esta aparte, destacar el hecho que la presente base de datos espacial (BDE), está totalmente diseñada, pero se implementó únicamente lo relativo al escenario sísmico, debido a que la información sobre Movimientos de Masa, Líneas Vitales y Población se estaba procesando o adquiriendo al momento de desarrollar este estudio.

Este hecho no afecta en nada la integralidad y eficiencia de la base de datos espacial y al momento de existir la información se puede proceder a la implementación de esta parte basándose en el diseño existente.

A continuación se procederá a realizar una breve discusión y revisión de la parte de la base de datos espacial que modela el escenario sísmico de la ciudad de Mérida, para así ejemplificar la potencialidad, eficiencia y portabilidad de la misma.

Como se describió anteriormente, para el desarrollo del escenario sísmico de la ciudad de Mérida, Laffaille (1996) se basó en las variables siguientes, *pendiente del terreno, tipología constructivas, consolidación de suelos, composición de suelos, profundidad de sedimentos, pendiente y distancia al talud*, las cuales conformaron las coberturas iniciales, éstas fueron sometidas a una serie de operaciones de análisis espacial, temático y modelado cartográfico, obteniendo una cobertura denominada sectores. Esta cobertura debido a que es generada a través de un proceso de superposición su tabla de atributos (PAT.DBF), es la agregación de las tablas de atributos de todas las variables utilizadas en el proceso de modelado.

La cobertura "sectores" presenta espacialmente 647 polígonos, los cuales tienen asociados una serie de atributos: Consolidación de sedimento, Composición de sedimentos, Profundidad de Sedimentos, Distancia al Talud, Pendiente, tipologías constructivas y probabilidades de subsistencia totales para sismos de intensidad VII...X que los caracterizan y los diferencian entre sí.

Lo relevante de las bases de datos espaciales, como en este caso, es que todo polígono, línea o punto de la cobertura "sectores" o cualquiera de las coberturas iniciales está debidamente georreferenciado, es decir que es posible precisar la ubicación de una plaza, una intersección o un sector determinado, en nuestro caso por coordenadas UTM, que pueden fácilmente transformarse a geográficas si es requerido.

Igualmente la base de datos espacial desarrollada, en su conjunto, está conformada por datos espaciales y datos temáticos asociados y la relación entre ellos se establece de manera que cualquier característica o elemento del mapa observado en la pantalla del ordenador, puede relacionarse con los registros de la base de datos temática, mediante el identificador del usuario.

El identificador del usuario se comporta como una llave o clave foránea que permite relacionar cada tipo de elemento, punto, línea o polígono, a una base de datos temática y viceversa es decir que cualquier acción realizada sobre la base de datos temática reflejará un resultado sobre el mapa.

Esta propiedad de la base de datos espacial, que modela el escenario sísmico del Estado Mérida, fue un elemento clave para la elaboración y manipulación del mismo e igualmente, será la piedra angular para todas aquellas operaciones a desarrollarse por los usuarios del sistema. En la Figura 27 se ejemplifica lo anteriormente expuesto.

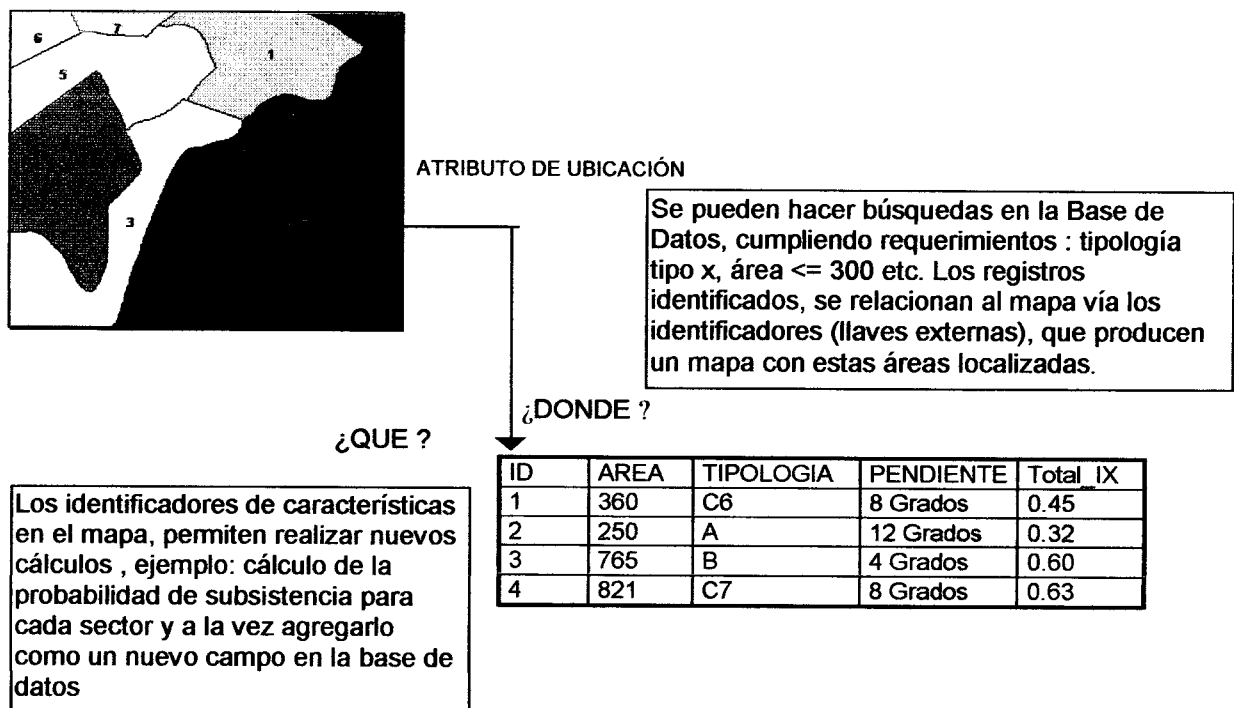


Figura 27. Relación entre los elementos espaciales y temáticos

Se describió en el párrafo anterior una de las características más relevantes de la base de datos espacial, como es la vinculación entre los componentes temáticos y los espaciales debidamente georreferenciados. Partiendo de este principio y haciendo uso de los diferentes componentes del sistema, FUNDAPRIS, tiene a su disposición una herramienta invaluable para la gestión de desastres naturales vinculados a eventos sísmicos y movimientos de masa.

Detallar exhaustivamente las operaciones o procesos que se pueden hacer con el prototipo de SIG desarrollado, no corresponde a los objetivos del presente trabajo, pero con la finalidad demostrar ejemplificar la potencialidad y versatilidad del sistema se presentarán algunos ejemplos relativos a la búsqueda y recuperación de información y producción cartográfica que pueden servir de referencia a los diferentes usuarios.

Las operaciones de extracción de información, se utilizan para buscar o extraer objetos o entidades espaciales de la base de datos espacial, seleccionando aquellos que cumplen una condición establecida por el usuario. Las operaciones de búsqueda y recuperación pueden ser de tipo temático o espacial. A continuación se presentan algunos ejemplos :

Recuperación de Información espacial :

Ejemplo 1

Planteamientos e Interrogantes

- Se quiere conocer la Tipología Constructiva y la Probabilidad de Subsistencia , asociada a esta variable para sismos de intensidad VII, VIII, IX y x, en el área circundante al Hospital Universitario HULA y en sector Pie del Llano cercano al aeropuerto de la ciudad.
- Elaborar una poligonal cerrada que tendrá como vértices CAMOULA, IND, El Colegio La salle y el Terminal de Pasajeros, a la cual se le debe estimar el área.
- Indicar las coordenadas UTM de CAMOULA y
- Estimar la longitud de la pista de aterrizaje del aeropuerto Alberto Carnevalli de la ciudad de Mérida.

Solución

Se activan en pantalla las coberturas tipologías constructivas, edificaciones y vías (Figura 28) y seguidamente se define una ventana de ampliación que cubra el área circundante al aeropuerto de la Ciudad de Mérida , con la finalidad de facilitar y precisar mejor la consulta (ver Figura 29)

- A primera vista y haciendo uso de la leyenda se puede conocer la tipología constructiva, predominante C6 (Sector HULA) y B (Sector Pie del Llano), pero para obtener más detalles, con el puntero del ratón, se seleccionan los polígonos que interesan y automáticamente se visualizara toda la información temática correspondiente al punto seleccionado. Ver los cuadros que aparecen en la parte inferior de la Figura 29.
- Utilizando las herramientas que brinda el programa Arcview 2.1b, se procede a dibujar la poligonal y automáticamente al cerrarla aparece en la parte inferior de la pantalla el área que representa. (ver Figura 29)
- Para estimar las coordenadas UTM de CAMOULA, únicamente es necesario ubicar el cursor sobre el punto que representa CAMOULA y en la esquina superior derecha aparece las coordenadas.(ver Figura 29)
- Para el cálculo de la longitud de la pista del aeropuerto, se utiliza una herramienta de Arcview diseñada para tal fin y al señalar el principio y final de la pista devuelve el valor en metros de sus dimensión longitudinal (ver Figura 29)

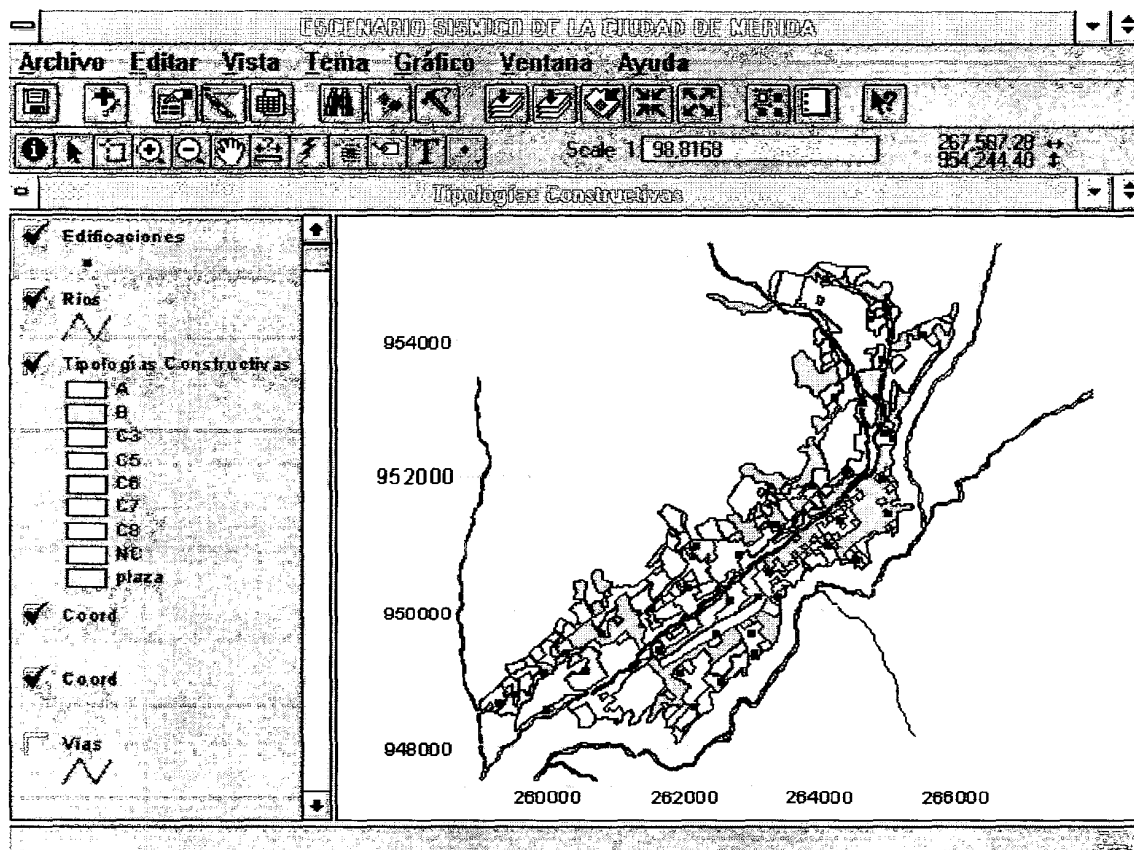
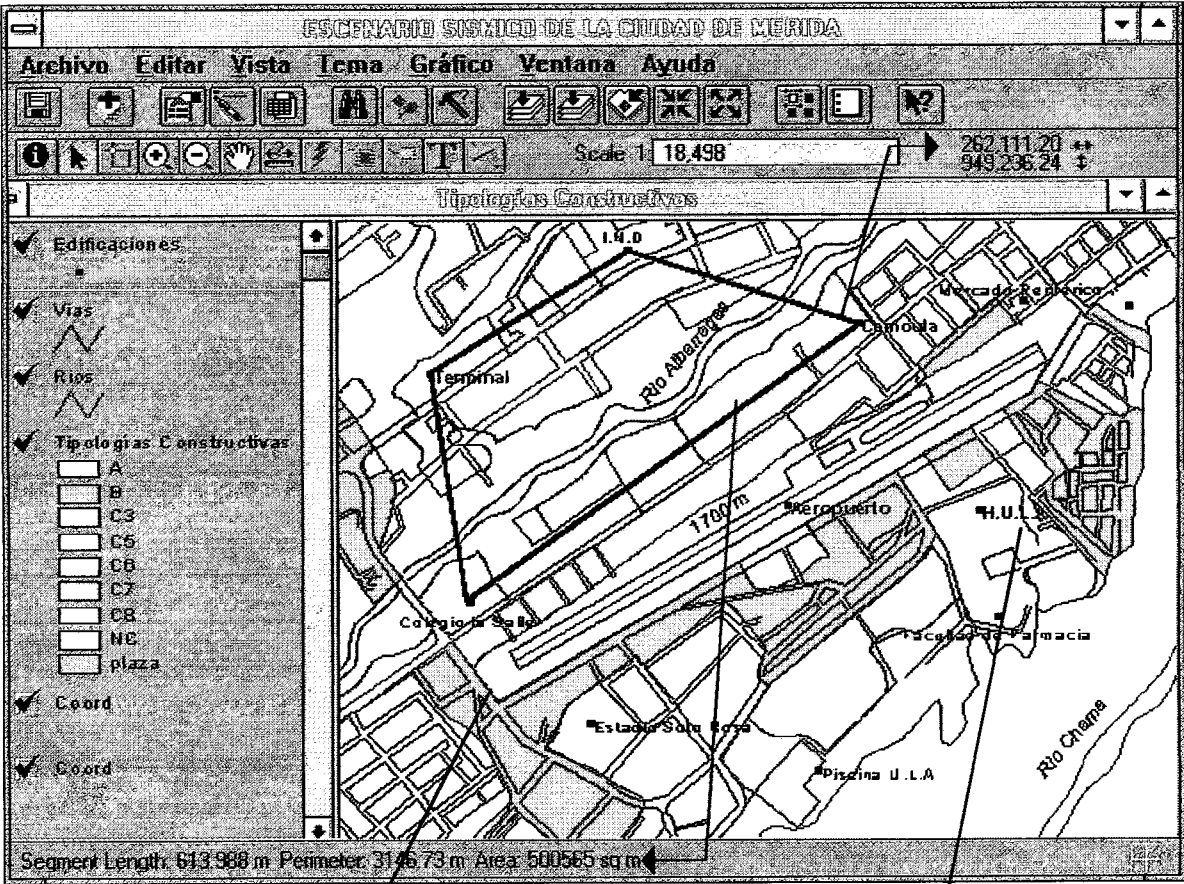


Figura 28. Mapa de tipologías constructivas de la ciudad de Mérida



Shape	Polygon
Area	377308.900000
Perimeter	6358.295000
Tipologi	176
Tipologi i	2
Tipologia	B
Psvi tcl	1.00
Psvii tcl	1.00
Psviii tcl	0.83
Psix tcl	0.62
Psx tcl	0.40

Shape	Polygon
Area	131018.900000
Perimeter	1944.759000
Tipologi	172
Tipologi i	6
Tipologia	C6
Psvi tcl	1.00
Psvii tcl	1.00
Psviii tcl	1.00
Psix tcl	0.83
Psx tcl	0.61

Figura 29. Ampliación del mapa de tipologías constructivas, en el sector aeropuerto.

Ejemplo 2

Planteamientos e interrogantes

Se desean conocer las siguientes características: composición y consolidación de suelos, profundidad de sedimentos, distancia al talud, pendiente y tipología constructiva, así como los valores de probabilidad de subsistencia por cada una de las variables y totales para sismos de intensidad VII, VIII y IX X., del sector donde se ubica la Urbanización Humboldt.

Solución

Se visualiza la cobertura "Sectores", (ver Figura 30) y se define una ventana de aumento en el área de interés, zona sur de la ciudad (ver Figura 31). Seguidamente se selecciona con el puntero del ratón el sector donde se ubica la Urbanización Humboldt y automáticamente aparecen los atributos vinculados a referido sector.(ver Figura 31)

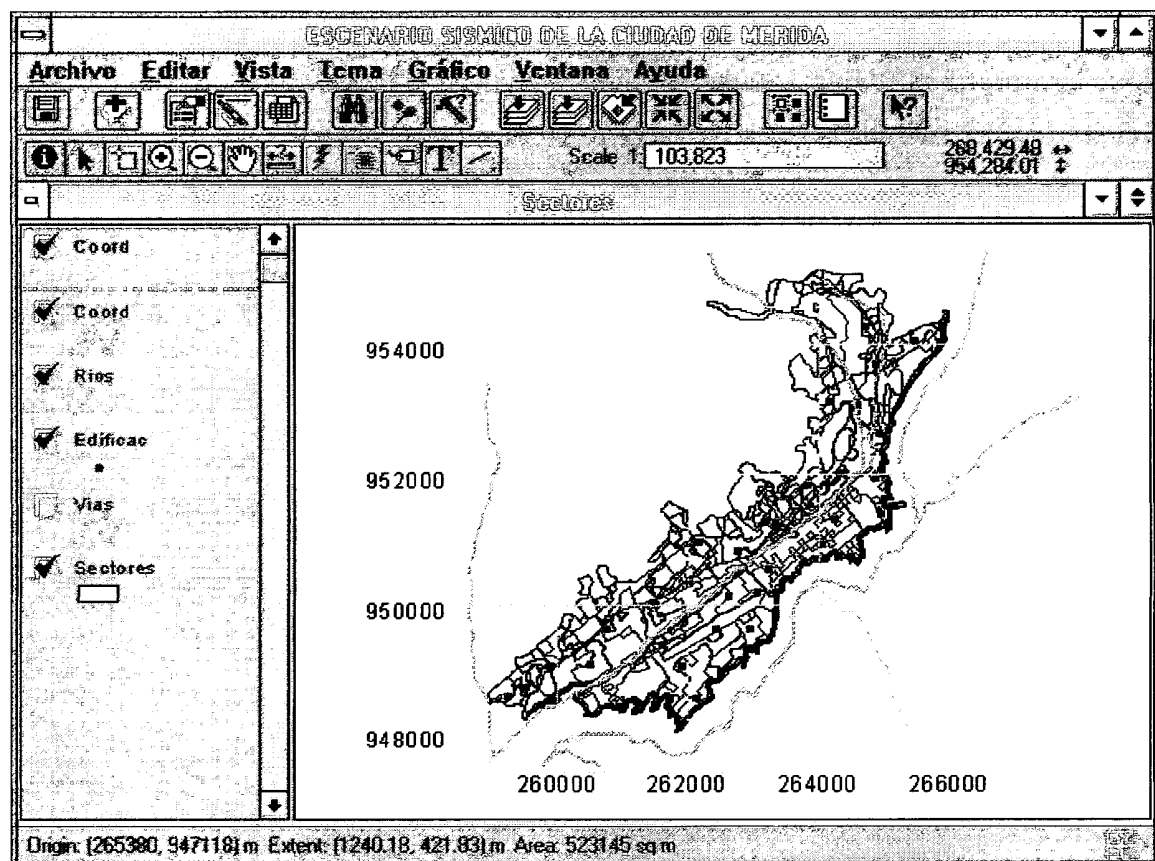
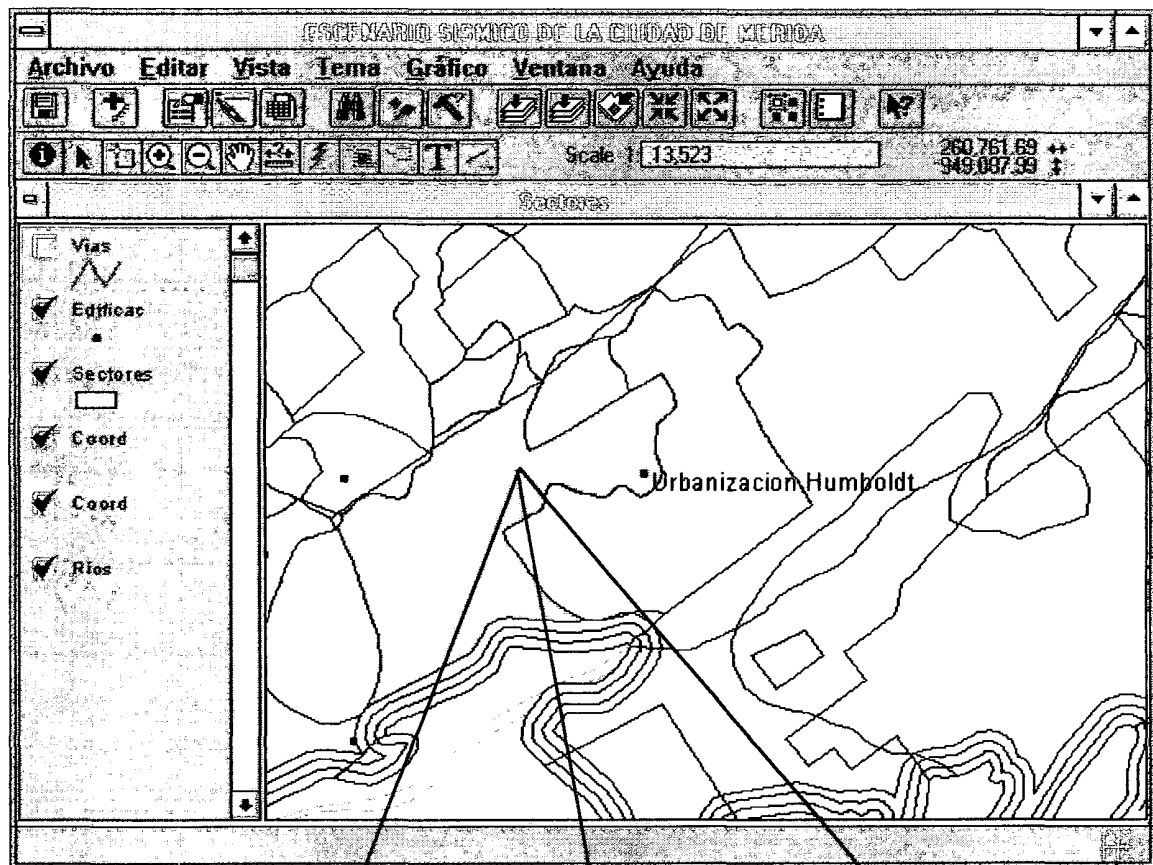


Figura 30. Mapa de Sectores



Shape	Polygon	Psvi con	0.72	Dist tal	> 60 m
Area	185361.500000	Psx con	0.51	Total vi	0.86
Perimeter	2822.148000	Pss con	0.29	Total vii	0.43
Sectores	560	Profundida	0.0 - 50 m	Total ix	0.11
Sectores i	821	Psvi pro	1.00	Total x	0.02
Psvi tal	1.00	Psvi pro	0.93	Total vi	0.96
Psvi tal	1.00	Psx pro	0.71	Total vii	0.83
Psx tal	1.00	Pss pro	0.50	Total ix	0.59
Pss tal	1.00	Pendiente	4 - 8 grados	Total x	0.57
Indice c	2.9	Psvi pen	0.95	Cla vi	0.81 - 0.90
Composici	Arenosa, pero con arcilla y limo	Psvi pen	0.86	Cla vii	0.41 - 0.50
Psvi com	0.96	Psx pen	0.72	Cla ix	0.11 - 0.20
Psvi com	0.74	Pss pen	0.56	Cla x	0.02
Psx com	0.52	Tipologia	C6	Cla vi	0.91 - 1.00
Pss com	0.31	Psvi tc	1.00	Cla vii	0.81 - 0.90
Consolidac	Consolidados-bien consolidados	Psvi tc	1.00	Cla ix	0.61 - 0.70
Ics_e	35	Psx tc	0.83	Cla x	0.61 - 0.70
Psvi con	0.94	Pss tc	0.61		

Figura 31. Ventana de ampliación del mapa sectores, sector cercano Urbanización Humboldt.

Búsqueda Temática

Ejemplo 3

Planteamientos e interrogantes

Se necesita identificar y caracterizar todos los sectores que cumplan con las siguientes condiciones : probabilidad de subsistencia ante sismo de intensidad IX menor o igual a 0.5, tipología constructiva predominante C6, ubicados a más de 60 m del talud del Chama y, en relación a la consolidación de suelos, interesa cualquier tipo menos los suelos consolidados.

Solución

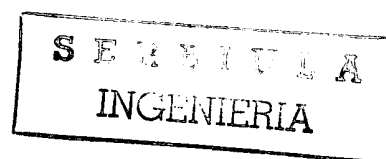
Para resolver la interrogante planteada se utilizará el programa ArcView 2.1b y se procederá de la siguiente forma :

- En ArcView se activa la cobertura sectores en pantalla y se visualiza en pantalla el mapa y la tabla de atributos.(ver Figura 32).
- Se ejecuta la opción consulta (Query) del menú tables de ArcView y se procede a interrogar la base de datos espacial, utilizando para ello una combinación de operadores lógicos y álgebra booleana (ver Figura 33c).
- El resultado de la consulta se presenta simultáneamente en el mapa y en la tabla de atributos. En la tabla de atributos (PAT.DBF) los registros que cumplen con la condición establecida se colorean de amarillo, Figura 33b (cada registro de la base de datos es un sector) y los sectores del mapa cuyo identificador(ID) es igual al identificador de los registros seleccionados, también se colorean de amarillo (ver Figura 33a)

Ejemplo 4

Planteamientos e interrogantes

Se quiere conocer el área que ocupan los diferentes tipos constructivos, ubicados entre 0 y 60 m de distancia al talud del río Chama y el área de la terraza de Mérida que presentará una probabilidad de subsistencia mayor a 0.5 en un evento sísmico de intensidad IX.



Solución

Para resolver el planteamiento anterior, se utilizara la tabla de atributos (PAT.DBF) de la cobertura Sectores y se consultara utilizando el programa FoxPro, versión 2.6 para Windows, esta consulta se podría realizar utilizando el procedimiento anterior, pero se quiere demostrar la versatilidad de la base de datos espacial desarrollada.

En FoxPro 2.6, se procede a colocar la tabla de atributos de la cobertura sectores (PAT.DBF) como archivo de base de datos activo y se efectúan las consultas necesarias, utilizando las herramientas que brinda el SMDB, el resultado se presenta inmediatamente en la pantalla. El procedimiento se puede observar en la Figura 34.

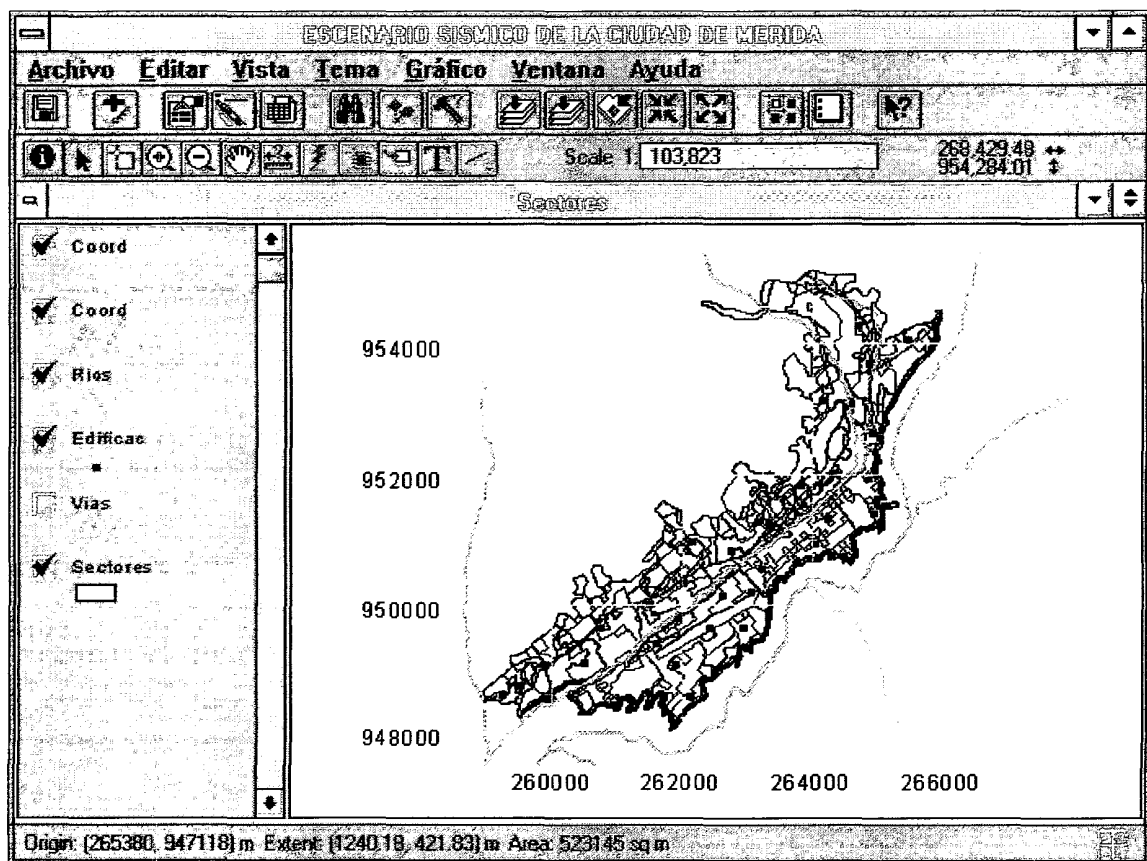
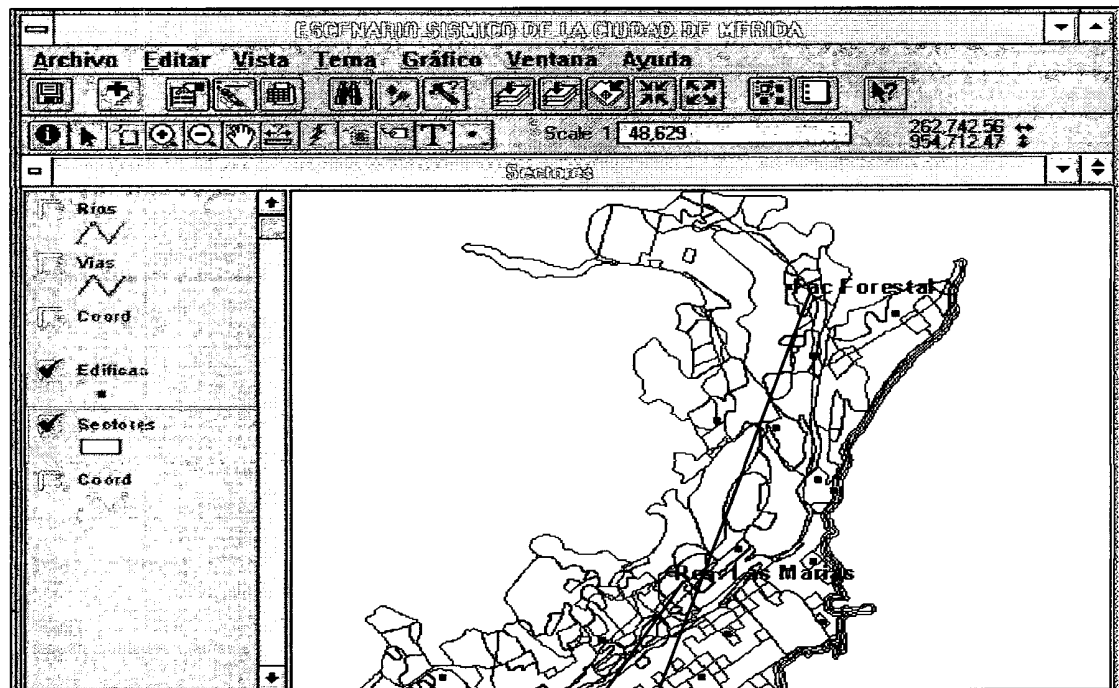


Figura 32. Mapa de sectores de la ciudad de Mérida



Attributes de Sectores

Area	Consolidac	Tipologia	Dist tal	
43530.470000	Poco consolidados-consolidaci	B	> 60 m	0.50
3042.537000	Poco consolidados-consolidaci	C7	> 60 m	0.44
3753.026000	Consolidados	B	20 - 40 m	0.19
3839.413000	Consolidados	B	0.0 - 20 m	0.13
52299.300000	Consolidados	C6	> 60 m	0.56
04292.600000	Poco consolidados-consolidaci	C6	> 60 m	0.4
107.543900	Consolidados	NC	> 60 m	0.69
4581.486000	Consolidados	C6	40 - 60 m	0.31
7351.549000	Poco consolidados-consolidaci	C6	> 60 m	0.50
4232.843000	Consolidados	C6	20 - 40 m	0.25
4067.712000	Consolidados	C6	0.0 - 20 m	0.19
12579.720000	Poco consolidados-consolidaci	NC	> 60 m	0.50

B

Attributes de Sectores

Fields

[Area] [Consolidac] [Tipologia] [Dist tal] [Totat ix]

Values

"Consolidados"

"Consolidados bien consolidaci"

"Poco consolidados-consolidaci"

☒ Update Values

New Set

Add To Set

Select From Set

$((Totat_{ix}) \leq 0.5) \text{ and } ([Tipologia] = "C6") \text{ and } ([Dist_{tal}] = "> 60 m") \text{ and } (not ([Consolidac] = "Consolidados"))$

C

Figura 33. Ventana de ampliación del mapa de sectores, área norte de la ciudad y resultados de la búsqueda.

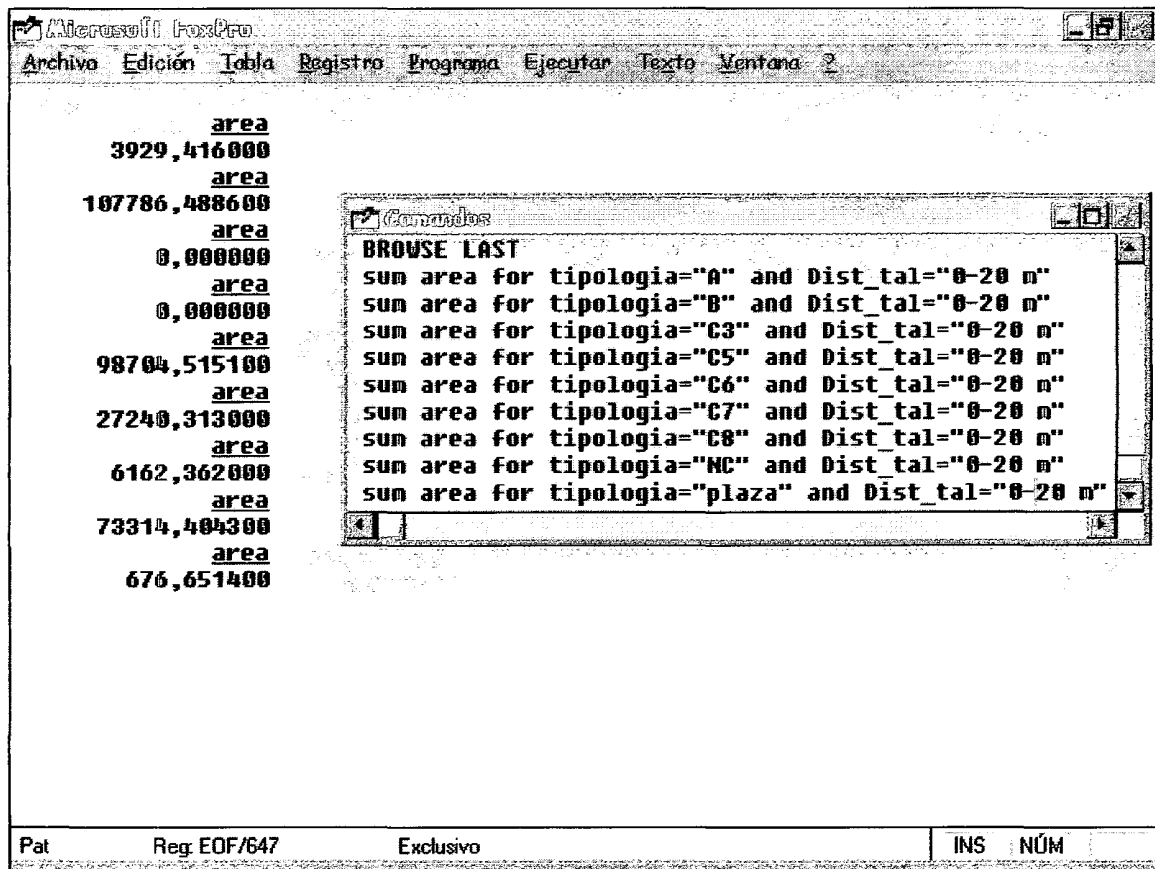


Figura 34. Consulta a la base de datos espacial

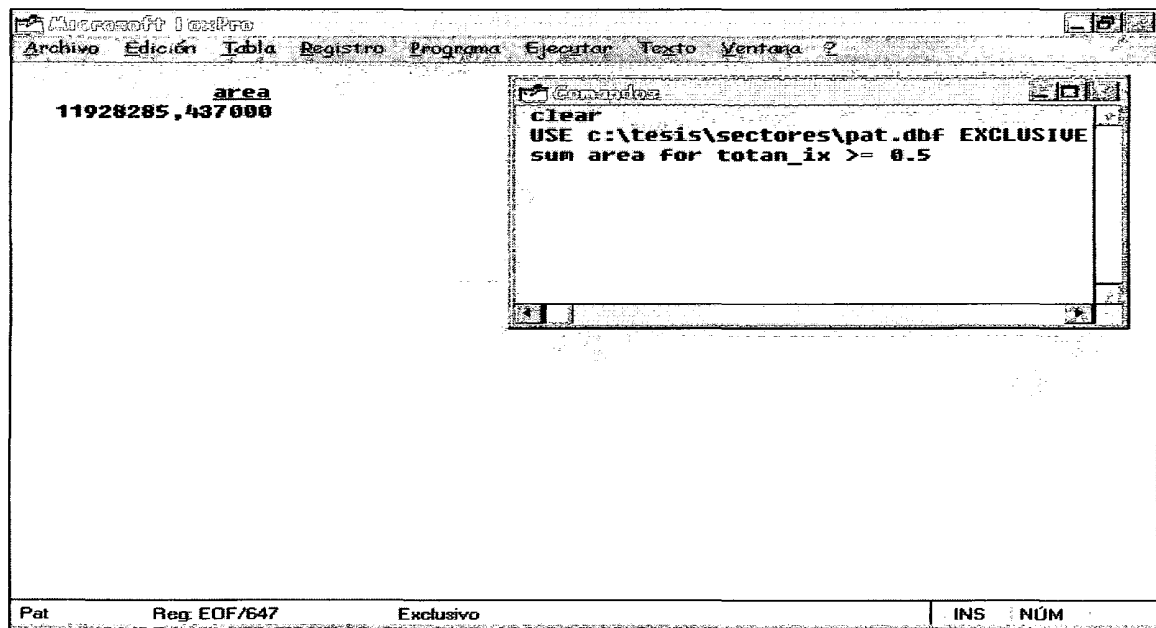


Figura 35. Consulta a la base de datos espacial

En relación a la producción cartográfica, en el Apéndice 9 se pueden observar algunos de los mapas en pequeño formato que se pueden producir utilizando el programa ArcView.

En los ejemplos anteriores se presentó un pequeño esbozo de lo que se puede hacer con el prototipo de SIG desarrollado; las limitaciones que se puedan presentar estarán vinculadas principalmente a los datos (cantidad, calidad, precisión y actualización) que tenga almacenados la base de datos espacial y a la habilidad de los usuarios para interactuar con el sistema.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

El Prototipo de sistema de información Geográfica desarrollado, cumplirá un rol fundamental en la Fundación para la Prevención del Riesgo Sísmico, en la Gestión y Administración de Desastres naturales vinculados a eventos sísmicos y movimientos de masa que afecten a la ciudad de Mérida.

Como se ha indicado anteriormente, el prototipo se diseñó en su totalidad, pero se implementó únicamente lo referente al escenario sísmico de la ciudad de Mérida, por las razones ya descritas

El sistema en sí, tiene como elemento central una base de datos espacial, que permitirá el acceso, almacenamiento, recuperación, interrogación y gestión de los datos útiles para la generación de escenarios sísmicos para la ciudad de Mérida y, en una fase posterior, se podrá realizar la zonificación de riesgo a movimientos de masa y evaluar los daños relacionados con los mismos.

Sobre el uso y la aplicabilidad del prototipo, tendrá como usuarios directos al personal de FUNDAPRIS con funciones de Gestión y Administración de Desastres Naturales y será la herramienta básica en la creación del Plan de Emergencia para la ciudad de Mérida.

Igualmente existe toda una serie de entes públicos y privados que tendrán en el SIG desarrollado una herramienta de trabajo útil.

Entre los entes públicos se tiene al Ministerio de Transporte y Comunicaciones, Ministerio de la Defensa, Ministerio de Sanidad, Comisionaduría de Salud del Estado, y en especial las municipalidades, ya que la información sobre sectores por probabilidad de subsistencia ante sismos de diferente intensidad y la zonificación de riesgo a movimientos en masa a desarrollarse posteriormente, constituyen un insumo importante en la planificación urbana y el ordenamiento del medio local.

El sector privado también podrá obtener beneficios del SIG, por ejemplo las compañías de seguros al momento de asegurar una vivienda contra daños parciales o totales, podrían utilizar los datos que suministra el SIG sobre las Probabilidades de Subsistencia ante sismos de diferente intensidad para determinar la prima más apropiada a pagar por el asegurado, según el nivel de riesgo que presente.

Esta asesoría puede ser prestada por FUNDAPRIS, recibiendo beneficios por la prestación de este servicio, que servirían para la adquisición de equipos y software útiles para mantener permanentemente actualizado el sistema.

En la actualidad la sede de FUNDAPRIS es constantemente visitada por asociaciones de vecinos y personas naturales, preguntando sobre la estabilidad de

lugar para construir una vivienda, escuela, dispensario. Con las facilidades que presenta la base de datos espacial desarrollada es posible que una sola persona pueda atender varias consultas, pudiendo el resto del personal dedicarse a otras actividades de interés para la fundación.

Igualmente, el SIG podrá utilizarse como una ayuda de instrucción muy importante, al momento de dictar charlas y cursos en los diferentes planteles y comunidades sobre eventos sísmicos y planes de emergencia.

En relación a la metodología MDSIG-00, creada por el Grupo de Ingeniería de Datos y Conocimiento, Adscrito a la Facultad de Ingeniería de la Universidad de los Andes, la cual fue implementada para el desarrollo del presente prototipo, se puede indicar que ha facilitado el proceso de diseño e implementación, ya que la estructura lógica, secuencial e interactiva que presenta la metodología, permite al diseñador del sistema concretarse y enfocarse desde un principio en los objetivos que debe cumplir el sistema.

El resultado de cada fase suministra la información y facilita el desarrollo de las subsecuentes fases.

Igualmente para el desarrollo de la metodología se requiere de una interacción permanente entre los diseñadores y los usuarios a objeto de definir detalladamente los requerimientos que debe cumplir el sistema; esta interacción es fundamental y facilita el proceso de modelado del mundo real en la base de datos espacial y modelará exactamente lo que le interesa al usuario y no al diseñador del sistema, evitándose gastos de tiempo y dinero en la recolección y procesamiento de información irrelevante

En resumen, se puede decir que la presente metodología, permite aprovechar óptimamente las potencialidades de un SIG, debido principalmente a :

Que ofrece un método que auxilia a los diseñadores del sistema y a los usuarios en la determinación precisa de los datos que deben ser colectados para obtener la información deseada.

Permite una reducción en los costos en lo referente a la recolección y entrada de datos al sistema, actividades consideradas las mas dispendiosas en el proceso de desarrollo del sistema.

Se definen los datos y su implementación utilizando un modelo orientado a objetos, lo que conlleva al desarrollo de un modelado que se apega a la terminología y entendimiento del mundo real propio de los usuarios del sistema, permitiendo esto que el proceso de aprendizaje se facilite y que el usuario al sentirse identificado con el sistema obtenga el máximo provecho del mismo.

La metodología MEDSIG-00, puede ser utilizada para el desarrollo de diferentes tipos de SIG, no importando el objetivo del mismo ni el modelo de datos

que utilice, pudiendo ser éste orientado a capas (raster y vectorial) u orientado a objetos.

Recomendaciones

Se recomienda que al momento de implementar lo correspondiente a la zonificación de riesgo a movimientos de masa, se siga el diseño que se presenta en este trabajo, ya que de utilizar otro diseño se podrían presentar problemas de inconsistencia e incompatibilidad, que afectarían la eficiencia y productividad del prototipo desarrollado.

Se debe adiestrar al personal encargado de operar el sistema mediante la asistencia a cursos cortos y conferencias relacionadas con los Sistemas de Información Geográfica.

BIBLIOGRAFÍA

- Aronoff, S. 1991. Geographic Information Systems. A Management Perspective. Ottawa-Canada. 294 p.
- Arroyo, L. 1993. Desastre Natural: Un Concepto Cambiante. Revista Geográfica de América Central. Nro 28. II semestre de 1993. Pp 11-14.
- Bosque, J. 1992. Sistemas de Información Geográfica. Ediciones Rialp, S.A. Madrid, España. 451 p.
- Burrough, P. 1987. Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment. Oxford. New York-EEUU. 191 p
- Comas, D. 1993. Fundamentos de Sistemas de Información Geográfica. . Editorial Ariel. Barcelona. España. 285 p.
- Egenhofer, M. y Frank, A. 1995. Object-Oriented Modeling: A Powerful Tool for GIS. NCGIA. Departament of Surveying Engineering. University of Maine. Orono. USA. 21 p.
- Environmental Systems Research Institute (ESRI). 1990. ARC/INFO. PC Understanding GIS. The ARC/INFO Method. Redlands, California. EEUU. 220 p.
- Febres, T. (1931). Archivo de Historia y Variedades. Editorial Sur América, Tomo II. Caracas. Venezuela.
- Flores, E. (1995). Elementos de Cartografía Temática Universidad de los Andes. Consejo de Publicaciones. Mérida-Venezuela. 256 p.
- García, G. 1994. Desarrollo e implantación de Base de Datos para el Area Experimental de la Reserva Forestal de Caparo. Tesis M,Sci . Mérida. Universidad de los Andes. 221 p.
- Goodchild, M. y Kemp, K. 1990. Developing a Curriculum in GIS: The NCGIA Core Curriculum, Cartographica, Vol. 28, Num 3, pp 39-54.
- Grases, J. 1980. Investigaciones sobre sismos destructores que Han Afectado el Centro y Occidente de Venezuela. Proyecto INTEVEP. Caracas. 120 p
- Hewitt, K. 1983. The Risks and Hazards Series, I Enterpretation of Calamity. Departamente of Geography Ontario, Canada.

Laffaille, J. 1996. Escenario Sísmico de la Ciudad de Mérida. Tesis M.Sci. Mérida. Universidad de los Andes. 103 p.

Martínez, L. 1986. El Concepto de Escala en Cartografía y su Aplicación Práctica. Facultad de Ciencias Forestales. Consejo de publicaciones. 127p.

Montilva, J. 1995. Introducción a los Sistemas de Información Geográfica. Universidad de los Andes. Facultad de Ingeniería. Escuela de Sistemas. Departamento de Computación. Mérida-Venezuela. 150 p.

_____. 1996. Metodología Orientada a Objetos para el Desarrollo de Sistemas de Información Geográfica. Grupo de Ingeniería de Datos y Conocimiento. Facultad de Ingeniería. Universidad de los Andes. Mérida-Venezuela. 50p.

Mora, S. 1988. Representations of Geographic Space: Toward a Conceptual Synthesis. *Annals of the Assoc. Of American Geographers*, 78 (3), pp 375-394.

Mora, S. y Vahrson, W. 1992. Determinación "A Priori" de la Amenaza de Deslizamientos Utilizando Indicadores Morfodinámicos. 1er Simposio Internacional sobre Sensores Remotos y Sistemas de Información Geográfica (SIG) para el Estudio de Riesgos Naturales. Bogotá. Colombia. 259-274 p.

NCGIA. 1990. Core curriculum. Technical Issues in GIS. Vol II. Santa Barbara, California. National Center For Geographic Information and Analysis. University of California. EEUU. 223 p

Parra, A. 1993. Curso básico de Sistemas de Información Geográfica. Monografía. Mérida. Universidad de los Andes.

Patterson, O. 1993. Referencias Conceptuales en el abordaje de los Desastres Naturales. *Revista Geográfica de América Central*. Nro 28. II semestre de 1993. Pp 15-23.

Peuquet, D. 1984. A Conceptual Framework and Comparison of Spatial data Models. *Cartographica*. Vol 21, núm.4, pp 66-113.

Quijada, F. (1992). Cartografía Temática. Mérida-Venezuela. 300 p.

Ramírez, R. 1995a. Relaciones entre Geomorfología, Suelos y Riesgo Sísmico. Universidad de los Andes. Facultad de Ciencias Forestales. Instituto de Geografía y Conservación de los Recursos Naturales . Mérida. Venezuela. 16 p.

_____. 1995b. Análisis de factores Combinados en la Determinación de Areas críticas por Movimientos de Masa (Caso: Región Centro Occidental de

Nicaragua). Universidad de los Andes. Facultad de Ciencias Naturales y Ambientales Trabajo de Ascenso. Mérida-Venezuela. 68 p.

_____. 1996. Clasificación de los Movimientos de Masa. Problemas con la Terminología. Universidad de los Andes. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Instituto de Conservación y Geografía. Mérida. Venezuela. 8 p.

Rozo, L. 1997. Identificación y Evaluación de Sitios Óptimos Para el Establecimiento de Centros de Atención Médica Especializada (CAMEs) En Situación de Desastre Sísmico. Caso de Estudio : Mérida-Estado Mérida-Venezuela. Tesis M.Sci. Mérida. Cidiat. 158 p.

Schubert, C. 1984. Los Terremotos en Venezuela y su Origen. Cuadernos Lagoven. Departamento de Relaciones Públicas de Lagoven. Caracas. 50 p.

Simoës, M. 1992. Evaluation and Mapping of Landslide Hazard on Disorderly Occupied Areas Through GIS and Remote Sensing Techniques. 1er Simposio Internacional sobre Sensores Remotos y Sistemas de Información Geográfica (SIG) para el Estudio de Riesgos Naturales. Bogotá. Colombia. 289-300 p.

Varnes, A. 1978. Slope Movement Land Types and Processes. En: *Landslides: Analysis and Control*. Washington, Transportation Res. Board Nat. Ac. Sci., 176; 11-33.

Verstappen, H. 1992. Requerimientos de la Información Temática en la Concientización de Amenazas Naturales y la Mitigación de Riesgos. 1er Simposio Internacional sobre Sensores Remotos y Sistemas de Información Geográfica (SIG) para el Estudio de Riesgos Naturales. Bogotá. Colombia. 673-686 p.

Westen Van, C. 1992. Scale Related GIS Techniques in the Analysis of Landslide Hazard. 1er Simposio Internacional sobre Sensores Remotos y Sistemas de Información Geográfica (SIG) para el Estudio de Riesgos Naturales. Bogotá. Colombia. 446-484 p.

Wijkman, A. y Timberlake, L. 1988. Natural Disasters Acts of God or Acts of Man. New Society Publishers, Santa Cruz, California.

Worboys, M. 1990. Object-oriented Data modelling for Spatial Databases. *International Journal of Geographical Information Systems*, vol 4, núm 4, pp 369-383.

APÉNDICES

APÉNDICE 1

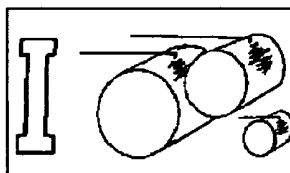
ESCALA DE INTENSIDADES DE MERCALLI MODIFICADA



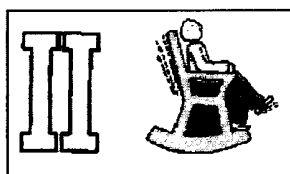
ESCALA DE INTENSIDADES DE MERCALLI MODIFICADA

La escala fue propuesta por Wood y Neumann (1931), tuvo como finalidad adecuar las escalas existentes para la época y tomar así en cuenta los efectos en edificios modernos, estructuras altas, el comportamiento de vehículos de motor, los efectos sobre las líneas vitales, etc.

Se quería además tener la posibilidad de incluir información de daños en diferentes tipos de edificaciones (albañilería, madera, piedra, con estructura o sin ella, etc).



Grado I: Sentido solamente en circunstancias favorables. Bajo ciertas condiciones, fuera de los límites del área en la cual un gran sismo es sentido, se nota que algunos animales, como los pájaros, se muestran intranquilos. Puede experimentarse algún mareo; náusea. Algunos árboles, estructuras, líquidos, masas de agua, pueden oscilar suavemente.



Grado II: Es sentido por unas pocas personas dentro de las edificaciones, especialmente los pisos superiores y por personas nerviosas o muy sensibles. Al igual que en el grado uno, pero de una forma más clara, se nota que algunos animales, como los pájaros, se muestran intranquilos. Puede experimentarse algún mareo o náusea. Algunos árboles, estructuras, líquidos, masas de agua, pueden oscilar suavemente.



Grado III: Sentido por varias personas dentro de las edificaciones como un movimiento consistente de una rápida vibración. Algunas veces no es reconocido al principio como un terremoto.

En algunos casos, la duración del evento puede ser estimada. La vibración sentida es similar a la debida al paso de un pequeño camión, o un gran camión lejano. Los objetos colgantes pueden oscilar suavemente. El movimiento puede ser apreciado en estructuras altas. En los carros detenidos puede observarse un suave balanceo.

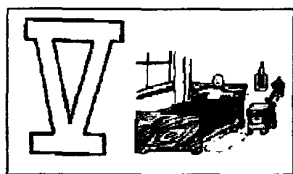


Grado IV : Sentido por muchas personas dentro de las edificaciones y por varias que estén fuera de ellas. Se despiertan varias personas, especialmente las de sueño ligero. No se asustan las personas, a menos que estén sensibilizadas por experiencias anteriores.

La vibración sentida es similar a la debida al paso de un camión pesado. Hay la sensación de que un cuerpo muy pesado golpea la edificación, o de que cuerpos pesados se caen dentro de ella.

Se nota el traqueteo de vajillas, ventanas y puertas; los objetos de vidrio y copas tintinean y chocan entre si. Crujen las paredes y las estructuras, especialmente en el rango superior de este grado.

En muchos casos los objetos oscilan notablemente. Se agitan ligeramente los líquidos contenidos en envases abiertos. Los vehículos en reposo se balancean notablemente.



Grado V : Todo el mundo lo siente dentro de las edificaciones, la mayoría lo siente fuera de ellas pudiendo apreciar la dirección del movimiento.

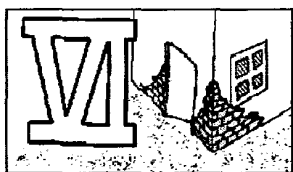
La mayoría, o muchos, se despiertan; varios se asustan, algunos resultan ligeramente excitados y unos pocos corren hacia afuera. Los edificios tiemblan y se estremecen por todos lados.

Se rompe una parte de las vajillas y objetos de vidrio. Se agrietan o se rajan las ventanas (pero no generalmente).

Se voltean los envases los objetos pequeños e inestables; se produce la caída de algunos objetos. Los objetos colgantes y puertas se balancean considerablemente y las pinturas, o cuadros, golpean contra las paredes o se balancean fuera de su lugar .

Las puertas, abiertas o cerradas, chocan abruptamente contra sus marcos. Los relojes de péndulo se detienen, o comienzan a funcionar, o se adelantan o atrasan .

Los objetos pequeños se desplazan, incluyendo los muebles, que se mueven un poco menos. Se derraman pequeñas cantidades de líquidos contenidos en envases muy llenos. Los arboles y arbustos se agitan suavemente.

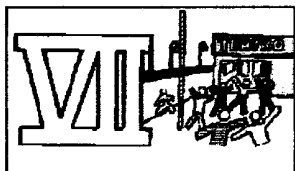


Grado VI : Sentido por todo el mundo. Muchos se asustan, excitación general, se presenta alguna alarma, muchos corren fuera de las casas y edificios. Todo el mundo se despierta.

Las personas caminan en forma inestable. Los árboles y arbustos se agitan entre suave y moderadamente . Los líquidos se ponen en movimiento fuerte . Suenan las campanas pequeñas de escuelas, capillas, iglesias etc. Se observan pequeños daños en edificios construidos pobremente . Es notoria la caída de friso y yesos de las

paredes, en pequeñas cantidades. Se agrieta un poco el friso, especialmente grietas finas.

Las vajillas y vidriería resultan rotas en cantidad considerable; también algunas ventanas. Los objetos pequeños, libros, adornos, cuadros etc, se caen de sus lugares. Los muebles quedan volteados en muchos casos, o se desplazan notablemente si son de peso moderado.



Grado VII : Todo el mundo se asusta, alarma general, todos corren fuera de las edificaciones .

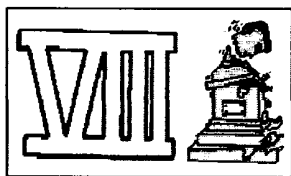
Algunos, o muchos, encuentran difícil permanecer de pie. Es sentido por personas dentro de vehículos en movimiento. Los árboles y arbustos se agitan de moderada a fuertemente.

Se observan ondas en el agua de estanques, lagos y agua corriente. El agua se enturbia con barro revuelto. Suenan grandes campanas. Objetos suspendidos tiemblan y se estremecen.

Daños despreciables en edificios de buen diseño y construcción, de suave a moderado en edificios ordinarios bien contruidos, considerable en aquellos mal diseñados o pobremente contruidos, en casas de adobe, paredes viejas (especialmente donde se colocan adobes, ladrillos o piedras sin mortero), daños en torres, etc. Se producen grietas considerables en las chimeneas y aparecen algunas en paredes bien contruidas.

Gran cantidad de frisos dañados o caídos. Se rompen gran cantidad de ventanas y se desprenden gran cantidad de tejas y ladrillos sueltos. Se rompen las chimeneas débiles en la base del techo, dañado éste en algunos casos. Se caen las cornisas de los edificios altos y las torres.

Se dislocan los ladrillos y piedras. Los muebles aparecen volteados, incluyendo muebles pesados que suelen resultar dañados. Los canales de concreto para irrigación suelen sufrir daños de consideración.

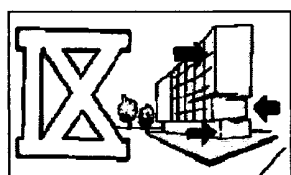


Grado VIII : Miedo general. Estado de alarma que se aproxima al pánico. Se asustan las personas dentro de vehículos en movimiento.

Los árboles son agitados fuertemente (las ramas y troncos se rompen, especialmente en el caso de palmeras). Arena y barro es expulsado en pequeñas cantidades.

Cambia el régimen de flujo de arroyos y manantiales, también la temperatura de los manantiales de agua. Las estructuras diseñadas especialmente para soportar terremotos, sufren daños ligeros, mientras que aquellas de diseño ordinario sufren considerablemente, incluyendo el colapso parcial, la ruina o la caída de algunas de estas estructuras, incluyendo casa de madera en algunos casos.

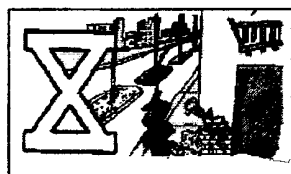
Las paredes de paneles son desprendidas de las estructuras aporticadas (frame structures) y las edificaciones con daños previos al sismo suelen resultar arruinadas. Se derrumban las paredes y las de piedra sólida se agrietan y rompen seriamente. Son notorios los problemas en suelos húmedos e inclinados. Las chimeneas, columnas, monumentos, torres, etc, se retuercen y caen. Los muebles incluyendo los muy pesados, son movidos notablemente y hasta volteados.



Grado IX : Situación de pánico generalizado.

El suelo se agrieta notablemente. Hay daños considerables en edificaciones de albañilería diseñadas especialmente para soportar terremotos. Son sacadas de la vertical algunas casas con estructuras de madera, diseñadas especialmente para soportar terremotos.

Grandes daños en edificaciones de albañilería, algunas colapsan en gran parte o sus estructuras son completamente movidas de sus fundaciones, arruinando la armazón. Daños serios a los depósitos de agua, Las líneas vitales bajo tierra resultan dañadas en algunos casos.



Grado X : Se agrieta el suelo, especialmente cuando se trata de suelos sueltos o húmedos, con grietas de varias pulgadas de ancho; aparecen fisuras, con más de una yarda de ancho, paralelas a los canales y riveras de los riachuelos y corrientes de agua.

Deslizamientos de tierra considerables en las riveras de los ríos y costas inclinadas. Movimiento horizontal de arena y barro sobre playas y tierras llanas. Cambio en el nivel de las aguas de los manantiales. El agua es lanzada sobre las riveras de los canales, lagos, ríos etc. Daños serios en represas, diques, embaulamientos.

Daños severos en puentes y estructuras bien diseñadas de madera, algunas resultan destruidas. Se desarrollan grietas peligrosas en excelentes paredes de ladrillo ,Quedan destruidas la mayoría de las obras de albañilería y las de estructura aporticada, así como también sus fundaciones. Los rieles de trenes se doblan ligeramente.

Las líneas vitales colocadas en tierra se desgarran o se rompen en los extremos. Se abren grietas y se forman dobleces rizados muy amplios en los pavimentos de cemento y asfaltado de carreteras.



Grado XI : Se observan muchas y muy variadas perturbaciones en el terreno, dependientes del tipo de suelo:

Amplias grietas, hundimientos, deslizamientos (sobre todo en suelos suaves y húmedos). Presencia de agua eyectada cargada con arena y barro.

En el mar se forman olas de magnitud significativa (ondas de marea o tidal waves).

Daños severos a estructuras con pórticos de madera, especialmente cerca de la zona epicentral. Graves daños a represas, diques y embaulamientos, hasta los que están ubicados lejos del epicentro.

Pocas edificaciones de albañilería, inclusive con estructura, quedan en pie. Grandes puentes, bien contruidos, son destruidos, fallando sus pilares de soporte. Se doblan notablemente los rieles de trenes. Las líneas vitales en tierra quedan completamente fuera de servicio.



Grado XII : Destrucción total, prácticamente todas las obras de construcción son grandemente dañadas o destruidas. Grandes y muy variadas perturbaciones del terreno, aparecen numerosas grietas, deslizamientos, caída de rocas de tamaño considerable, desborde de ríos, canales, etc.

Se observa la formación de ondas sobre la superficie del terreno. Grandes masas de rocas suelta son desprendidas y desgarradas. Deslizamiento de fallas en roca firme, con deslizamiento vertical y horizontal notable . Se forman represamientos naturales, con caídas de agua; se desvían los ríos, etc. Los objetos son lanzados hacia arriba en el aire.