

## Leyenda

Para la elaboración de la leyenda, se siguen los lineamientos establecidos en la fase 2 denominados requerimientos de presentación de información espacial, en el aparte correspondiente a la construcción de la leyenda.

En relación a los colores y símbolos a utilizar para la representación gráfica de los fenómenos o hechos espaciales, están limitados a los suministrados por el sistema de información geográfica utilizado, pero en todo momento se deben acoplar a las normas cartográficas establecidas.

## Escala

Escala numérica: 1:10000, todos los mapas se elaboraron a la misma escala.

Escala gráfica: se elaboro de acuerdo a las técnicas establecidas para tal fin (Martínez, 1986)

## El Norte

Se utilizaron los disponibles en la librería de símbolos del sistema.

## Reticulado

El reticulado facilita la localización de cualquier punto en el mapa a través de sus coordenadas U.T.M, los trazos de las retículas se realizarán con líneas finas, para que no interfiera en la lectura del mapa y las coordenadas se colocarán en la parte externa del reticulado. En la Figura 26 se esquematiza el reticulado a elaborar:

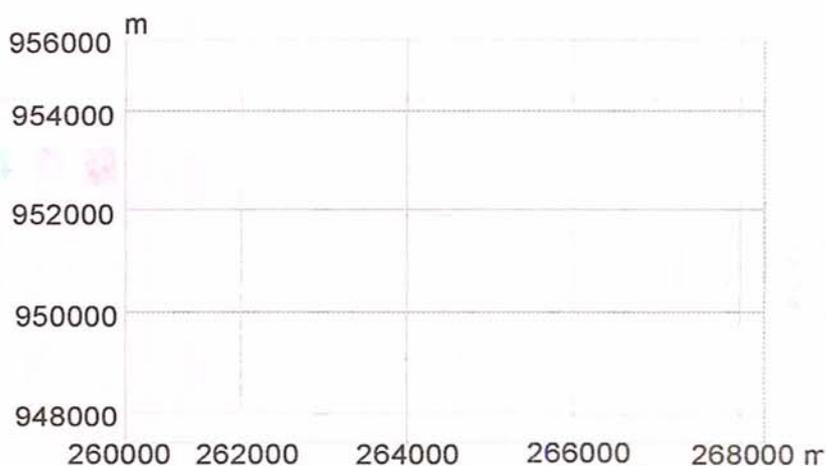


Figura 26. Reticulado y coordenadas UTM de las coberturas.

## **Información Marginal**

La información adicional a incluir al elaborar los mapas es la siguiente:

Institución: Fundación para la prevención del Riesgo Sísmico. (FUNDAPRIS).

Fuente: Mapas analógicos elaborados por FUNDAPRIS, 1:10000.

Sistema de Proyección: U.T.M.

Digitalizado por: Zoilo Ferrer.

Editado por: Luigi Iannuzzi.

## **Fase 6. Implementación**

### **Digitalización de los mapas**

La digitalización de los mapas seleccionados se efectuó en PC ARC/INFO, utilizando el sub-sistema ADS, y siguiendo los lineamientos establecidos en la fase 5.

### **Creación de la Base de Datos Espacial**

La creación de la base de datos, se inició con el propio proceso de digitalización, cuando se generaron topologías, se crearon las tablas de atributo para arcos (aat.dbf) y para polígonos (pat.dbf), que contienen unos campos ya definidos; estos campos contienen información de la cobertura tal como : Area, Perímetro, Cover\_ (identificador interno) y Cover\_ID (ver Tabla 20).

En el presente caso, por ejemplo, la tabla pat.dbf de la cobertura Compositic tiene un campo área, perímetro, un identificador interno Compisic\_ y uno asignado por el usuario Compositic\_ID, que caracteriza a cada polígono. Se presentó la misma estructura para todas las coberturas.

La creación de la base de datos fue un proceso continuo e interactivo, que se apegó al diseño físico establecido en la fase anterior. La introducción de datos, se efectuó a medida que se iban desarrollando las diferentes operaciones de análisis, espacial y temática, que generaban nueva información, la cual era procesada e incorporada a la base de datos espacial.

La manipulación de las diferentes tablas que conforman la base de datos se efectuó con el programa Fox Pro 2.6 para windows, por ser más versátil y tener una mayor gama de aplicaciones que el módulo tables de Arc/Info, utilizado normalmente con el mismo propósito.

En el Apéndice 7, se presenta una descripción detallada del conjunto de tablas que conforman la base de datos, especificando siglas, descripción, dominio y restricciones.



Tabla 20. Identificadores de usuario (Cover\_id)

| <b>Cobertura: Composic</b>                   |  | <b>Cobertura: Consolid</b> |                                 |
|--|--|----------------------------|---------------------------------|
| Composic_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               |                            |                                 |
| <b>Cobertura: Profundi</b>                   |  | <b>Cobertura: Tipologi</b> |                                 |
| 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                           |
| <b>Cobertura:: Edificac (edificaciones )</b> |  |                            |                                 |
| 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:

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

**Replace P<sub>sx\_tcl</sub> 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 aplico 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_tal | PSIX_tal | 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 reference 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

| <b>Clase de Probabilidad de Subsistencia</b> |                        |                      |                     |
|--|------------------------|----------------------|---------------------|
| <b>intensidad vii</b>                        | <b>intensidad viii</b> | <b>Intensidad ix</b> | <b>intensidad x</b> |
| 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 estructurada 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.

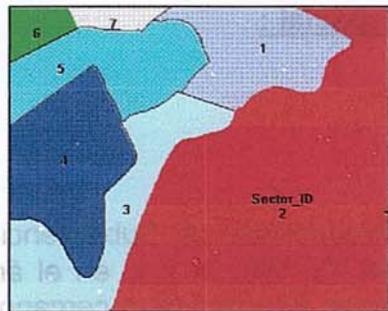
La cobertura "sectores" presenta espacialmente 647 polígonos, los cuales tienen asociados una serie de atributos: Consolidación de sedimento, Composición de sedimentos, Profundidad de Sedimentos, Distancia al Talud, Pendiente, tipologías constructivas y probabilidades de subsistencia totales para sismos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



ATRIBUTO DE UBICACIÓN

Se pueden hacer búsquedas en la Base de Datos, cumpliendo requerimientos : tipología tipo x, área <= 300 etc. Los registros identificados, se relacionan al mapa vía los identificadores (llaves externas), que producen un mapa con estas áreas localizadas.

¿QUE ?  
¿DONDE ?

Los identificadores de características en el mapa, permiten realizar nuevos cálculos , ejemplo: cálculo de la probabilidad de subsistencia para cada sector y a la vez agregarlo como un nuevo campo en la base de datos

| ID | AREA | TIPOLOGIA | PENDIENTE | Total_IX |
|----|------|-----------|-----------|----------|
| 1  | 360  | C6        | 8 Grados  | 0.45     |
| 2  | 250  | A         | 12 Grados | 0.32     |
| 3  | 765  | B         | 4 Grados  | 0.60     |
| 4  | 821  | C7        | 8 Grados  | 0.63     |

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)

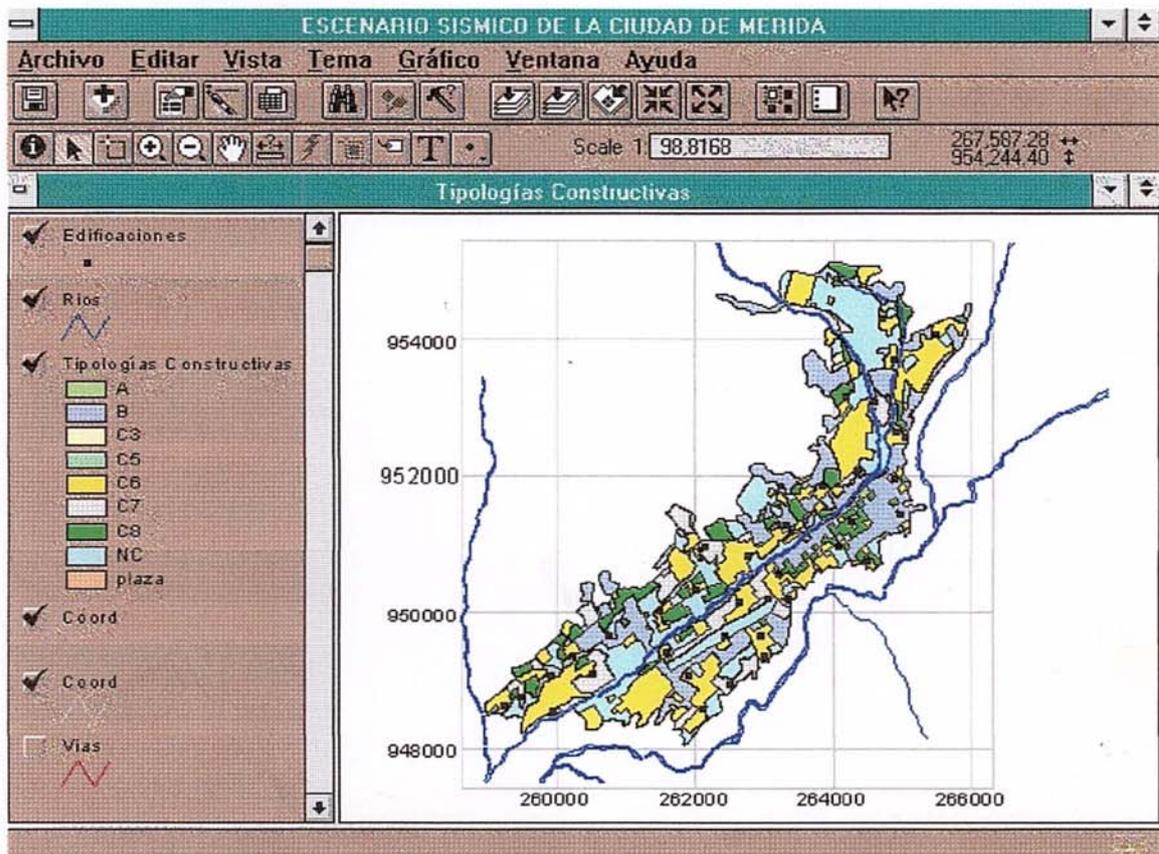
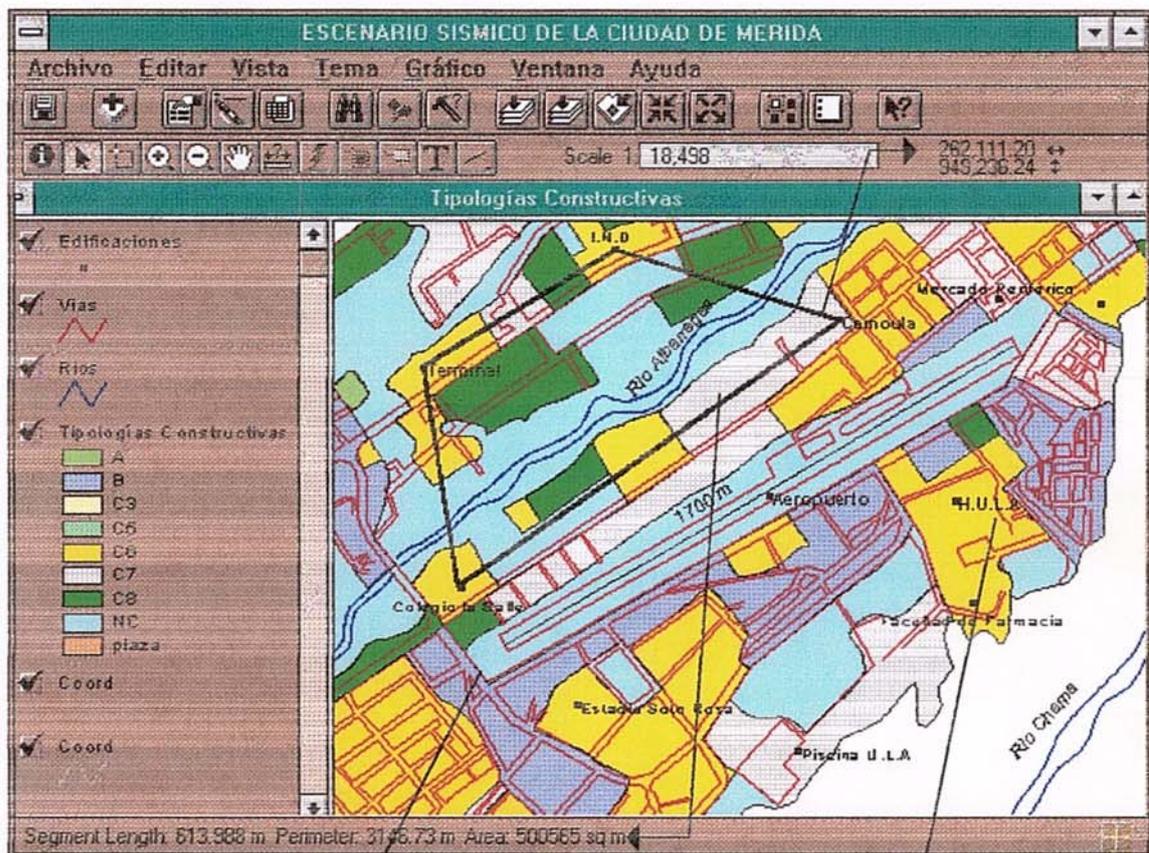


Figura 28. Mapa de tipologías constructivas de la ciudad de Mérida



| 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)

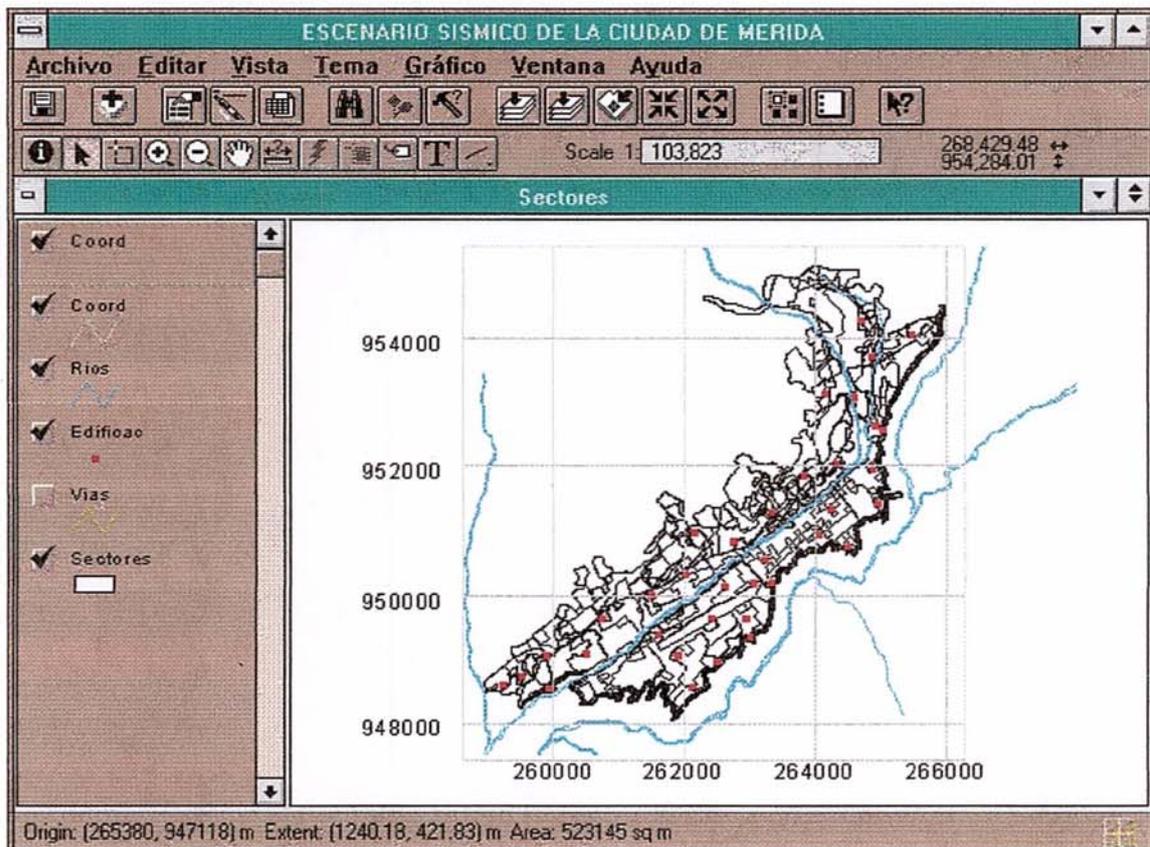
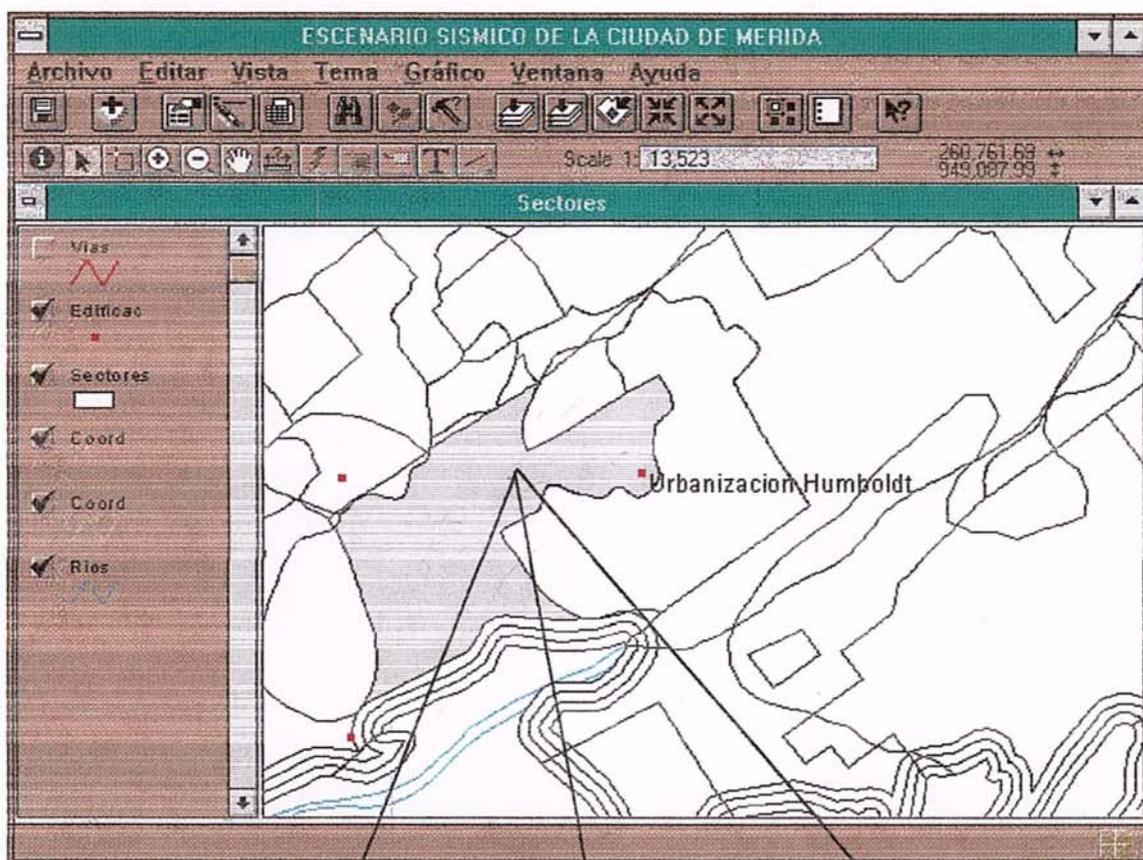


Figura 30. Mapa de Sectores



|            |                                  |            |              |            |             |
|------------|----------------------------------|------------|--------------|------------|-------------|
| Shape      | Polygon                          | Psvii_con  | 0.72         | Dist_tal   | > 60m       |
| Area       | 185361.500000                    | Psx_con    | 0.51         | Total_vii  | 0.86        |
| Perimeter  | 2822.148000                      | Psx_con    | 0.29         | Total_viii | 0.43        |
| Sectores   | 580                              | Profundida | 0.0 - 50 m   | Total_ix   | 0.11        |
| Sectores_i | 821                              | Psvii_pro  | 1.00         | Total_x    | 0.02        |
| Psvii_tal  | 1.00                             | Psvii_pro  | 0.93         | Totan_vii  | 0.96        |
| Psvii_tal  | 1.00                             | Psvii_pro  | 0.71         | Totan_viii | 0.33        |
| Psvii_tal  | 1.00                             | Psvii_pro  | 0.50         | Totan_ix   | 0.69        |
| Psvii_tal  | 1.00                             | Pendiente  | 4 - 8 grados | Totan_x    | 0.67        |
| Indice_c   | 2.9                              | Psvii_pen  | 0.95         | Cla_vii    | 0.81 - 0.90 |
| Composici  | Arenosa, pero con arcilla y limo | Psvii_pen  | 0.86         | Cla_viii   | 0.41 - 0.50 |
| Psvii_com  | 0.96                             | Psvii_pen  | 0.72         | Cla_ix     | 0.11 - 0.20 |
| Psvii_com  | 0.74                             | Psvii_pen  | 0.56         | Cla_x      | 0.02        |
| Psvii_com  | 0.52                             | Tipologia  | C6           | Cla_vii    | 0.91 - 1.00 |
| Psvii_com  | 0.31                             | Psvii_tc   | 1.00         | Cla_viii   | 0.81 - 0.90 |
| Consolidac | Consolidados-bien consolidados   | Psvii_tc   | 1.00         | Cla_ix     | 0.61 - 0.70 |
| tes_e      | 3.5                              | Psvii_tc   | 0.83         | Cla_x      | 0.61 - 0.70 |
| Psvii_con  | 0.94                             | Psvii_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.

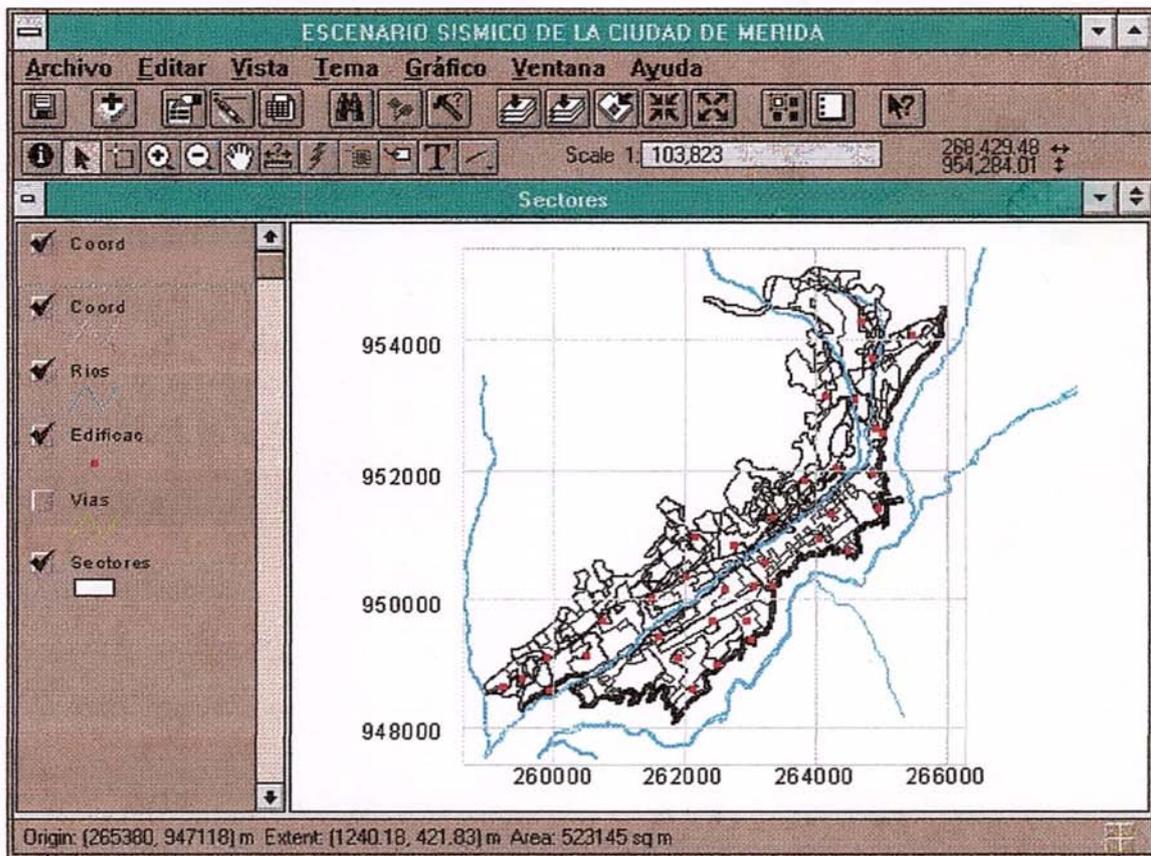
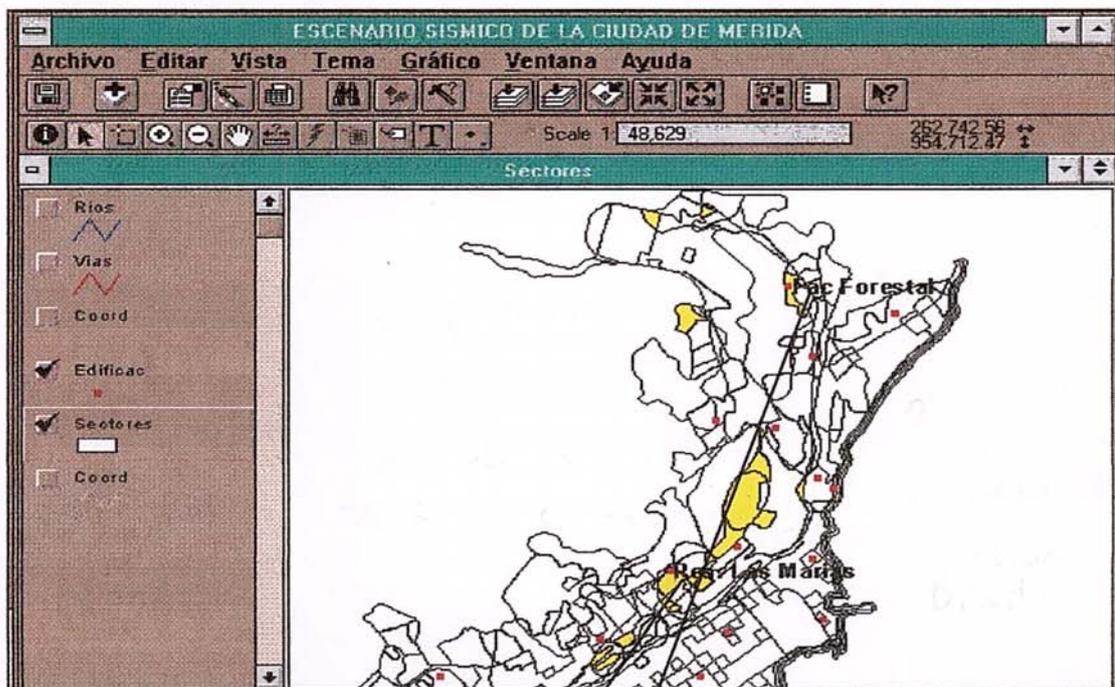


Figura 32. Mapa de sectores de la ciudad de Mérida



Atributos de Sectores

| Area         | Consolidac                   | Tipologia | Dist_tal   |      |
|--------------|------------------------------|-----------|------------|------|
| 43530.470000 | Poco consolidados-consolidad | B         | > 60 m     | 0.50 |
| 3042.537000  | Poco consolidados-consolidad | 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                 | CS        | > 60 m     | 0.56 |
| 04292.600000 | Poco consolidados-consolidad | CS        | > 60 m     | 0.44 |
| 107.543900   | Consolidados                 | NC        | > 60 m     | 0.69 |
| 4581.486000  | Consolidados                 | CS        | 40 - 60 m  | 0.31 |
| 7551.549000  | Poco consolidados-consolidad | CS        | > 60 m     | 0.50 |
| 4232.843000  | Consolidados                 | CS        | 20 - 40 m  | 0.25 |
| 4067.712000  | Consolidados                 | CS        | 0.0 - 20 m | 0.19 |
| 12529.220000 | Poco consolidados-consolidad | NC        | > 60 m     | 0.50 |

B

Atributos de Sectores

Fields

[Area] = [Consolidac] and [Tipologia] > [Dist\_tal] and [Totan\_ix] <= 0.5

Values

"Consolidados"

"Consolidados bien consolidad"

"Poco consolidados-consolida"

Update Values

[[ (Totan\_ix) <= 0.5 ] and [ (Tipologia) = "CS" ] and [ (Dist\_tal) = "> 60 m" ] and ( not [ (Consolidac) = "Consolidados" ] ) ]

New Set!

Add To Set

Select From Set

C

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

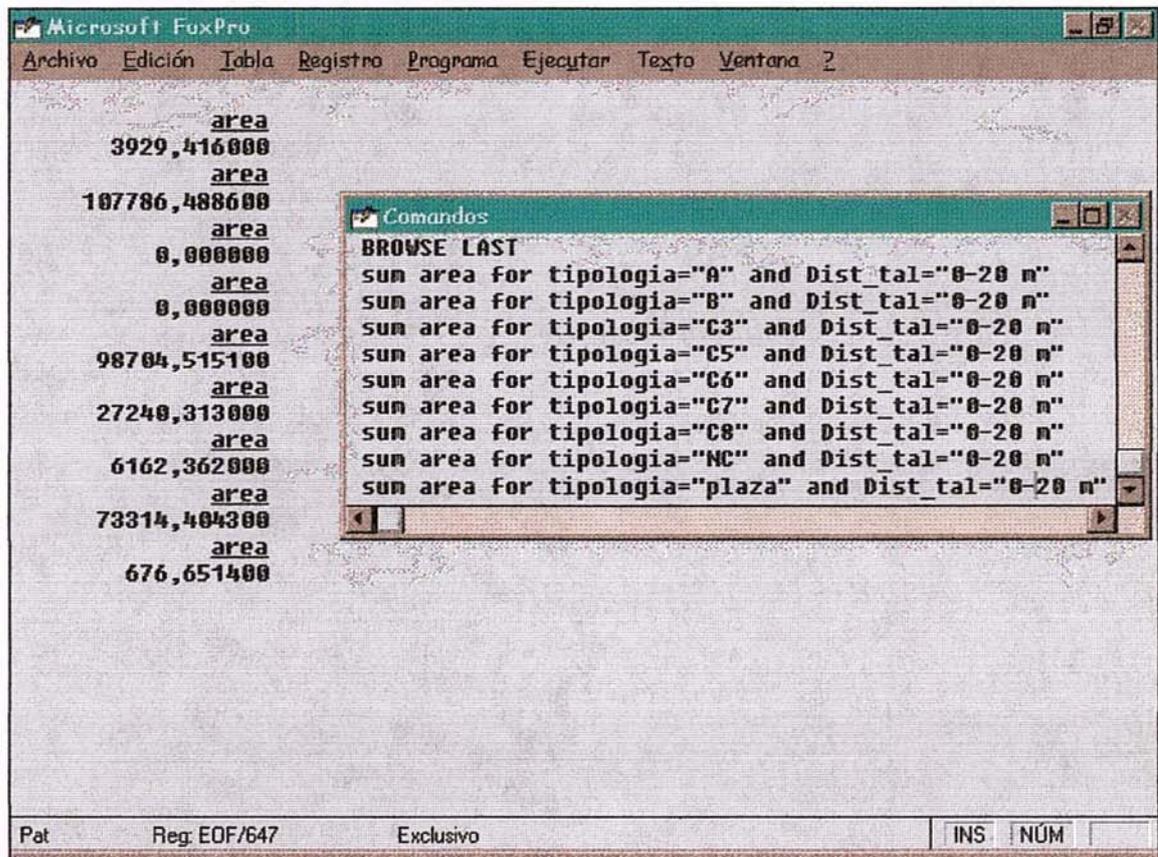


Figura 34. Consulta a la base de datos espacial

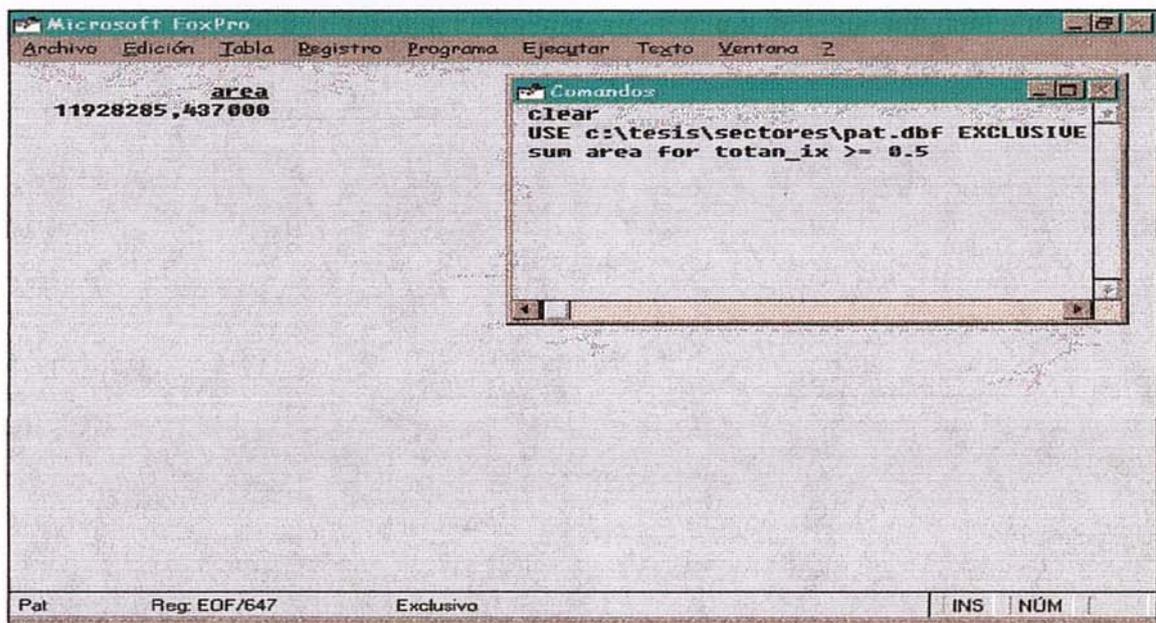


Figura 35. Consulta a la base de datos espacial

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.