



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS.

Los sistemas de Información Geográfica: fundamentos y su uso como herramienta principal de trabajo y auxiliar en la generación de información espacial en el área de Cartografía en el sector privado.

**INFORME ACADÉMICO POR
ACTIVIDAD PROFESIONAL**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

LICENCIADO EN GEOGRAFÍA

P R E S E N T A :

CÉSAR VIZCARRA OROZCO

**ASESOR:
LIC. ERANDI MARTÍNEZ GARCÍA
(2014)**



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTOS.

A mis padres, que gracias a ellos, pude estudiar una carrera universitaria. Sin su apoyo esto nunca hubiera sido posible.

A la UNAM. Por permitirme hacer uso de sus instalaciones académicas y de investigación, y lograr culminar satisfactoriamente esta etapa.

A mis profesores, por darme las herramientas necesarias para poder ver al mundo de otra forma, crearme un criterio, aplicar los conocimientos adquiridos y usar el sentido común.

Profesora Erandi Martínez García, gracias por sus conocimientos, su asesoramiento y sobre todo por su paciencia para poder llevar a cabo este trabajo.

Marycita y Santiaguito, gracias por haber llegado a mi vida, estar conmigo apoyándome en este trabajo y no dejarme flojear. Ustedes ahora son los más importante en mi vida y la razón para poder seguir adelante. Todo lo que hago es por y para ustedes.

A todos mis compañeros de clases con los que conviví, en especial a Ade, Ana, Deisy, Diana, Isabela, Luis, y Natze, Gracias por hacer la carrera más llevadera.

ÍNDICE

INTRODUCCION.....	1
CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO.....	3
1. FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA.....	3
1.1. Antecedentes.....	3
1.2. Definición de SIG.....	8
1.3. Elementos de los SIG.....	9
1.3.1. Hardware.....	9
1.3.2. Software.....	9
1.3.3. Datos.....	9
1.3.4. Liveware.....	10
1.4. Componentes de los SIG.....	10
1.4.1. Recopilación de Datos.....	10
1.4.2. Adecuación de la información.....	11
1.4.3. Manipulación y Análisis de la información.....	12
1.4.4. Representación de los resultados.....	14
1.5. <i>Software ArcGIS</i>	14
1.5.1. ¿Qué es ArcGIS?.....	14
1.5.2. ArcGIS Desktop.....	15
1.5.3. ArcMap.....	15
1.5.4. ArcCatalog.....	16
1.5.5. ArcToolbox.....	16
1.5.6. Shapefile.....	16
1.6. <i>Software MapInfo</i>	17
1.6.1. MapInfo Professional.....	17
1.6.2. Table.....	18
2. ANÁLISIS ESPACIAL.....	19
2.1. Antecedentes.....	19
2.2. Definición de análisis espacial.....	20
2.3. Las Herramientas Técnicas.....	21
2.3.1. Técnicas cualitativas.....	22

2.3.2 Técnicas cuantitativas.	22
2.3.3. Las representaciones gráficas.	23
2.3.4. Los Sistemas de Información Geográfica.....	23
CAPITULO 2. PROCESOS DE ACTUALIZACIÓN CARTOGRÁFICA: MAPDATA S.A. DE C.V.....	25
1. PROYECTO VISUALIZADOR GEOGRÁFICO NACIONAL.....	25
1.1. Requerimientos cartográficos.	26
1.1.1. Homogeneización de Proyección Cartográfica.	26
1.1.1.1. Definición y corrección de proyecciones cartográficas.	27
1.1.1.2. Reproyección a GCS WGS84.....	29
1.1.2. Asignación de ID Único.	31
1.1.3. Limpieza de tablas.	36
1.1.4. Generación de Atributos X y Y.....	39
1.1.5. Renombrar Archivos, Carpetas y Capas.	41
2. PROCESO DE TOPOLOGÍA.....	42
2.1. Creación de Geodatabase.	43
2.2. Crear Feature Dataset.	43
2.3. Importar Feature Class.	45
2.4. Generación de Topologías.....	46
2.5. Corrección de errores de polilíneas.	49
2.6. Corrección de errores de polígonos.	54
2.7. Exportar información.	57
CAPITULO 3. GENERACIÓN DE CARTOGRAFÍA TEMÁTICA: INVESTIGACIÓN DE MERCADO GRUPO IDM S.A. DE C.V.....	58
1. GEOMARKETING.....	58
1.1. Beneficios del Geomarketing.	58
2. MAPAS TEMÁTICOS, USANDO SOFTWARE <i>MAPINFO</i>	59
2.1. Planificación del Mapa Temático.	60
2.2. Elaboración de Mapas Temáticos.....	61
CONCLUSIONES.....	69
BIBLIOGRAFÍA.....	71
RECURSOS DE INTERNET.	72

ÍNDICE DE CUADROS.

Cuadro 1. Cronología de los SIG.	7
Cuadro 2. Procesos de construcción del VGN.	42
Cuadro 3. Procesos para la limpieza topológica de una capa.	57

ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura 1. Propiedades de la capa.	27
Figura 2. Definición de la proyección.	28
Figura 3. Lista de proyecciones disponibles.	28
Figura 4. Correspondencia de las unidades de la capa.	29
Figura 5. Proyectar capa.	29
Figura 6. Reproyección de la(s) capa(s).	30
Figura 7. Lista de proyecciones disponibles.	30
Figura 8. Catálogo de dimensiones.	31
Figura 9. Catálogo de ejes.	32
Figura 10. Catálogo de temas.	32
Figura 11. Catálogo de dependencias.	33
Figura 12. Catálogo de sectorizaciones.	34
Figura 13. Límites de archivo.	34
Figura 14. Nombre de archivo.	35
Figura 15. Fórmula para construcción de identificador.	35
Figura 16. Identificador definitivo.	36
Figura 17. Conversión de capas a formato <i>MapInfo</i> TAB.	37
Figura 18. Modificación de la estructura tubular.	37
Figura 19. Actualización de una columna.	38
Figura 20. Revisión de ortografía.	38
Figura 21. Adición de columnas.	39
Figura 22. Agregar coordenadas XY.	40
Figura 23. Visualización de coordenadas XY.	40
Figura 24. Cambiar de nombre a la capa.	41
Figura 25. Guardar copia de una capa.	42
Figura 26. Generación de una <i>geodatabase</i>	43
Figura 27. Generación de un <i>feature dataset</i>	44
Figura 28. Generación de un <i>feature class</i>	45
Figura 29. Generación de un archivo de topología.	46
Figura 30. Asignación de nombre y tolerancia a la topología.	47
Figura 31. Selección de la capa.	47
Figura 32. Coordenadas verticales.	48
Figura 33. Selección de reglas topológicas.	49
Figura 34. Agregar la <i>geodatabase</i> a <i>ArcMap</i>	50

Figura 35. Visualización de la <i>geodatabase</i> en <i>ArcMap</i>	50
Figura 36. Visualizar la barra de herramientas para la topología.	51
Figura 37. Inspector de errores topológicos.	51
Figura 38. Visualización de un error topológico.....	52
Figura 39. Eliminar un error topológico.	52
Figura 40. Submenú de herramientas para corrección de errores por <i>dangles</i>	53
Figura 41. Herramienta para buscar el vector más próximo.	53
Figura 42. Herramienta para la ampliación de la longitud de una línea.	54
Figura 43. Herramienta para el corte de una línea.	54
Figura 44. Visualización de errores topológicos en polígonos.....	55
Figura 45. Inspector de errores para polígonos.....	55
Figura 46. Corrección de errores por polígonos sobrepuestos.	56
Figura 47. Corrección de errores por huecos.....	56
Figura 48. Extraer la capa corregida de la <i>geodatabase</i>	57
Figura 49. Abrir capa.	61
Figura 50. Función para crear mapas.	62
Figura 51. Elección de tipo de mapa.....	62
Figura 52. Rangos de Nivel socioeconómico.	64
Figura 53. Elegir tabla y campo.	64
Figura 54. Características de la leyenda de los mapas.....	65
Figura 55. Ejemplo de mapa temático concluido.....	65
Figura 56. Menú de características de los mapas.	66
Figura 57. Opciones de la leyenda del mapa.	67
Figura 58. Mapa temático concluido con leyenda.	68

INTRODUCCION.

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) han creado un nuevo nicho en el campo laboral del geógrafo que requiera trabajar con datos espaciales o que necesite realizar análisis espaciales para su actividad profesional. Lo anterior ha propiciado que el uso o manejo de los SIG representen la principal fuente de trabajo tanto para geógrafos pasantes, como para titulados y posgraduados.

Resulta interesante conocer cómo estas herramientas son utilizadas en diversas empresas para poder resolver problemas espaciales u obtener información detallada o concreta de carácter espacial que ayudan a tomar decisiones a las mismas.

Por lo anterior, la intención de este informe es dar a conocer cómo estos sistemas son utilizados en el ámbito laboral como herramienta principal de trabajo y también como un auxiliar en la generación de información espacial de dos empresas, que incluso han abierto un área específica de Cartografía para estos fines.

Este informe se encuentra dividido en 3 apartados. El primero de ellos contiene todo lo relativo al marco teórico. En él están contenidos aspectos fundamentales de los SIG, tales como sus fundamentos, componentes y elementos; así como su relación con el análisis espacial. Los fundamentos del análisis espacial son un aspecto importante de este capítulo, ya que es este tipo de análisis, el origen de los SIG. La evolución histórica de los SIG es abordada también en este capítulo. De igual manera y como antecedente para entender de los capítulos siguientes, las características básicas de los softwares de SIG más populares son mencionadas: *ArcGIS* y *MapInfo*.

El segundo capítulo aborda el proceso aplicado durante dos proyectos en la empresa MapData, utilizando SIG. El primero de adecuación, edición y preparación de datos geográficos que se utilizaron en la elaboración de un visor geográfico. El segundo proyecto, de edición de capas de información geográfica. En estos procesos, los *softwares* utilizados son *ArcGIS* y *MapInfo*, el primero con una mayor utilización.

Por último, *MapInfo* se vuelve esencial para el desarrollo del capítulo tres. En este capítulo se describe el proceso de creación de cartografía temática como un auxiliar importante en la implementación de la técnica del marketing llamada *Geomarketing*, utilizando este *software*.

El trabajo de gabinete es el único utilizado para la elaboración del presente informe. Este consiste en la recolección de información de textos de diversos autores sobre los SIG, su historia, evolución y actualidad, así como textos de análisis espacial que es parte medular de todos los procesos que lleva a cabo un SIG. Posteriormente, se redactan las partes 2 y 3 del informe, que consisten en estructurar las experiencias adquiridas en el campo laboral propio.

CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO.

1. FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA.

Para poder comprender las tareas que se describen en este informe, es necesario conocer los fundamentos básicos, elementos, componentes y funciones de los Sistemas de Información Geográfica (en adelante, SIG). Por lo tanto, se dedica este primer capítulo a lo anteriormente mencionado, además de abordar el tema del análisis espacial y su relación con los SIG.

1.1. Antecedentes.

Los SIG son, sin duda, una técnica relativamente reciente. No se puede hablar de Sistemas de Información Geográfica, propiamente dichos, hasta los años sesenta. Al estudiar la evolución de los SIG, es referencia obligada el mundo anglosajón, en particular Estados Unidos (Cassetari, 1993: 14) y Canadá. A continuación se desglosa por décadas la historia de esta herramienta.

Son los sesenta la década donde se inicia la carrera tecnológica de los SIG. En Canadá se desarrolla por primera vez un sistema informático que trabajaba con datos geográficos. El Departamento de Agricultura de ese país encargó a Tomlinson la creación del CGIS (*Canadian Geographic Information System*). Es éste, sin duda, el primer Sistema de Información Geográfica del mundo (*ibid.*: 14). Este sistema se desarrolló con el objeto de gestionar los bosques y superficies marginales de Canadá. Bajo una estructura *ráster* y vectorial que combinaba la cartografía con los datos necesarios para la gestión forestal, se realizaban estudios sobre volumen maderable, pistas de saca y, también, se realizaban los informes de explotación para la administración forestal del país. Este sistema ha evolucionado y sigue en uso en la actualidad (Domínguez, 2000: 2).

Ian McHarg (también en la década de los sesenta) en el Reino Unido, desarrolla su obra *Design with nature*, en la cual plantea la metodología SIG. (*Id.*). Esta metodología plantea la superposición de mapas transparentes digitalizados (Gómez & Barredo, 2006: 33). Este método presentaba diversos problemas tales como la imposibilidad de ponderar las variables (por su carácter binario), su gran determinismo, y el aumento de la dificultad en su uso a medida que aumentaba el número de documentos a combinar (Domínguez, *op. cit.*: 2).

Simultáneamente a los trabajos canadienses, se producen desarrollos en Estados Unidos, en el seno del *Harvard Laboratory for Computer Graphics and Spatial Analysis*, y en el Reino Unido dentro de la *Experimental Cartography Unit*. Ambos centros se erigen también como principales desarrolladores de *software* para la

producción, manejo y análisis de información geográfica durante aquellos años (Olaya, 2010: 24).

En el *Harvard Laboratory*, ve la luz en 1964 SYMAP, una aplicación que permite la entrada de información en forma de puntos, líneas y áreas, lo cual se corresponde a grandes rasgos con el enfoque que conocemos hoy en día como vectorial (*ibid.*: 24).

Dual Independent Map Encoding, DIME, es un sistema de codificación desarrollado por la *U.S. Census Bureau* para el almacenamiento eficiente de datos geográficos y fue un desarrollo técnico clave en el "camino" hacia los sistemas de información geográfica (SIG) que se usan hoy en día. El desarrollo de DIME fue asistido por el matemático James Corbett. En 1967, investigadores trataban de convertir mapas analógicos en representaciones numéricamente codificados con datos, pero no encontraron el proceso adecuado. Corbett introdujo las ideas básicas del paradigma de vector para los programadores que luego crearon un protocolo llamado DIME. Dentro de DIME, intersecciones, calles, y manzanas se convirtieron de datos análogos a puntos, líneas y polígonos, respectivamente. DIME también incorporo la posibilidad de editar la topología, un término usado para describir las relaciones geométricas entre los objetos vectoriales (*U.S. Census Bureau: 2014*).

En 1969, utilizando elementos de una versión anterior de SYMAP, David Sinton, también en el *Harvard Laboratory*, desarrolla GRID, un programa en el que la información es almacenada en forma de cuadrículas. Hasta ese momento, la estructura de cuadrículas regulares era sólo utilizada para las salidas de los programas, pero no para la entrada y almacenamiento de datos. Son los inicios de los Sistemas de Información Geográfica *ráster* (*ibid.*: 24).

Paralelamente, en esta misma década, se desarrollaron otros proyectos parecidos en Estados Unidos, como fueron: LUNR (*Land Use and Resource Information System*), MLMIS (*Minnesota Land Management Information System*), PIOS (*Polygon Information Overlay System*) y otros (Bosque, 1992, citado en Cassetari, *op. cit.*: 14).

Todas estas iniciativas contribuyeron a despertar un mayor interés en el tratamiento de los datos geográficos. Lógicamente, esta preocupación se advierte con mayor énfasis en aquellas sociedades donde las condiciones económicas favorecían el desarrollo de estas tecnologías. A pesar de las primeras tentativas canadienses, es Estados Unidos la nación donde los SIG van a tener el campo de experimentación adecuado, tanto entre las instituciones públicas como en las

privadas, y por ello va a ser en este país donde se desarrollen las aplicaciones de mayor envergadura e importancia (*ibíd.*: 14).

En los años setenta el laboratorio de Harvard desarrolla ODYSSEY, que es un SIG vectorial con superposición de polígonos mediante geometría coordinada (Domínguez, *op. cit.*: 2).

En Suecia, se desarrolla el sistema NORMAP. Este fue capaz de producir mapas ya fuese en *plotter* o impresora, y se le dio mucho cuidado a los métodos de construcción del mapa, en este caso con los datos basados principalmente en puntos (Martin, 1991: 14).

Simultáneamente, se celebró la primera conferencia sobre SIG organizada por la IGU (*International Geographical Union*) que reunió a 40 participantes. Durante la misma década, en Estados Unidos, destacan cuatro organismos: uno del ámbito universitario, Harvard University; dos dentro del grupo de instituciones públicas, *United States Census Bureau* (USCB) y *United States Geological Survey* (USGS); y, por último, uno de la empresa privada, *Environmental System Research Institute* (ESRI). Todos ellos participaron de una u otra forma en la consolidación de los Sistemas de Información Geográfica en este periodo en Estados Unidos (Cassetari, *op. cit.*: 15).

Buena parte de los investigadores de estos laboratorios son los responsables del desarrollo y auge en los años ochenta de los SIG entendidos como productos industriales. Es el momento del avance de los SIG vectoriales (implantación de ARC/INFO por parte de ESRI) (Domínguez, *op. cit.*: 2). A partir de dicha década y hasta la actualidad, se trabaja en SIG 'genéricos' que puedan servir a diferentes usuarios y, en todo caso, es con posterioridad a la adquisición cuando se individualiza su uso en función de las necesidades del cliente (Cassetari, *op. cit.*: 15).

Hay que señalar, como último hito reseñable, la creación del Centro Nacional para la Investigación Geográfica y Análisis (NCGIA) por la Fundación Nacional de Ciencias de los Estados Unidos en 1988, cuya finalidad era desarrollar investigación básica sobre el análisis geográfico utilizando los Sistemas de Información Geográfica. A partir de ese momento va a ser la institución que asumirá el protagonismo en las investigaciones de la nueva disciplina (*ibíd.*: 15).

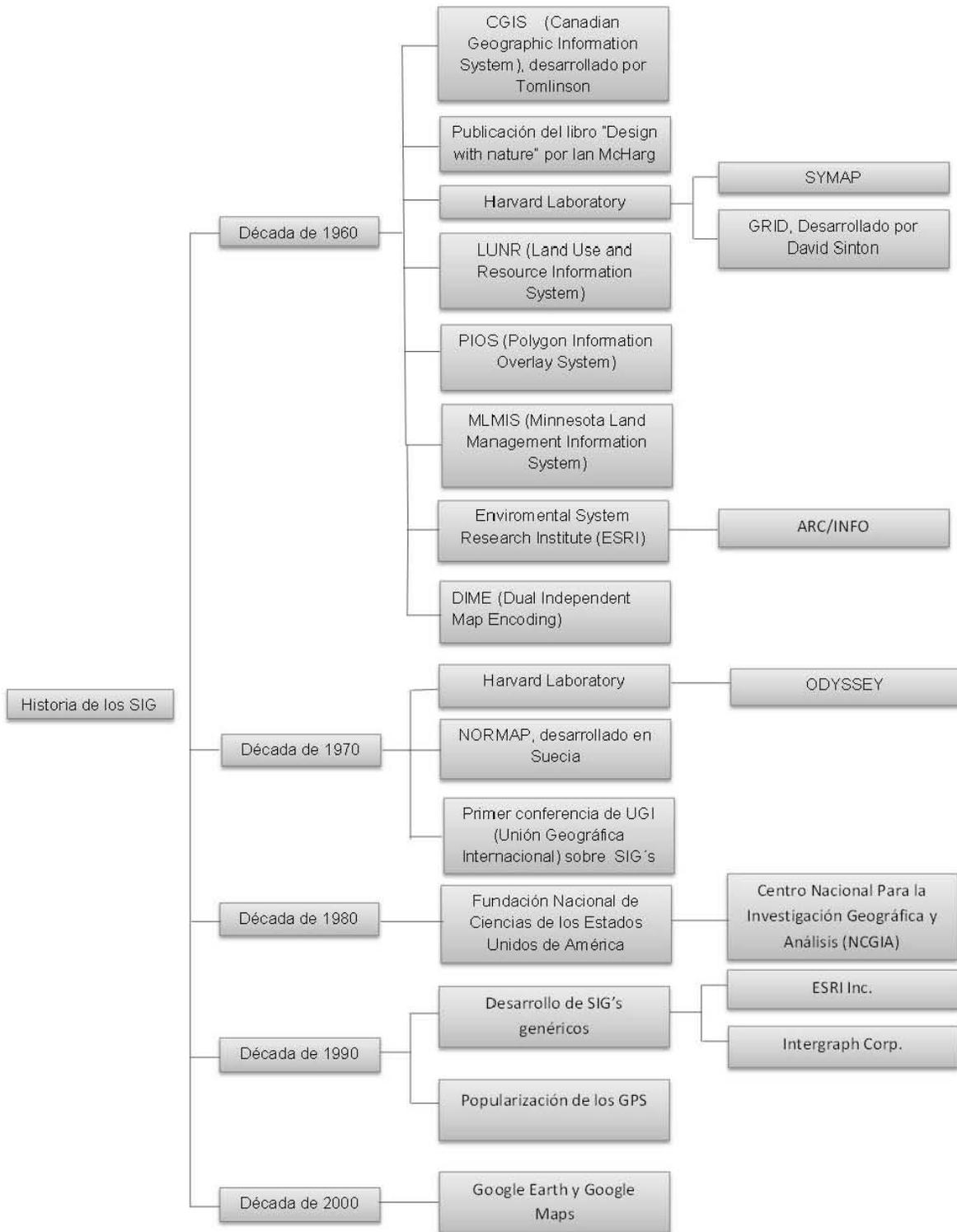
Durante muchos años, sin embargo, los SIG se consideraron ser demasiado difíciles en su manipulación, caros, y de propiedad exclusiva. Pero gracias al nacimiento de la interfaz gráfica de usuario, potentes *softwares* y *hardwares*, y los datos públicos digitales se ha ampliado la gama de SIG para uso corriente

principalmente en la década de 1990. ESRI Inc. ha dominado la industria de los SIG en los ingresos de *software* en 2000 (Chang, 2004: 3).

Por último, respecto a su presencia social, en nuestros días los SIG han pasado de ser elementos restringidos para un uso profesional, a ser elementos de consumo y estar presentes en nuestra vida diaria. Un ejemplo de ello es la aparición de servicios como Google Maps y la multitud de aplicaciones con interfaces Web basadas en él, que permiten acceder a información geográfica de toda clase. De la mano también de Google, Google Earth es otra aplicación popular que no está restringida al uso profesional. Estas aplicaciones acercan los SIG a usuarios no especializados, dándoles la posibilidad de utilizarlos y aprovechar parte de sus capacidades. La popularización de los navegadores GPS, que incorporan tanto elementos de representación como de análisis propios de los SIG, son otro buen ejemplo (Olaya, *op. cit.*: 28).

Aunado a estos antecedentes, la proliferación de datos sobre el entorno en décadas recientes, así como la enorme cantidad de éstos en formatos computacionales, los avances en las teorías y técnicas geográficas, así como la multi-dimensionalidad de los datos geográficos y el carácter práctico de los SIG contribuyeron al desarrollo e implementación de esta herramienta geográfica (Maguire, 1986: 173).

Cuadro 1. Cronología de los SIG.



Fuente: Elaborado en base a los textos consultados.

El cuadro anterior condensa la evolución a través de la historia de estos sistemas, obedeciendo a necesidades de administrar información geográfica, para la mejor toma de decisiones.

1.2. Definición de SIG.

Ha sido en los diez últimos años cuando se generalizó de forma definitiva la utilización del término Sistema de Información Geográfica (*Geographic Information Systems*, GIS en inglés) como base de datos computarizada que contiene información espacial.

Quizá por su carácter verdaderamente interdisciplinario, heredado de la Geografía, y por la posibilidad de aplicarlo en contextos muy diversos, los SIG no cuentan con una definición única.

La primera definición que encontramos sobre SIG es la del geógrafo Michel F. Dacey, quien los considera como “cualquier cosa que funciona como un mapa, al comunicar geográficamente la información solicitada por los usuarios del sistema” (Dacey, 1970; citado en Buzai, 2000: 27).

Una definición muy básica pero entendible nos la ofrece Buzai (*op. cit.:* 27) “La finalidad amplia de un SIG es combinar bases de datos alfanuméricas (información de los elementos de la superficie terrestre) y gráficas (mapas de la localización de un elemento)”.

Goodchild (2000; citado en Gómez & Barredo, *op. cit.:* 1) nos menciona que los SIG se pueden definir como una “tecnología integradora que une varias disciplinas con el objetivo común del análisis, creación, adquisición, almacenamiento, edición, transformación, visualización, distribución, entre otros, de información geográfica.”

Los Sistemas de Información Geográfica se desarrollan como una tecnología que permite la manipulación y el análisis de los datos geográficos, siendo de interés no sólo para los organismos administrativos y para científicos e investigadores sino también para empresas comerciales de software y/o hardware (Gómez, 1992: 4).

Una definición menos técnica es la que nos proporciona Bocco (1999: 12), quien define a los SIG como “un conjunto de elementos de distinta naturaleza cuyo objetivo es llevar a cabo tareas de acopio, almacenamiento, manipulación, análisis, medición, transformación y representación de información que tiene una referencia espacial o geográfica”.

Con base en las definiciones anteriores, se infiere que un SIG es un conjunto de métodos, herramientas y datos que están diseñados para actuar coordinada y

lógicamente en la captura, almacenamiento, análisis, transformación y presentación de la información geográfica y sus atributos, con el fin de satisfacer múltiples propósitos.

Los SIG cuentan con diversos elementos que permiten su funcionamiento, mismos que son mencionados a continuación.

1.3. Elementos de los SIG.

Básicamente, un SIG está formado por cuatro elementos fundamentales, los cuales permiten realizar sus operaciones básicas. Estos 4 elementos son: *Hardware*, *Software*, Datos, y *Liveware* o parte viva del sistema (Maguire, 1991; citado en Gómez & Barredo, *op. cit.*: 3). A continuación se explicarán cada uno de estos elementos.

1.3.1. Hardware.

El *hardware* representa la parte física donde se asienta el SIG, éste suele estar representado por alguna plataforma de computador, aquí son factibles el uso de modestos ordenadores personales (PC's), potentes estaciones de trabajo, así como otros entornos informáticos. Asimismo, un conjunto de periféricos como tabletas digitalizadoras, *plotters*, escáneres, y unidades de almacenamiento y procesamiento de datos son requeridos para poder desarrollar la potencia operativa de los SIG (*Ibid.*: 4).

1.3.2. Software.

El *software* es el encargado de realizar las operaciones y la manipulación de los datos, con él, el usuario establece una estrecha relación de comunicación acerca de las operaciones realizadas.

Existen en el mercado una serie de distintos paquetes de SIG, todos ellos realizan ciertas operaciones en común, pero cada uno representa aspectos particulares en cuanto al modelo de datos espaciales que utiliza, operaciones que puede efectuar y cómo las realiza, manera de almacenar los datos en la base de datos, capacidad de procesamiento de datos y otros (*Ibid.*: 4). Ante esto, el usuario final debe decidir cuál es el que cumple con las expectativas que espera del proyecto.

1.3.3. Datos.

Los datos en muchos casos son el elemento crucial ya que sobre ellos son realizadas todas las operaciones posibles de desarrollar en un SIG, además de ser el aspecto que requiere un mayor esfuerzo para su implementación en un proyecto.

Un aspecto a tener en cuenta es la disponibilidad de información, así como la proporción de la misma en formato digital. Lo anterior se considera una debilidad del sector de los SIG, ya que puede condicionar enormemente las posibilidades de un SIG en relación a su aporte como herramienta para asistir a los procesos por los cuales fue requerido.

Además de realizar de manera autónoma el proceso de digitalización de la información, existen muchas otras posibilidades de adquisición, desde organismos públicos u oficiales, a empresas privadas, entre otros. (*Íbid.*: 5).

1.3.4. Liveware.

Al *liveware* podemos considerarlo como el elemento más importante de un SIG, representado por las personas encargadas del diseño, implementación y uso del SIG. Estas personas son las que deben gestionar y desarrollar las posibilidades que ofrecen estos sistemas, para así producir resultados, soluciones, selecciones, análisis, entre otros, a partir de las bases de datos espaciales (*Íbid.*: 5).

1.4. Componentes de los SIG.

Un SIG requiere de distintos componentes para su funcionamiento, los cuales se mencionan a continuación.

1.4.1. Recopilación de Datos.

En un SIG es posible incorporar cualquier variable que pueda ubicarse espacialmente. Al hablar de variable nos referimos a los valores que puede asumir un tema determinado. La forma en que se estratifica la información depende de los requerimientos del sistema y de la disponibilidad de los datos. Las bases de datos de los SIG almacenan información de la ubicación de los rasgos en el espacio, pero también de los atributos de dichos rasgos (Flamenco, 2002: 5). Tanto la información geográfica como la información estadística, deben ser utilizadas para el correcto funcionamiento de un SIG (Maguire, 1986: 176).

Las fuentes de información son diversas y aunque los mapas representan un insumo primordial, existen otras opciones de obtener información geográfica. Fotografías aéreas y terrestres, documentos extraídos de archivos y repositorios también funcionan como fuentes de información geográfica (Star & Estes, 1990: 25). La información estadística se puede obtener de censos de diversa índole, registros de actividades de los servicios de salud y encuestas sobre el transporte (Maguire, 1986: 176).

Muchas veces, esta información se encuentra en formato analógico, por lo que es necesario tratar la información a través de escáneres para su digitalización.

Posteriormente, ya digitalizados con programas de vectorización, obtener las capas de datos en formato vectorial (Chen & Lee, 2001, citados en Gómez y Barredo, *op. cit.*: 6).

El trabajo de campo puede aportar información clave a un SIG cuando se tiene claro qué tipo de datos se requieren y de qué manera se van a sistematizar después (Flamenco, *op. cit.*: 5).

La integración de datos entre la teledetección y los SIG es otro aspecto a tener en cuenta para la obtención de los datos espaciales (Gómez & Barredo, *op. cit.*: 6). Existe otro método para obtener información espacial. El Sistema de Posicionamiento Global (GPS por sus siglas en inglés) permite obtener la ubicación de un sitio con suficiente precisión. Está conformado por 24 satélites que circunnavegan la Tierra, los cuales emiten señales que son captadas por receptores que determinan su ubicación respecto a la superficie terrestre. Los receptores de este sistema permiten, además de almacenar las coordenadas de los puntos deseados, seguir o almacenar rutas. (Flamenco, *op. cit.*: 6).

En la etapa de Recopilación de Datos, se incluyen también los procedimientos de corrección de errores, así como la generalización de topología de los datos espaciales de tipo vectorial y su caracterización o identificación temática (introducción de atributos) (Gómez & Barredo, *op. cit.*: 7).

1.4.2. Adecuación de la información.

Una vez que se cuenta con los datos, es necesario adecuarlos a las características del SIG. Los elementos geográficos o espaciales se pueden representar con puntos, líneas o polígonos, siendo estos últimos los que representan áreas. Cada uno de estos rasgos se refiere a un tipo de información, pero eso depende de los propósitos, capacidades y origen de los datos.

La forma en que se incorporan los datos a un SIG se debe acoplar a un modelo determinado. Han existido varios modelos pero los preponderantes son el matricial o ráster y el vectorial (Flamenco, *op. cit.*: 10), mismos que se explican a continuación.

El modelo *ráster* (Buzai, *op. cit.*: 32-34) divide el espacio de forma discreta y para ello utiliza una matriz cuadrículada en donde cada una de las celdas contienen la información correspondiente a la categoría del espacio geográfico dominante en ella.

Cada celda se llama comúnmente *pixel* (*picture element*) y es la unidad mínima de representación espacial.

La base de datos ráster se organiza por capas temáticas llamadas *layers*, que se superponen. Cada una de ellas es un tema diferente en el nivel cartográfico (suelos, calles, alturas) o diferentes momentos de un mismo tema (1930, 1970, 2000).

El procedimiento técnico básicamente se realiza por superposición temática con procedimientos de análisis que puedan obtener resultados a partir de la combinación de los números de pixel que su ubica sobre un mismo espacio.

En el modelo vectorial (Bosque, 1992: 9), la información geográfica se organiza en capas en función del tipo de elemento (punto, línea o polígono) y de sus atributos. De esta manera, la información espacial para la resolución de un determinado problema puede estar, por ejemplo, en una capa de puntos correspondiente a núcleos de población, una de líneas donde se representan las carreteras, otra de líneas con los ríos y una de polígonos correspondiente al mapa geológico.

La base de datos espacial y la temática se unen mediante un identificador, que es un número entero asignado a cada objeto. Esta unión permite realizar consultas por localización. Las consultas permiten encontrar los objetos cartográficos que tienen determinadas características o que cumplen ciertas condiciones, para lo cual es normal escribir la expresión de la consulta en un lenguaje de alto nivel (*query*) que el programa traduce automáticamente.

1.4.3. Manipulación y Análisis de la información.

Ya que la información está adecuada a las necesidades del usuario, se almacena en bases de datos. Esto permite realizar actualizaciones, modificaciones o alteraciones posteriores. Otra función del almacenaje es que permite el intercambio de información con otros SIG, lo que facilita el flujo pero también el incremento de información disponible. Lo anterior se traduce en generación de nueva información complementaria (Flamenco, *op. cit.*: 10). Ya superado este paso, se dispone al análisis de la información.

El análisis de la información es un aspecto fundamental de cualquier SIG. La función de análisis es la que provee nueva información a partir de los datos existentes originalmente, es aquí donde el usuario define los datos y cómo los utilizará, para resolver problemas espaciales determinados, estableciéndose así soluciones a través del SIG con las operaciones que utilizan los datos espaciales de diferentes maneras (Gómez y Barredo, *op. cit.*: 7). Dependiendo de la aplicación, un SIG puede realizar una gran variedad de funciones. Maguire (*op. cit.*: 177-182) nos menciona las más utilizadas:

Funciones cartográfica. Son el primer tipo de manipulaciones que se realizan cuando un SIG comienza a funcionar. Éstas incluyen el cambio de la escala de los mapas, convertir de nuevo los datos de ráster a vectorial o viceversa (sólo si así se requiere), cambiar la proyección de los mapas o diseñar su simbología.

Integración de los datos. Es posiblemente la función por la cual son conocidos los SIG. Básicamente, esto implica reunir a los conjuntos de datos dispares, que están disponibles en diferentes bases espaciales, con el fin de que los análisis significativos puedan realizarse sobre ellos. Aunque simple en principio, la integración de datos requiere de una gran cantidad de cálculos. Estos cálculos implican principalmente la superposición de diferentes conjuntos de datos (también llamados *layers*) y luego realizar funciones aritméticas y de relación con ellos. Esto podría implicar, por ejemplo, sumar, restar o multiplicar las capas de datos. La función de integración de datos facilita cuestiones de análisis fundamentales acerca de la intersección y la cobertura que se aborda durante el estudio.

Medición de las características. Incluye una serie de operaciones que pueden llevarse a cabo en las entidades geográficas en una o más capas de datos. Esto implica operaciones tales como contar el total de ocurrencias de una característica particular, medir distancias entre objetos, calcular áreas de polígonos, calcular volúmenes y calcular índices de formas geográficas, como dunas de arena.

Búsqueda espacial. Es otro aspecto de análisis por el cual los SIG son conocidos. Básicamente implica localizar ciertas características que no cuentan con base de datos espaciales utilizando algún tipo de búsqueda espacial. Las características en cuestión pueden ser puntos (hospitales, pozos de agua, supermercados, etc.), líneas (rutas de autobús, rutas migratorias, ríos, entre otros.) o áreas (AGEB, cuencas hidrológicas, zonas de influencia, entre otros). Los cuatro tipos de búsqueda espacial y las preguntas que se relacionan con cada uno son:

- La distancia entre objetos (¿Cuál es la distancia entre X y Y?).
- El ángulo entre objetos (¿Está X dentro del ángulo θ de Y?).
- La superposición entre objetos (¿Se encuentra X superpuesto a Y?).
- La contención de objetos (¿Está X contenido en Y?).

Las respuestas a estas preguntas implican el uso de una o más capas de datos y pueden generarse múltiples variaciones a un tema en general.

Análisis estadísticos. Éstos pueden tomar la forma de suma y descripción de datos, producir perfiles estadísticos, evaluación de las relaciones entre las

distribuciones de características (usando, por ejemplo, análisis de regresión), el análisis de superficie de tendencia y análisis de las redes para fines de organización del tráfico.

Una vez realizado el análisis requerido de los datos dentro del SIG, el siguiente paso es la publicación o representación de resultados.

1.4.4. Representación de los resultados.

En un SIG existen diversas formas de salidas de resultados, los cuales dependen de los requerimientos del usuario, las más frecuentes son: mapas analógicos, tablas de valores, gráficos, representaciones tridimensionales, simulaciones de vuelos sobre ciertas zonas, entre otros, con estas salidas podemos representar la información contenida en la base de datos, o bien mostrar el resultado de determinadas aplicaciones (Gómez & Barredo, *op. cit.*: 8).

Cada vez más, los productos de salida incluyen materiales compatibles con la computadora: cintas y discos en formatos estándar de almacenamiento en un archivo o para la transmisión a otro sistema. La capacidad de tomar los productos de un proceso analítico mediante SIG, y colocarlos de nuevo en la base de datos geográfica para el análisis futuro, brinda la posibilidad de resultados mejores o más completos o al inicio de estudios completamente diferentes (Star & Estes, *op. cit.*: 27).

Lo anterior sirvió para dar un panorama general de los componentes y funciones de un SIG. A continuación, se hace mención de los dos SIG, que probablemente sean los más usados en el mundo: *ArcGIS* y *MapInfo*.

1.5. Software ArcGIS.

Como se mencionó con antelación, es en estos últimos años que los SIG han tenido un auge importante, tanto en su utilización como en su creación o construcción. Uno de los más populares y utilizados es el conocido como *ArcGIS*, producido por la compañía ESRI (*Environmental Systems Research Institute*), con sede en California, Estados Unidos. Las particularidades de este software son explicadas a continuación.

1.5.1. ¿Qué es ArcGIS?

El sistema *ArcGIS* es un Sistema de Información Geográfica que consiste de tres partes principales:

- *ArcGIS Desktop* – Conjunto de aplicaciones SIG integrados.

- *ArcSDE gateway* – Consiste de una interface para el manejo de *Geodatabases* multiusuarios en un sistema de manejo de base datos (DBMS); y
- *ArcIMS* – Consiste de una aplicación basada en Internet para la distribución de datos y servicios.

ArcGIS provee la estructura necesaria para la implementación de GIS para un solo usuario o múltiples accesos simultáneos (ESRI, 2014). En lo que concierne a este informe, solo se enfoca en la parte de *ArcGIS Desktop*.

1.5.2. *ArcGIS Desktop*.

ArcGIS Desktop es un conjunto de aplicaciones integradas que consiste de:

- *ArcMap*
- *ArcCatalog*
- *ArcToolbox*.

Al utilizar estas tres aplicaciones juntas, es posible desarrollar desde tareas simples hasta geo-procesos complejos, que incluyen edición y creación de mapas, manejo de datos, análisis geográfico, y edición de datos. Además, *ArcGIS* permite colocar una cantidad considerable de información espacial y temporal, así como otros recursos disponibles en Internet, mediante el uso de *ArcIMS*. La aplicación *ArcGIS Desktop* es un sistema sencillo y escalable, que satisface las necesidades en un amplio rango de usuarios de SIG (*ibid.*, 2014). Cada una de las aplicaciones que integran *ArcGIS Desktop*, son explicadas a continuación.

1.5.3. *ArcMap*.

ArcMap es la aplicación central de *ArcGIS Desktop* donde es posible visualizar, analizar y editar datos geográficos, así como crear mapas. Esta es la aplicación que es usada para todas la tareas relacionadas con los mapas, incluyendo análisis y edición de cartografía. Los mapas pueden tener una serie de elementos de salida tales como la escala gráfica, el norte geográfico, leyendas que describen cada elemento participante, etc. *ArcMap* permite diferentes maneras de visualizar un mapa, como una vista de datos geográficos o como un arreglo final listo para ser impreso o exportado.

Un concepto importante dentro de *ArcMap* es la estructura de datos (*data frame*) que contiene todos los elementos que pueden ser desplegados simultáneamente. Esta estructura de datos es desplegada como una Tabla de Contenidos en *ArcMap*, donde clasifica la información geográfica por capas (*layers*) que existen de manera independiente dentro de cada Tabla. Estas capas pueden ser

guardadas y compartidas con otros usuarios con la ayuda de *ArcCatalog*, en la cual pueden ser seleccionadas y movidas hacia otros *feature Dataset* y/o mapas que compartan las mismas características espaciales (*ibid.*, 2014).

1.5.4. *ArcCatalog*.

La aplicación *ArcCatalog* ayuda a la organización y manejo de los datos en *ArcGIS*. Esta aplicación se usa para visualizar datos (tiene la misma función que el Explorador de Windows), gráficas, generar metadatos, tablas, entre otros. *ArcCatalog* incluye una serie de herramientas para la navegación e identificación de información geográfica, así como para el registro y visualización rápida de la información contenida en el metadato de cada capa (*ibid.*, 2014).

1.5.5. *ArcToolbox*.

El *ArcToolbox* es una aplicación que contiene las herramientas utilizadas para los geo-procesos en *ArcGIS*, tales como combinar capas de información, manipulación de los datos, definición y transformación de sistemas de coordenadas, y otros (*ibid.*, 2014).

Las herramientas se organizan en *Toolboxes*, que son el nivel más alto y en su interior aparecen los *toolsets*. En el interior de los *toolsets* se pueden encontrar tres tipos de elementos: herramientas, modelos y scripts que realizan tareas de geoprocésamiento parecidas.

Las aplicaciones mencionadas anteriormente, tienen en común el tipo de formato archivo con las que trabajan. Es conocido como *Shapefile* (.shp) y a continuación se describen sus características.

1.5.6. *Shapefile*.

El *Shapefile* es un formato de representación vectorial desarrollado por ESRI. Consta de un número variable de archivos, en los que se almacena digitalmente la localización de los elementos geográficos junto con sus atributos o características (tabla dBase *.dbf) (*ibid.*, 2014).

No se trata de un único archivo, si no de entre 3 y 8 archivos correlacionados. Cada uno de estos archivos tiene una función específica y almacena un tipo de información (elementos geométricos, atributos, proyección, metadatos, entre otros.).

Los elementos geométricos se almacenan mediante sus vértices en el archivo .shp. Actualmente, cada *shapefile* solo puede tener un tipo de elementos (puntos, polilíneas o polígonos).

Dependiendo de la aplicación con que se generen *shapefiles*, es posible obtener un número variable de archivos. Sin embargo, hay tres archivos que resultan imprescindibles en todo *shapefile*:

- *Shape (.shp)*: Se trata del archivo principal y almacena la información geométrica de los elementos de la capa en formato vectorial. Pueden contener puntos, líneas o polígonos y cada vértice lleva implícitas sus coordenadas en un sistema de referencia concreto (que por lo general se especifica en el archivo *project*). Se componen de una cabecera con información general sobre el tipo de *shapefile* y un número variable de registros, que a su vez pueden estar compuestos por varias entidades geométricas independientes.
- *Shape Index (.shx)*: Consiste en un índice de las entidades geométricas que permite refinar las búsquedas dentro del archivo *.shp*.
- *dBase (.dbf)*: Se trata de una tabla de datos en la que se registran los atributos de cada elemento. Es un formato compatible y sencillo que permite almacenar datos estructurados. En los *shapefiles*, las tablas *dBase* se emplean para asignar atributos numéricos, de texto o de fecha a los registros contenidos en el archivo principal. Cada registro debe estar asociado con una única entrada en la tabla, ambos archivos se vinculan mediante un número de registro en el archivo principal y el código en la tabla (OBJECTID).

1.6. Software MapInfo.

Otro software que ha tenido una gran popularidad debido a sus capacidades técnicas y facilidad de manejo es *MapInfo*, desarrollado por *Pitney Bowes Inc.*, con sede en Connecticut, Estados Unidos. Las particularidades de esta herramienta se describen a continuación.

1.6.1. MapInfo Professional.

Así se conoce a la principal interfaz de trabajo que cuenta el software *MapInfo* para la edición, creación, y modificación de datos geográficos, así como de la preparación de cartografía temática.

A diferencia de *ArcGIS*, no cuenta con múltiples herramientas de apoyo como podrían ser *ArcMap* o *ArcCatalog*. Sin embargo, es una potente herramienta de

Sistemas de Información Geográfica que permite realizar todo tipo de análisis geográficos complejos de captura, consulta, edición, análisis y reportes de información geográfica, dinámicamente relacionada con bases de datos ideales para facilitar la toma de decisiones. (*Pitney Bowes*, 2014).

Algunas características clave de *MapInfo Professional* son: su perfecta conectividad con bases de datos relacionales, representación de mapas 3D y herramientas de listado, un creador de informes integrado, excelentes funciones de representación temática y múltiples opciones de publicación (*ibíd.*: 2014).

La capacidad de *MapInfo Professional* para acceder a datos de diversas fuentes directamente permite aplicar el poder editar, manipular y corregir datos en sus formatos originales. Se pueden acceder datos de clientes de un archivo Excel, planos infraestructurales de archivos CAD, así como archivos SDE y GeoDatabase. Dado que no se requiere traducir datos, esto ahorra tiempo y permite realizar análisis más rápidamente.

MapInfo Professional trabaja normalmente con capas de información geográfica en formato *Table (.tab)*. Las características de este formato se explican a continuación.

1.6.2. *Table*.

Los componentes básicos de un archivo *Table* de *MapInfo Professional*, se refieren a los dos entornos básicos para trabajar en *MapInfo*: *Browser View* y *Mapper View*.

Como con la mayoría de otros SIG, se requieren varios archivos para permitir al usuario abrir un conjunto de datos para la visualización dentro de *MapInfo Professional*. El punto de vista más básico sería sólo la vista de *Browser*. Este entorno proporciona almacenamiento de atributos o de datos de objetos y se representa como una hoja de cálculo. En este escenario simplificado, no hay información geográfica disponible.

Los Archivos mínimos necesarios para el entorno de navegación *Browser* de *MapInfo Professional* son:

- *Table (.tab)*. El archivo ASCII que es el vínculo entre todos los demás archivos y contiene información sobre el tipo de archivo de conjunto de datos.

- *Data (.dat)*. El archivo que almacena los datos de atributos. Este es un archivo DBF dBase III.

También puede haber un tercer archivo:

- *Index (.ind)*. Archivo de índice opcional para datos tabulares. Este está presente si se indexan las columnas.

Para ver la información geográfica (la representación gráfica de los datos, ya sea en puntos, líneas o polígonos) en *MapInfo Professional*, se necesitan y se añaden a los requisitos básicos dos archivos adicionales:

- *Map (.map)*. Almacena la información gráfica y geográfica necesaria para visualizar cada vector de características en un mapa.
- *Identification (.id)*. Almacena información en relación los datos gráficos de la información de base de datos. Contiene un índice entero de 4 bytes en el archivo MAP para cada función.

Así, el conjunto de archivos de base de datos para su visualización y su representación gráfica en forma vectorial en *MapInfo Professional* requiere un mínimo de cuatro archivos, normalmente el archivo *.tab*, *.map*, *.dat* y *.id*. Si sólo hay información de texto sin objetos gráficos, entonces se necesita un mínimo de dos archivos, los archivos *.tab* y *.dat*.

Ahora que se conoce lo que es un SIG, historia características, componentes, elementos, así como las características de dos de los SIG más utilizados en el mundo como lo son *ArcGIS* y *MapInfo*, es necesario abordar un tema esencial para este trabajo y del cual se desprenden los SIG: el análisis espacial.

2. ANÁLISIS ESPACIAL.

En este apartado, se mencionan las características del análisis espacial, y cómo éste se relaciona con el funcionamiento de los SIG.

2.1. Antecedentes.

El objeto de estudio de la Geografía ha sido el espacio geográfico, sus componentes y las relaciones entre éstos. A lo largo del tiempo esta disciplina ha construido y desarrollado varios conceptos de síntesis tales como: lugar, región, territorio, paisaje, etc., cuya finalidad con ello ha sido elaborar teorías generales

del espacio, comprender la naturaleza del mismo, identificar relaciones entre los individuos y el espacio, estudiar su problemática social y determinar sus agentes transformadores. Precisamente esos conceptos de síntesis han ido acompañados de técnicas de análisis de corte cuantitativo, cualitativo y gráfico (Madrid & Ortiz, 2005: 17).

En los últimos años de la década de los cincuenta y primeros años de la década de los sesenta, los avances en la tecnología y la informática posibilitaron formas automatizadas de cartografía que, a su debido tiempo, condujeron al desarrollo de los SIG (Goodchild & Haining, 2005: 176).

Al mismo tiempo, también aparecieron trabajos pioneros en los campos de las matemáticas y la estadística, que serían fundamentales para el desarrollo del análisis espacial de datos. El trabajo primigenio de Whittle (1954; citado en Goodchild & Haining, 2005: 176) amplió la consideración de los modelos autorregresivos, fundamentales para el análisis de la variación de las series temporales en su aplicación a los datos espaciales. Con el trabajo de Whittle se posibilitó, al menos para datos regulares de retícula, especificar la forma de hipótesis alternativas (o lo que es similar, especificar la representación formal de determinados tipos de estructura espacial), que comprobaron la significación del modelo, así como la evaluación de la bondad del ajuste.

Más o menos simultáneamente a los anteriores desarrollos que tuvieron lugar en Inglaterra, Matheron en Francia y su escuela para la industria minera desarrollaron el método del *Kriging*, denominado así en homenaje al sudafricano D.G. Krige. Su estudio se llevó a cabo para hacer frente a las necesidades prácticas de la industria minera de predecir los rendimientos del sector basados en muestreos dispersos (oportunistas). Con el paso del tiempo, se desarrolló el campo científico de la geoestadística (*íbid.*: 177).

La tercera área que se convertiría en una de las piedras angulares de la estadística espacial fue la teoría de procesos de puntos. En los años cincuenta se habían desarrollado muchas estadísticas basadas en la distancia y el análisis de cuadrados para examinarla aleatoriedad espacial en los mapas de puntos, aplicándolas a la ecología y al ámbito forestal. El trabajo de Greig-Smith (1952) extendería la contabilidad de cuadrados al examen simultáneo de estructuras en diversas escalas (*íbid.*: 177).

2.2. Definición de análisis espacial.

Citando a la Real Academia de la Lengua, el análisis se define como la “distinción y la separación de las partes de un todo hasta llegar a conocer sus principios o

elementos". En Geografía el todo se debe asimilar al espacio geográfico en su conjunto y sus partes. Estas últimas incluyen las variables territoriales (abióticas, bióticas, socioeconómicas, etc.) u objetos geográficos que sobre él confluyen. A partir de esta idea, varios autores crean su definición de análisis espacial (Gamir, 1995, citado en Madrid & Ortiz, *op. cit.*: 17).

Bosque (*op. cit.*: 22) nos define al análisis espacial como "el conjunto de procedimientos de estudio de los datos geográficos, en los que se considera de alguna manera, sus características espaciales".

Otra definición nos la ofrecen Madrid & Ortiz (*op. cit.*: 18), que definen al análisis espacial "como un momento dentro del proceso investigativo en el que se conjugan una serie de técnicas que buscan separar, procesar y clasificar los datos, para contribuir a la búsqueda de respuestas de un problema mayor. Implica descubrir las particularidades de un fenómeno para definir su participación dentro de la globalidad. Está en manos del investigador la elección de las herramientas a utilizar, para posteriormente encontrar en sus resultados las relaciones adecuadas para llegar a una visión integral". Las definiciones anteriores ayudan a conceptualizar al análisis espacial, en este informe académico, como el estudio cuantitativo de aquellos fenómenos que se manifiestan en el espacio. Lo anterior indica una importancia clave de la posición, la superficie, la distancia y la interacción a través del propio espacio. Para que estos conceptos cobren sentido, se necesita que toda la información esté referenciada espacialmente. El análisis espacial se vale de distintas herramientas técnicas para lograr su objetivo, mismas que se mencionan a continuación.

2.3. Las Herramientas Técnicas.

Una herramienta técnica puede ser definida como un instrumento de tipo gráfico, cuantitativo, cualitativo y/o mixto, cuyo uso involucra una serie de procedimientos en los que se trabaja con una o más variables con el propósito de hacer más explicable y visible un fenómeno. Por sí sola no establece el fin del trabajo; es el investigador quien lo direcciona y dispone de los resultados según sus propósitos (Madrid & Ortiz, *op. cit.*: 17).

Las herramientas técnicas cumplen con los objetivos del análisis espacial, en cuanto a que sirven para identificar los componentes del espacio y se centran en el procesamiento o tratamiento de datos.

Las herramientas técnicas utilizadas para el análisis espacial, se clasifican en cuatro grupos. A continuación se hará una breve descripción de las mismas.

2.3.1. Técnicas cualitativas.

Herramientas técnicas cualitativas tales como las entrevistas, los diarios de campo, el análisis documental, grupos focales y la observación, tienen como finalidad realizar un acercamiento entre el investigador y la comunidad u objeto de estudio, observar, hacerse partícipe de algunos de sus procesos, reconocer puntos de vista subjetivos, abordar la realidad en tanto el descubrimiento de las vivencias de los demás lo permitan y mostrar sus resultados a través de las descripciones que son el producto directo de la experiencia (*Ibid.*: 19). Estas herramientas están influenciadas por el criterio del investigador.

2.3.2 Técnicas cuantitativas.

Las técnicas cuantitativas son parte indispensable en el análisis espacial por ser herramientas eficaces para estudiar los componentes del espacio, elaborar esquemas de funcionamiento del mismo y por proporcionar precisión en la investigación y en la localización de fenómenos. A ello se añade que su capacidad organizativa y de tratamiento de datos es la base metodológica utilizada por varias de las herramientas de representación gráfica, cartográfica y no cartográfica (*Ibid.*: 20). La Estadística es la principal herramienta cuantitativa utilizada en Geografía.

Para ser más específicos en cuanto a los aportes de las técnicas cuantitativas y/o estadísticas al análisis espacial, es importante tener en cuenta alguna de sus funciones básicas que, de acuerdo a Ebdon (1982, citado en Madrid & Ortiz, *op. cit.*: 20) son: descripción, inferencia, significación y predicción.

La función descriptiva permite que durante el análisis espacial se pueda reagrupar información que en la mayoría de los casos es muy numerosa, ordenarla, crear reglas para representarla gráficamente, hacer cálculos de distintos estadígrafos, emplear cuadros, etc., con el propósito de identificar sus características particulares.

La función inferencial permite plantear hipótesis y resolverlas sin necesidad de utilizar la población en su totalidad, sino una muestra representativa de ella.

Con la función de significación se trata de saber si una diferencia o relación entre dos conjuntos de datos es significativa. Para saberlo se utiliza un proceso, un poco más complejo, en el que se proponen dos hipótesis, una nula y otra alternativa, esperando que para la primera exista una probabilidad baja de ocurrencia que confirme la efectividad de la segunda.

La función de predicción utiliza las probabilidades en las que se combinan circunstancias que se comportan bajo ciertos límites.

2.3.3. Las representaciones gráficas.

Existen dos tipos de representaciones gráficas: cartográficas y no cartográficas. Las características (Madrid & Ortiz, *op. cit.*: 21-22) de cada una se describen a continuación.

Las representaciones no cartográficas reúnen a los diagramas, las redes y las matrices. Facilitan el análisis espacial cumpliendo varias funciones que apuntan principalmente a identificar regularidades.

En cuanto a las representaciones cartográficas, incluyen todo tipo de mapas, fotografías aéreas e imágenes de satélite. En estas representaciones, el mapa se convierte en una herramienta fundamental en el momento de analizar los fenómenos, puesto que tiene la capacidad de abstraer la realidad para hacerla más entendible y conjugar dos tipos de objetos: los concretos y los conceptuales.

2.3.4. Los Sistemas de Información Geográfica.

Los SIG y el análisis espacial no son sinónimos, a pesar de que gran cantidad de fuentes bibliográficas relacionan de manera estrecha estos dos términos (Madrid & Ortiz, *op. cit.*: 22).

Cuando se enfoca desde un punto de vista temático, el análisis espacial constituye una serie de técnicas matemáticas y estadísticas aplicadas a los datos distribuidos sobre el espacio geográfico. Cuando se enfoca desde la tecnología de los Sistemas de Información Geográfica se considera su núcleo, ya que es el que posibilita trabajar con las relaciones espaciales de las entidades contenidas en cada capa temática de la base de datos geográfica (Buzai, 2010: 2).

Los SIG y el análisis espacial de datos entran en contacto, dicho sea en términos coloquiales, en la matriz de datos espaciales. A nivel de concepto, esta matriz está formada por filas y columnas, referidas las filas a casos y las columnas a atributos medidos para cada uno de los casos. Las últimas columnas proporcionan la referencia espacial. Al nivel más sencillo, pueden existir dos columnas finales que contengan pares de coordenadas: latitud y longitud; aunque algunos sistemas coordinados emplean x e y (Goodchild & Haining, *op. cit.*: 178).

La importancia de los SIG radica en la facilidad que ofrece al investigador para procesar información espacial y representarla mediante un modelo análogo de la realidad que presenta las entidades espaciales a partir del punto, la línea y el polígono en diferente tipo de información temática. Esta posibilidad y sobre todo la amplia capacidad de tratamiento de los datos geográficos, ofrecen una gran

ventaja en su utilización ya que conducen de forma más rápida a la consecución de resultados para la toma de decisiones (Madrid & Ortiz, *op. cit.*: 22-23).

Por lo anterior, quienes están especialmente preocupados con el análisis de datos necesitan prestar especial consideración al grado de certidumbre con que la matriz de datos refleja la realidad geográfica que subyace en el problema y las implicaciones (para conclusiones interpretativas) de las elecciones de su representación (Goodchild & Haining, *op. cit.*: 178).

Lo mencionado anteriormente lleva a concluir que “herramientas de análisis como el SIG son eso, solo “herramientas” a través de las cuales se pueden realizar operaciones entre capas, cuyo verdadero análisis e interpretación fueron realizados por los técnicos quienes se valieron de los resultados para tomar finalmente las decisiones. En otras palabras el SIG no pensó por el técnico. Fue el técnico quien pensó ayudado por la herramienta” (Álzate, 1999, citado en Madrid & Ortiz, *op. cit.*: 23).

A manera de mención final, podría decirse que los SIG son una herramienta subutilizada en algunos países, ya que en gran medida es empleada para la recolección de información ordenada a manera de inventarios y/o consulta, esto debido a que son pocas las personas que manejan verdaderamente las funciones de análisis las cuales son en apariencia complejas, justamente por la falta de conocimiento sobre lo que es el análisis espacial y los procedimientos técnicos que lleva implícitos el SIG para llegar a éste.

CAPITULO 2. PROCESOS DE ACTUALIZACIÓN CARTOGRÁFICA: MAPDATA S.A. DE C.V.

El capítulo anterior da un panorama general de los componentes y elementos que conforman un SIG, así como la historia de éstos a través de las últimas décadas.

Básicamente, el desarrollo de estos sistemas está acompañado de la búsqueda de nuevas formas de automatizar procesos geográficos que requieran un tratamiento cartográfico y estadístico, para así realizar trabajos más extensos y elaborados, algo que manualmente significaba una inversión más grande de tiempo, esfuerzo y recursos, así se logra una optimización en el proceso y los resultados son más elaborados.

Hoy en día, empresas de diversa índole están ofrecen a sus clientes servicios cartográficos de mapeo y georreferenciación utilizando SIG's, lo cual genera un nuevo nicho de empleo para los geógrafos y profesionistas que tengan las habilidades y conocimientos para la manipulación de estos sistemas.

MapData inicia sus operaciones en 1992 trabajando en el concepto de Mapeo de Negocios (*business mapping*). Desde entonces, ha realizado la tarea de confeccionar un vasto compendio de información cartográfica, atlas, directorios e información estadística que tienen por objeto dotar a la operación de las PYME's y los corporativos mexicanos con la enorme diferencia competitiva que esto significa.

1. PROYECTO VISUALIZADOR GEOGRÁFICO NACIONAL.

En el periodo comprendido de agosto a diciembre de 2012, esta empresa fue requerida para realizar un proyecto denominado "Visualizador Geográfico Nacional" (VGN), en apoyo a la Presidencia de la República. Este proyecto intentaba lograr la integración, mantenimiento, desarrollo y difusión de información geográfica, además de que se lograra una gran difusión tanto en el ámbito académico, gubernamental, empresarial y particular. Por esta razón, se requirieron de especialistas que tuvieran conocimientos básicos en la logística, administración y aplicación de información geoespacial.

Por lo tanto, se contrataron geógrafos, pasantes, con previo conocimiento en SIG, para poder realizar parte del proceso de construcción del VGN. Estos procesos se encontraban enfocados a los requerimientos cartográficos necesarios para el

correcto funcionamiento y visualización de los datos geográficos. A continuación se describen los procesos realizados durante la duración del proyecto VGN.

1.1. Requerimientos cartográficos.

Toda la información cartográfica enviada debe contar con varios requerimientos cartográficos ligados a la información de los metadatos, esta información y especificaciones se verifican en forma de validación durante el proceso de recepción de información. Las dependencias deben de contar con esta información previa a ingresar datos al formulario de metadatos, además de que el operador de los metadatos debe estar familiarizado con este proceso para futuros asesoramientos durante el mismo. Teniendo en cuenta lo anterior, se realizan los siguientes procesos cartográficos a las capas proporcionadas por las dependencias gubernamentales, antes de ser agregadas a la versión final del VGN.

1.1.1. Homogeneización de Proyección Cartográfica.

La modificación de proyecciones para este proyecto, tiene como finalidad homogeneizar las capas y prevenir errores de proyección cartográfica en el momento de la publicación del proyecto, ya que si la capa no cuenta con el sistema de representación adecuado, se corre el riesgo de que los puntos, líneas o polígonos se encuentren en un lugar equivocado. Sin embargo, éste no es el único inconveniente con una proyección errónea o indefinida, también impide su manipulación en *ArcMap* o *MapInfo*.

La revisión y comparación de metadatos y capas, etapa que fue realizada en una etapa preliminar, permitió detectar algunas incongruencias en los mapas como proyección indefinida o diferente a la proporcionada por las dependencias, además de *datum* y elipsoide discordante con el sistema de representación o bien con el metadato. Por esta razón, es necesario definir proyecciones, *datum* y elipsoide, además de corregir las incongruencias presentadas, de esta manera, se facilitará el manejo en *ArcGIS* o *MapInfo*.

Terminado el proceso de definición y corrección de la proyección geográfica, surge el inconveniente de que no todas las capas se encuentran en un mismo sistema de representación, la mayor parte de las capas se encuentran originalmente en la proyección Cónica Conforme de Lambert con *datum* ITRF92 y elipsoide Clarke 1866, otras más se encuentran en Coordenadas Geográficas con *datum* y elipsoide WGS84, lo cual repercutiría con ciertas variaciones en la representación de la información.

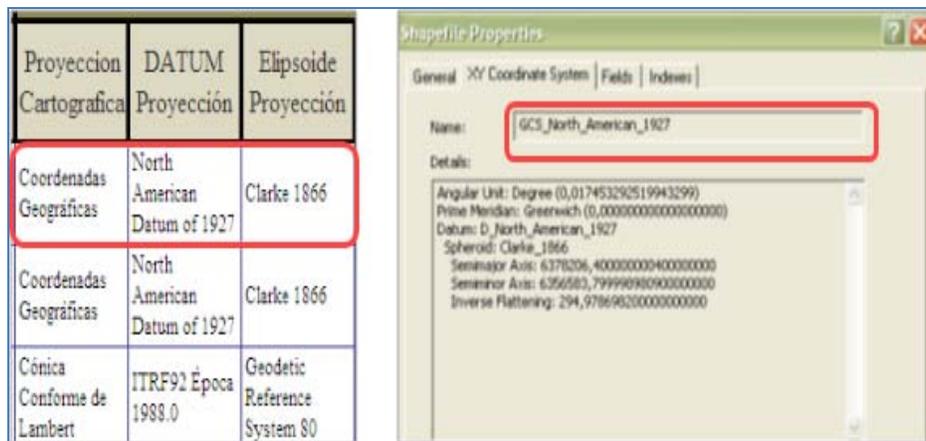
Las proyecciones cartográficas tienen ciertas variaciones que dependen del objetivo del mapa, en este caso, al tratarse de una representación a escala nacional, la proyección recomendada fue la de *Plate Carree*, o bien, la GCS WGS84. El sistema WGS84 tiene la ventaja de que permite realizar estimaciones teniendo en cuenta la curvatura de la elipse. Lo cual resulta fundamental en muchas aplicaciones cartográficas: medir distancias entre dos puntos, definir direcciones o calcular superficies.

A continuación se describe el proceso de corrección y definición de proyecciones cartográficas.

1.1.1.1. Definición y corrección de proyecciones cartográficas.

En primer lugar se revisa que la proyección, *datum* y elipsoide de cada capa (Figura 1), coincida con la que se proporcionó en los metadatos del Paquete General de Datos.

Figura 1. Propiedades de la capa.



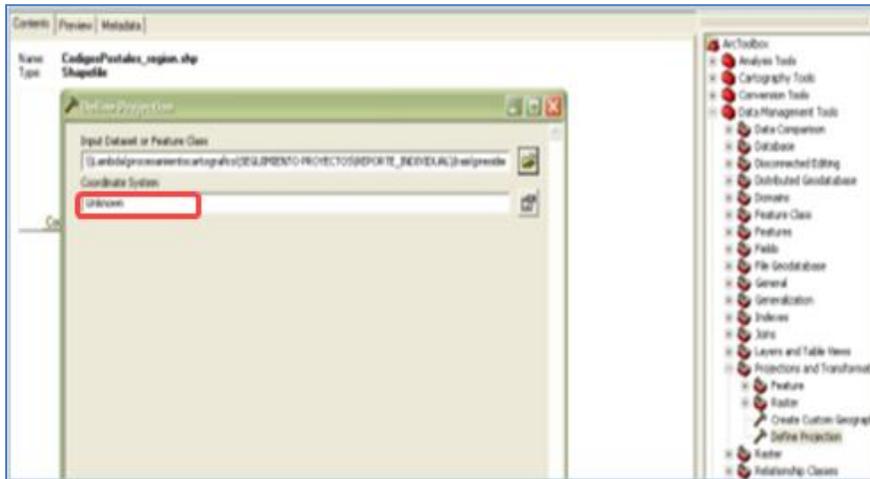
Fuente: ArcGIS.

En caso de que no concuerde la proyección o no estuviera definida, se busca y corrige la proyección de origen con el siguiente proceso:

- Si la capa no cuenta con proyección (Figura 2), se le define desde ArcGIS, se abre ArcToolbox y la caja *Data Management Tools, Projections and Transformations* y se selecciona *Define Projection*, se especifica la

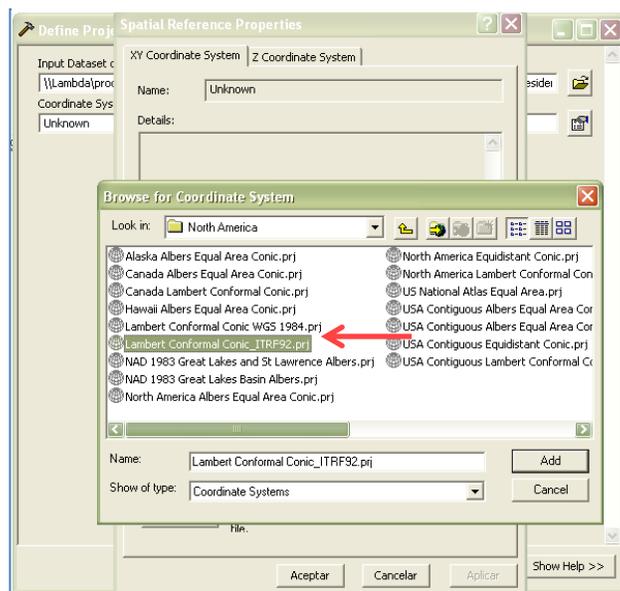
proyección de origen, es decir, la que aparece en el metadato que proporcionó la dependencia (Figura 3).

Figura 2. Definición de la proyección.



Fuente: ArcGIS.

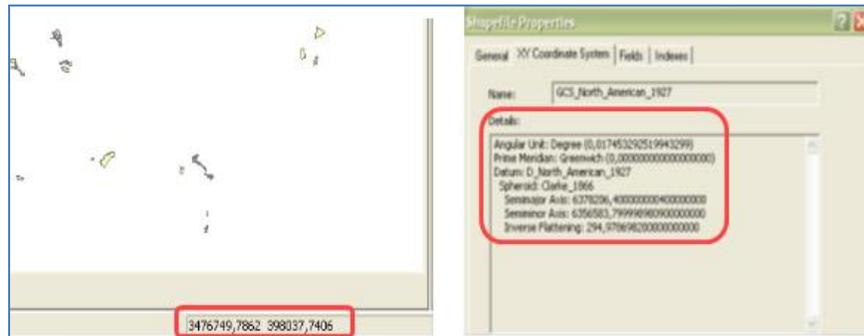
Figura 3. Lista de proyecciones disponibles.



Fuente: ArcGIS.

- Cuando la proyección ya está definida, se procede a revisar desde del *ArcCatalog* las propiedades de la capa y su correspondencia con las unidades en las que se encuentra (Figura 4).

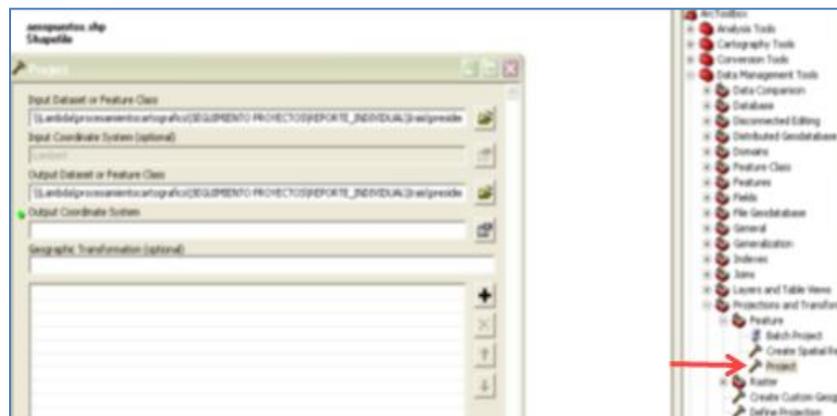
Figura 4. Correspondencia de las unidades de la capa.



Fuente: ArcGIS.

- Si las unidades no corresponden con las propiedades, se procede a cambiar las propiedades desde *ArcToolbox*, *Data Management Tools*, se abre la herramienta de *Feature* y *Project*. Asimismo se asigna la proyección de los metadatos, con su respectivo *Datum* y elipsoide (Figura 5).

Figura 5. Proyectar capa.



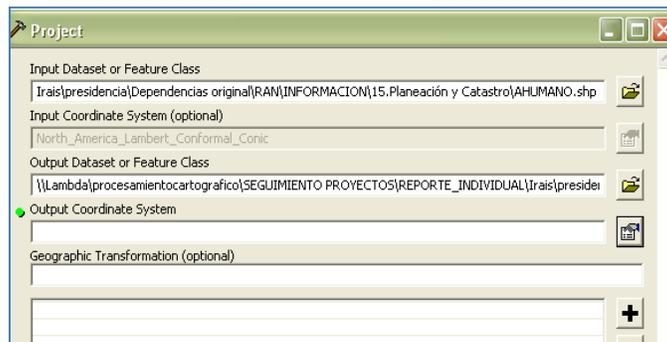
Fuente: ArcGIS.

1.1.1.2. Reproyección a GCS WGS84

Posteriormente, cuando están definidas de manera correcta las proyecciones de todas las capas, se estandariza a una misma proyección, en este caso se utiliza *Geographic Coordinate Systems WGS84*, con este mismo *Datum* y esferoide con el proceso siguiente:

- Abrir *ArcToolbox*, *Data Management Tools*, se abre la herramienta de *Feature* y se elige *Project* (Figura 6).

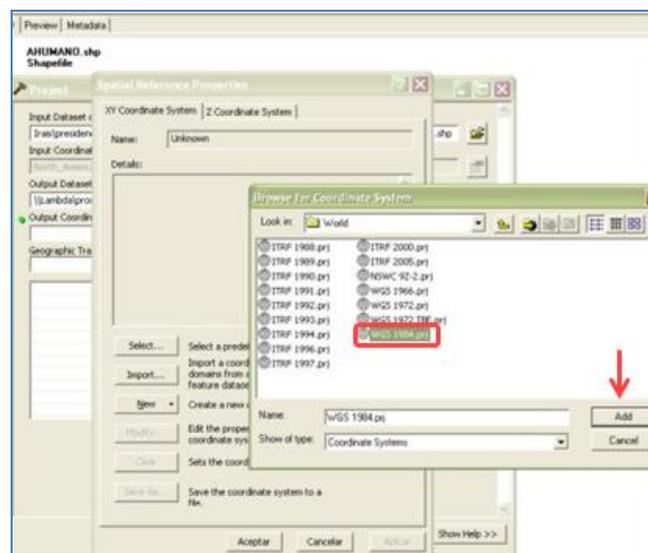
Figura 6. Reproyección de la(s) capa(s).



Fuente: ArcGIS.

- Se elige *Select*, se abre la carpeta de *Geographic Coordinate Systems*, posteriormente se elige *World* y se selecciona la proyección WGS84. Se da clic en *Add* y posteriormente en *Accept* (Figura 7).

Figura 7. Lista de proyecciones disponibles.



Fuente: ArcGIS.

- Con lo anterior, se da por concluido el proceso de asignación de proyecciones cartográficas.

1.1.2. Asignación de ID Único.

En bases de datos y programación, generalmente se usa las siglas ID como apócope de "Identificador" o "Índice" y es un número que ordena lógicamente una serie de datos o registros. La asignación de ID a las capas enviadas por cada dependencia, es utilizada para favorecer la organización interna de la información expedida por cada Secretaría, ya sean recursos digitales o geográficos y, de esta manera el VGN contará con una estructura adecuada para su desarrollo. El ID Único definitivo fue desarrollado mediante el formato 00-00-00-00-00-00000; además, éste mismo permite tener el identificador del total de registros de cada capa, que serán utilizados en la creación de los metadatos. Conlleva también la importancia de que el área encargada del traslado del globo en el portal del visualizador, pueda llamar fácilmente por clave cada una de las capas.

Este proceso se realizó mediante un catálogo, que cuenta con los siguientes apartados:

- *Dimensión.* Se divide en La Nación, Gobierno Federal e Inventario Geográfico (Figura 8), en este caso, para todos los recursos se utiliza la clave de Inventario Geográfico, ya que todas las capas son de este tipo.

Figura 8. Catálogo de dimensiones.

1	DIMENSION	CLAVE
2	La Nación	01
3	Gobierno Federal	02
4	Inventario Geográfico	03

Fuente: Elaboración propia.

- *Eje.* Cada dimensión cuenta con varios ejes temáticos como Población, Recursos Naturales, Infraestructura, Igualdad de oportunidades, entre otros, y su ID se encuentra en un rango de 00 al 16. Para las capas de Acervo-crudas, el eje corresponde a 00 (Sin Eje), ya que los ejes descritos corresponden exclusivamente al área de recursos digitales (Figura 9).

Figura 9. Catálogo de ejes.

EJE	ID
Sin eje	00
Población	01
Recursos naturales	02
Recursos culturales	03
México y sus regiones	04
Infraestructura	05
Actividad económica	06
Democracia	07
Educación	08
Salud	09
Bienestar social	10
Bicentenario	11
Estados de derecho y seguridad	12
Economía competitiva y generadora de empleos	13
Igualdad de Oportunidades	14
Desarrollo Sustentable	15
Democracia Efectiva y Política exterior responsable	16

Fuente: Elaboración propia.

- *Tema.* El tema corresponde al generado en el Metadato del Recurso Geográfico. Hay que recordar que cada dato o información en los metadatos no se puede modificar, así que se respeta éste mismo para el catálogo de Tema (Figura 10).

Figura 10. Catálogo de temas.

TEMA	ID
Agropecuarios	01
Recursos Bióticos	02
Límites	03
Climatología, Meteorología y Atmósfera	04
Economía	05
Elevación y Altitud	06
Medio Ambiente	07
Información Científica Geográfica	08
Salud	09
Imágenes y Mapas Base	10
Inteligencia Militar	11
Aguas Continentales	12
Localización	13
Océanos	14
Planeación y Catastro	15
Sociedad	16
Estructuras	17
Transporte	18
Comunicaciones y Servicios Urbanos	19
Democracia	20
Bicentenario	21

Fuente: Elaboración propia.

- *Dependencia (Secretaría)*. Este apartado menciona el total de Secretarías que enviaron recursos geográficos, cuenta con una clave del 01 al 20 (Figura 11).

Figura 11. Catálogo de dependencias.

DEPENDENCIA	CLAVE
SEGOB	01
SRE	02
SHCP	03
SEDENA	04
SEMAR	05
SE	06
SEDESOL	07
PGR	08
SSP	09
SFP	10
SCT	11
STPS	12
SEMARNAT	13
SENER	14
SAGARPA	15
SEP	16
SALUD	17
SECTUR	18
SRA	19
PRESIDENCIA	20

Fuente: Elaboración propia.

- *Sectorizado*. Son las Comisiones, Institutos, Procuradurías, etc. en que se encuentran fragmentadas las Secretarías, de las cuales se contabilizaron 83 (Figura 12).

Figura 12. Catálogo de sectorizaciones.

SECTORIZADO	ID
SEGOB	00
CISEN	01
CONAPRED	02
CONAPO	03
S.R.E.	00
IMR	01
IME	02
SHCP	00
BANSEFI	01
BANOBRAS	02
BANJERCITO	03
FINANCIERA RURAL	04
NAFIN	05
SAT	06
SHF	07
CNSF	08
CNBV	09
CONDUSEF	10
CDI	11
BANCOMEXT	12
BANRURAL	13
SEDENA	00
SEMAR	00
SE	00
CEC	01

Fuente: Elaboración propia.

- *Dependencia (Límites de archivo)*. Los límites de archivos, se dividen del mismo modo para Acervo de Capas Crudas y Capas Editorizadas. En el primer caso, que es el que nos concierne se toma el rango de 1,000 al 20,000 (Figura 13).

Figura 13. Límites de archivo.

Dependencia	Límites de Archivo	
SEGOB	1000	1999
SRE	2000	2999
SHCP	3000	3999
SEDENA	4000	4999
SEMAR	5000	5999
SE	6000	6999
SEDESOL	7000	7999
PGR	8000	8999
SSP	9000	9999
SFP	10000	10999
SCT	11000	11999
STPS	12000	12999
SEMARNAT	13000	13999
SENER	14000	14999
SAGARPA	15000	15999
SEP	16000	16999
SALUD	17000	17999
SECTUR	18000	18999
SRA	19000	19999
PRESIDENCIA	20000	20999
21	21000	21999

Fuente: Elaboración propia.

- **Nombre de archivo.** Se asigna una clave, dependiendo inicialmente de los límites de archivo (Figura 14).

Figura 14. Nombre de archivo.

Dependencia	Límites de Archivo	NOMBRE DE	STPS
SEGOB	1000	1999 AccionesPROF	030005120012000
SRE	2000	2999 DelegacionesS	030013120012001
SHCP	3000	3999 EmpresasFAMIL	030005120012002
SEDENA	4000	4999 GruposdeCoor	030005120012003
SEMAR	5000	5999 HuelgasEstalla	030005120012004
SE	6000	6999 JuntasEspecial	030013120012005
SEDESOL	7000	7999 OficinasdePR	030013120012006
PGR	8000	8999 OficinasFONA	030013120012007
SSP	9000	9999 TrabajadoresCa	030005120012008
SFP	10000	10999	
SCT	11000	11999	
STPS	12000	12999	

Fuente: Elaboración propia.

Con los apartados anteriores, se podrá construir el ID definitivo mediante una fórmula que permita la unión de las diferentes claves antes mencionadas (Figura 15).

Figura 15. Fórmula para construcción de identificador.

N	Q
NOMBRE DE ARCHIVO	STPS
AccionesPROFEDET	030005120012000
DelegacionesSTPS	030013120012001
EmpresasFamiliarMenteResponsables	030005120012002
GruposdeCoordinacionEstatal	030005120012003
HuelgasEstalladas	030005120012004
JuntasEspeciales	030013120012005
OficinasdePR	030013120012006
OficinasFONACOT	030013120012007
TrabajadoresCapacitados	030005120012008

Fuente: Elaboración propia.

Los temas anteriores cuentan con un ID que contribuye con la organización de la información, estos ID, al unirse según las características de cada capa, conformarán un identificador único para cada recurso.

Posteriormente, se divide con guiones cada clave para facilitar la identificación de dimensiones, ejes, dependencias y temas, con lo cual se establece el ID definitivo (Figura 16).

Figura 16. Identificador definitivo.

NOMBRE DE ARCHIVO	STPS	ID DEFINITIVO
AccionesPROFEDET	030005120012000	03-00-05-12-00-12000
DelegacionesSTPS	030013120012001	03-00-13-12-00-12001
EmpresasFamiliarMenteResponsables	030005120012002	03-00-05-12-00-12002
GruposdeCoordinaciónEstatat	030005120012003	03-00-05-12-00-12003
HuelgasEstalladas	030005120012004	03-00-05-12-00-12004
JuntasEspeciales	030013120012005	03-00-13-12-00-12005
OficinasdePROFEDET	030013120012006	03-00-13-12-00-12006
OficinasFONACOT	030013120012007	03-00-13-12-00-12007
TrabajadoresCapacidades	030005120012008	03-00-05-12-00-12008

Fuente: Elaboración propia.

1.1.3. Limpieza de tablas.

Los objetivos de la limpieza de tablas son añadir el ID de capa y registros, además de agregar la descripción que deberá aparecer en el *Info Window* y, por otra parte, ejecutar el buscador del VGN.

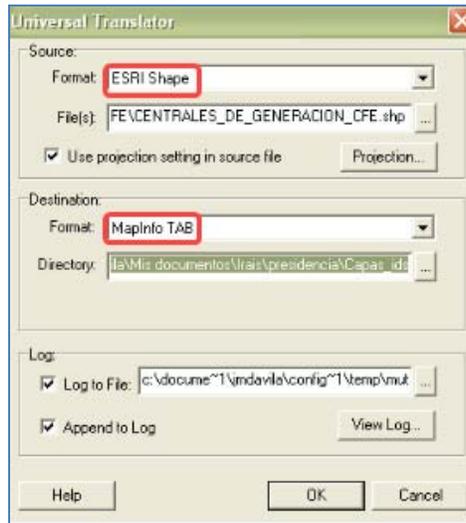
Al agregar el ID de capa y registro se tiene una mejor organización de la información, además de que permite realizar todos los procesos de forma conjunta con otras áreas, así como la creación de la tabla de metadatos por dependencia.

Debido a que las dependencias enviaron capas crudas (sin modificaciones y correcciones) en las tablas de atributos se encontraron carencias de ortografía y signos no alfanuméricos, incongruentes con la información. Asimismo, se presentó la columna de estado y municipio abreviado en algunos casos. Por lo tanto, se tenían que hacer algunas modificaciones a las tablas.

La corrección de ortografía y estilo fue un proceso laborioso, debido a que se tenía que hacer con el revisor de ortografía de Excel, lo cual, empleaba más tiempo dependiendo de la transformación a DBF, el número de registros, la capa a limpiar y su estado, es decir, si tenía una gramática incorrecta, si estaba en mayúsculas o minúsculas o si las columnas de estado y municipio estaba abreviadas, además de los signos extraños que estuvieran en los registros. Una vez corregida la gramática, se procede a actualizar la columna de descripción, la cual servirá en un primer momento para realizar la tabla de metadatos por dependencia que se utilizarán en el buscador del VGN.

Para el proceso de limpieza de tablas es necesario que las capas se encuentren en formato *Table (.tab)*, para facilitar la manipulación de tablas de atributos. La conversión de *Shapefile (.shp)* a *.tab* se realiza por medio de *MapInfo*, específicamente desde el *Universal Translator* (Figura 17), que se encuentra en la herramienta de *Tools*, se da la ruta del *shapefile* y el formato de destino.

Figura 17. Conversión de capas a formato *MapInfo TAB*.

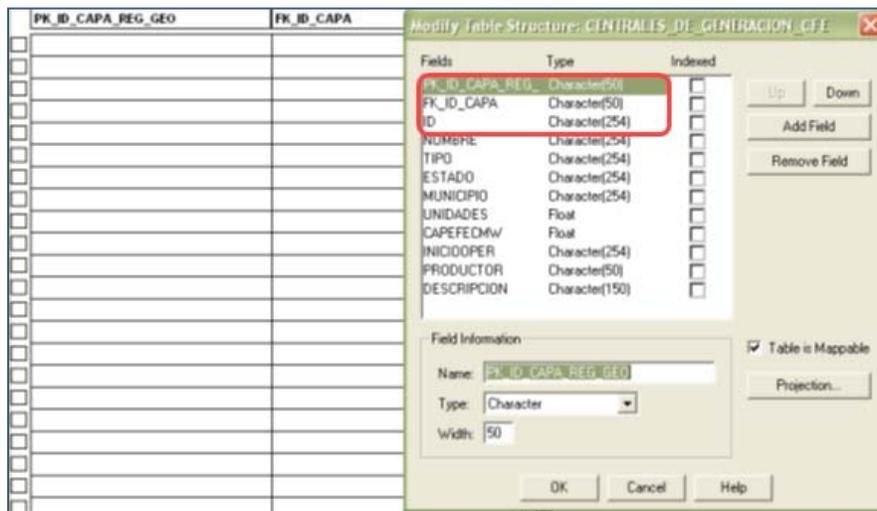


Fuente: *MapInfo*.

Cuando todas las capas se encuentran en formato *.tab*, se procede a corregir y actualizar las tablas de atributos de la siguiente manera:

- En primer lugar se agregan las columnas de FK_ID_CAPA (para el ID definitivo, con el formato 00-00-00-00-00-00000), PK_ID_REG_GEO_CAPA (para el registro geográfico, con el formato 00-00-00-00-00-00000-#), éste es el ID definitivo más un número consecutivo (*Rowid*) por registro, además de una columna de ID para la corrección de ortografía en Excel (Figura 18).

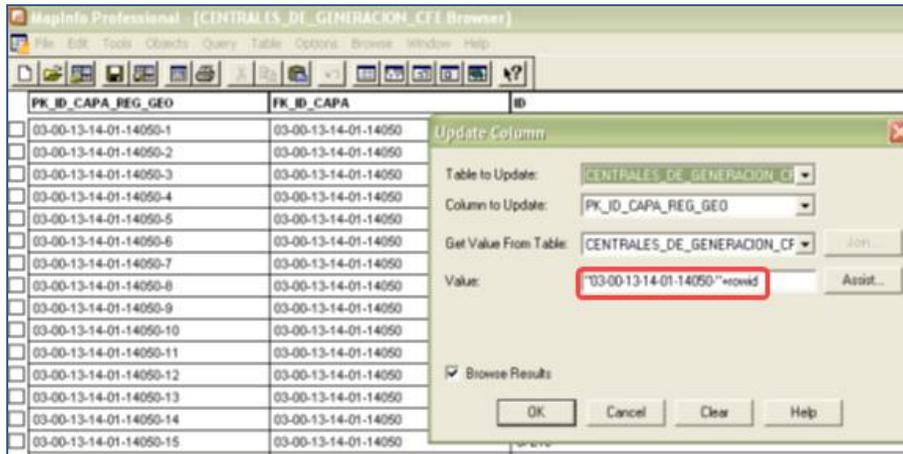
Figura 18. Modificación de la estructura tubular.



Fuente: *MapInfo*.

- Se asignan los ID con la herramienta de *Table-Update Table* (Figura 19).

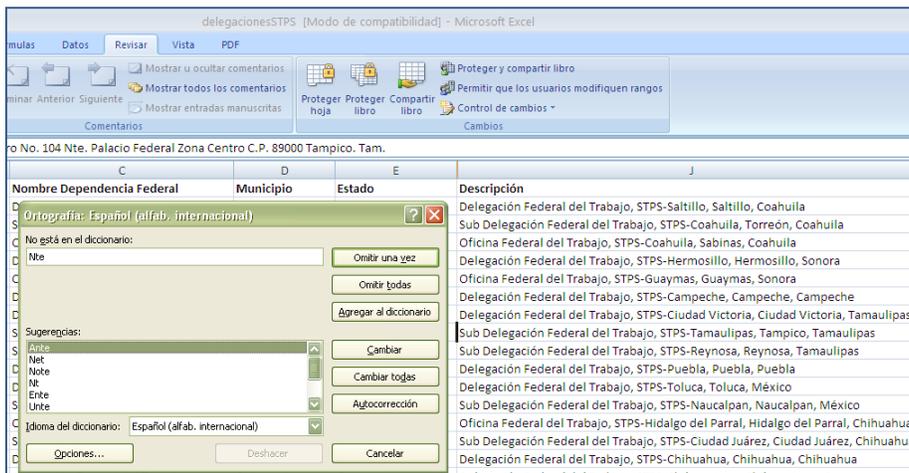
Figura 19. Actualización de una columna.



Fuente: *MapInfo*.

- Posteriormente se exporta la tabla en formato DBF y se abre en Excel; con el revisor de ortografía (Figura 20) se corrigen los errores, además se cambia el estilo de texto (de mayúsculas a minúsculas).

Figura 20. Revisión de ortografía.



Fuente: Elaboración propia.

- Terminada la revisión de ortografía se abre desde *MapInfo* y se agrega la columna de Descripción, se actualiza la columna con datos relevantes que contenga la capa como estado, municipio e información referente a la capa.

En caso de que la capa no cuente con estos atributos, se coloca en la columna “Sin información”. Cabe mencionar que cada atributo tiene que separarse por una coma.

- Por otra parte, si la capa cuenta con el estado o municipio abreviado, se agregan columnas para completar estos atributos y así poderlos anexar en la descripción (Figura 21).

Figura 21. Adición de columnas.

PRODUCTOR	DESCRIPCION
<input type="checkbox"/> CFE	Rosales, Chihuahua. Central de generación Fco. Villa. Tipo Turbogas
<input type="checkbox"/> CFE	Juárez, Chihuahua. Central de generación Chavena. Tipo Turbogas
<input type="checkbox"/> CFE	Ahumada, Chihuahua. Central de generación Industrial (TG) Juárez. Tipo Turbogas
<input type="checkbox"/> CFE	Guadalupe, Chihuahua. Central de generación Parque (TG) Juárez. Tipo Turbogas
<input type="checkbox"/> CFE	Castaños, Coahuila. Central de generación Monclova. Tipo Turbogas
<input type="checkbox"/> CFE	Torreón, Coahuila. Central de generación La Laguna (TG-Laguna-Chávez). Tipo Turbogas
<input type="checkbox"/> CFE	Matamoros, Coahuila. Central de generación Chávez (TG-Laguna-Chávez). Tipo Turbogas
<input type="checkbox"/> CFE	Ramos Arizpe, Coahuila. Central de generación Saltillo. Tipo Turbogas
<input type="checkbox"/> CFE	Anáhuac, Nuevo León. Central de generación Arrollo del Coyote. Tipo Turbogas
<input type="checkbox"/> CFE	Santiago, Nuevo León. Central de generación Tecnológico (TG-Monterrey). Tipo Turbogas
<input type="checkbox"/> CFE	Santiago, Nuevo León. Central de generación Fundidora (TG-Monterrey). Tipo Turbogas
<input type="checkbox"/> CFE	Santa Catarina, Nuevo León. Central de generación PV Monterrey. Tipo Turbogas
<input type="checkbox"/> CFE	Tetz, Yucatán. Central de generación Mérida II. Tipo Turbogas
<input type="checkbox"/> CFE	Ensenada, Baja California. Central de generación Ciprés. Tipo Turbogas

Fuente: MapInfo.

Con lo anterior queda concluido el proceso de limpieza de tablas. Posteriormente se continúa con el proceso de asignación de coordenadas.

1.1.4. Generación de Atributos X y Y.

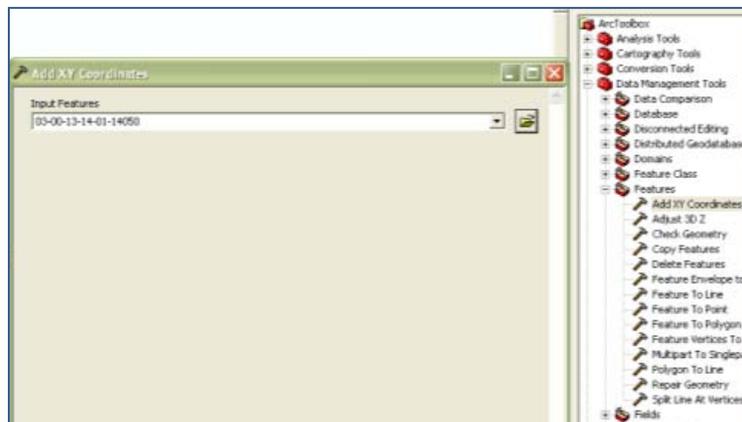
Antes de continuar con el proceso, es relevante conocer que el origen de los atributos XY deriva del Sistema de Coordenadas Cartesianas o Rectangulares. Un sistema de coordenadas rectangulares o cartesianas es aquél que está formado por dos líneas, una horizontal y otra vertical, que se cruzan en su origen. El eje de las abscisas, orientado en la dirección Este-Oeste, es la línea del Ecuador Terrestre. Es con referencia a este eje que se miden las coordenadas Y. El eje de las ordenadas, orientado en la dirección Norte-Sur, es una línea que se define como el *meridiano central* de la zona en que está ubicada la carta. Es con referencia a esta línea que se miden las coordenadas X. El objetivo de agregar los XY en las tablas de atributos es obtener el centroide de puntos, líneas y polígonos, lo cual servirá para realizar la tabla de metadatos, el X se maneja en los metadatos como longitud y la Y como latitud. Esto, posteriormente se utilizará para

el buscador del VGN. En este proceso es necesario que las capas se encuentren en formato .shp; por lo tanto, se debe cambiar a éste, ya que en el proceso anterior se utilizó el formato .tab, se realiza por medio de la herramienta *Universal Translator* del software *MapInfo*.

Todas las capas deben contener un X, Y como centroide de las líneas y polígonos. Este proceso se realiza desde el *ArcMap* de la siguiente forma:

- Se abre el *ArcToolbox*, se selecciona, *Data Management Tools*, después *Features* y se selecciona la herramienta de *Add XY Coordinates* (Figura 22).

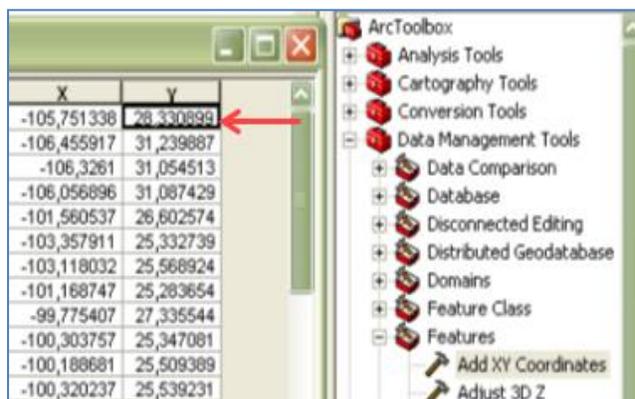
Figura 22. Agregar coordenadas XY.



Fuente: ArcGIS.

- Automáticamente aparecen en la tabla de atributos las coordenadas XY de la capa procesada (Figura 23).

Figura 23. Visualización de coordenadas XY.



Fuente: ArcGIS.

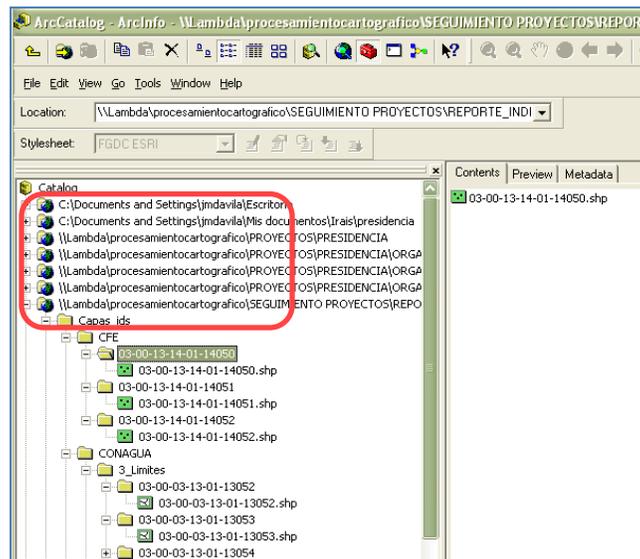
Este proceso es sencillo y no implica mayores complicaciones. Ahora se realiza el último proceso realizado por el área de cartografía para la construcción del VGN.

1.1.5. Renombrar Archivos, Carpetas y Capas.

Este proceso es necesario para la organización interna y para tener un control sobre las capas y los registros geográficos. Además permitirá poner en red las capas con su respectivo ID. Con la información requerida completa, se debe regresar al formato de origen de la capa. Después se valida el nombre de la capa y Nombre de Carpeta con su ID de capa correspondiente.

Las capas que se encuentran en formato *.shp*, se cambian de nombre por el ID correspondiente por medio de *ArcCatalog*, presionado el botón derecho del mouse sobre el nombre de la capa y seleccionando *Rename* (Figura 24). De esta forma se renombra el *shapefile*.

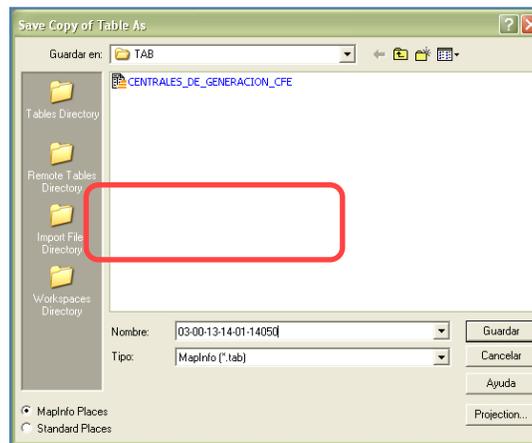
Figura 24. Cambiar de nombre a la capa.



Fuente: ArcGIS

Los que se encuentran en formato *.tab* se renombran con el ID, guardando una copia de la capa y, de esta forma, se le asigna su clave (Figura 25), ya que no es posible cambiar el nombre del archivo original, debido a que se perdería la información almacenada en dicha capa.

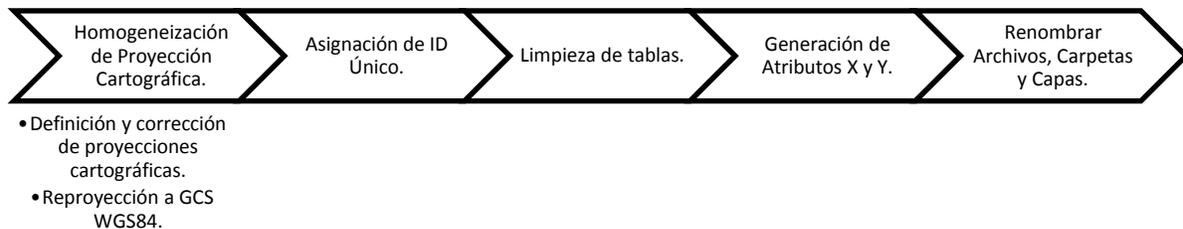
Figura 25. Guardar copia de una capa.



Fuente *MapInfo*.

Con el proceso anterior, se da por terminada la participación del área de cartografía en la construcción del VGN. Este procedimiento está representado en el siguiente diagrama.

Cuadro 2. Procesos de construcción del VGN.



Fuente: Elaboración propia.

El uso de SIG en esta etapa, permitió el poder adecuar los datos contenidos en las capas geográficas para así poder ser visualizados en la versión final de esta aplicación.

2. PROCESO DE TOPOLOGÍA.

La topología permite encontrar geometrías coincidentes o comunes tanto en entidades de puntos, líneas y polígonos, así como comprobar la integridad de la información y validación de las representaciones, además de revisar, corregir y validar las geometrías que forman parte del archivo, con el objetivo de eliminar cualquier inconsistencia o error.

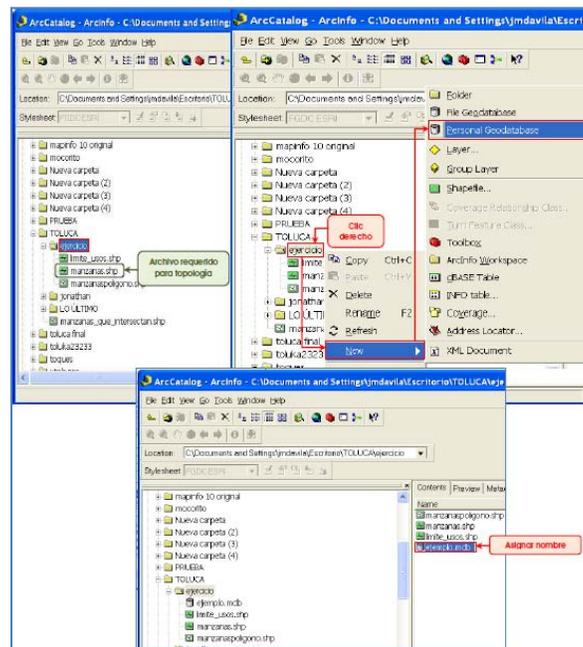
La topología se realiza dentro de una *Geodatabase*. La *geodatabase* es la estructura de datos nativa para *ArcGIS* y es el formato de datos principal que se utiliza para la edición y administración de datos (ESRI, 2012).

En la totalidad de sus proyectos, MapData pasa las capas geográficas que le son asignadas por este proceso, para así asegurar resultado de mejor calidad. El proceso al que son sujetos las capas geográficas se menciona a continuación.

2.1. Creación de Geodatabase.

- Ubicar en *ArcCatalog* la carpeta en la que se encuentra el archivo al que se le aplicará la topología.
- Una vez seleccionada, presionar el botón derecho del mouse y seleccionar las opciones *New/Personal Geodatabase*.
- Al realizar esto se creará un archivo con extensión *.mdb* al cual se le asignará un nombre. Este archivo servirá como base para la topología (Figura 26).

Figura 26. Generación de una *geodatabase*.



Fuente: *ArcGIS*.

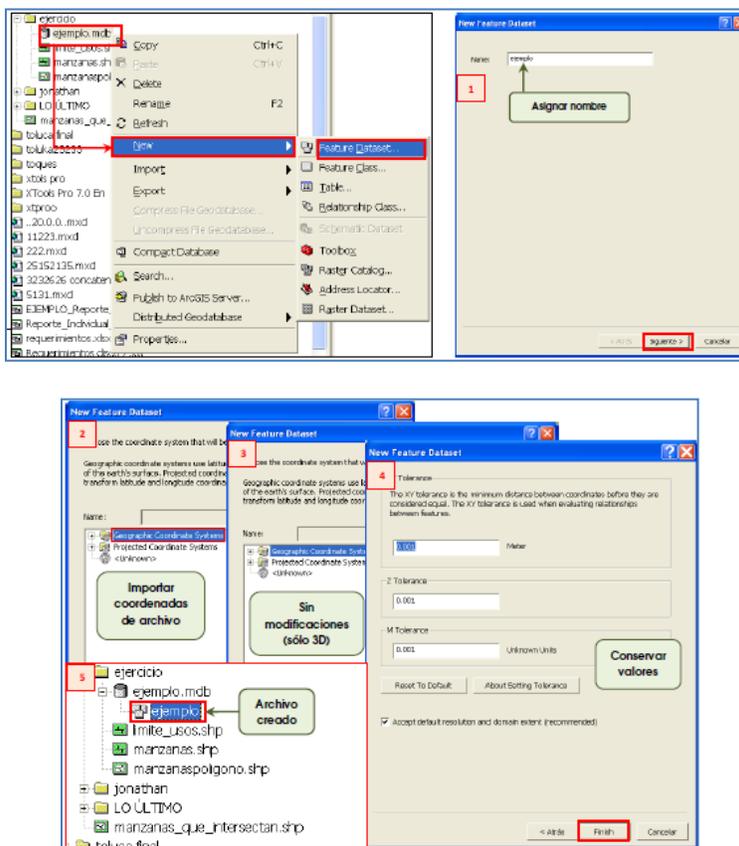
2.2. Crear Feature Dataset.

Este archivo sirve como base de la topología. Dentro de éste se ubicará la copia del archivo original para la corrección y el archivo que contenga las reglas topológicas a aplicar a la copia. Para crearla se necesita:

- Ubicar en *ArcCatalog* la *Geodatabase* creada anteriormente.
- Presionar el botón derecho del mouse y elegir las opciones *New/Feature Dataset*. Se abrirá una ventana que preguntará el nombre que se le desea dar.
- Se pregunta por las coordenadas que se le desean dar; es recomendable que se importen del archivo con el cual se trabajará la topología, seleccionando *Import*, y en la ventana que se desplegara el archivo que se copiará.
- Posteriormente pregunta por las coordenadas verticales, las cuales corresponden a los valores dados por elevaciones, pero sólo se modifican cuando se trabaja un archivo 3D.
- La última ventana corresponde a la tolerancia, pero se conservará tal cual, para no alterar el archivo.

Ahora se ha creado el *Feature Dataset* (Figura 27).

Figura 27. Generación de un *feature dataset*.



Fuente: *ArcGIS*.

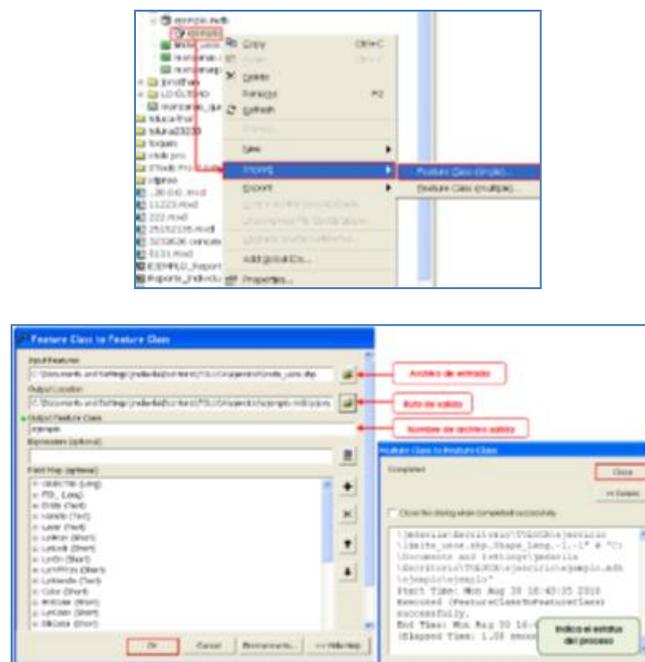
2.3. Importar Feature Class.

Es una colección de elementos de la misma geometría (puntos, polilíneas o polígonos); en el contexto de la topología, es la copia del archivo que se desea corregir, se crea como un complemento dentro de *Feature Dataset* y se hace por medio de una importación de archivos de la siguiente manera:

- Ubicar en *ArcCatalog* la *Feature Dataset* creada anteriormente.
- Presionar el botón derecho del mouse ir a *Import/Feature Class (single)*. Se visualiza un menú en donde se tiene que especificar:
 - El archivo al que se le aplicará la topología.
 - Ruta del archivo que se creará.
 - Nombre que se desea dar a la copia.
 - Se acepta el proceso.

Al final, se generará una copia del archivo dentro de la *Feature Dataset* para poder ser corregida (Figura 28).

Figura 28. Generación de un *feature class*.



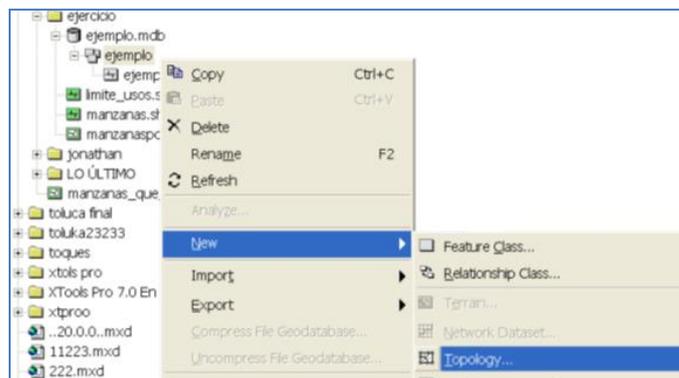
Fuente: ArcGIS.

2.4. Generación de Topologías.

En este paso se creará el archivo que funcionará para agregar las reglas topológicas y validarlas posteriormente. El proceso se realiza de la siguiente manera:

- Ubicar en *ArcCatalog* la *FeatureDataset* creada anteriormente (no confundir con la *FeatureClass* generada en el paso anterior).
- Presionar el botón derecho del mouse y seleccionar las opciones *New/Topology*. De esta manera, comienza el asistente para generar la topología (Figura 29).

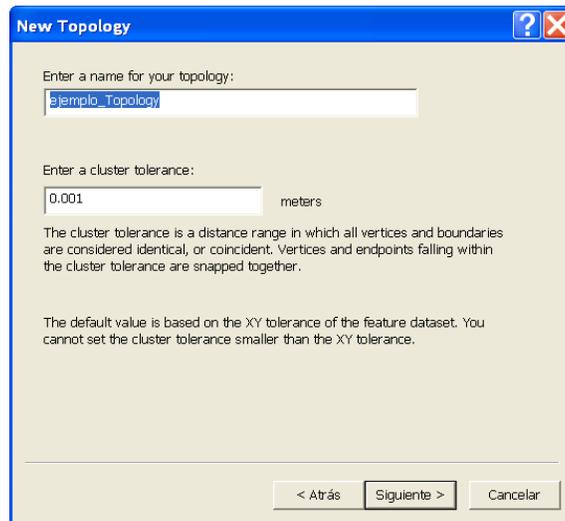
Figura 29. Generación de un archivo de topología.



Fuente: ArcGIS

- En la siguiente ventana (Figura 30) se asigna el nombre que llevará la topología y su tolerancia (como en el paso anterior, la tolerancia no se modifica).

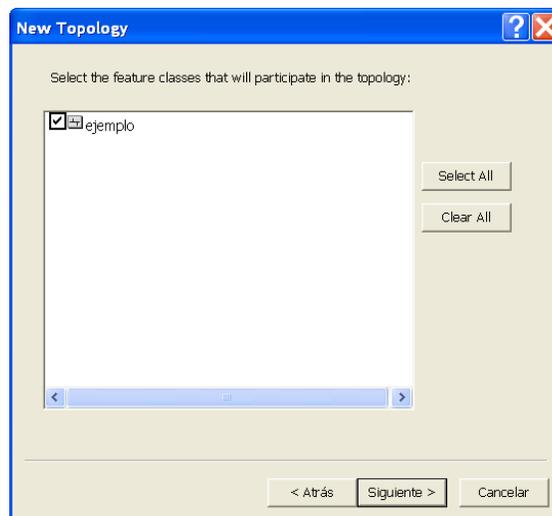
Figura 30. Asignación de nombre y tolerancia a la topología.



Fuente: ArcGIS.

- Al presionar Siguiete, se selecciona la capa a la cual se le aplicará la topología (Figura 31).

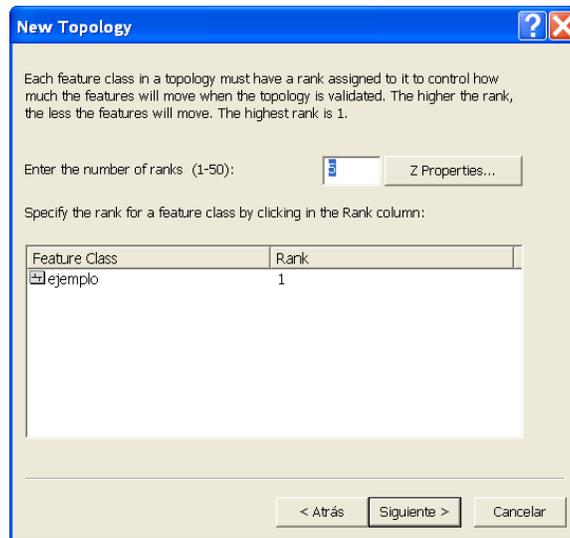
Figura 31. Selección de la capa.



Fuente: ArcGIS.

- En la siguiente ventana (Figura 32) se solicitan los requerimientos para coordenadas verticales, como anteriormente se mencionó, tampoco se modifica.

Figura 32. Coordenadas verticales.

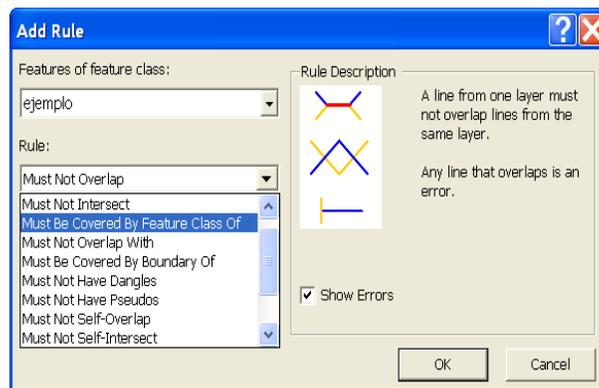


Fuente: ArcGIS.

- En la última ventana se desplegará el resumen de los ajustes del proceso y las reglas seleccionadas.
- A continuación se preguntará si se desea validar la topología, se elige la opción Aceptar.

Antes de pasar al proceso de validación, es importante señalar las reglas topológicas que se aplican a las capas geográficas para poder descubrir errores de edición y corregirlos posteriormente (Figura 33).

Figura 33. Selección de reglas topológicas.



Fuente: ArcGIS.

Dependiendo del tipo de geometría de la capa (polilínea o polígono) se aplicarán las siguientes reglas:

- Polilíneas

Overlap: Sucede cuando dos líneas de la misma capa geográfica o *shapefile* (*shp*.) quedan sobrepuestas, con lo cual no se percata el error a simple vista.

Dangles: Es cuando una línea del mismo *.shp* no se cierra, quedando un vector suelto. Este puede exceder o no a la intersección con la cual se pretende unir.

- Polígonos

Overlap: Un polígono del mismo *.shp* no puede sobreponerse a otro polígono.

Gaps: No deben de existir espacios vacíos entre los polígonos del mismo *.shp*.

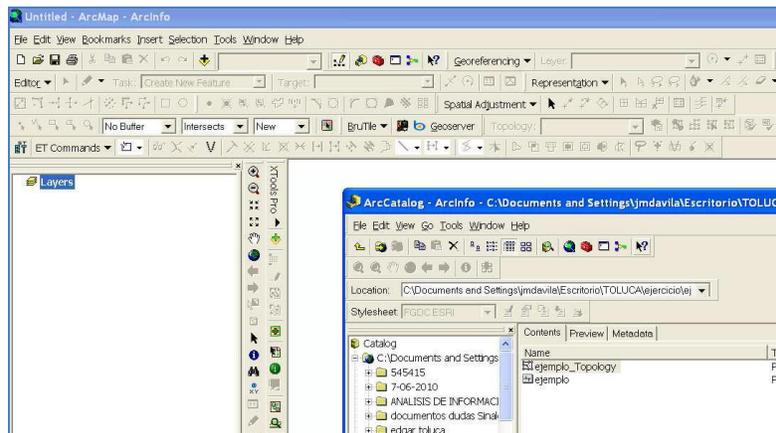
Cada error se corrige dependiendo de la geometría en la que se encuentra. A continuación se mencionarán los procedimientos para corregir los errores de las diferentes geometrías de una capa geográfica.

2.5. Corrección de errores de polilíneas.

Para la corrección de errores encontrados en polilíneas, se emplea el siguiente procedimiento.

- Ubicar en *ArcCatalog* la topología recién creada y agregarla a *ArcMap*, se pregunta si se desea agregar todos los elementos contenidos en la topología y se elige Aceptar (Figura 34).

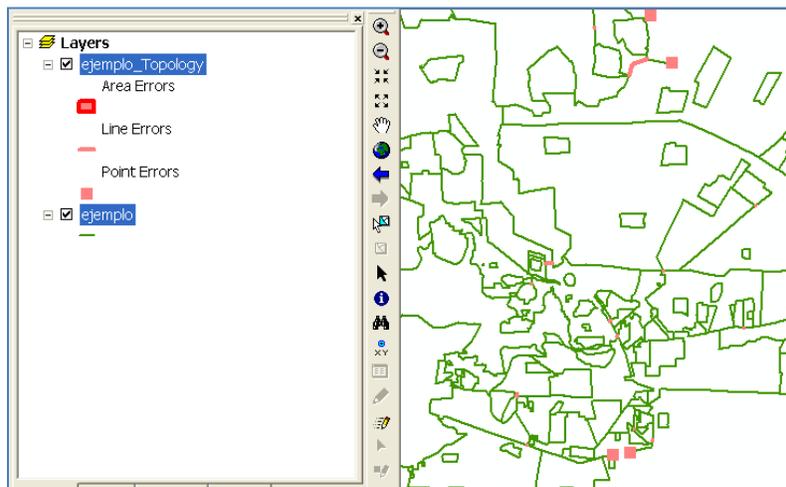
Figura 34. Agregar la geodatabase a ArcMap.



Fuente: ArcGIS.

- En el área de visualización se verá el *shape* a trabajar junto con la simbología de los errores (polígonos, líneas y puntos) (Figura 35).

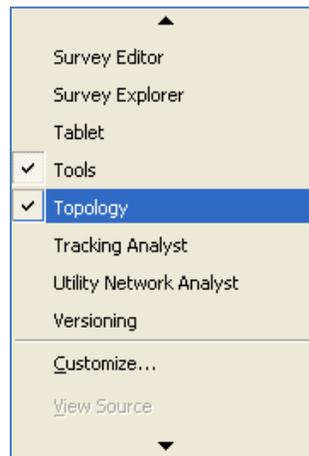
Figura 35. Visualización de la geodatabase en ArcMap.



Fuente: ArcGIS

- Para poder empezar a corregir, se necesita iniciar la edición, y en caso de que no aparezca la barra de herramientas “Topology”, se hará clic derecho en el Menú y se seleccionará la barra de tareas “Topology” (Figura 36).

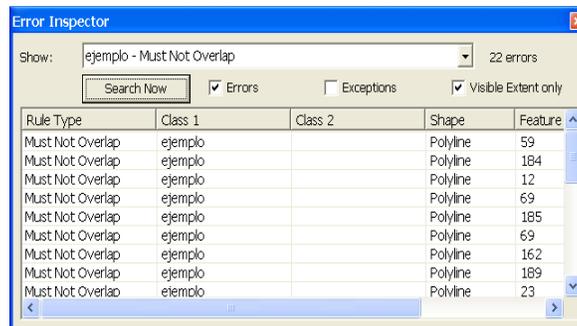
Figura 36. Visualizar la barra de herramientas para la topología.



Fuente: ArcGIS.

- Una vez activada la barra, se hace clic en *Error inspector* y se desplegará una ventana con un listado de todos los errores que se hayan encontrado (Figura 37), en función de las reglas topológicas que se seleccionen.

Figura 37. Inspector de errores topológicos.



Fuente: ArcGIS.

Para corregir errores por *Overlap*:

- Se selecciona un error, se presiona el botón derecho del mouse y se elige *Pan To* (Figura 38), lo que permitirá visualizar el error.

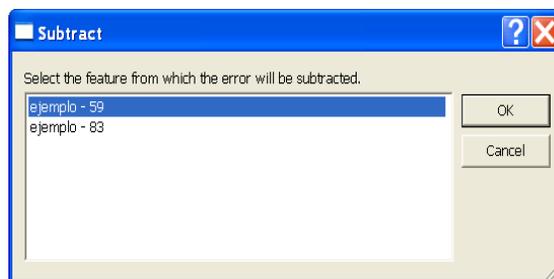
Figura 38. Visualización de un error topológico.



Fuente: ArcGIS.

- Al visualizar el error se hará clic derecho de nueva cuenta en el registro seleccionado (Figura 39) y se erigirá *Subtract*.

Figura 39. Eliminar un error topológico.



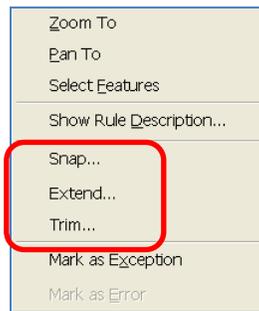
Fuente: ArcGIS.

- Se abrirá una ventana donde se pregunta qué línea perteneciente a que geometría se quiere eliminar, se selecciona y se elige *OK*. Ha quedado eliminada.

Para corregir errores por *Dangles*:

Hay tres tipos de corrección: *Snap*, *Extend* y *Trim* (Figura 40). Cada uno funciona como sigue.

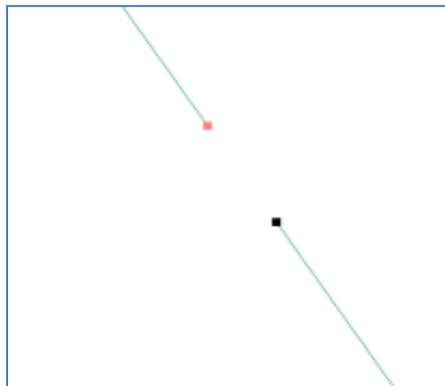
Figura 40. Submenú de herramientas para corrección de errores por *dangles*.



Fuente: ArcGIS.

- Para la corrección por *Snap* (Figura 41), el vector suelto buscará automáticamente el vector más próximo, no necesariamente seguirá la forma correcta, por lo que en esos casos habrá que corregirse manualmente

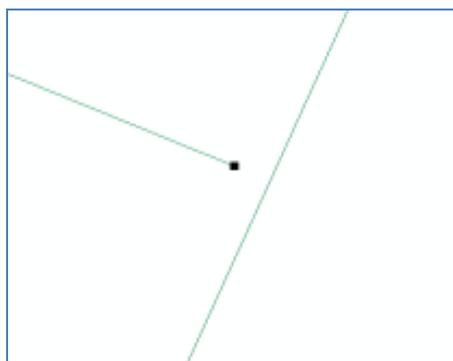
Figura 41. Herramienta para buscar el vector más próximo.



Fuente: ArcGIS.

- La corrección empleada por *Extend* (Ilustración 42), ampliará automáticamente la longitud de la línea en la misma dirección hasta que intersecte con otra línea.

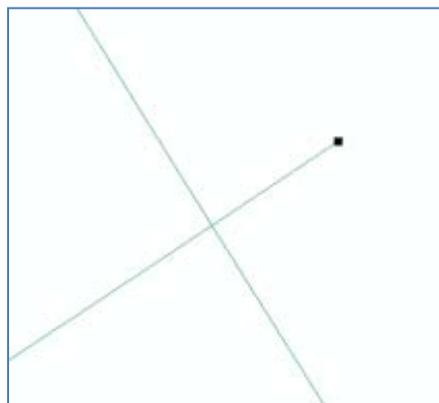
Figura 42. Herramienta para la ampliación de la longitud de una línea.



Fuente: ArcGIS.

- La opción de corrección por *Trim* (Figura 43), se utiliza cuando el error excede la intersección de la figura y su función es disminuir la longitud hasta intersectar con algún vector de la línea.

Figura 43. Herramienta para el corte de una línea.



Fuente: ArcGIS.

Este es el procedimiento para corregir errores de Polilíneas, dependiendo de la situación del error se erigirá la opción más adecuada para solucionarlo. Ahora se explicará el procedimiento para corregir geometrías de polígonos.

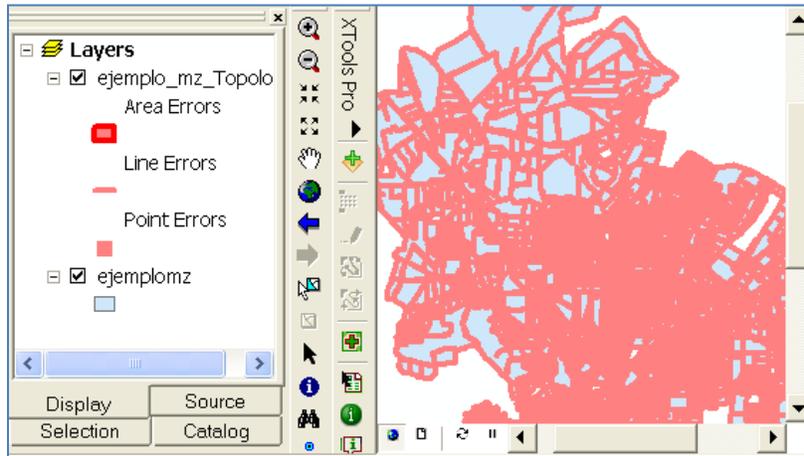
2.6. Corrección de errores de polígonos.

Para poder realizar la corrección de errores a geometrías de polígonos, se realiza el siguiente procedimiento.

- Ubicar en *ArcCatalog* la topología recién creada y agregarla a *ArcMap*, se pregunta si se desea agregar todos los elementos contenidos en la

topología y se elige Aceptar. En el área de visualización (Figura 44) se verá el *shape* que se trabajará junto con la simbología de los errores (polígonos, líneas y puntos).

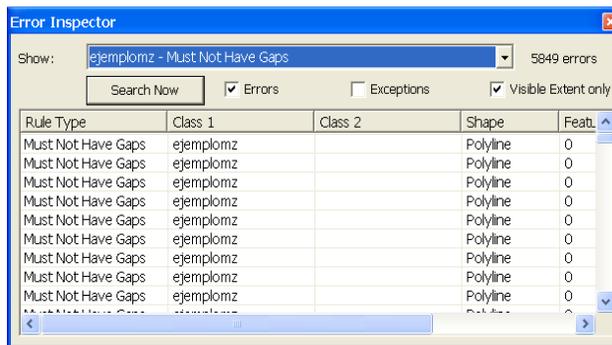
Figura 44. Visualización de errores topológicos en polígonos.



Fuente: ArcGIS.

- Para poder empezar a corregir, se necesita iniciar la edición, y en caso de que no aparezca la barra de herramientas “Topology”, se hará clic derecho en el menú y se seleccionará la opción. Una vez activada la barra, se hace clic en el *Error Inspector*, se abrirá una ventana con un listado de todas las faltas que se hayan percibido (Figura 45), dependiendo de las reglas topológicas que se seleccionen.

Figura 45. Inspector de errores para polígonos.



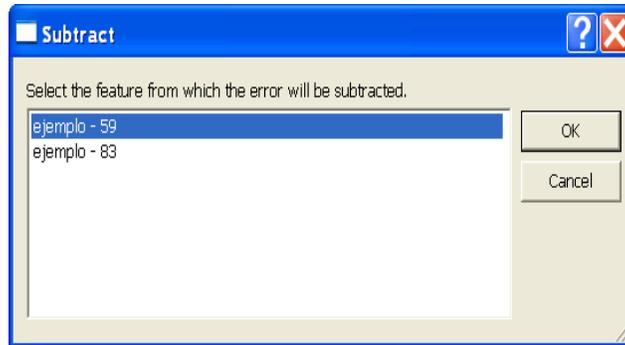
Fuente: ArcGIS.

Para corregir errores por Overlap:

- Al visualizar el error se hará clic derecho y se seleccionara la opción *Subtract*. Se abrirá una ventana donde se preguntará por el área

perteneciente a que geometría se requiere eliminar (Figura 46), se selecciona y se acepta.

Figura 46. Corrección de errores por polígonos sobrepuestos.

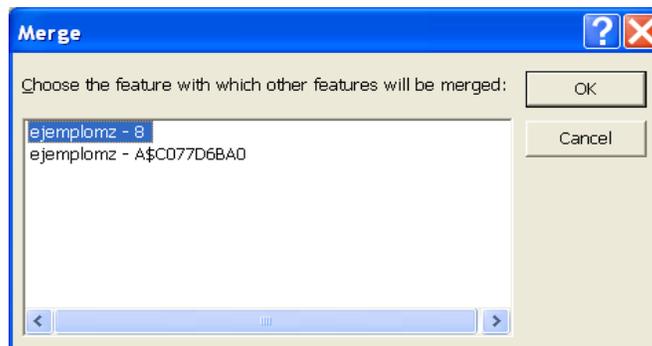


Fuente: ArcGIS.

Para corregir errores por Gaps:

- Como anteriormente se mencionó, los *Gaps* son los huecos que puede haber entre dos polígonos del mismo *.shp. Se corrigen seleccionando el hueco y a continuación se dirige el puntero del mouse a la barra *Editor* y se selecciona la opción *Merge*. Una vez ahí se mostrarán en lista las opciones de polígonos que tiene el hueco para unirse (Figura 47). Seleccionar el polígono al cual se anexará y dar clic en *OK*.

Figura 47. Corrección de errores por huecos.



Fuente: ArcGIS.

Con lo anterior, dan por terminados los procesos de corrección de errores por topología. El último paso para dar por terminada la edición de capas geográficas es la extracción de datos.

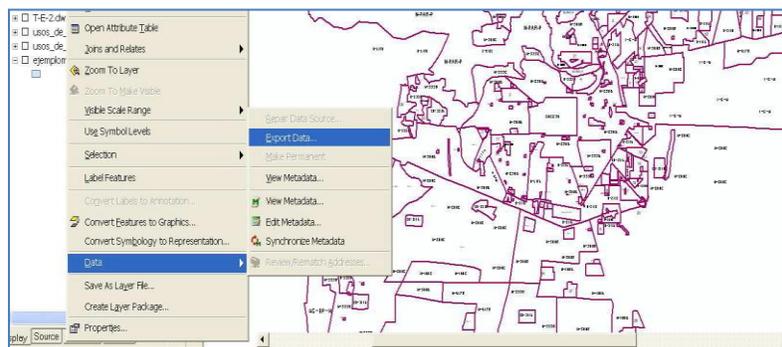
2.7. Exportar información.

Una vez que se hizo la corrección topológica es necesario que se guarden los cambios, para lo cual se traslada el puntero del mouse a la barra de *Editor* y se elige *Save Edits*. Con lo anterior, los cambios han quedado guardados.

El último paso es crear un nuevo *shape* a partir de la corrección topológica mediante el siguiente proceso (Figura 48):

- Se posiciona el puntero del mouse en el *shape* de la corrección en la tabla de contenidos de *ArcMap*, se hace clic derecho y se elige *Data/Export Data*.
- En caso de omitir este paso no se podrá trabajar con la corrección, debido a que los *shapes* que genera la topología son sólo copias de los originales y están dentro de la Geodatabase.

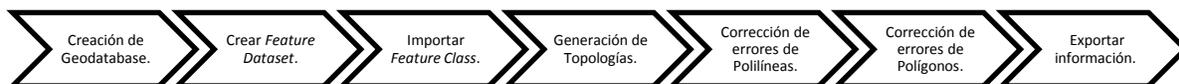
Figura 48. Extraer la capa corregida de la geodatabase.



Fuente: ArcGIS.

Con esto se da por concluido el proceso por el cual las capas geográficas son tratadas por los técnicos de *MapData*, antes de ser utilizadas para otros procesos de tipo informáticos, mismo que se resume en el siguiente diagrama.

Cuadro 3. Procesos para la limpieza topológica de una capa.



Fuente: Elaboración propia.

Este proceso se aplica a las capas geográficas que llegan a la empresa, para así asegurar una veracidad y limpieza total de los datos finales que se visualizarán en un SIG, en proyectos estatales o privados.

CAPITULO 3. GENERACIÓN DE CARTOGRAFÍA TEMÁTICA: INVESTIGACIÓN DE MERCADO GRUPO IDM S.A. DE C.V.

En este capítulo, se trata sobre una aplicación de reciente creación dentro del ámbito de la Geografía y los negocios, y que cada vez es ofrecido más frecuentemente por empresas de investigación de mercados: el *Geomarketing*.

Grupo IDM ofrece dentro de sus servicios esta herramienta, que facilita la toma de decisiones de las empresas que contratan sus servicios. A continuación se presentan algunas consideraciones del tema.

1. GEOMARKETING.

El *Geomarketing* es una aplicación de gran potencial que aporta información para la toma de decisiones de negocio apoyadas en la variable espacial. Nacida de la confluencia del *marketing* y la Geografía, permite analizar la situación de un negocio mediante la localización exacta de los clientes, puntos de venta, sucursales, competencia, entre otros; localizándolos sobre un mapa digital o impreso a través de símbolos y colores personalizados. Dentro del mundo de la distribución comercial, las técnicas de *Geomarketing* permiten abordar cuestiones críticas y habituales de este sector, que no siempre son atendidas correctamente y podrían resumirse en la siguiente pregunta: ¿quién compra, dónde? (Chasco, 2003: 7).

Otra definición de *Geomarketing* menciona que “es un sistema integrado por datos, programas informáticos de tratamiento, métodos estadísticos y representaciones gráficas destinadas a producir una información útil para la toma de decisiones, a través de instrumentos que combinan cartografía digital, gráficos y tablas” (Latour & Floch, 2001: 8).

De las definiciones anteriores es posible concluir que el *Geomarketing* está relacionado con la comercialización y trata de analizar el comportamiento económico de los individuos, con nociones de espacios.

El *Geomarketing* permite a la empresa conocer mejor su mercado, el desarrollo de mejoras en su rendimiento y reconocer los lugares de mayor potencial de consumo de un producto o servicio.

1.1. Beneficios del Geomarketing.

Entre sus principales beneficios para las empresas, se destacan:

- Optimización de la inversión en acciones de *marketing*.
- Un mayor conocimiento de mercados y la habilidad de focalizar esfuerzos en determinados segmentos del mercado.
- Diseñar zonas de ventas, rutas de despacho, rutas de *merchandising* y rutas de cobranza.
- Visualizar las ventas por cliente, zona de ventas, sectores, parroquias, municipios, poblaciones, estados, y nación, que sirve como insumo para los análisis de las ventas.
- Identificar puntos de ventas, oficinas, sucursales, distribuidores, competencia, etc.
- Localizar oficinas más cercanas, análisis de rutas óptimas y alternativas.
- Determinar el área de influencia para precisar la población a la cual se está cubriendo.
- Responder a preguntas como: ¿Es óptima la localización actual de mi negocio? ¿Dónde se podría ubicar una nueva sucursal? ¿Dónde dirigir una campaña publicitaria?
- Análisis del potencial del mercado – domicilios por rango de ingresos.
- Añadir valor en procesos de marketing directo o de atención al cliente.

Los resultados del *Geomarketing* se plasman en documentos cartográficos elaborados con la tecnología de diversos SIG, que proporciona un excelente resultado visual y una óptima comprensión.

IDM se especializa en este aspecto, que otorga a sus clientes dentro de sus productos ofrecidos, un SIG, que contiene información de diversos competidores comerciales del cliente que lo solicita. Este SIG también incluye mapas temáticos. Para efectos de este informe, sólo se menciona el proceso de elaboración de mapas temáticos, ya que no toda el Área de Cartografía de la empresa tenía acceso a las funciones del SIG de Grupo IDM.

2. MAPAS TEMÁTICOS, USANDO SOFTWARE *MAPINFO*.

Grupo IDM es una agencia de investigación de mercado de servicio completo que ofrece servicios integrales en México, América Latina y Estados Unidos. (especializada en el sector hispano). Sus servicios incluyen estudios de mercado, tanto cuantitativos como cualitativos, análisis de negocios y *Geomarketing* (cartografía digital y la información socio-demográfica).

El área de Cartografía es la encargada de la realización de la cartografía digital, de la cual su principal producto son los mapas temáticos, que son utilizados tanto para trabajo de campo, como también complemento de estudios de mercado

solicitados por diversas empresas. En menor medida, se tenía acceso al SIG IDM, que era creado y programado por otra área. El proceso de elaboración de mapas temático es mencionado a continuación.

2.1. Planificación del Mapa Temático.

Según la ICA (Asociación Internacional de Cartografía, por sus siglas en inglés): “Un mapa temático es aquél que está diseñado para mostrar características o conceptos particulares. En el uso convencional de los mapas, este término excluye los mapas topográficos”. La anterior definición aclara por qué esta actividad utiliza un mapa temático para expresar información.

Antes de crear un mapa temático, es importante saber los elementos que lo forman.

Todo mapa temático está compuesto por dos elementos fundamentales, una base geográfica o mapa base, dada por la escala y la proyección, y una capa de contenido específico o temático.

El mapa base proporciona información espacial sobre la cual referenciar el contenido propio correspondiente a un cierto tema específico. Deberá estar correctamente diseñado e incluir únicamente la cantidad de información necesaria para transmitir el mensaje. Es posible definirlo como una imagen más o menos sintética del territorio, cuyo objetivo es la referenciación geográfica del contenido temático del mapa. En cuanto al contenido temático, son importantes la simplicidad y legibilidad del mismo.

Utilizando el *software MapInfo*, los mapas temáticos se realizan a partir de una base de datos que está asociada a una tabla o archivo de *MapInfo*, conocido como *Table (.tab)*. Para el caso de los mapas temáticos solicitados por Grupo IDM, los elementos para poder generarlos son:

- Índice Socioeconómico por Manzana (NSE), elaborado previamente por diversas áreas de la empresa.
- Capa de AGEB (Área Geoestadística Básica)¹.

¹ Subdivisión de los municipios o delegaciones que conforman el país, utilizada por primera vez en el X Censo General de Población y Vivienda 1980. Su utilidad radica en permitir la formación de unidades primarias de muestreo y la organización de la información estadística. Tiene tres atributos fundamentales:

a) Es perfectamente reconocible en el terreno por estar delimitada por rasgos topográficos identificables y perdurables.

b) Por lo general es homogénea en cuanto a sus características geográficas, económicas y sociales.

c) Su extensión es tal que puede ser recorrida por una sola persona.

Las AGEB se clasifican en más y menos urbanizadas, dependiendo de su densidad de viviendas (INEGI, 2014).

- Capa de Ejes Viales.
- Capa de Localidad Urbana.

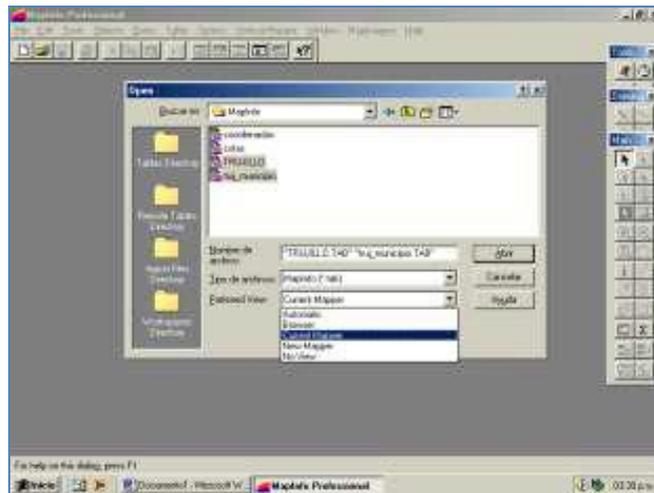
Las capas geográficas de AGEB, Ejes Viales y Localidad Urbana, fueron adquiridas en el INEGI, en formato *Shapefile (.shp)*. Para su tratamiento en *MapInfo*, se transformaron a formato *Table (.tab)*, y se utilizó la herramienta *Universal Translator*. El trabajar con este formato permite su utilización en el software *MapInfo*, que ofrece un mejor manejo de datos estadísticos y una generación de mapas temáticos más ágil y precisa que utilizando *ArcGIS*.

2.2. Elaboración de Mapas Temáticos.

Al contar con todos los elementos anteriores, se procede a la elaboración de los mapas temáticos. El proceso es el que sigue:

- Abrir el archivo que contiene la base de datos a utilizar; desde la función *File*, posteriormente se selecciona *Open Table* (Figura 49).

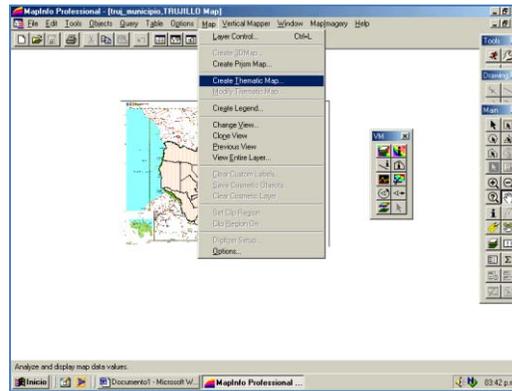
Figura 49. Abrir capa.



Fuente: *MapInfo*.

- Buscar de la barra principal la función *Map* y elegir *Create Thematic Map* (Figura 50).

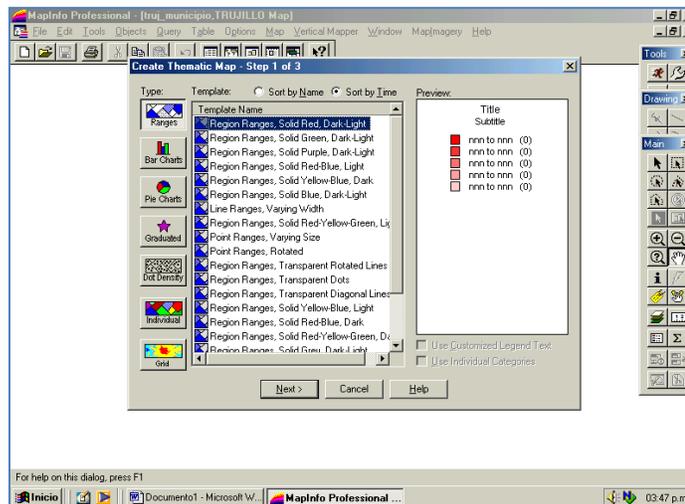
Figura 50. Función para crear mapas.



Fuente: MapInfo.

- Posteriormente, aparecerá un cuadro que permite elegir el tipo de representación más adecuado a la variable a representar. Siguiendo el fin de este informe, la opción elegida para la representación de la información necesaria para IDM, es Rango de Colores o *Region Ranges* (Figura 51), ya que permite poder visualizar la gama de colores elegida para el NSE.

Figura 51. Elección de tipo de mapa.



Fuente: MapInfo.

El NSE que emplea IDM “es conocido como Regla 13x6. Ésta clasifica a los hogares en seis niveles a partir de un árbol de asignaciones considerando 13 variables:

- (1) Escolaridad del jefe del hogar
- (2) Número de habitaciones
- (3) Número de baños con regadera
- (4) Tipo de piso
- (5) Número de focos
- (6) Auto
- (7) Boiler o calentador,
- (8) Lavadora de ropa automática
- (9) Videocasetera
- (10) Tostador de pan
- (11) Aspiradora
- (12) Horno de microondas
- (13) Computadora personal.

A las 13 variables seleccionadas se les asignan puntos considerando el coeficiente de cada uno los valores en una regresión sobre el ingreso familiar” (IDM, 2013).

Los 6 rangos (Figura 52) que resultan de clasificar a los hogares por la posesión de alguna de estas variables, y que representados en el archivo *.tab* NSE que complementa a la creación de los mapas temáticos IDM son los siguientes:

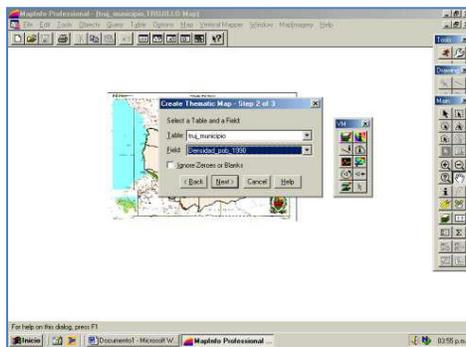
Figura 52. Rangos de Nivel socioeconómico.

NIVEL	PUNTOS
E	Hasta 60
D	Entre 61 y 101
D+	Entre 102 y 156
C	Entre 157 y 191
C+	Entre 192 y 241
A/B	Entre 242 y más

Fuente: IDM.

- Posteriormente aparece un cuadro de diálogo en el que se indicará la tabla y el campo que se desea representar. Se elegirá la tabla de Índice Socioeconómico y el campo IND (Figura 53), que contiene los valores de los niveles socioeconómicos de cada manzana. Estos valores son dados por el nivel socioeconómico de los hogares más repetido en la manzana.

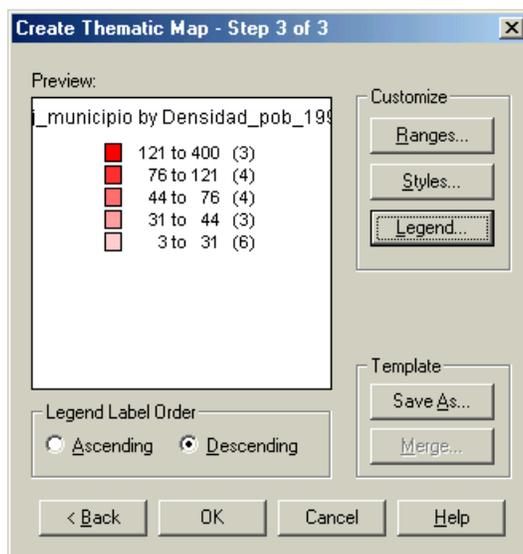
Figura 53. Elegir tabla y campo.



Fuente: MapInfo.

- Posteriormente aparece un cuadro de diálogo para determinar las características visuales del mapa temático, y con las opciones para cambiar el estilo y tipo de leyenda (Figura 54). Para la construcción de los mapas IDM, solamente se eliminan de la leyenda el número de registros que contiene cada rango de colores. Los colores utilizados en la capa NSE, aparecen por defecto, no es necesario modificar esta opción.

Figura 54. Características de la leyenda de los mapas.



Fuente: *MapInfo*.

- Al dejar sin modificar los rangos y adecuar la leyenda, se presiona el botón OK. El mapa temático de rangos de IDM se desplegará en la pantalla (Figura 55).

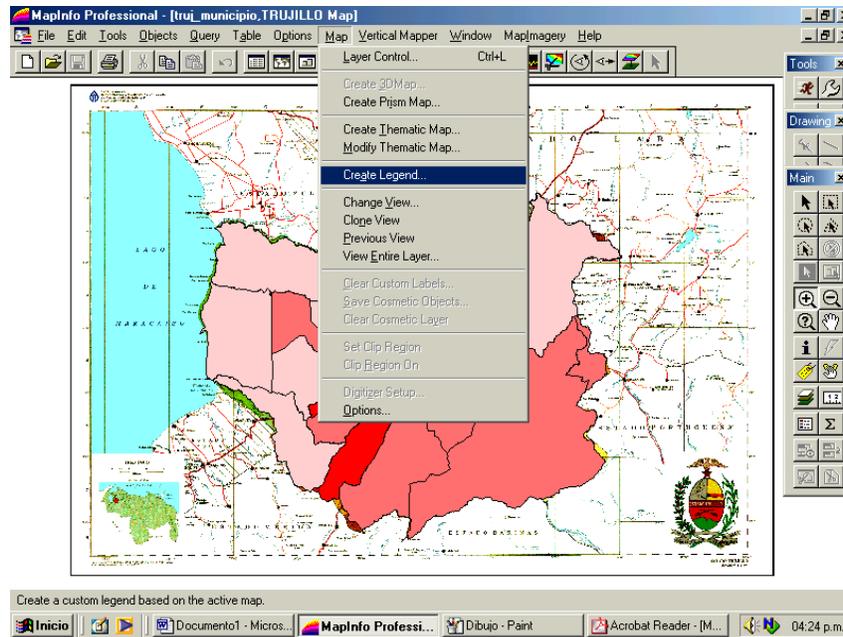
Figura 55. Ejemplo de mapa temático concluido.



Fuente: *MapInfo*.

- Para poder crear una leyenda en el mapa, se elige desde la barra principal las funciones del mapa, *Map*, y se selecciona *Create legend* (Figura 56).

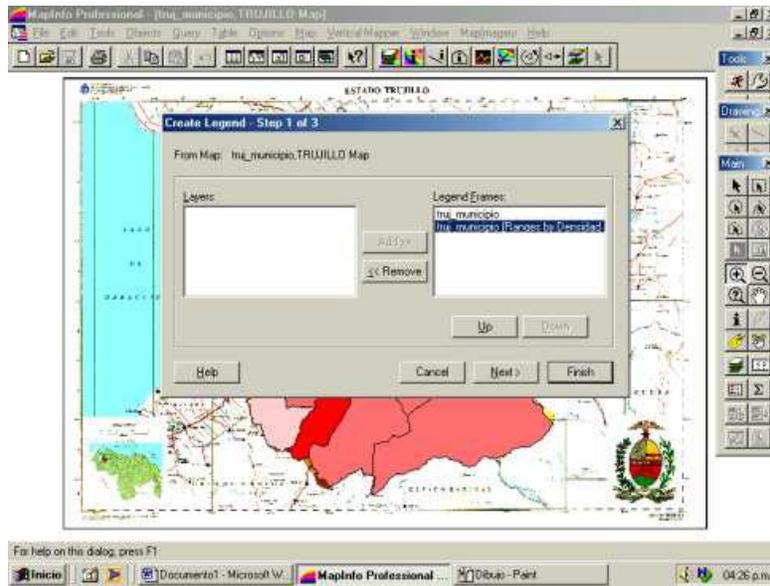
Figura 56. Menú de características de los mapas.



. Fuente: *MapInfo*.

- Aparece una ventana de diálogo, para elegir lo que se quiere representar en la leyenda (Figura 57), en este caso la leyenda del mapa de Índice Socioeconómico IDM que contiene los rangos y colores que representan el nivel socioeconómico. Se presiona la tecla *Next* para el siguiente paso.

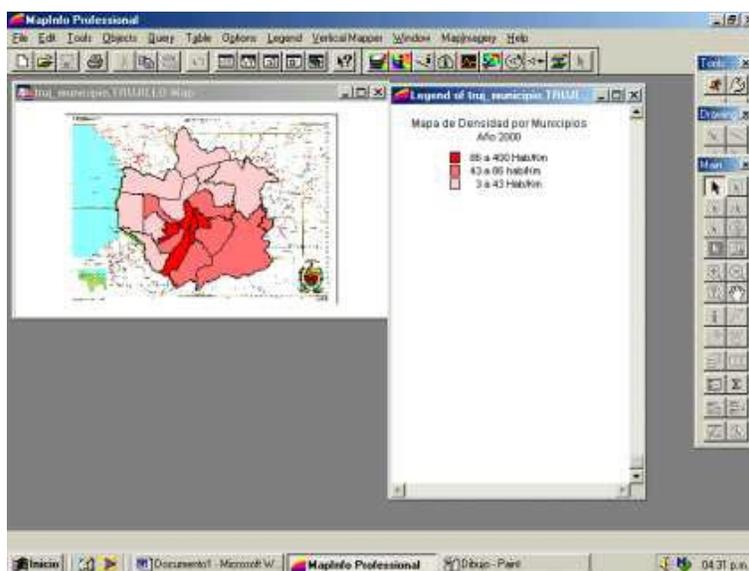
Figura 57. Opciones de la leyenda del mapa.



Fuente: *MapInfo*.

- Por último, aparece una ventana para elegir los estilos de la leyenda (tipo de letra, color, tamaño, etc.), el cual se deja sin modificar, se presiona el botón Siguiente. Posteriormente, se despliega otra ventana, donde se resumirán las opciones elegidas, se presiona el botón Finalizar. Dando así como resultado una ventana que será la leyenda del mapa temático (Figura 58).

Figura 58. Mapa temático concluido con leyenda.



Fuente: *MapInfo*.

Este proceso es aplicado para cada mapa temático solicitado por el cliente que contrata los servicios de la empresa. En algunos casos, estos mapas temáticos son fabricados para proporcionar a los encuestadores del Departamento de Campo IDM, una referencia geográfica sobre la ubicación de los AGEB's que deben recorrer al realizar levantamiento de precios de productos que representan una competencia economía para los clientes que contratan los servicios de IDM. Para este fin, los mapas temáticos carecen de leyenda, mostrando solamente los colores representativos del NSE, nombre de localidad, numero de manzana y clave de AGEB.

Los mapas para levantamientos son impresos en tamaño carta, y llevados posteriormente al área de campo de IDM para la repartición de la carga de trabajo.

CONCLUSIONES.

Este informe presenta una parte de las actividades y procesos que realizan actualmente algunos de los egresados y/o titulados de la Licenciatura en Geografía, en donde se utilizan Sistemas de Información Geográfica (SIG).

Los SIG, son una herramienta de apoyo de la Geografía, que ha tenido un desarrollo importante en los últimos 50 años, desde su implementación en diversos proyectos obedecen a necesidades de administrar información geográfica, para la mejor toma de decisiones.

Sus componentes han evolucionado gracias a los avances en las tecnologías computacionales y de la información, teniendo como base disciplinas importantes, tales como la Cartografía, la Estadística y el Análisis Espacial.

Es en el análisis espacial en donde los SIG han encontrado un mayor desarrollo y aplicaciones más concretas, para la resolución de problemas de análisis geoespacial. La capacidad de procesar datos geoespaciales con mayor rapidez y precisión, ha permitido a los SIG ser la herramienta más usada en trabajos y proyectos de análisis geoespaciales en varias áreas del conocimiento, como la Mercadotecnia y la Cartografía, permitiendo a los expertos una mayor veracidad en las tomas de decisiones y resultados finales cercanos a la realidad.

El manejo de metadatos es también posible utilizando SIG como medio de manipulación y corrección de los mismos, lo que logra una unificación de criterios y disposiciones de la información, para poder lograr una visualización adecuada y evitar ambigüedades. La difusión de datos geográficos, tanto en el ámbito académico, gubernamental, empresarial y particular de información es posible gracias al uso de estos sistemas.

La edición cartográfica ha encontrado en los SIG una manera simple de poder realizarse, gracias a que la información que entra en un SIG, está dispuesta, de una forma vectorial. Esta forma de representación de información, permite editar, adecuar, y actualizar elementos tales como calles, manzanas y AGEB. El resultado final proporciona veracidad en la información con que la empresa dispone y ofrecer productos competitivos a sus clientes.

Lo anterior ha propiciado en algunas empresas la creación de áreas especializadas en el manejo de SIG, para poder dar tratamiento a los metadatos con los que trabajan y para disponer de información vectorial actualizada, que pueda ser representada en cartografía temática o también comercializada a otras empresas que la requieran.

La Mercadotecnia, ha encontrado en la Cartografía Temática, una herramienta importante en el ámbito espacial, que considera al entorno geográfico como una de las variables a considerar cuando se examina y analiza el mercado.

Los SIG no sólo permiten editar la información vectorial y metadatos, también son capaces de poder relacionar estos dos aspectos del análisis geográfico y representar esta misma relación en un mapa. El poder representar uno o más elementos del espacio geográfico en un mapa es un aspecto básico de la cartografía temática que está comenzando a ser aprovechado en la Mercadotecnia y que da impulso a una nueva herramienta dentro de la misma: el *Geomarketing*.

El *Geomarketing* está relacionado con la comercialización y trata de analizar el comportamiento económico de los individuos, en relación a nociones de espacios. El *Geomarketing* permite a la empresa conocer mejor su mercado, el desarrollo de mejoras en su rendimiento y reconocer los lugares de mayor potencial de consumo de un producto o servicio, haciendo uso de cartografía.

La generación de un mapa temático, no sólo es localizar datos y representarlos en un formato vectorial para relacionarlos. Las nociones básicas de la Cartografía, tales como proyección, escala y sistema de coordenadas, son esenciales para que lo que se busque representar tenga una ubicación espacial más cercana a la realidad y permita tomar decisiones más acertadas.

El geógrafo es parte importante de los procesos mencionados anteriormente, ya que maneja y aplica los conocimientos adquiridos durante la licenciatura, para poder construir, ayudado por los SIG, productos cartográficos adecuados para las necesidades de información espacial que solicitan los clientes que acuden a estas empresas, o, en su defecto, poder editar información vectorial de manera adecuada.

Los Sistemas de Información Geográfica no sólo han creado un nuevo nicho en el campo laboral del geógrafo, sino además, una nueva forma de especialización laboral que hoy en día es cada vez más demandada por empresas de diversa índole.

BIBLIOGRAFÍA

- BOCCO, G. (1999). *Apuntes del Curso de Análisis Geográfico*. Posgrado en Ciencias Biológicas. Universidad Nacional Autónoma de México.
- BOSQUE, Joaquín. (1992). *Sistemas de Información Geográfica*. Rialp. S.A. Madrid. España.
- BUZAI, Gustavo. (2000). *La Exploración Geodigital*. Lugar Editorial. Buenos Aires, Argentina.
- BUZAI, Gustavo. (2010). *Geografía y Sistemas de Información Geográfica. Aspectos Conceptuales y Aplicaciones*. Universidad Nacional de Luján. Argentina.
- CASSETARI, E. (1993). *SIG y Medio Ambiente Principios Básicos*. Universidad de Cádiz. España.
- CHANG, Kang-tsung (2004). *Introduction to GIS*. McGraw-Hill. Estados Unidos.
- CHASCO Irigoyen, Coro (2003). *El geomárketing y la distribución comercial*. Revista Investigación y Marketing (79): pp. 6-14. Madrid, España.
- DOMINGUEZ, Javier (2000). *Breve Introducción a la Cartografía y a los Sistemas de Información Geográfica (SIG)*. Informes Técnicos Ciemat, nº 943. Octubre, 2000. Ciemat (Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas). Ministerio de Ciencia y Tecnología. Madrid, España.
- FLAMENCO, Alejandro (2002). *Sistemas de información geográfica. Ecofronteras* (No. 17), 5-12. El Colegio de la Frontera Sur. México.
- GOMEZ, Francisco Javier (1992). *Los Sistemas de Información Geográfica. Su importancia y su utilidad en los estudios medioambientales*. Cuadernos de Sección. Historia 20. P.455-465. Sociedad de Estudios Vascos. España.
- GOMEZ, Monserrat & BARREDO, José I. (2006). *Sistemas de Información Geográfica y evaluación multicriterio en la ordenación del territorio*. Alfaomega. México D.F.
- GOODCHILD, Michael & HAINING, Robert P. (2005). *SIG y análisis espacial de datos: perspectivas convergentes*. Investigaciones Regionales. 6 – Páginas 175 a 201.
- LATOUR, P & LE FLOCH, J. (2001). *Géomárketing: principes, méthodes et applications*. Éditions d'Organisation. Paris
- MAGUIRE, David J. (1986). *Computers in Geography*. Longman Scientific and Technic. Reino Unido.

- MADRID, A. & ORTIZ, L. (2005). *Análisis y síntesis en cartografía: Algunos procedimientos*. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Humanas. Departamento de Geografía. Colombia.
- MARTIN, David (1991). *Geographic Information Systems and their socioeconomic applications*. Routledge. Londres, Reino Unido.
- OLAYA, Víctor (2010). *Sistemas de Información Geográfica*. Universidad de Extremadura, España.
- STAR, Jeffrey & ESTES, John (1990). *Geographic Information Systems: An Introduction*. Prentice-Hall. Estados Unidos.

RECURSOS DE INTERNET.

<http://www.esri.es/es/> mayo de 2014

<https://www.arcgis.com/features/> mayo de 2014

http://roqueleal.weebly.com/uploads/7/0/0/1/700109/manual_mapinfo.pdf mayo de 2014

<http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/aspectosmetodologicos/glosarios/default.aspx> mayo de 2014

<http://www.idm.com.mx/index.html> mayo de 2014

<http://www.pb.com/> mayo de 2014

https://www.census.gov/history/www/innovations/technology/dual_independent_map_encoding.html mayo de 2014