

**ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DE MADERAS TROPICALES (OIMT)
UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN SIMON (UMSS)
ESCUELA DE CIENCIAS FORESTALES (ESFOR)
PROGRAMA DE POSTGRADO EN MANEJO SOSTENIBLE DE BOSQUES TROPICALES
CURSOS DE ESPECIALIZACIÓN**

*Curso de Especialización en manejo Sostenible de Bosques
tropicales*

Modalidad Semipresencial

MATERIAL DIDÁCTICO DEL CURSO DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA Y DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

(Curso 2 Módulo I)



ITTO



VICEMINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE RECURSOS
NATURALES Y DESARROLLO FORESTAL



"LA PRACTICA NOS ENSEÑA"

Cochabamba, 29 de septiembre de 2002

(6 Jun. '03
M725

INTRODUCCIÓN

El material brinda a los estudiantes la orientación adecuada hacia la obtención de herramientas e instrumentos de avanzada tecnología para la planificación del manejo de los Recursos Naturales y especialmente de los recursos forestales.

En el manejo de los RRNN, la generación de información a través del análisis de los datos avanza a pasos gigantescos, a tal punto de afirmar que lo que ahora es novedad respecto del manejo de la información en menos de dos años esta será obsoleta. Estos gigantescos avances tecnológicos de la Informática, sin duda están generando también avances en los procesos y métodos de análisis de la información cada vez más veloz, más dinámica y más ejecutiva.

En todo este acelerado progreso, es innegablemente necesario destacar que la gestión de las tecnologías de la información, sin duda alguna, se han convertido en parte esencial de la Ordenación Forestal. En estos casos estas tecnologías exigen inversiones, no solo en la obtención de las mismas, sino también en la capacitación del personal y en el logro y verificación de los datos.

Desde tiempos remotos el manejo de la información siempre ha tenido su importancia preponderante, conocer las características de crecimiento de las masas forestales, los tipos de suelo y de terreno, los costos del aprovechamiento forestal y los mercados forestales son y fueron siempre requisitos esenciales para una gestión forestal rentable.

En la actualidad esta información generada en los Sistemas de Información Geográfica (SIG) reporta grandes ventajas a la hora de tomar decisiones en la planificación local, regional nacional e internacional, para este cometido existen diferentes SIG, cada uno de ellos con sus ventajas, potencialidades y sus debilidades.

Los SIG, son un conjunto de programas que permitan almacenar, modificar y relacionar cualquier tipo de información espacial. Son herramientas útiles en la valorización y manejo de RRNN, en particular el forestal debido fundamentalmente a que una característica principal de la información relacionada al recurso, es que está ubicado en algún punto de la tierra, es decir tiene una referencia geográfica y al mismo tiempo tiene un contenido alfanumérico.

Por otro lado también son Instrumentos para perfeccionar la planificación estratégica forestal, puede emplearse como instrumento de simulación para coadyuvar en la toma de decisiones, sin embargo, los SIG solo serán útiles en la medida en que sean utilizados por los mismos técnicos forestales, esto significa que todo el personal forestal profesional (incluidos los directivos) debe recibir al menos la capacitación sobre los SIG.

Paralelamente a este estudio, se reconoce que los sistemas de posicionamiento global son una herramienta fundamental, en los trabajos de campo y son además un elemento especial para la planificación de recursos forestales, principalmente para determinar la ubicación geográfica, para la georeferenciación de imágenes, cartas y fotografías, para el diseño de los inventarios forestales, caminos, censos forestales y otras actividades.

Por todo esto el presente curso tiene su fundamento en lograr capacidades de análisis de la información forestal y obtener resultados que colaboren en la toma de decisiones en el marco de un Manejo Sostenible de los Bosques Tropicales.

La presentación de mapas temáticos logrados en los SIG permitirán orientar a los profesionales forestales respecto de las potencialidades y ventajas del uso de esta herramienta en los procesos digitales, en el entendido de concebir a cabalidad que la utilidad de un SIG se magnifica cuando las concepciones y sensaciones son precedentemente manejadas por los profesionales forestales y afines.

El sistema semipresencial del curso aporta a una cimentación propia del conocimiento, en consecuencia la auto programación y el control propio del avance de los temas serán bases del aprendizaje y uso de los SIG. La parte presencial reforzara conocimientos adquiridos y servirá de guía para encaminar hacia el uso de estas herramientas a favor del sector forestal.

El material que a continuación se presenta sigue una línea de trabajo sistémico, en el podrán encontrar en orden de importancia los siguientes elementos:

- Disposiciones generales
- El Plan Global
- Los cronogramas general y de clases (semipresencial y presencial)
- Los textos específicos de cada componente del curso
- Las evaluaciones que regentan el curso

Con referencia a los textos cada uno de estos esta conformado por un orden lógico conteniendo: un Índice, introducción, contenidos y la bibliografía, correspondiente a la temática. Documentos complementarios de lectura se dispondrán en el CD, los mismos reforzaran lo aprendido de los textos base entregados en formato impreso.

El alumno debe cumplir con la asistencia a las clases presenciales por dos razones. Estas sitúan al estudiante en disposición de demostrar el fruto del esfuerzo personal, y este conocimiento y/o habilidades poder ser evaluado. La puntualidad en las clases presenciales es fundamental para el buen funcionamiento y desenlace de las prácticas.

Las evaluaciones en las clases presenciales tendrán un valor de 30% (teórico -prácticos), los cuales se lograrán mediante ejercicios de aplicación en ambas temáticas.

El examen final (27 de octubre) tendrá una validez del 25% de la nota final y los resultados del total de evaluaciones se podrá verificar de manera individual, en Internet en el área académica de la pagina web del programa: www.postgradoesfor.umss.edu.bo



LA PRÁCTICA NOS ENSEÑA

ESFOR/UMSS



VICEMINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE RECURSOS
NATURALES Y DESARROLLO FORESTAL



ITTO

**ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DE MADERAS TROPICALES
UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN SIMÓN**

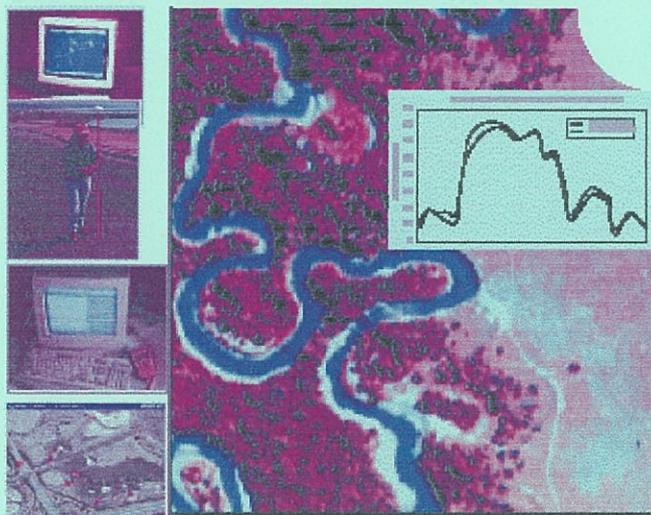
**ESCUELA DE CIENCIAS FORESTALES
PROGRAMA DE POSTGRADO**

**ESPECIALIZACIÓN EN MANEJO SOSTENIBLE
DE BOSQUES TROPICALES**

**PLAN GLOBAL DEL CURSO
SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRAFICA
Y DE POSICIONAMIENTO GLOBAL**

Cochabamba, Septiembre 2002

**ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DE MADERAS TROPICALES (OIMT)
UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN SIMON (UMSS)
ESCUELA DE CIENCIAS FORESTALES (ESFOR)
PROGRAMA DE POSTGRADO EN MANEJO SOSTENIBLE DE BOSQUES TROPICALES
CURSOS DE ESPECIALIZACION**



FUNDAMENTOS BASICOS DE LOS S.I.G.

(Material del Curso 2 Modulo I)

Gustavo Guzmán Torrez



ITTO



VICEMINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE RECURSOS
NATURALES Y DESARROLLO FORESTAL



LA PRACTICA NOS ENSEÑA

Cochabamba, 29 de Septiembre de 2002

1.- IDENTIFICACIÓN

Nombre del Curso	: Sistemas de Información Geográfica y de Posicionamiento Global
Código	: SIG - 012
Carrera	: Escuela de Ciencias Forestales
Programa	: Postgrado en Manejo de Bosque Tropical
Modulo	: Sistemas de Información Geográfica
Nivel	: Especialidad
Pre-requisito	: Haber aprobado el examen de ingreso a la especialidad.
Carga horaria y créditos	: 40 horas semanales. La dedicación es exclusiva y requiere del participante desarrollar de manera individual y de forma autónoma el estudio de los casos. : No. de Créditos: 3 SEMIPRESENCIAL : No. de Créditos: 1 PRESENCIAL
Total Horas: 160	: No. de Créditos: 4
Horario	: Lunes a Domingo según disponibilidad de tiempo del postgraduante para el caso semipresencial y según fechas definidas en el caso presencial
Aulas para las prácticas	: Gabinetes de PMF y SIG (PEMBT)
Lugar de consulta	: Postgrado de Especialización de Manejo de Bosque Tropical. Tel/fax 4293715 - 4246956. Casilla 447 mailto:pembt@supernet.com.bo http://www.postgradoesfor.umss.edu.bo/
Fecha de presentación del plan	: Septiembre 2002

2.- JUSTIFICACIÓN

Para la planificación y manejo de los recursos forestales es importante y necesario que los profesionales forestales apliquen las técnicas para ubicar, manejar, analizar y presentar todo tipo de información haciendo uso de los Sistemas de Información Geográfica. Por otro lado los Sistemas de Posicionamiento Global son una herramienta fundamental en los trabajos de campo para la planificación del manejo de los recursos forestales, especialmente para determinar la ubicación geográfica, para el diseño de los inventarios forestales, caminos, censos, aprovechamiento.

Así entonces, es necesario brindar los conocimientos necesarios para ubicar, manejar, analizar y presentar este tipo de información haciendo uso de las últimas herramientas que se disponen: los Sistemas de Información Geográfica

Siendo los SIG un instrumento de ayuda a la toma de decisiones, relacionadas con la conservación y manejo del recurso forestal, el curso permitira que los estudiantes tengan herramientas o instrumentos para monitorear, gestionar el inventario de datos y también generar y/o crear otra información valiosa en el manejo forestal.

Por las características del curso semipresencial, docentes y estudiantes estrecharán las distancias a través del uso de medios comunicativos, tales como el correo, fax telefono y el e_mail, y el material impartido el primer día de compartir experiencias.

Docentes y coordinadores académicos del programa ofertarán servicios de consultas y orientación para resolver dudas y alimentar la construcción de su conocimiento. Además de que el estudiante se responsabiliza de su aprendizaje con toda autonomía el mismo determina, cuando, como y donde se realiza este su aprendizaje.

En las clases presenciales se dará énfasis a la valoración del aprendizaje con la retroalimentación y las prácticas evaluativas.

3.- PROPOSITOS

A nivel global, los propósitos planteados son: que el estudiante de la especialidad al terminar el curso, sea capaz de utilizar las herramientas necesarias para manejar la información que puede ser suministrada por los Sistemas de Información Geográfica.

Por otro lado, el mismo debe ser capaz de utilizar los métodos y/o procedimientos para la generación de mapas temáticos para su aplicación al estudio y evaluación de los recursos forestales en la planificación y el manejo.

4.- OBJETIVOS GENERALES

4.1 Sistemas de Información Geográfica: A través de la formación de RRHH, en el manejo de recursos forestales, se pretende contribuir a la formación del estudiante de la Especialidad, haciendo que conozca y comprenda la importancia y los principios fundamentales de los SIG en la generación de mapas temáticos relacionados con los RRNN.

4.2 Sistemas de Posicionamiento Global: Mediante la manipulación de los receptores GPS conocer y utilizar los mismos, para su aplicación al estudio y evaluación de los recursos forestales hacia su planificación y manejo.

5.- UNIDADES DIDÁCTICAS

Los contenidos se han organizado en unidades en función a un curso mensual compartido en un sistema semipresencial de quince días y otro presencial de cinco días, se espera que el estudiante dedique 40 horas semana, de trabajo y estudio independiente en el sistema semipresencial.

Enunciado de las unidades:

Unidad 1: Sistemas de Información Geográfica

Unidad 2: Sistema de Posicionamiento Global

UNIDAD 1 SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA 96 horas semipresencial y 24 horas presencial

a. Objetivo de la unidad

El objetivo de esta unidad estará satisfecho cuando los alumnos al finalizar la misma sean capaces de:

- Aplicar las herramientas de los Sistemas de Información Geográfica, para diseñar y mantener los sistemas de información territoriales y así lograr la creación de mapas temáticos que representen la información real de los recursos forestales.

b. Contenidos

b.1 CONCEPTOS BÁSICOS: INTRODUCCIÓN A SIG

- ⊗ Que es un sistema de Información Geográfica. Definiciones. Componentes y Equipos de un SIG. Ventajas y Desventajas de los SIG.
- ⊗ Tipo de Datos geográficos: vector, raster, raster contra vector y tabular.
- ⊗ Tareas de un SIG / funcionalidades / aplicaciones: Ingreso de datos, Transformación o manipulación de datos, Manejo / administración, consultas / análisis y visualización.
- ⊗ Aplicaciones y proyectos de SIG.

b.2 DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA A UTILIZAR: CAPACIDADES Y APLICACIONES

- ⊗ ¿Qué es ArcView?
- ⊗ La interfaz del programa: Proyectos de arcview, documentos de arcview (Vistas, temas tablas, gráficos, salidas graficas, scripts e imágenes), Extensiones y ayuda, ejemplo.

b.3 INCORPORACIÓN DE INFORMACIÓN EN ARCVIEW

- ⊗ Creación de vistas y temas: incorporación de temas u una vista, tipos de temas y fuentes de datos espaciales para temas.
- ⊗ Operaciones básicas con temas

- ④ Tablas de atributos de los temas
- ④ Proyecciones (referenciación de cartas)
- ④ Grabación de un proyecto
- ④ Propiedades de los temas/ administración del despliegue de los temas: Selección de objetos, definición de un rango de escala para visibilidad de un tema, etiquetado de rasgos de un tema
- ④ Ejercicios: crear un ArcView, importar temas, ordenar temas según finalidad, observar distintas partes del tema.

b.4 CONSULTA Y ANALISIS DE TEMAS/ TRABAJAR CON LOS TEMAS

- ④ Mapeo temático con el editor de leyendas: presentación de los datos espaciales en base a sus valores de atributos, clasificación de los datos, uso de clases / asignación de colores y símbolos, modificaciones de los elementos de la leyenda, otras funciones.
- ④ Ejercicios: activar temas, modificar color, símbolo, textura, clasificar tema, rotular objetos, definir escala de representación.
- ④ Trabajo con datos tabulares: tipo / elementos básicos, uso de tablas, creación de tablas de datos existentes, creación de una nueva tabla, consulta de tablas, principio de base de datos relacionales, creación de gráficos a partir de tablas.

b.5 CREACIÓN Y EDICIÓN DE SHAPEFILES

- ④ Conversión de un tema a shapefile
- ④ Conversión de rasgos seleccionados a shapefiles
- ④ Agregado de atributos / agregado de objetos gráficos
- ④ Edición de shapefiles
- ④ Ejercicio: digitalización sobre pantalla tomando como base una fotografía aérea.

b.6 CONSULTA Y ANÁLISIS DE TEMAS

- ④ Análisis espaciales vectoriales: La extensión: Geoprocessing (unión, recorte), intersección, dissolve, etc.
- ④ Elaboración de salidas gráficas (Layouts): crear una página, flecha, diagrama, fotos, tablas, view-frame, scale, cambiar los elementos.
- ④ Estructura de datos Arc Grid/grillas/manejo de temas de grilla, resolución y tamaño de celda, trabajo con superficies.

b.7 EXTENSIÓN: SPATIAL ANALYST DE ARC VIEW (ANALIZADOR ESPACIAL)

- ④ Conceptos básicos del Spatial Analyst, que es el análisis espacial?, comprensión de los conceptos raster, cuando usar datos raster/ áreas de aplicación del Spatial Analyst.
- ④ Análisis Overlay, Álgebra de mapa, Trabajo con distancias, curvas de nivel y superficies, estructura de datos Arc Grid/ Grillas/ Manejo de temas de grilla.
- ④ Resolución y tamaño de celda, Trabajo con superficies: Creación de curvas de nivel, Pendiente y aspecto sombreado, Hillshading y cálculo de visibilidad.

c. Metodología

La autoformación del alumno en el sistema semipresencial es la metodología base principal de enseñanza y aprendizaje en el presente curso.

La interacción permanente entre el docente y el estudiante generaran acciones tanto para el docente como para el estudiante, el primero para la preparación de guías de practicas y ejercicios, la revisión de tareas logradas de materiales de actualidad y la discusión de problemáticas asociadas al tema de Sistemas de Información Geográfica, y el estudiante, debe cumplir satisfactoriamente con el calendario y/o cronogramas de los diferentes eventos así como alcanzar los resultados de aprobación en cada uno de las evaluaciones (inicial, de formación y el final).

La enseñanza del uso y manejo del software estará apoyada en el sistema semipresencial de un manual o guía de prácticas con pautas descritas para la aplicación en temas forestales.

Para apoyar al alumno en sus estudios, se proporcionará toda una gama de materiales y estrategias de aprendizaje: material de estudio impreso, materiales interactivos en CD, facilitación para conseguir el software y otros.

En el sistema presencial, la orientación al estudiante en sus falencias encontradas será clave en el desarrollo del sistema anterior. Prácticas en software de SIG se desarrollaran siempre en el marco de la solución de problemas forestales en el gabinete SIG del posgrado, cada estudiante contará con un PC y el software respectivo para encontrar soluciones a los problemas planteados utilizando datos reales tomados de los bosques tropicales.

d. Bibliografía específica de la unidad

Alcántara. E. Cortes A. y Chavez M. 1992. *Sistemas de Información Geográfica como base para el análisis de recursos*, Universidad Autónoma Metropolitana - Xochimilco. 37 pp.

Contreras F. 2001. *GPS y Fugawi*. (Material de consulta curso Estadística y Cartografía) Documento de referencia para el curso de especialización PEMBT Cochabamba Bolivia.

Guzmán G. 2001. *Fundamentos básicos del SIG*. Documento de referencia para el curso de especialización PEMBT Cochabamba Bolivia. 32 pp.

Guzmán G. 2001 *Manual Introducción a los SIG y Teledetección (Notas bibliográficas)*. Material preparado para el Curso de pregrado de Ingeniería Forestal de la ESFOR Cochabamba Bolivia. 50 pp.

Leaño. J. 2001. *Manual Básico de Arc View*. Material preparado para el Curso de pregrado de Ingeniería Forestal de la ESFOR Cochabamba Bolivia. 15 pp.

Mehl. H y Mies E. 1997. *Aplicación de la teledetección y de los sistemas de información geográfica en la gestión de recursos naturales. Parte I: Fundamentos teóricos y prácticos*. Curso Internacional de capacitación profesional. German Aerospace Center. DSE. Zschortau. Alemania 437 pp.

Ponce. E y Leaña J. 2001. Introducción a los Sistemas de Información Geográfica. Documento de referencia para el curso de especialización PEMBT Cochabamba Bolivia. 26 pp.

Ponce. E y Leaña J. 2001. Manual del Idrisi. Documento de referencia para el curso de especialización PEMBT Cochabamba Bolivia. 26 pp.

UNIDAD 2
SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL
32 horas semipresencial y 8 horas presencial

a. Objetivos de la unidad

Los estudiantes del Postgrado al final del curso serán capaces de:

- Priorizar y aplicar las opciones requeridas por los receptores de Sistemas de Posicionamiento Global para una buena planificación forestal y así facilitar la recolección de datos e información con el objetivo de posicionar elementos mediante la elaboración de mapas u otros tipos de presentación y también a su utilización.
- Usar esta tecnología para la realización de Inventarios Forestales, determinación de vértices de concesiones forestales y áreas de corta, establecimiento de parcelas permanentes de muestreo (ppm), evaluación del aprovechamiento y ajuste de mapas topológicos.

b. Contenidos

b.1 Introducción

Historia de los sistemas de navegación, Sistemas Inerciales, Radiolocalización, Sistemas basados en satélites, Historia del NAVSTAR-GPS, definiciones del sistema de posicionamiento global.

b.2 Características y Funcionamiento del GPS

Sistema ofrecido por el GPS, configuración del sistema (segmento espacial, segmento de control y segmento del usuario, Determinación de posiciones (pseudo distancias y señales empleadas), Fuentes de error.

b.3 Correcciones Diferenciales

Introducción, correcciones diferenciales de Post proceso, correcciones diferenciales de Tiempo Real, mensaje de navegación, Precisión del sistema GPS (servicio estándar y servicio preciso), equipos (método del receptor y tipos de receptores), Flujo de trabajo, Glonass: el sistema ruso, el concepto GPS-GLONASS.

b.4 Configuración del GPS

Sistema de coordenadas, el Datum, hora UTC (Universal Time Coordinated), unidades de medición.

b.5 Aplicación del GPS

Distintas aplicaciones (aplicaciones en el sector forestal), waypoint, ruta, track y trackback, descarga de la información del GPS al PC, mapeo, georeferenciación y traspaso de la información digital del PC al GPS.

c. Metodología

La interacción entre el docente y el estudiante, que generen de parte del docente, la preparación de guías de prácticas, la revisión de tareas logradas y la discusión de problemáticas asociadas al tema del uso y manejo de Sistemas de Posicionamiento Global, y de parte del estudiante, dar lectura analítica a los documentos referidos a los fundamentos de GPS, cumplir satisfactoriamente con el calendario y/o cronogramas de los diferentes eventos y alcanzar los resultados de aprobación en cada uno de las evaluaciones (inicial, de formación y el final).

Para apoyar al alumno en sus estudios, se proporcionará toda una gama de materiales y estrategias de aprendizaje: material de estudio impreso, materiales interactivos en CD.

En el sistema presencial, las prácticas de manipulación del GPS, la configuración del receptor, la navegación, levantamiento de poligonales serán base para el estudio de los planes generales de manejo y/o los POAF modelo de análisis para los estudiantes.

d. Bibliografía específica de la unidad

Leaño J y Ponce. E. 2001. Sistema de Posicionamiento Global GPS Material preparado para el Curso de pregrado de Ingeniería Forestal de la ESFOR Cochabamba Bolivia. 50 pp.

Ponce. E y Leaño J. 2001. Sistema y Uso del GPS. Documento preparado para el curso de Sistemas de Información Geográfica para el pregrado de la ESFOR Cochabamba Bolivia 42 pp.

6.- ACREDITACION (EVALUACIÓN)

La evaluación del curso se basa en primera instancia en las prácticas específicas a desarrollar por los alumnos. Estos ejercicios se incluyen en cada unidad y requieren generalmente que el alumno realice, analíticamente, proyectos (arc view) con datos esencialmente forestales y levantamientos (GPS) que tengan un enfoque pragmático al Manejo Sostenible de los Bosques, permitan archivos en forma digital según una guía práctica de realización de las mismas, que al finalizar deben ser enviadas al docente responsable para su evaluación sistemática y su posterior devolución para la retroalimentación respectiva.

Esto hace que el alumno pueda saber si su dedicación es o no suficiente y que mejore los resultados, si es necesario, en los próximos trabajos.

En la guía de prácticas se establecen fechas de entrega de los trabajos y/o ejercicios resueltos, estas permitirán que el alumno mantenga un control y orientación del ritmo de trabajo que debería seguir para completar este segundo curso de la especialidad.

Otra forma de evaluar el avance del aprendizaje de los estudiantes estará enmarcado en el desarrollo de las practicas presénciales sean estos en gabinete o en terreno según sea el caso donde se calificará el grado de desempeño de las acciones encomendadas y se evaluarán la participación en la practica, la motivación, los conocimientos adquiridos, aplicados en los ejercicios y el trabajo en equipo. Las practicas de cada materia las evalúa el tutor responsable del mismo y el alumno recibe los comentarios y calificación de estas.

Al final de cada curso se tomara exámenes, el propósito es que el estudiante integre los conocimientos adquiridos a lo largo del proceso de enseñanza-aprendizaje a través de responder problemáticas priorizadas de la temática.

La calificación debe considerar la siguiente estructura:

<i>Trabajos individuales y desarrollo de las guías de ejercicios</i>	<i>45%</i>
<i>Participación en prácticas presénciales</i>	
<i>En gabinete</i>	<i>15%</i>
<i>En campo</i>	<i>15%</i>
<i>Evaluaciones finales del curso ó materia</i>	<i><u>25%</u></i>
<i>Total evaluaciones durante cada curso ó materia</i>	<i>100%</i>

Mayores detalles están contemplados en el reglamento del postgrado.

7. CRONOGRAMA

UNIDAD	TITULO	SEMANA	HORAS	FECHAS	RESPONSABLE
1	Conceptos básicos: introducción a sig, descripción del programa a utilizar: capacidades y aplicaciones, incorporación de información en ArcView, consulta y análisis de temas/ trabajar con los temas, creación y edición de shapefiles, consulta y análisis de temas, extensión: spatial analyst de arc view (analizador espacial)	1ra, 2da y 3ra	104	30 de Septiembre al 16 de Octubre	Julio Cesar Magne y Juan Leaño
2	Introducción, Características y Funcionamiento del GPS, Correcciones Diferenciales, Configuración del GPS, Aplicación del GPS.	4ta	24	17 al 22 de Octubre	Julio Cesar Magne y Juan Leaño
Presencia I	Consultas, preguntas, prácticas, desarrollo de proyectos, simulaciones, estudios de caso y examen sobre las dos unidades didácticas.	4ta	32	23 al 26 de Octubre	Julio Cesar Magne Juan Leaño y Gustavo Guzmán

8. DISPOSICIONES GENERALES

Se ha estimado que la dedicación media para completar el curso en el tiempo previsto, debe ser de aproximadamente 40 horas semanales. Evidentemente, cada uno ajustará las tareas a su propio ritmo.

Las fechas de remisión de prácticas, ejercicios, tareas y otro tipo de labores se cumplirán estrictamente bajo reglamentación el no acatar este punto hace pasible a sanciones pertinentes que afectan el normal desenvolvimiento de las temáticas en curso.

Para pedir consejos y ayuda en cualquier aspecto de los cursos, los tutores estarán disponibles vía teléfono, fax, correo y correo electrónico. Además, los estudiantes del posgrado dispondrán de un conjunto de herramientas que podrán utilizar para favorecer la comunicación entre ellos, en las que se pueden discutir temas relacionados directamente con el curso.

La participación en clases presenciales es obligatoria y regirá la normatividad del PEMBT para su calificación respectiva (ver reglamento de postgrado).

9. BIBLIOGRAFIA

- Aranoff, S. 1989. *Geographic Information Systems: a management perspective*, WDL publications, 294 p.
- Cebrian, J.A. 1986. *Sistemas de Información Geográfica. Funciones y estructuras de datos, Estudios geográficos*", vol 4.
- Contreras F. 2001 *GPS Sistemas de Posicionamiento Global y FUGAWI Material de consulta para la especialidad en Manejo de Bosque Tropical. Curso SIG - GPS Cochabamba Bolivia.*
- ESRI. 1996, 1998. *Para utilizar Arc View GIS*. Environmental Systems Research Institute, Inc. Washington, D.C. EE.UU. 339 pp.
- Leaño J. 2001 *Manual básico de Arc View Material de consulta para la especialidad en Manejo de Bosque Tropical. Curso SIG - GPS Cochabamba Bolivia.* 45 pp.
- Ortiz, E. 1988. *Aplicación de la tecnología GPS en actividades de manejo de recursos naturales. Boletín KURU. Organo informativo de la Escuela de Ingeniería Forestal del Instituto Tecnológico de Costa Rica. N° 24,*
- Sabella Raymond, 1996. *Guía general para la utilización del Sistema de Posicionamiento Global por satélite (GPS) y su aplicación en trabajos de mapeo.* BOLFOR, Santa Cruz , Bolivia.

CRONOGRAMA DE AVANCE DE MATERIA

CURSO: SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA Y DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

CLASE Y FECHAS	ACTIVIDAD	MEDIO DIDÁCTICO	DURACIÓN (Hrs.)	TRABAJO	TIPO DE CLASE	BIBLIOGRAFÍA
1 29/09/02	Presencial Presentación e introducción, metodología y disposiciones generales, entrega de material para el curso.	- Acetato y /o data display	4	Alumno	-Magistral -Participativo	<ul style="list-style-type: none"> • Alcántara, E. Cortes, A. y Chavez, M. "Sistemas de información geográfica como base para el análisis de recursos" 37 pp. • Contreras F. 2001 GPS y Fugawi (material de consulta curso: SIG-GPS. Documento de referencia para el curso de especialización Cochabamba Bolivia. • Guzmán G. 2001 "Fundamentos básicos del SIG Documento de referencia para el curso de especialización Cochabamba Bolivia. 32 pp. • Guzmán G. 2001 "Manual introducción a los SIG y teledetección (Notas bibliográficas) 50 pp. • Leño J. 2001 "Manual Básico de Arc View" 15 pp. • Mehl y Miles E 1997 "Aplicación de la teledetección u los sistemas de información en gestión de recursos naturales" 437 pp. • Ponce E. y Leño J. 2001 " Introducción a los sistemas de información geográfica" 26 pp.
2 30/09/02	No presencial Unidad I Sistema de información geográfica b.1. Conceptos Básicos: Introducción a SIG	- Texto alumno - CD interactivo	8	Alumno	Estudio individual y lectura analítica	<ul style="list-style-type: none"> • Guzmán G. 2001 "Manual introducción a los SIG y teledetección (Notas bibliográficas) 50 pp. • Leño J. 2001 "Manual Básico de Arc View" 15 pp.
3 01/10/02	No presencial Unidad I b.2. Descripción del programa a utilizar: (Arc view) Capacidades y aplicaciones	- Texto alumno - CD interactivo	8	Alumno	Estudio individual y lectura analítica	<ul style="list-style-type: none"> • Mehl y Miles E 1997 "Aplicación de la teledetección u los sistemas de información en gestión de recursos naturales" 437 pp. • Ponce E. y Leño J. 2001 " Introducción a los sistemas de información geográfica" 26 pp.
4 02 a 04/10/02	No Presencial Unidad I b.3. Incorporación de información en ARCVIEW	- Texto alumno - CD interactivo - Manual de prácticas - Paquete Arc View	24	Alumno	Estudio individual con lectura y práctica (Manejo del SIG Arc View)	

CLASE y FECHAS	ACTIVIDAD	MEDIO DIDACTICO	DURACIÓN EN (Hrs.)	TRABAJO	TIPO DE CLASE	BIBLIOGRAFÍA
5 No presencial 07 a 09/10/02	Unidad I b.4. Consulta y análisis, de temas /Trabajar con los temas	- Texto alumno - CD interactivo - Manual de prácticas - Paquete Arc View	24	Alumno	Estudio individual con lectura y práctica Manejo del software Arc View	
6 No Presencial 10/10/02	Unidad I b.5.Creación y Edición de Shapefiles	- Texto alumno - CD interactivo - Manual de prácticas -Software Arc View	8	Alumno	Estudio individual con lectura y práctica Manejo de software Arc View	
7 No presencial 11 y 14/10/02	Unidad I b.6.Consulta y análisis de temas	- Texto alumno - CD interactivo - Manual de prácticas -Software Arc View	16	Alumno	Estudio individual con lectura y práctica Manejo de software Arc View	
8 No presencial 15 a 17/10/02	Unidad I b.7. Extensión de : Spatial Analyst de ARC VIEW (Analizador espacial)	- Texto alumno - CD interactivo - Manual de prácticas -Software Arc View	24	Alumno	Estudio individual con lectura y práctica Manejo de software Arc View	

CLASE y FECHAS	ACTIVIDAD	MEDIO DIDACTICO	DURACIÓN EN (Hrs.)	TRABAJO	TIPO DE CLASE	BIBLIOGRAFIA
9 No Presencial 18/10/02	Unidad II Sistema de Posicionamiento Global b.1. Introducción b.2 Características y Funcionamiento del GPS	- Texto alumno - CD interactivo	8	Alumno	Estudio individual con lectura analítica	Bibliografía específica de la unidad II Leaño J. y Ponce E. 2001 "Sistema de Posicionamiento Global GPS" 50 pp. Leaño J. y Ponce E. "Sistema y uso del GPS" 42 pp. Garmin Corporation 1999 "Manual del usuario de referencia del GPS 12" BOLFOR - ETSFOR 1999 "Cartografía y uso de la tecnología GPS"
10 No presencial 21/10/02	Unidad II b.3. Correcciones diferenciales	- Texto alumno - CD interactivo	8	Alumno	Estudio individual con lectura analítica	DSE 1997 "Presentaciones del curso Aplicación de la teledetección y de los sistemas de información geográfica en la gestión de los recursos naturales"
11 No presencial 22/10/02	Unidad II b.4. Configuración del GPS b.5. Aplicación del GPS	- Texto alumno - CD interactivo - Manual de prácticas	8	Alumno	Estudio individual con lectura y práctica Con GPS	
12 Presencial 23/10/02	Unidad I b.3. Ejercicios: crear un Arc View, importar temas, ordenar temas según su finalidad, observar distintas partes del tema.	- Computadora - Software Arc View	8	Alumnos / docente	Práctica Software Arc View	

CLASE y FECHAS	ACTIVIDAD	MEDIO DIDACTICO	DURACIÓN EN (Hrs.)	TRABAJO	TIPO DE CLASE	BIBLIOGRAFÍA
13 Presencial 24/10/02	Unidad I Ejercicios : Activar temas , modificar color, símbolo, textura , clasificar tema, rotular objetivo, definir escala de representación. Ejercicios: digitalización sobre pantalla tomando como base un mapa topográfico(IGM)	- Computadora - Software Arc View	4 4	Docente /Alumno	Práctica Manejo de software Arc View	
14 Presencial 25/10/02	Unidad I Elaboración de salidas graficas(Layout):Crear una pagina, flecha , diagrama , foto, tablas, view-frame, scale, cambiar los elementos Análisis Overlay, Álgebra de mapa, trabajo con distancias, curvas de nivel y superficies, estructura de datos Arc Grid/ grillas/ manejo de temas de grilla.	- Computadora - Software Arc View	4 4	Docente/ Alumnos	Practica Manejo de software Arc View	

CLASE y FECHAS	ACTIVIDAD	MEDIO DIDÁCTICO	DURACIÓN (Hrs.	TRABAJO	TIPO DE CLASE	BIBLIOGRAFÍA
15 presencial 26/10/02	Unidad II Recapitular b.1.Introducción b.2.Características y funcionamiento del GPS b.3 Correcciones diferenciales Configuración del GPS Aplicación del GPS	- Pizarra - Marcadores - Receptores GPS	8	Docente/ Alumnos	Practica Manejo del GPS	
16 Presencial 27/10/02	Evaluación del curso: Sistemas de Información geográfica y de Posicionamiento Global. Presentación e introducción. Entrega de material para el curso Teledetección y Fotointerpretación Forestal	- Hojas de pruebas de evaluación - Computadora - Texto alumno - CD interactivo - Manual de prácticas	4 4	Docente /alumnos Docente/alumnos	Evaluación Magistral y participativo	

ENTREGA DE PRACTICAS

Nº DE PRACTICA	UNIDAD Y TOPICOS	FECHA DE ENTREGA	DISTRIBUCIÓN DE NOTAS
1	Unidad I b.1. b.2.	Miércoles 2 de octubre	7.5%
2	b.3	Sábado 5 de octubre	7.5%
3	b.4.	Martes 8 de octubre	7.5%
4	b.5.	Sábado 12 de octubre	7.5%
5	b.6.	Martes 15 de octubre	7.5%
6	Unidad I b.3.- b.6.	Lunes 21 de octubre	7.5%
TOTAL DE PRACTICAS EN PORCENTAJE			45%



VICEMINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE RECURSOS
NATURALES Y DESARROLLO FORESTAL

ITTO

**PROGRAMA DE POSTGRADO EN MANEJO
SOSTENIBLE DE BOSQUES TROPICALES
ITTO/OIMT – VMARNDF – ETSFOR/UMSS**

**PRACTICA 1 DEL CURSO DE INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN
GEOGRAFICA**

Instrucción:

Las respuestas a cada una de las preguntas debe Ud. enviar en la fecha prevista (02 de Octubre) según el cronograma de avance de Materia (Entrega de prácticas).

Suerte!!!!

Nombre:..... **Fecha:**

PREGUNTAS (teóricas)

1. Cual es la función principal de un Sistema de Información Geográfica.
2. Como trabaja un SIG y cuales son sus aplicaciones?
3. Cuales son los componentes básicos de un SIG y con que disciplinas está relacionada
4. Cuales son los errores clásicos de la digitalización?
5. Cuales son las ventajas y desventajas de un SIG?
6. Señale los tipos de datos existentes en la gestión de los SIG.
7. Explique los datos raster y los datos vector señalando las ventajas y desventajas de cada uno de ellos.
8. En el sector forestal en que campos o áreas utilizaría Ud. un Sistema de Información Geográfica.
9. Desarrolle a través de un Diagrama la secuencia que Ud. seguiría en el procesamiento de datos de un Censo Forestal y lograr un mapa de ubicación de los árboles. (solamente se le pide un mapa conceptual) todavía no incluya los comandos u otros de algún paquete SIG.
10. Como puede usted diferenciar entre Datos e información, de un ejemplo en un SIG?

Índice de materia

	Pág.
PRESENTACION	2
1. QUE ES UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA	
1.1 Introducción	3
1.2 Definiciones	4
1.3 Operaciones espaciales	5
1.4 Preguntas que pueden ser respondidas con un SIG.	6
1.5 Componentes de un SIG Y Equipos de Computación de un SIG	7
1.6 Programas de computación del SIG	9
1.7 Los SIG y la Planificación	9
1.8 Ventajas y Desventajas del Uso de un SIG	10
2. DATOS GEOGRAFICOS	
2.1 Descripción de los datos pertenecientes a un SIG	12
2.2 Datos espaciales	12
2.3 Datos de atributo	12
2.4 Tipos de datos espaciales	13
2.5 Dos estructuras de datos espaciales	13
2.6 Unión de datos	15
3. MODELO VECTORIAL	
3.1 Digitalización manual	17
3.2 Escaneado y conversión de raster a vector	18
3.3 Estructura y almacenamiento de datos vector	18
3.3.1 El modelo spaghetti	18
3.3.2 El modelo topológico	19
4. MODELO RASTER	
4.1 Los píxeles	19
4.2 El tamaño de los píxeles	19
4.3 Georeferenciación de los datos raster	19
4.4 Almacenamiento de datos	20
4.5 Compresión de datos raster "run length" y "quadtree"	20
4.6 Entrada de datos raster	22
4.6.1 Conversión de datos vector a raster	22
4.6.2 El scanner	22
4.6.3 Imágenes de satélite	23
4.6.4 Conversión de datos raster a vector	23

PRESENTACIÓN

Hace ya, un poco más de seis años que mi dedicación estudiantil universitaria, me acerco a conocer y recorrer lentamente (a paso lento) la temática de los Sistemas de Información Geográfica y por ende la de la fascinante Teledetección espacial.

Tengo que reconocer que el vertiginoso avance de esta ciencia, no me ha permitido siquiera conocer un porcentaje mínimo del arte y disciplina de esta técnica.

En 1999 tengo la oportunidad de viabilizar mi inquietud hacia estos sistemas y logro afiliarme a sus características de manipulación cuando efectuó un curso de postgrado en el CLAS (Universidad Mayor de San Simón – International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences de Holanda), y conocer algunos tópicos sobre el SIG: ILWIS.

Actualmente el Programa de Postgrado de la ESFOR me proporciona otra oportunidad para progresar mis conocimientos y a nivel de retos y propósitos profundizar aún más el discernimiento de este mundo sistémico de los SIG, y mediante la instrucción permitir que la sociedad profesional cuente con esta valiosa herramienta de planificación.

Con todos estos antecedentes, el objetivo del presente documento, es crear expectativas en los lectores interesados, para sumergirse en las metodologías, operaciones de esta herramienta poderosa y de esta manera indagar más sobre las potencialidades que la misma nos brinda, de esta manera "**Aprender en el camino**", empleando el raciocinio y la sistemática para comprender, aprender y gestionar la herramienta para sacar provecho a sus necesidades.

Se pretende entonces incentivar al inicio de su estudio, por esto estas conceptualizaciones, algo sistematizadas tienen la tendencia solo a la interpretación, luego en base de estas consideraciones, el lector debe interiorizarse más y poder recién aplicar en el futuro próximo.

Espero que los incentivos e iniciativas de parte de los lectores de este pequeño documento se **estimulen** para que en la medida de sus posibilidades se interioricen a este campo y se puedan aunar sinergias en provecho de una planificación adecuada para el manejo de los recursos naturales y en especial de los forestales y lograr de esta manera su aplicación en la planificación correcta de la gestión sostenible del sector.

Cochabamba – Bolivia Septiembre 2001
GUSTAVO GUZMÁN TORREZ
Coordinador Académico PEMBT

Materia

1. QUE ES UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

1.1 Introducción

Si algún amigo, vecino o pariente quiere enseñarte la dirección de su domicilio, la mejor orientación que pueda proporcionarte es a través de un



croquis, o en

su manera más detallada a través de un mapa. Los mapas desde hace siglos han sido utilizados para representar información de la superficie de la tierra.

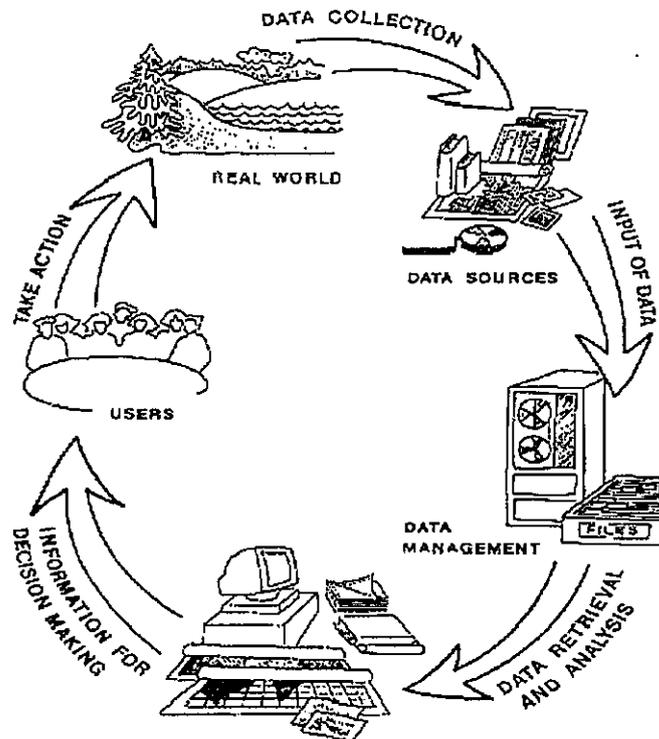
Durante el siglo veinte la generación de información a partir de los datos en el espacio y en el tiempo han desarrollado ingentes cantidades de información, tanto que en nuestros, es tanta la información que se hace difícil el procesamiento de los mismos. El uso efectivo de estas grandes cantidades de datos depende de la existencia de sistemas eficientes que puedan transformar estos datos en información útil.

Hasta hace poco la fotointerpretación era la herramienta más útil para interpretar las características del relieve terrestre, con los avances tecnológicos las fotos pasaron a un segundo plano y hoy son las imágenes que tienen un gran uso en la colecta, almacenamiento, análisis, procesamiento e interpretación de los rasgos específicos de la tierra.

Así se puede afirmar que los sistemas de Información Geográfica (SIG) tienen como función principal el de mejorar la calidad de la toma de decisiones, en base a un número adecuado de alternativas de cambio y/o solución.

1.2 Definiciones

Se han desarrollado a través de la historia una serie de definiciones y todos engloban los aspectos más importantes que nos lleva desde la planificación de todo el proceso de obtención, almacenamiento y análisis de datos hasta la utilización de la información derivada en algún proceso de toma de decisiones y estos son:



- Cualquier conjunto de procedimientos manuales o Computarizados que se usan para almacenar datos y manipular datos geográficamente georeferenciados (Aranoff 1989).
- Conjunto poderoso de herramientas para recolectar, almacenar, consultar, transformar y desplegar datos geográficos del mundo real orientados a un proceso específico.
- Un sistema de Información Geográfica (SIG) puede definirse como un conjunto de hardware, software, datos geográficos, personal entrenado y procedimientos diseñados para capturar, almacenar, actualizar, manejar, analizar y desplegar eficientemente todo tipo de información relacionada por la geografía (ESRI). Con ayuda de un SIG se tiene la habilidad de establecer relaciones espaciales y relacionarla a elementos geográficos, realizar operaciones y análisis espaciales con datos.

La información esta almacenada como una colección de niveles temáticos (capas) que representan el mundo real de forma simplificada. Entre los diferentes tipos de datos encontramos los datos de tipo vector, raster o datos de tipo tabular. Los datos raster representan objetos geográficos por medio de píxeles dividiendo la imagen en líneas y columnas. Por el contrario los datos de tipos vector utilizan los elementos como puntos, líneas y polígonos para representar objetos reales. Dependiendo de los requerimientos se selecciona el tipo de datos a utilizar.

1.3 Operaciones espaciales



Muchos programas de computación pueden manejar datos geográficos, tales programas pueden ser: Hojas de cálculo: Gran pieza imaginaria de papel electrónico que puede contener información en filas y columnas usadas para todo tipo de operaciones (matemáticas) y para la producción de gráficas. Se usan en combinación con un SIG.

- **Sistemas de Manejo de Bases de Datos:** Conjunto de programas que manipulan y mantienen datos en una base de datos, la cual es una colección de información acerca de cosas y las relaciones entre ellas. Un SMBD. Solo maneja "datos de atributo" y no pueden manejar mapas. Forma parte integral de un SIG.
- **Diseño apoyado por computador:** Esta altamente desarrollado y tiene muy buenas capacidades de despliegue pero no está diseñado para realizar operaciones espaciales ni para usar datos tipo raster, sí para vector.
- **Paquetes cartográficos:** Son una adición útil a un SIG debido a las salidas de mapas. Son utilizados para la producción de mapas de alta calidad.
- **Programas para el procesamiento digital de imágenes:** Diseñado para manejar imágenes de satélite, o fotos aéreas escaneadas. La información de dichas imágenes se puede extraer empleando

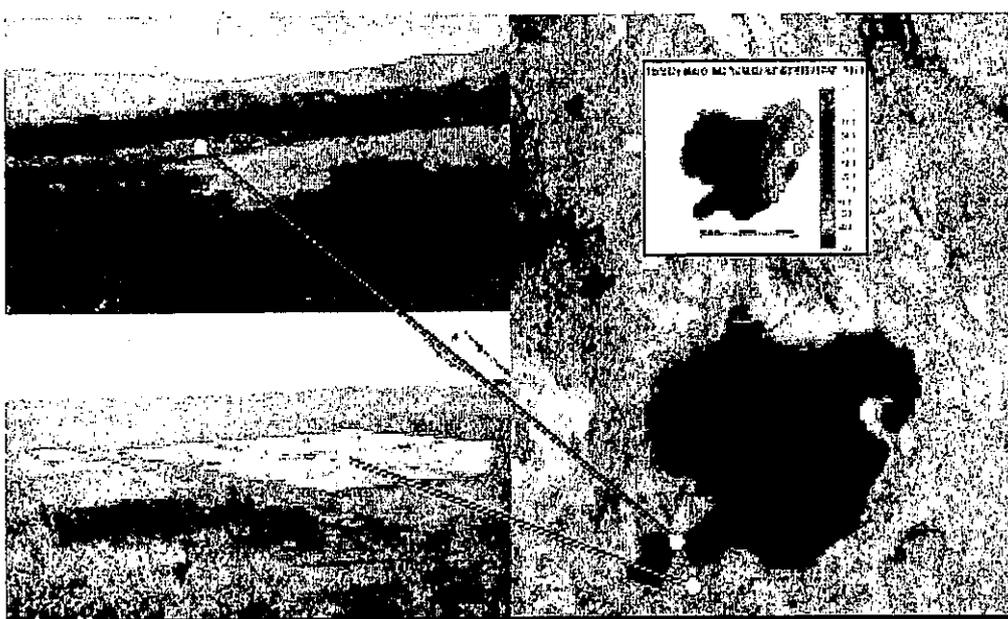
algunas técnicas de mejoramiento de imágenes y métodos de clasificación.

1.4 Preguntas que pueden ser respondidas con un SIG.

Para manejar los recursos naturales, en particular el forestal, se requiere tomar decisiones que contemplen aspectos relativos al recurso, al objetivo del manejo y de mercado, entre otros.

Para ello se requiere contar con la información necesaria. Una característica de la información relacionada al recurso, principalmente, es que está ubicada en algún punto de la Tierra, es decir está georeferenciada.

Así entonces, es necesario brindar los conocimientos necesarios para ubicar, manejar, analizar y presentar este tipo de información haciendo uso de las últimas herramientas que se disponen: los Sistemas de Información Geográfica



Existen cinco tipos de preguntas que un SIG sofisticado puede responder:

Posición: ¿Que esta a....? Trata de buscar que existe en un sitio dado, Una posición puede ser descrita en muchas formas (nombre del lugar, código postal o referencias geográficas tales como latitud/longitud o X y Y).

Situación ¿Donde esta? Requiere datos espaciales para ser respondida, el usuario desea encontrar lugares en donde ciertas condiciones están satisfechas. Ej. Una porción deforestada 2000 m² de tamaño.

Tendencia ¿Qué ha cambiado desde.....? Trata de encontrar las diferencias dentro de un área fuera de un tiempo estipulado (uso de la tierra).

Patrones ¿Qué patrón espacial existe? El usuario puede hacer esta pregunta para determinar si los deslizamientos de tierra ocurren principalmente cerca de los cursos de agua, o cuantas irregularidades existen que no se ajustan al patrón y donde están ubicadas.

Modelado ¿Qué sucede si...? se hace para determinar que sucede pe. Si se incorpora una nueva carretera a una red. Se requiere tanto de información geográfica como cualquier otra información y modelos específicos.

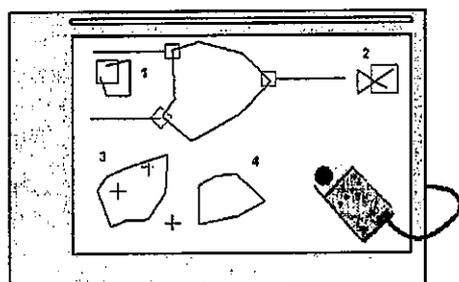
1.5 Componentes y Equipos de Computación de un SIG

Las funcionalidades principales de un SIG consisten en:

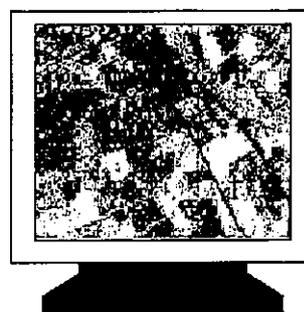
- Capturas o ingresos de datos
- Manipulación y modificación de datos
- Manejo y administración
- Actualización, consulta y análisis
- Visualización y presentación de datos

Estas funcionalidades hacen que los SIG tengan cinco componentes básicos que a continuación los mencionamos:

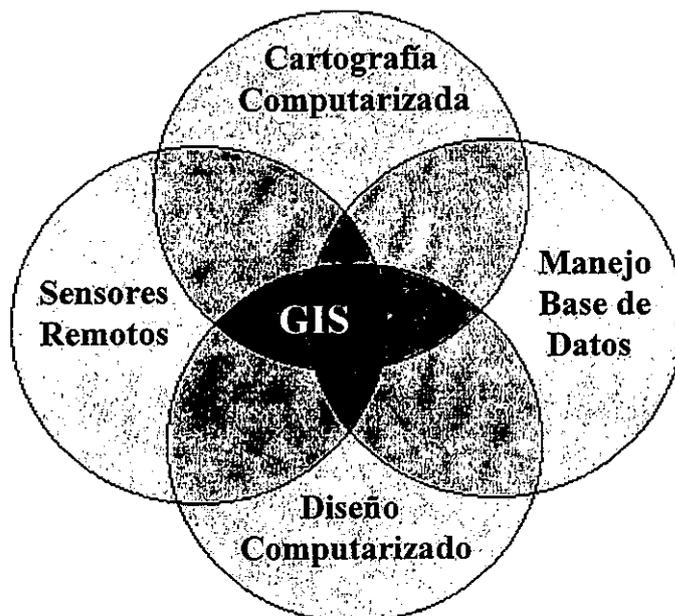
- Recopilación de datos; mediante el procesamiento e interpretación de imágenes, la cartografía y control de campo, análisis de laboratorio y recolección de datos existentes.
- Entrada de datos; mediante la conversión de datos análogos en datos digitales.



- Manejo de datos; creación de una base de datos, asegurando que todas las capas de datos tengan las mismas dimensiones y el mismo sistema de coordenadas, establecer enlaces entre los datos del mapa y los tabulares.
- Análisis de datos; por medio del uso de diferentes tipos de modelos



- Salida de datos utilizando plotters, impresoras, etc. Y la producción de reportes.



Disciplinas relacionadas

Teledetección, Geodesia, Cartografía, Estadística, Informática, Matemática

Equipos de computación SIG:

Para las aplicaciones del SIG se requiere el siguiente equipo de computación básico.

- Computador (PC), mejor con la tecnología de avanzada respecto de su capacidad de procesamiento.
- Monitor a color de alta resolución para el despliegue de mapas e imágenes.
- Digitalizador, para la entrada de datos de mapas análogos
- Scanner, para la entrada de datos de imágenes satelitales.
- Impresora, para la impresión de mapas, imágenes e información textual.
- Plotter, para el ploteo de mapas y otros como los lectores de cinta para almacenar y recuperar grandes cantidades de datos (imágenes).

Generalmente los plotter que se utilizan son los de pluma y varían en tamaño desde 30 x 40m hasta 120 x 180 cm. Para uso profesional se utiliza un plotter láser o de haz de luz.

1.6 Programas de computación del SIG

El desarrollo de los SIG en la actualidad es grande y en el mercado existen decenas de sistemas disponibles, cada uno con sus características y sus similitudes entre ellos hacen de los mismos presentar ciertas ventajas y desventajas comparativas.

- i. Tipo de equipo de computación y requerimientos: el sistema operativo más común es el DOS, algunos pocos, en la actualidad, sistemas trabajan sobre una configuración de dos pantallas uno para el texto y menús y el otro para los mapas. La gran mayoría en un solo monitor.
- ii. La estructura de datos Aunque muchos de los sistemas analíticos pueden manejar y procesar datos vectoriales de manera limitada estos se encargan de las conversiones vectores a raster, para los procesos analíticos necesarios.
- iii. Base de datos interna: Los sistemas de base de datos internos no poseen todos los sistemas sino que utilizan o disponen de herramientas para importar y exportar desde los sistemas más conocidos (Dbase, Oracle, etc.)
- iv. Facilidades de procesamiento de imágenes: Algunos sistemas son híbridos de SIG y sistemas de procesamiento de imágenes (IDRISI, ILWIS) o son simplemente sistemas de proceso de imágenes (ERDAS y otros) o sistemas SIG SPANS, PAMPA, ARC VIEW).
- v. Lenguaje de comando: el uso del lenguaje de comando junto con macros y archivos "batch" son indispensables para aquellas aplicaciones que requieren un modelado complejo o muchos pasos repetitivos. No todos los sistemas poseen esta opción.
- vi. Interfase menú – usuario: Utilizan ventanas para desplegar el menú. Algunos sistemas como IDRISI e ILWIS fueron diseñados dentro de ambientes académicos como herramientas de enseñanza y por esta razón son sistemas particularmente de uso sencillo.
- vii. Precio: van desde algunos cientos de dólares hasta miles de dólares.

1.6 Los SIG y la Planificación

Los SIG se han convertido rápidamente en una herramienta standard para el manejo de los recursos naturales siendo así que los SIG: Se usan para asistir a los tomadores de decisión mediante el señalamiento de varias alternativas, en la planificación de conservación y desarrollo y modelando el resultado potencial de una serie de escenarios.

Aplicaciones

- Manejo y planificación del uso de la tierra
- Exploración minera



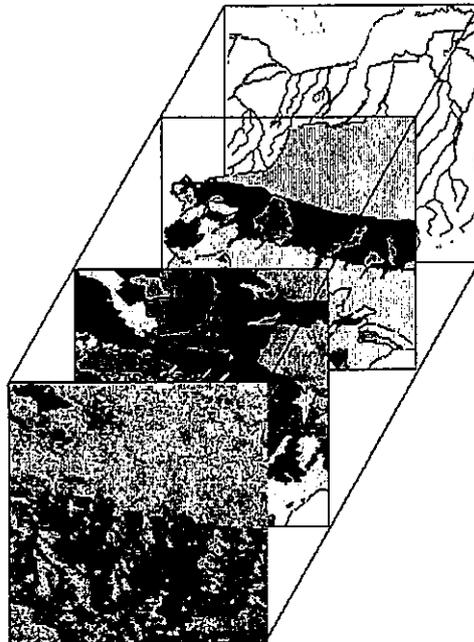
- Estudios de impacto ambiental
- Manejo de los recursos del agua
- Cartografía de los riesgos naturales
- Manejo forestal y vida silvestre
- Estudios de la degradación del suelo
- Control de la desertificación

Los SIG se usan para asistir a los tomadores de decisión con varias Alternativas y modelando resultados potenciales de serie de escenarios.

1.7 Ventajas y desventajas del Uso de un SIG

Ventajas de un SIG

- Datos almacenados en forma compacta
- Mantenimiento y recuperación de datos a + bajo Costo por unidad
- Consulta de datos más rápidamente
- Modelamientos geográficos variados
- Análisis simultaneo de datos espaciales y no muy eficientes
- Modelos conceptuales son evaluados más conceptualmente
- Análisis dinámicos más eficientes
- Adquisición de datos, análisis y procesos de toma de decisión integrados en un contexto común de flujo de datos



Desventajas de un SIG

- Ø Alto costo de equipos
- Ø Costos elevados de conversión de datos analógicos a digitales
- Ø Necesidad de especialistas para mantener la base de datos
- Ø Falso sentimiento de una mayor precisión

2 DATOS GEOGRAFICOS

Dato es toda aquella observación que se almacena, **información** es la respuesta a una pregunta. Por tanto, hay una transformación de dato a información.

2.1 Descripción de los datos pertenecientes a un SIG

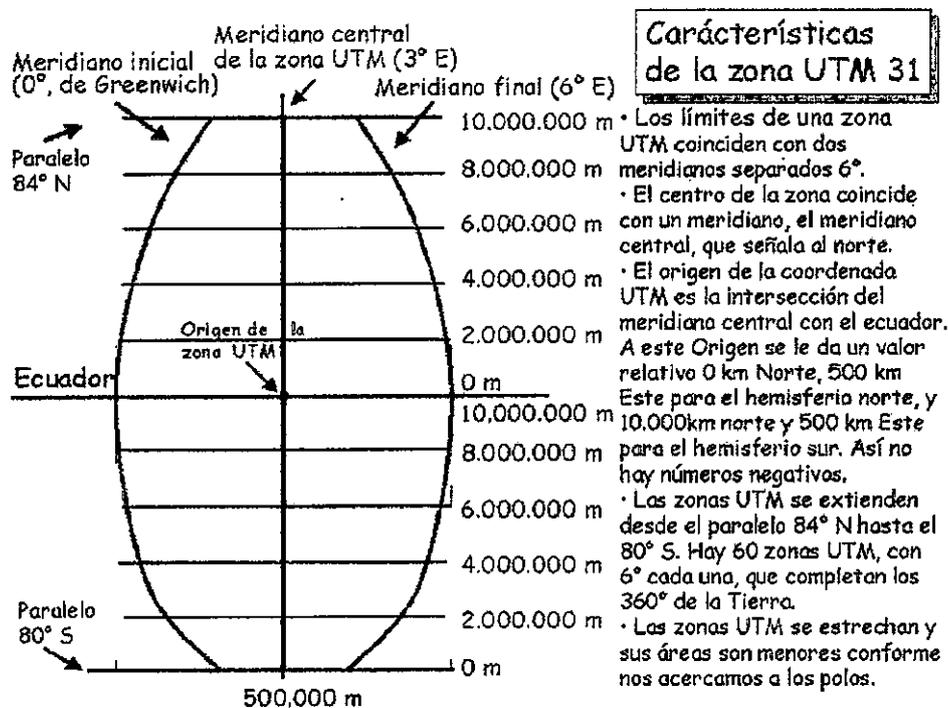
Esta base de datos es una Colección de datos referenciados espacialmente que actúan como un modelo de la realidad. Existen dos componentes importantes de estos datos geográficos su posición geográfica y sus atributos o propiedades (donde se ubica y que es)

2.2 Datos espaciales

- Posición geográfica (donde se encuentran?) Se usa un sistema de coordenadas para especificar la posición en forma Absoluta los más importantes son: Las coordenadas geográficas (latitud, longitud) y El sistema Universal Transversal de Mercator (UTM) coordenadas X e Y.

Para el país se utilizan las proyecciones geográficas el WGS 84 (datum global), y de forma local el Provincial South American (PS56_datum local).

La ventaja que tiene el uso de las coordenadas UTM es su naturaleza métrica.



2.3 Datos de atributo

Ellos no representan información de localización y a menudo se les conoce como datos no espaciales y son las propiedades de las entidades espaciales (que son?)

Estos datos pueden ser:

- Nominales: Descriptivos; laguna, perennifolio, urbano, etc.
- Ordinales: En los que se establece un orden o rango, ordenamiento inherente; clase 1, clase 2, ó primero, segundo, etc.
- Intervalo: Secuencia natural con un cero arbitrario; Temperatura, pp.
- Ratio: Secuencia natural y un cero natural; rangos de erosión 10, 20

Así también se considera como componente principal de un dato la temporalidad del mismo porque no es lo mismo tener un dato X de una zona en el año 86 que un dato de la misma zona el año 2001.

- Tiempo (cuando existieron?)

Forma de introducir datos: Teclado, digitalizador, scanner y digitales existentes.

2.4 Tipos de datos espaciales

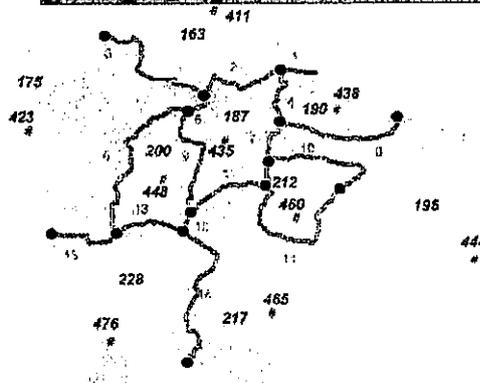
Pueden ser métricos (cuando describen la posición, forma y tamaño de los de los datos que se localizan en un espacio dimensionado de forma continua. ó topológicos cuando describen su conectividad y/o adyacencia.

Como datos continuos se entiende:

Los Puntos, se utilizan para representar fenómenos puntuales.

Las Líneas, son un conjunto de segmentos en línea recta conectados y formados por dos o más pares de coordenadas.

Puntos + líneas + polígonos



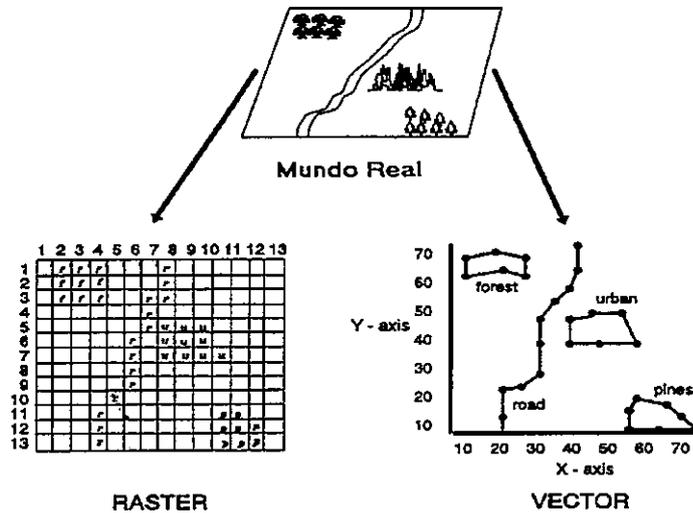
Los Polígonos son regiones cerradas por líneas

Las Superficies continuas, tienen tres dimensiones, ejemplos son la elevación, la lluvia, temperatura, densidad de población.

La representación en el ordenador de puntos, líneas..... se hace mediante dos tipos de estructura: vectorial y raster.

2.5 Dos estructuras de datos espaciales: vector y raster.

Los datos se representaran siguiendo el modelo vectorial o raster, dependiendo de la fuente de la que provengan, de la manera de ser introducidos en la base de datos y del tipo de operaciones de análisis que se quiere realizar. (Ver Figura)



El modelo vectorial es un intento de representar de la manera más precisa las formas en el espacio. La localización de los objetos se hace en referencia a un eje de coordenadas partiendo del supuesto que la posición de las coordenadas es matemáticamente exacta.

El modelo o estructura raster consiste en cambio, en la división del espacio en una red de celdas (generalmente cuadrada) Cada celda representa la unidad mínima de información y se la denomina "píxel". Estos están asociados a un único valor de una variable determinada.

Cada enfoque tiende a funcionar de la mejor manera en situaciones en donde la información espacial está siendo tratada de manera que se aconseje al modelo de datos.

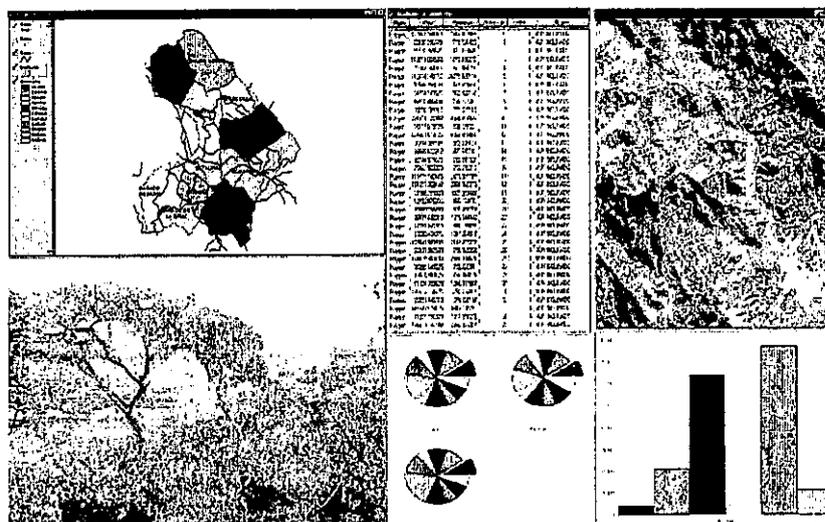
El modelo raster conviene más cuando la información geográfica de interés es la variabilidad espacial de un fenómeno; por otra parte el análisis de red se realiza mejor con los datos almacenados en el modelo vectorial.

Las principales ventajas y desventajas de los modelos son:

Modelo Vectorial	Modelo Raster
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Estructura de datos compacta ▪ Topología perfectamente descrita ▪ Gráficos representan fielmente la realidad ▪ Búsqueda, Pta al día y G de Gráficos pos. ▪ Tecnología barata y desarrollándose 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Estructura de datos simple ▪ Combinación c/datos Teledetección fácil ▪ Análisis espaciales fáciles de realizar ▪ Simulación fácil porque c/unidad tiene el mismo tamaño y forma.
<ul style="list-style-type: none"> x Estructura de datos compleja x Difícil superponer muchos mapas (P y R) x Simulación difícil c/unidad dif. Topología x Tecnología costosa: impresión x Análisis espacial y filtros imposible (P) 	<ul style="list-style-type: none"> x Alto Volumen de datos gráficos x Uso de píxel grande, perderse informac. x Presentación peor que cualquier vector x Uniones difícil de establecer (Infraest) x Transformaciones de las proyecciones lle mucho tiempo (algoritmos)

2.6 Unión de datos

Un SIG une diferentes conjuntos de datos espaciales y/o atributos de diferentes formas:



Un SIG puede hacer todas las operaciones mencionadas anteriormente porque utiliza la geografía o espacio como la clave común entre los conjuntos de datos. La información puede unirse solamente si esta relacionada con la misma área geográfica.

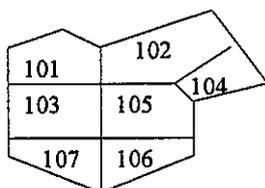
Correspondencia exacta

Cd	Población
A	108000
B	45000
C	213000
D	22000

Cd	Hosnit
A	2
B	1
C	3
D	1

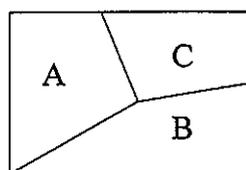
Cd	Población	Hosn
A	108000	2
B	45000	1
C	213000	3
D	22000	1

Correspondencia jerárquica

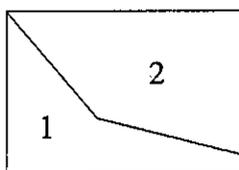


Parc.	Ciudad	Población
101	Cbba	14000
102	Cbba	20000
103	Cbba	5000
104	Cbba	78000

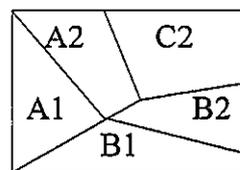
Correspondencia desigual



Tipo de Suelos



Geología



Combinación

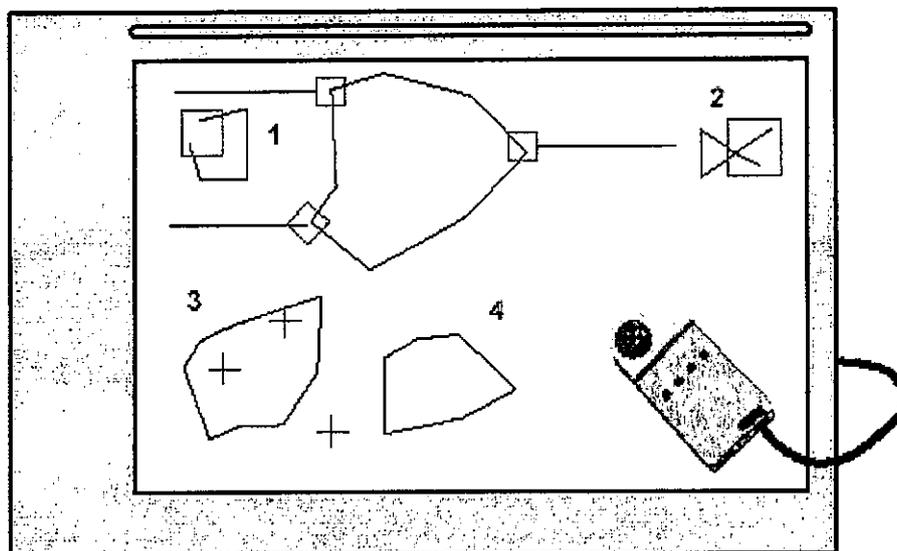
3. MODELO VECTORIAL

En todos los SIG, la conversión de mapas analógicos a digitales, es llamada digitalización, la misma que puede ser de forma manual, utilizando para ello una mesa digitalizadora o de una conversión de raster a tipo vector.

3.1 Digitalización manual

La primera técnica se explicó ya y es con el uso de la mesa digitalizadora y con un trabajo auxiliar e importante de georeferenciación en cuatro puntos de muestreo.

Cuando se está digitalizando, se debe tener cuidado con los nodos (intersección o conexión final de los segmentos) puesto que es muy cometer errores en la unión de dichos nodos. (ver figura) y pueden ser:



- i. Final muerto en el nodo: un segmento no ha sido conectado con otro.
- ii. Falta nodo en la intersección: no hay punto de nodo definido en la unión de dos segmentos.
- iii. Sobreposición de segmentos en un nodo: que parten de un mismo nodo.
- iv. Sobreposición de segmentos: una línea se digitaliza dos veces.
- v. Nodo escondido en el segmento: un segmento está duplicado en dos nodos.

La digitalización de líneas puede hacerse de dos maneras:

Modo punto: en el cual el botón del cursor es presionado solo cuando la línea está cambiando de dirección, con apariencia de líneas rectas y largas con clara apariencia triangular.

Modo flujo: el botón del cursor es presionado continuamente mientras va siguiendo la línea presentará una línea más uniforme pero, la desventaja es que se necesitan muchos puntos para definir el segmento.

3.2 Escaneado y conversión de raster a vector

Con el escaneado, se produce una imagen digital del mapa mediante el movimiento de un detector electrónico a través de la superficie del mapa. La salida de un scanner es una imagen digital raster, que consiste en un

gran número de celdas individuales ordenadas en filas y columnas. Para la conversión a un formato vectorial se usan dos tipos de imágenes raster:

- En el caso de mapas temáticos (geológicos) las unidades cartográficas individuales pueden ser separadas por el scanner de acuerdo a sus diferentes colores o tonos de gris.
- En el caso de mapas de líneas (topográficos) el resultado es blanco y negro. Las líneas negras son transformadas a un valor de 1 y las áreas blancas un valor de 0 (imágenes binarias).

3.3 Estructura y almacenamiento de datos vector

Para almacenar las diferentes coordenadas de los puntos, líneas y polígonos, se han ido desarrollando diversas estructuras, tales como

3.3.1 El modelo spaghetti

Almacena los datos como una cadena de pares de coordenadas sin ningún tipo de relación espacial. A nivel de puntos y líneas esto no causa ningún problema, pero sí a nivel de polígonos por ej:

- Para saber que hay otros polígonos adyacentes, se necesita buscar en la base de datos las otras áreas y comprobar si son o no vecinas.
- Aquellos pares de coordenadas que son comunes a dos polígonos duplican su información y pueden ser fuentes de error. (Aranoff 1989)

En el nivel de análisis espacial este modelo es ineficiente, pero a nivel de gráficos no presenta ningún problema.

3.3.2 El modelo topológico

Topología es el método matemático que se utiliza para definir relaciones espaciales de contigüidad (litologías contiguas) y conectividad (selección de rutas). Todos los SIG utilizan este modelo pero presenta problemas de repetición de datos y que su actualización consume más tiempo.

Los "Red Irregular de Triangulación" (TIN) que se utilizan en algunos SIG para elaborar modelos de elevación del terreno (DTM) son un tipo de estructura topológica.

4. MODELO RASTER

4.1 Los píxeles

Los datos raster constan de un gran número de celdas organizadas en filas y columnas. Un punto es representado como un píxel sencillo; una línea como una cadena de píxeles y darán una apariencia angular (menos apropiada para representar datos lineales) un área es representada como un grupo de píxeles.

El elemento básico de los datos raster es el píxel y es una celda que representa una cierta propiedad del terreno. (tipo de suelo, altitud, valor de reflectancia espectral en una imagen de satélite, etc.), representadas con un valor numérico (profundidad del suelo, altitud, etc.) o alfanumérico como el tipo de suelo.

4.2 El tamaño de los píxel

Un píxel puede tener solamente un valor, entonces la información se generaliza para el área ocupada por el mismo. El tamaño del píxel está dado por la longitud del correspondiente cuadrado del terreno. Ej. si el píxel tiene un tamaño de 10 m. Esto significa que cada píxel en el mapa contiene un valor que representa una propiedad del terreno en un área de 10 x 10 m.

4.3 Georeferenciación de los datos raster

Cada píxel tiene una combinación única de columna y fila. Al georeferenciar estamos asignándole coordenadas geográficas. Esto puede hacerse por medio de la selección de una serie de puntos de control (puntos idénticos en la imagen y sobre un mapa topográfico).

Con frecuencia habrá una distorsión entre la imagen y el mapa georeferenciado, en este caso la imagen debe ser ajustada sobre el mapa por medio de una transformación geométrica. Esto se hace calculando una fórmula de transformación basada en la información de las filas y columnas de los puntos de control en la imagen y la información X/Y de los puntos de control en el mapa. Proceso calificado como hoja flexible.

4.4 Almacenamiento de datos

Generalmente el almacenamiento de datos raster es bastante ineficiente. Si un punto es almacenado en vector solo se tendrán que almacenar sus coordenadas x/Y y el código del punto. En la estructura de datos raster es necesario almacenar un valor por cada píxel y también para aquellos que rodean al punto.

El número de filas y columnas es determinado por el tamaño del píxel y por el tamaño del área. En un ejemplo sencillo de un punto el mapa raster tiene 10 filas y 10 columnas, por lo tanto se necesitan almacenar 100 valores solo para almacenar un punto sencillo.

La cantidad de almacenaje para un mapa raster no solo depende del tamaño del área y del tamaño del píxel sino que también depende del tipo de información que es almacenada.

Generalmente existen tres tipos de mapas raster:

BIT cada valor del píxel es o bien 0 (falso) o bien 1 (verdadero) Cada píxel ocupa un bit. Se utilizan para mapas simples. Mapas que representen tan solo si una variable esta presente o no.

BYTE los valores de los píxeles está entre 0 y 255. El valor de píxel ocupa un byte del espacio en el ordenador (8 bits). Los mapas que se tratan en la pantalla lo hacen como mapas byte. Se utilizan mucho para mapas temáticos y clasificación de imágenes.

INTEGER: los valores de los píxeles están entre -32767 y 32767. Cada valor de píxel ocupa dos bytes en el computador (16 bits) El valor -32767 representa lo desconocido. Una característica de este tipo de mapas es el factor de escala Con este factor se pueden incluir valores que estén fuera del rango inicial.

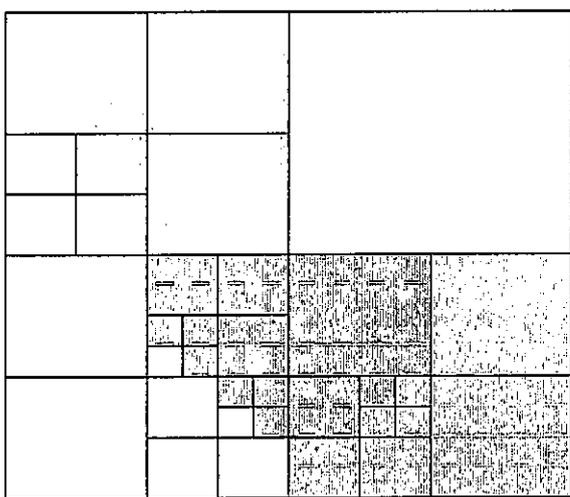
4.5 Compresión de datos raster "run length" y "quadtree"

Cuando estamos elaborando mapas temáticos, en ellos, puede haber una gran cantidad de datos iguales. Esto requiere que se minimice el almacenaje dentro del computador, para eso se han desarrollado métodos, los mas utilizados son:

El "run-length" donde el almacenamiento de datos se hace por líneas y su información se reduce al valor del atributo y su longitud en la línea. Otra manera el llamado, valor puntual donde cada píxel está representada por el número de línea y columna donde se halla. El computador solo almacena el atributo y el último número de píxel hasta el que llega dicho valor, formando un grupo continuo.

	Codificación			Codificación	
	Valor	Largo	Fila	Valor	Punto
	1	8	1	1	8
	2	8	1	2	16
	1	8	2	1	24
	2	8	2	2	32
	1	8	3	1	40
	2	8	3	2	48
	1	8	4	1	56
	2	8	4	2	64
	3	2	5	3	66
	1	6	5	1	72
	2	8	5	2	80
	3	2	6	3	82
1	6	6	1	88	
2	8	6	2	96	
3	4	7	3	100	

El "quadtree" utiliza tamaño de celdas mayores para áreas homogéneas y menores para áreas de diversidad. Los mapas son subdivididos en grandes áreas, si hay tan solo un valor éste será el que represente a todo este cuadrante, si hay más de un valor, esta gran celda se subdividirá en cuatro cuadrantes de igual tamaño y se repetirá el proceso.

	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Codificación Celda</th> <th>Valor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td></td></tr> <tr><td>11</td><td>1</td></tr> <tr><td>12</td><td>1</td></tr> <tr><td>13</td><td></td></tr> <tr><td>131</td><td>3</td></tr> <tr><td>132</td><td>1</td></tr> <tr><td>133</td><td>3</td></tr> <tr><td>134</td><td>3</td></tr> <tr><td>14</td><td>1</td></tr> <tr><td>2</td><td>2</td></tr> <tr><td>3</td><td></td></tr> <tr><td>31</td><td>3</td></tr> <tr><td>32</td><td></td></tr> <tr><td>321</td><td>4</td></tr> <tr><td>322</td><td>4</td></tr> <tr><td>323</td><td></td></tr> </tbody> </table>	Codificación Celda	Valor	1		11	1	12	1	13		131	3	132	1	133	3	134	3	14	1	2	2	3		31	3	32		321	4	322	4	323		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Codificación Celda</th> <th>Valor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>3231</td><td>4</td></tr> <tr><td>3232</td><td>4</td></tr> <tr><td>3233</td><td>3</td></tr> <tr><td>3234</td><td>4</td></tr> <tr><td>324</td><td>4</td></tr> <tr><td>33</td><td>3</td></tr> <tr><td>34</td><td></td></tr> <tr><td>341</td><td>3</td></tr> <tr><td>342</td><td></td></tr> <tr><td>3421</td><td>4</td></tr> <tr><td>3422</td><td>4</td></tr> <tr><td>3423</td><td>3</td></tr> <tr><td>3424</td><td>4</td></tr> <tr><td>343</td><td>3</td></tr> <tr><td>344</td><td>3</td></tr> </tbody> </table>	Codificación Celda	Valor	3231	4	3232	4	3233	3	3234	4	324	4	33	3	34		341	3	342		3421	4	3422	4	3423	3	3424	4	343	3	344	3
Codificación Celda	Valor																																																																			
1																																																																				
11	1																																																																			
12	1																																																																			
13																																																																				
131	3																																																																			
132	1																																																																			
133	3																																																																			
134	3																																																																			
14	1																																																																			
2	2																																																																			
3																																																																				
31	3																																																																			
32																																																																				
321	4																																																																			
322	4																																																																			
323																																																																				
Codificación Celda	Valor																																																																			
3231	4																																																																			
3232	4																																																																			
3233	3																																																																			
3234	4																																																																			
324	4																																																																			
33	3																																																																			
34																																																																				
341	3																																																																			
342																																																																				
3421	4																																																																			
3422	4																																																																			
3423	3																																																																			
3424	4																																																																			
343	3																																																																			
344	3																																																																			

4.6 Entrada de datos raster

Los datos raster pueden provenir de diferentes fuentes: de la conversión de vector a raster, del escaneado, de imágenes de satélites y de interpolación (modelos de elevación digital).

4.6.1 Conversión de datos vector a raster

Para esto: primero, los mapas son digitalizados en un formato vector, después este puede ser transformado en un mapa raster por medio del programa de computación de rasterización. Lo que hace éste programa, es superponer una grilla, con un tamaño de grilla predefinido sobre la imagen vectorial.

Para datos puntuales y lineales, los píxeles en los cuales estos ocurren son transformados al código del mapa raster. Para mapas de polígonos el programa "observara" cuales de las unidades cartográficas está cubriendo la mayor parte del píxel y se le asigna un valor al píxel relacionado con el código.

El tamaño del píxel tomado define el grado de precisión de la rasterización. La rasterización es posible de acuerdo con las unidades cartográficas, en las cuales los polígonos de la misma unidad cartográfica se les asigna valores de píxel iguales o de acuerdo a los polígonos en los que cada polígono obtendrá un número de píxel diferente.

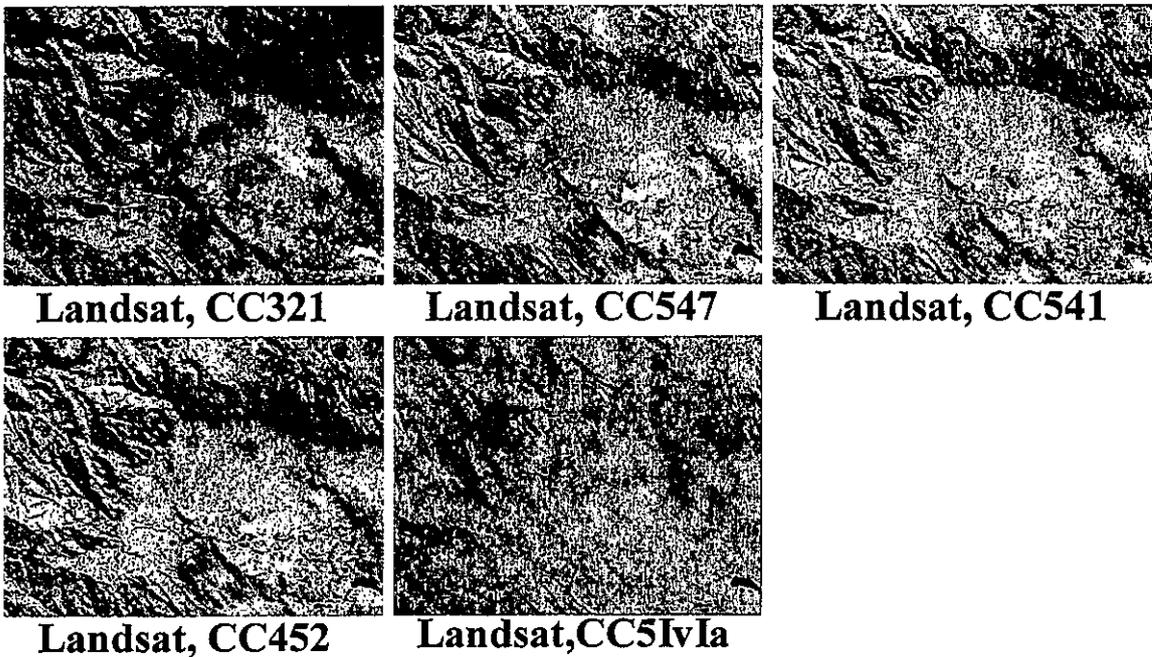
4.6.2 El scanner

De rodillo es muy parecido a los plotters. Solo que las plumas del plotter son reemplazadas por un detector electrónico. El movimiento del detector en dirección horizontal sobre el rodillo permite el escaneado de diferentes filas (y). La rotación del rodillo por si mismo permite el escaneado de las diferentes columnas (x).

De base plana se asemeja un poco a una tabla digitalizadora. El ratón de digitalización es reemplazado por un brazo que se puede mover en dirección horizontal (escaneado en dirección x). El detector electrónico está conectado sobre el brazo y puede moverse en dirección vertical (dirección y)

4.6 3 Imágenes de satélite

Debido a la estructura raster de las imágenes de satélite, estas pueden utilizarse como entrada de datos.

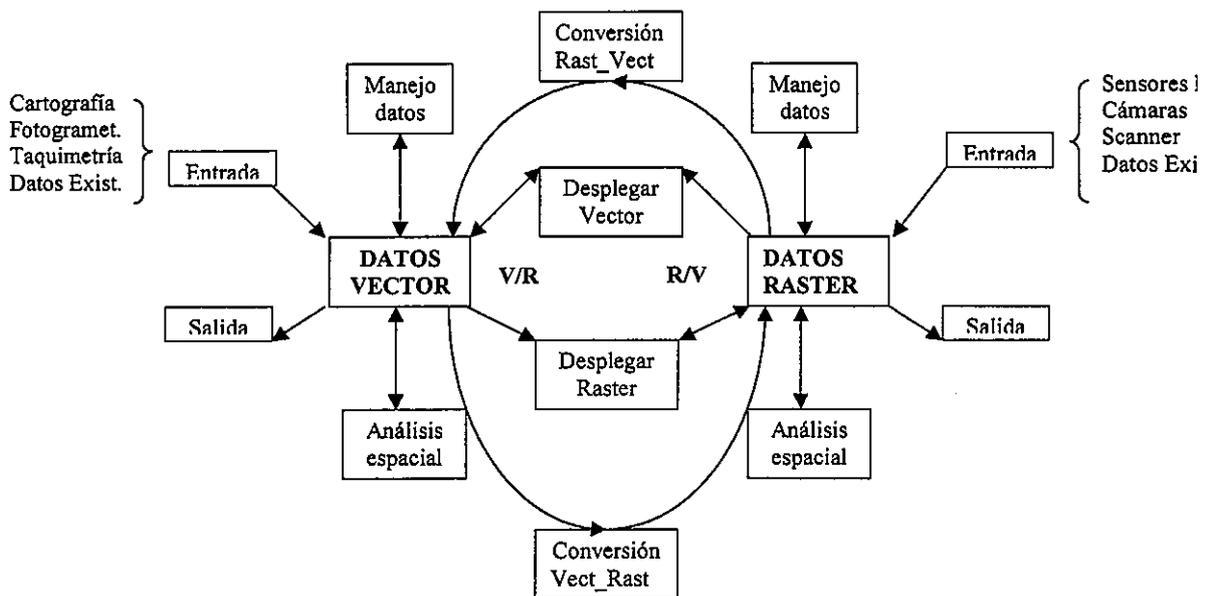


No todos los SIG tienen capacidad para el tratamiento de imagen, pero una vez esté hecho, su resultado puede utilizarse como dato en cualquier SIG que trabaje en raster.

4.6.4 Conversión de datos raster a vector

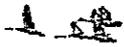
La conversión de datos raster a vector se acostumbra a utilizar en dos casos: cuando se ha escaneado una imagen y se quiere trabajar en vector, o cuando la salida de datos raster se hace a través de un plotter. "En general el resultado contiene un gran número de pares de coordenadas que son innecesarios, ocupando mucho espacio (Burrough, 1986). Mediante algunos algoritmos estos excesos pueden ser eliminados.

La conversión de datos vector a raster suele utilizarse cuando se desea hacer según que tipo de análisis espacial, cuando alguna capa es una imagen de satélite, o cuando se crea un DEM (Modelo Digital de Elevación de Terreno).



°BIBLIOGRAFÍA

- Arbiol, R., M.T. Muns y O. Viñas. 1985. Estudi de la simulació SPOT sobre Catalunya, "Revista Catalana de Geografia", vol. 1 pp. 26-37.
- Aranoff, S. (1989) Geographic Information Systems: a management perspective, WDL publications, 294 p.
- Chuvieco, E. (1990). Fundamentos de Teledetección Espacial, segunda edición. Editorial Rialp, s.a. Madrid, España 453 p.
- Chuvieco, E. 1985 Aplicaciones del tratamiento digital de Imágenes Landsat ala cartografía de ocupación del suelo, Facultad de Geografía e Historia de la Universidad complutense Madrid, España.
- Cebrian, J.A. 1986. Sistemas de Información Geográfica Funciones y estructuras de datos, "Estudios Geográficos", vol. 4 pp. 277-299.
- CLAS_ITC, 1999. Introducción a Sensores Remotos y Sistemas de Información Geográfica. Módulo 3, apuntes de clase de la Maestría en Información de Suelos para el manejo de los RRNN. 503 p.
- Guzmán, G. 1999. Verificación de la cualidad de mapas de suelos mediante la metodología de Van Wambeke. Tesis en Master en Información de suelos. CLAS_UMSS_ITC. Cochabamba, Bolivia 89 p.
- Hilwig, F.W 1980. Visual Interpretation of multitemporal Landsat data for Inventories of natural resources. ITC Journal, vol. 2, pp. 297-327.
- Hopkins, P. F. y T.M. Lillesand. 1988. Assesment of thematic mapper imagery for forestry applications under lake states conditions, Photogrammetric Engineering and Remote sensing. Vol. 54 pp. 61 – 68.
- Jimenez, J. y N. Garcia. 1982. Introducción al Tratamiento digital de las imágenes centro de Investigación UAM – IBM. Madrid, España.
- Labrandero, J. L. 1978. Aplicación de Métodos Digitales al Reconocimiento de Suelos, Mediante Sensores Remotos, Tesis doctoral, Universidad Autónoma de Madrid, Facultad de Ciencias. Madrid, España.
- Meliá, J. 1986. Signaturas Espectrales e Indices de Vegetación, Burjassot. Facultad de Ciencias Físicas. Universidad de Valencia.
- Strahler, A. H. 1984. Timber Inventory using Landsat, 8th Canadian Symposium on Remote Sensing, Quebec, CJRS, pp. 665-674.
- WWW. Geocom.hn.



GLOSARIO

**DE TÉRMINOS USADOS EN EL TRABAJO CON
SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA**

ANGEL M. FELICÍSIMO
amfeli@unex.es

Con este pequeño glosario propongo un conjunto de definiciones breves y sintéticas de conceptos que, aunque bien conocidos, a veces se han descrito de formas muy diferentes.

También he querido actualizar algunos conceptos clásicos (como la de *mapa*) ya que la definición tradicional no se ha adaptado a los medios y métodos que manejamos actualmente.

Notas:

1. Las palabras no españolas se escriben en cursiva
2. Los significados que aquí se atribuyen se deben interpretar en el contexto apropiado (sistemas de información geográfica); en otros campos del conocimiento la cuestión puede ser muy distinta (por ejemplo, no pretendáis convencer a un matemático de que *topología* es lo que aquí se dice)

ACIMUT	ángulo formado entre una línea y un meridiano normalmente nos referimos con este término a la orientación geográfica; en este caso, la primera línea sería la proyección sobre el plano XY del vector perpendicular al terreno en el punto problema
ALBEDO	fracción de la radiación incidente que es reflejada por una superficie puede variar entre los límites teóricos de 0 (no reflexión, absorción total) y 1 (reflexión total); el albedo de la Tierra en su conjunto es aproximadamente 0.3
ALGORITMO	secuencia explícita y finita de operaciones que conduce a la solución de un problema aplicado a los SIG suele tratarse de un conjunto de operaciones de álgebra de mapas y/o sobre bases de datos que permiten obtener un resultado mediante combinación de información espacial y alfanumérica VALIDACIÓN DE UN ALGORITMO : proceso de verificación mediante el cual se asegura (a) que el algoritmo está libre de errores sintácticos y de escritura y (b) que genera resultados correctos para cualquier combinación coherente de valores de las variables de entrada. No siempre es posible realizar una validación algorítmica completa.
ALTIMETRÍA	medida de la altitud o elevación la altitud se mide sobre una superficie de referencia (datum); la medida de profundidades bajo el agua se denomina batimetría
ANILLO	estructura formada por un conjunto ordenado de líneas que se cierra sobre sí mismo sin cruces ni solapamientos un anillo define una superficie poligonal y puede estar formado por una única línea o por varias unidas secuencialmente; en cualquier caso, los nodos inicial y final de un anillo coinciden y queda definida la propiedad topológica de interioridad (dentro/fuera)
ATRIBUTO	propiedad o característica de una clase de elementos en una base de datos por ejemplo, la superficie, la población, la renta media... pueden ser atributos de la clase municipios en una base de datos
BANDA	rango de frecuencias del espectro electromagnético por ejemplo, la banda 1 del sensor TM se define en el rango 0.45-0.52 μm
BASE DE DATOS	conjunto de datos estructurado para permitir su almacenamiento, consulta y actualización en un sistema informático las bases de datos relacionales son un caso concreto en el que la información se organiza en <i>relaciones</i> (llamadas más frecuentemente "tablas") que son conjuntos de <i>tuplas</i> ("registros") cada una de las cuales integra información de un elemento en un conjunto de <i>campos</i> (uno por atributo del elemento); si dos tablas comparten un campo con valores dentro del mismo <i>dominio</i> , puede aplicarse una operación de unión mediante la cual las tuplas se enlazan en función de los valores del campo de enlace.

BINARIO	<p>sistema de numeración basado en dos dígitos, 0 y 1</p> <p>los sistemas de numeración pueden crearse sobre una base (número de dígitos básicos) arbitraria; el sistema binario (base 2) usa solamente dos dígitos:</p> <table border="1"> <tr> <td>binario</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>10</td> <td>11</td> <td>100</td> <td>101</td> <td>110</td> <td>111</td> <td>1000</td> <td>1001</td> <td>...</td> </tr> <tr> <td>decimal</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> <td>6</td> <td>7</td> <td>8</td> <td>9</td> <td>...</td> </tr> </table>	binario	0	1	10	11	100	101	110	111	1000	1001	...	decimal	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	...
binario	0	1	10	11	100	101	110	111	1000	1001	...														
decimal	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	...														
BIT	<p>dígito en el sistema binario de numeración</p> <p><i>bit</i> proviene de la contracción de <i>binary digit</i>; al tratarse de un dígito en el sistema binario sólo puede tener dos valores: 0 y 1.</p>																								
BYTE	<p>conjunto de 8 bits en el sistema binario de numeración</p> <p>un <i>byte</i> puede almacenar un número entero entre 0 (00000000) y 256 (2^8: 11111111); el término es equivalente a octeto (ocasionalmente se habla de <i>byte</i> para un número diferente de bits)</p>																								
CARTOGRAFIA	<p>conjunto de técnicas utilizadas para la construcción de mapas</p>																								
CELDA	<p>elemento básico de información en una estructura <i>raster</i> matricial</p> <p>representa el valor medio de un área rectangular superpuesta al terreno (es un concepto análogo al de <i>pixel</i> en una imagen digital)</p>																								
CENIT	<p>con origen en el centro de la Tierra, lugar al que apunta el vector normal a la superficie terrestre en un punto de observación</p> <p>el punto de observación se supone sobre la superficie de la Tierra</p> <p>LUZ CENITAL: luz incidente verticalmente con origen en el cenit</p>																								
CENTROIDE	<p>punto interior a un polígono más próximo a su centro geométrico</p> <p>el centro geométrico de un polígono puede ser exterior si el polígono no es convexo; en ese caso, el centroide se "mueve" al lugar más próximo posible que cumpla la condición de interioridad</p>																								
CLASIFICACIÓN	<p>proceso de agrupamiento de un conjunto de elementos en clases</p> <p>en el sentido estadístico, una clasificación pretende agrupar los elementos en clases internamente homogéneas pero diferenciables entre ellas por los valores de una o varias variables</p>																								
COMPRESIÓN	<p>técnica de reducción del número de bits necesario para almacenar o transmitir una información concreta</p> <p>existen técnicas de compresión sin pérdida de la información original (por ejemplo, GIF en la compresión de imágenes digitales) o con pérdida controlada de información (por ejemplo, JPG en el mismo caso)</p>																								
COORDENADA	<p>cantidad usada para definir una posición en un sistema de referencia</p> <p>las coordenadas pueden ser lineales (cartesianas) o angulares (esféricas), según el sistema de referencia</p>																								
COTA	<p>altitud asociada a un punto</p> <p>habitualmente, un mapa de elevaciones está formado por curvas de nivel o isohipsas y por puntos acotados</p>																								
CUENCA HIDROLOGICA	<p>conjunto de puntos del terreno cuyas líneas de flujo convergen en un sumidero</p> <p>el sumidero suele hacerse coincidir con un punto singular: una desembocadura o una confluencia de ríos</p>																								
CUENCA VISUAL	<p>conjunto de puntos del terreno que son visibles desde un punto de vista o foco (ver concepto de intervisibilidad entre dos puntos)</p>																								
DATO	<p>hecho verificable sobre la realidad</p> <p>un dato puede ser una medida, una ecuación o cualquier tipo de información que</p>																								

DATUM	<p>pueda ser verificada (en caso contrario se trataría de una creencia)</p> <p>sistema geométrico de referencia empleado para expresar numéricamente la posición geodésica de un punto sobre el terreno</p> <p>cada datum se define en función de un elipsoide y por un punto en el que el elipsoide y la Tierra son tangentes; en España, el datum usa el elipsoide Hayford (o Internacional 1924) y el punto de tangencia es Postdam (GB)</p>
DECLINACION SOLAR	<p>distancia angular entre el vector que apunta al Sol y su proyección sobre el plano del Ecuador</p> <p>en el sistema de referencia terrestre, la declinación varía aproximadamente en el rango $\pm 23.5^\circ$; los momentos del máximo y mínimo ángulo se denominan solsticios</p>
DETERMINISTA	<p>se aplica al modelo, proceso o simulación cuyos resultados no dependen de ningún factor con valores aleatorios</p> <p>se opone al concepto de modelo o proceso estocástico, donde se introducen factores cuyo valor depende de funciones aleatorias; estos factores suelen utilizarse para simular la incertidumbre de los datos</p>
DIGITALIZAR	<p>operación de codificar la información en cifras</p> <p>la digitalización se aplica habitualmente a la codificación de la información gráfica (mapas y planos convencionales) pero puede ser aplicada con propiedad a todo tipo de información para la construcción de bases de datos digitales</p>
DISOLUCIÓN (GEOMÉTRICA)	<p>proceso de unión de dos o más polígonos mediante la eliminación de los lados comunes</p> <p>la disolución suele realizarse para generalizar información temática, uniendo los polígonos vecinos que comparten valores iguales para alguno de sus atributos</p>
DOMINIO	<p>en una base de datos se aplica al conjunto de valores posibles de un atributo</p> <p>por ejemplo, el conjunto de valores posibles de códigos municipales en España es el dominio del atributo "código municipal"</p>
ELIPSOIDE	<p>descripción simplificada de la forma y dimensiones de la Tierra: los elipsoides se definen en función de un radio ecuatorial y de un radio polar</p>
EMPIRICO	<p>dato o información extraídos de la observación o medida directa de la realidad</p>
EMULACIÓN	<p>imitación de un proceso real mediante un modelo</p>
ENTORNO	<p>conjunto de valores de los factores influyentes bajo los cuales se realiza una simulación</p> <p>es un concepto equivalente a "escenario" y representa bajo qué condiciones se ejecuta la simulación de un proceso; en este contexto, la experimentación es la realización de simulaciones bajo condiciones de entorno controladas</p>
EQUINOCCIO	<p>momentos en los que la declinación solar es de 0°</p> <p>los equinoccios ocurren hacia el 21 de marzo y 21 de septiembre y son los únicos momentos en que el día y la noche duran 12 h y en los que el Sol sale por el Este y se pone por el Oeste exactamente</p>
ERROR	<p>diferencia entre el valor medido o estimado y el valor real</p> <p>en un modelo, el error representa la desviación entre lo predicho por el modelo y la realidad; el error es una estimación de la calidad de la información de un mapa y suele distinguirse del concepto de precisión, que hace referencia a la calidad del método de medida utilizado</p> <p>Para saber más: Accuracy Standards for Positioning (Geomatics Canada, Geodetic Survey Division)</p>
ESCANER	<p>sensor óptico acoplado a un dispositivo de barrido para la digitalización de documentos</p> <p>con un escáner se recorre un documento mediante un sensor óptico que mide la reflectancia general (tonos de gris) o la de cada color primario (RGB) para formar</p>

	<p>una imagen digital</p> <p>procedente del inglés <i>scanner</i>, el neologismo ha sido aceptado por la RAE aunque con una definición compleja y poco afortunada</p>
ESTÁNDAR	<p>propiedad que garantiza la uniformidad en los métodos de capturar, representar, almacenar y documentar la información</p> <p>la estandarización es, hoy por hoy, un objetivo ya que no existen normas universalmente aceptadas para casi ningún tipo de información</p>
FILTRO	<p>matriz de coeficientes aplicados en un proceso de convolución sobre una estructura raster</p> <p>por ejemplo, los coeficientes usados para generar la curvatura general a partir de un MDE son</p> $\begin{matrix} -1 & 0 & -1 \\ 0 & 4 & 0 \\ -1 & 0 & -1 \end{matrix}$
FOTOGRAMETRÍA	<p>conjunto de técnicas implicadas en la obtención de datos métricos a partir de fotografías</p> <p>la fotogrametría es la forma más usual de generar modelos digitales de elevaciones, usando pares estereoscópicos y apoyos sobre el terreno</p>
GENERALIZACIÓN	<p>simplificación realizada al representar un objeto real mediante un modelo</p> <p>se aplica también al proceso de eliminación selectiva de vértices en una forma geométrica para simplificarla</p>
GEORREFERENCIAR	<p>asignar coordenadas geográficas a un objeto o estructura</p> <p>el concepto aplicado a una imagen digital implica un conjunto de operaciones geométricas que permiten asignar a cada <i>pixel</i> de la imagen un par de coordenadas (x,y) en un sistema de proyección</p>
GPS	<p>acrónimo de <i>global positioning system</i>, o sistema de localización global</p> <p>hace referencia a un sistema mediante el cual es posible estimar las coordenadas actuales de una estación en tierra mediante la recepción simultánea de señales emitidas por varios satélites (llamados en conjunto <i>constelación GPS</i>)</p> <p>Nota: "posicionamiento" es un barbarismo por lo que debe evitarse su uso</p> <p>Para saber más sobre el uso de GPS en los sistemas de información geográfica: <u>GPS Positions for GIS: getting them right the first time</u></p>
IMAGEN DIGITAL	<p>representación gráfica de un objeto mediante una matriz regular que recoge valores de reflectancia</p> <p>los valores de reflectancia suelen medirse mediante sensores sensibles a ciertos rangos de longitudes de onda de la luz; ejemplos de estos sensores son los transportados por plataformas aéreas (aviones o satélites) o los integrados en un escáner para la digitalización de documentos impresos</p>
IMAGEN MULTIESPECTRAL	<p>estructura de datos formada por varias imágenes digitales correspondientes a diferentes rangos de frecuencias</p> <p>es decir, una imagen multiespectral no es una imagen sino un conjunto de ellas, con las mismas propiedades geométricas, y cada una de las cuales recoge la reflectancia en un diferente rango de longitudes de onda del espectro electromagnético</p>
IMPEDANCIA	<p>variable que expresa el coste o resistencia al movimiento en un lugar y sentido determinado</p> <p>se emplea en problemas como la determinación del camino óptimo en análisis de redes (trayectoria de mínimo coste)</p>
INCERTIDUMBRE	<p>falta de certeza en un resultado derivada del error en los datos y en los procesos</p> <p>la incertidumbre va asociada a un valor de probabilidad de que la medida sea correcta; por ejemplo, es improbable que una celda donde se estima una pendiente de 12° tenga precisamente ese valor: cualquier otro valor es posible con una</p>

INTERPOLACIÓN	<p>probabilidad determinada.</p> <p>estimación del valor de una variable en un punto a partir de otros datos próximos</p> <p>se entiende que el punto problema está dentro del rango de variación de los datos disponibles; en caso contrario se habla de extrapolación. La interpolación puede hacerse en un espacio de 1, 2 o más dimensiones.</p> <p>INTERPOLACIÓN BILINEAR : en una estructura matricial, interpolación en función inversa de la distancia a los cuatro vecinos más próximos</p>
INTERSECCIÓN	operación de combinación de dos mapas en la cual se conservan las zonas incluidas en el dominio espacial común a los dos mapas
INTERVISIBILIDAD	<p>propiedad de dos puntos en los que el vector que los une no está interrumpido por la superficie topográfica</p> <p>el punto origen del vector se denomina foco o punto de vista; el vector entre el foco y el punto objetivo se denomina línea visual</p>
ISOPLETA	curva que une puntos de igual valor
LEYENDA	<p>en altimetría, isopleta es equivalente a curva de nivel o isohipsa</p> <p>listado ordenado y estructurado de las relaciones símbolo/valor para las variables representadas en un mapa</p> <p>la leyenda debe permitir interpretar los significados de los recursos gráficos usados en el mapa, tanto para las variables cuantitativas (por ejemplo, altitud) como nominales (p. ej., vegetación)</p>
LÍNEA	<p>conjunto ordenado de vectores encadenados</p> <p>en el modelo de datos vectorial la línea se usa para representar objetos geográficos como carreteras, tendidos eléctricos, etc. En una estructura topológica, las líneas tienen un sentido y están definidos los lados izquierdo y derecho.</p>
LÍNEA DE FLUJO	<p>línea que traza la trayectoria que seguiría la escorrentía superficial sobre el terreno</p> <p>una línea de flujo pasa de celda a celda siguiendo la máxima pendiente local</p>
LÍNEA DE RUPTURA	<p>línea que rompe la continuidad de la superficie topográfica</p> <p>se utilizan en la construcción de modelos digitales de elevaciones en zonas como bordes de acantilados, líneas de cresta y otras formas abruptas</p>
MATRIZ	<p>estructura de datos formada por elementos (celdas) dispuestos regularmente en filas y columnas</p> <p>la matriz es la estructura más usada para la construcción de modelos digitales del terreno e imágenes digitales; en este último caso, cada elemento de una matriz se denomina pixel;</p> <p>se habla de 'matriz regular' cuando filas y columnas están separadas por la misma distancia</p>
MAPA	<p>modelo gráfico de la superficie terrestre donde se representan objetos espaciales y sus propiedades métricas, topológicas y atributivas</p> <p>un mapa puede ser analógico (impreso sobre papel, por ejemplo) o digital (codificado en cifras, almacenado en un ordenador y presentado en una pantalla)</p> <p>existen mapas métricos, diseñados para representar distancias, superficies o ángulos y mapas topológicos, diseñados para representar vecindad, inclusión, conectividad y orden</p> <p>en el contexto de los SIG, un mapa es la presentación de cualquier estructura de datos usada para reflejar cartográficamente una variable espacial (nominal o cuantitativa) independientemente del modelo de datos utilizado (vectorial o raster)</p>
METADATOS	<p>información sobre las características de un conjunto de datos</p> <p>típicamente, los metadatos incluyen información anexa al cuerpo de datos principal (por ejemplo, un modelo digital de elevaciones) sobre extensión geográfica,</p>

<p>MODELO</p>	<p>estadísticas, autoría, metodología, calidad de la información, etc.</p> <p>representación simplificada de un objeto o proceso en la que se representan algunas de sus propiedades</p> <p>un modelo reproduce solamente algunas propiedades del objeto o sistema original que queda, por tanto, representado por otro objeto o sistema de menor complejidad; los modelos se construyen para conocer o predecir propiedades del objeto real</p> <p>MODELO ANALÍTICO : modelo construido mediante ecuaciones resolubles</p> <p>MODELO DINÁMICO : modelo en el cual las propiedades de sus componentes cambian; se aplica normalmente a modelos de procesos y se opone al concepto de modelo estático, básicamente descriptivo, como por ejemplo un modelo digital de elevaciones</p> <p>MODELO ICÓNICO : modelo construido como una copia morfológica del objeto real; por ejemplo, una maqueta</p>
<p>MODELO DE COLOR</p>	<p>esquema utilizado para definir los colores sin ambigüedad</p> <p>RGB: modelo de color en el que los colores se definen según la cantidad utilizada de los colores rojo (<i>red</i>), verde (<i>green</i>) y azul (<i>blue</i>)</p> <p>CMYK: modelo de color en el que los colores se definen según la cantidad utilizada de los colores cian (<i>cyan</i>), magenta (<i>magenta</i>), amarillo (<i>yellow</i>) y negro (<i>black</i>)</p>
<p>MODELO DE DATOS</p>	<p>esquema conceptual utilizado para representar la realidad mediante un modelo</p> <p>un modelo de datos intenta solucionar el problema de cómo dar el paso realidad → modelo, es decir, cómo representar la realidad de forma adecuada y eficiente; un mismo modelo de datos puede luego expresarse en diferentes estructuras de datos, la forma física en la que se organiza la información en una base de datos</p> <p>por ejemplo: las siglas GIF, JPG, BMP definen estructuras de datos distintas aunque todas ellas se encuadran en un modelo de datos <i>raster</i>; las estructuras de datos difieren en la forma de codificar y almacenar la información aún dentro del mismo esquema conceptual</p>
<p>MODELO DIGITAL DEL TERRENO</p>	<p>estructura numérica de datos que representa la distribución espacial de una variable cuantitativa</p> <p>se trata, por tanto, de un modelo digital que representa una propiedad cuantitativa topográfica (por ejemplo, elevación, pendiente) o no (temperatura de la superficie del terreno, reflectancia...)</p>
<p>NODO</p>	<p>vértice inicial o final de una línea</p> <p>se aplica por extensión a las entidades puntuales que están interconectadas en una estructura en red. El orden de los nodos (inicial→final) permite asignar a la línea un sentido y dejar definidos los conceptos topológicos de izquierda/derecha</p>
<p>ORTOFOTO</p>	<p>fotografía aérea modificada geoméricamente para ajustarla a un sistema de proyección geográfica</p> <p>en una ortofoto(grafía) se han eliminado las distorsiones debidas a la perspectiva, al movimiento de la cámara y al relieve de forma que posee las mismas propiedades métricas que un mapa</p>
<p>ORTOGONAL</p>	<p>perpendicular</p> <p>se aplica también a variables que son mutuamente independientes en el sentido estadístico (no correlacionadas)</p>
<p>PANCROMÁTICO</p>	<p>sensor sensible a un amplio rango de frecuencias en el espectro visible</p> <p>se opone a 'ortocromático', término aplicado en fotografía a los materiales insensibles a la luz de longitud de onda más larga (rojo)</p>
<p>PAR ESTEREOSCOPICO</p>	<p>conjunto de dos imágenes del mismo lugar tomadas desde diferentes puntos de vista</p> <p>las imágenes pueden ser analógicas o digitales; los pares estereoscópicos se utilizan</p>

PELIGROSIDAD	<p>en fotogrametría para restituir el relieve</p> <p>probabilidad de ocurrencia en un ámbito temporal y espacial determinado de un fenómeno natural potencialmente dañino</p> <p>suele utilizarse como sinónimo el término amenaza</p>
PENDIENTE	<p>ángulo entre la línea normal a la superficie del terreno y la vertical</p> <p>la pendiente o inclinación del terreno es la derivada primera de la altitud y puede estimarse directamente a partir del modelo digital de elevaciones mediante filtros</p>
PIXEL	<p>cada elemento discreto en los que se divide una imagen digital</p> <p>tecnicismo de origen inglés que procede de la contracción de <i>picture element</i></p>
PLATAFORMA	<p>genéricamente, cualquier medio de transporte que lleva un sensor o instrumento de medida</p>
POLIGONO	<p>figura geométrica plana formada por, al menos, un anillo externo</p> <p>un polígono puede tener anillo(s) interno(s) en cuyo caso se habla de un polígono compuesto en vez de un polígono simple (sin "agujeros")</p>
POLIGONOS DE THIESSEN	<p>método de división del plano en polígonos que utiliza como criterio la distancia mínima a un conjunto de puntos previo</p> <p>dado un conjunto de n puntos origen, la división del plano genera un polígono alrededor de cada uno de ellos; cada polígono representa el lugar geométrico de los puntos del plano más cercanos al punto interior original; una línea frontera entre dos polígonos representa el lugar geométrico de los puntos del plano equidistantes a los puntos origen respectivos</p> <p>es sinónimo de polígonos de Voronoi y de teselación de Dirichlet</p>
PRECISIÓN	<p>calidad del proceso de medida de una magnitud</p> <p>el método GPS es muy preciso pero las medidas utilizadas sin corrección están afectadas por un error importante derivado de una degradación inducida en la señal de los satélites</p>
PROYECCIÓN	<p>conjunto de transformaciones métricas definidas para representar la superficie de la Tierra sobre un plano</p> <p>Existe un gran número de proyecciones, cada una de las cuales posee propiedades diferentes en cuanto a las métricas del objeto real y de su representación plana; por ejemplo, en una proyección conforme se conservan los ángulos (los paralelos y meridianos se cortan en ángulo recto) y en una equivalente se conservan las superficies.</p>
RASTER	<p>modelo de datos en el que la realidad se representa mediante teselas elementales que forman un mosaico regular</p> <p>cada tesela del mosaico es una unidad de superficie que recoge el valor medio de la variable representada (altitud, reflectancia ...); las teselas pueden ser cuadradas (celdas) o no (triangulares, hexagonales...)</p> <p>un modelo de datos <i>raster</i> está basado en localizaciones</p>
RED	<p>modelo de datos formado por nodos y conexiones entre ellos</p> <p>tanto los nodos como las conexiones pueden tener atributos propios como, por ejemplo, longitud, resistencia, sinuosidad... El análisis de redes agrupa un conjunto de técnicas implicadas en la resolución de cuestiones que pueden ser modelizadas mediante una red, por ejemplo, determinación del camino de mínimo coste entre dos puntos</p>
RÉPLICA	<p>representación exacta de un objeto sin pérdida de información</p> <p>los modelos no son réplicas ya que se definen como una representación simplificada del objeto real: toda modelización implica una pérdida de información</p>

RIESGO	<p>pérdidas esperadas de los elementos vulnerables ante la ocurrencia de un fenómeno determinado</p> <p>el riesgo suele valorarse en unidades monetarias (ver vulnerabilidad)</p> <p>riesgo específico: grado de pérdidas esperadas como consecuencia de un fenómeno determinado; es igual a la peligrosidad por la vulnerabilidad</p>
SIGNATURA	<p>valores característicos de una clase en un proceso de clasificación</p> <p>la signatura recoge los valores de un conjunto de variables que caracterizan y permiten identificar los elementos de una clase; se aplica en los procesos de clasificación supervisada como criterio para asignar cada elemento a una clase determinada</p> <p>se habla de signatura espectral cuando las variables utilizadas son valores de reflectancia en una imagen multiespectral</p>
SISTEMA DE GESTIÓN DE BASES DE DATOS (SGBD)	<p>sistema informático diseñado para la creación, modificación, corrección, actualización y consulta de bases de datos</p>
SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA	<p>sistema de gestión de bases de datos (SGBD) con herramientas específicas para el manejo de información espacial y sus propiedades</p> <p>los tipos de propiedades que un SIG debe poder analizar tanto independiente como conjuntamente son tres: métricas, topológicas y atributivas</p>
SISTEMA DE COORDENADAS	<p>marco de referencia espacial que permite la definición de localizaciones mediante coordenadas</p> <p>éstas pueden ser lineales (sistemas cartesianos, con ejes ortogonales) o esféricas (donde se utilizan como coordenadas el acimut y elevación angular)</p>
SISTEMA EXPERTO	<p>conjunto de base de datos y sistema de decisión basado en reglas que genera la respuesta de mayor probabilidad ante un conjunto dado de datos de entrada</p> <p>por ejemplo, dados un conjunto de medidas de propiedades anatómicas de una planta, el sistema genera un resultado con la(s) especie(s) más probable(s)</p>
SOLSTICIO	<p>momentos en los que la declinación solar es de $+23^\circ$ o -23°</p> <p>los solsticios ocurren hacia el 21 de junio y 21 de diciembre; el solsticio de verano se corresponde con el día más largo del año y el solsticio de invierno con el más corto</p>
SOMBREADO	<p>proceso de asignación de un valor de reflectancia a cada punto de un mapa para simular el relieve</p> <p>con el sombreado se hace más interpretable el relieve simulando el aspecto que tendría el terreno ante una fuente de luz; el procedimiento más sencillo es asignar un valor de reflectancia proporcional al ángulo de incidencia del vector luminoso sobre el terreno</p>
SQL	<p>acrónimo de <i>structured query language</i>, un lenguaje estándar de gestión de bases de datos</p> <p>SQL se ha convertido en un estándar por lo que es posible acceder a bases de datos de procedencia diversa mediante consultas en este lenguaje</p>
TABLA DE CORRESPONDENCIA	<p>tabla donde se establece un relación de correspondencia entre rangos de un atributo y valores equivalentes</p> <p>por ejemplo: pendiente = $0^\circ \rightarrow$ nula; $1-5^\circ \rightarrow$ baja; $5-10^\circ \rightarrow$ media; mayor que $10^\circ \rightarrow$ alta; suele utilizarse la expresión inglesa <i>lookup table</i></p>
TELEDETECCIÓN	<p>proceso de captura de información a distancia, sin contacto entre el aparato de medida y el objeto</p> <p>se aplica habitualmente en un sentido más restringido a las imágenes o datos captados mediante sensores transportados por aviones o satélites; es común la extensión del concepto al análisis y la interpretación de la información, y no sólo a su captura</p>

TESELA	<p>cada unidad elemental del modelo de datos <i>raster</i></p> <p>puede considerarse sinónimo de celda, aunque esta última denominación suele reservarse para las teselas rectangulares</p>
TIN	<p>estructura vectorial usada para construir modelos digitales del terreno</p> <p>TIN son las siglas de <i>triangulated irregular network</i>; se trata de una estructura de datos que representa el relieve mediante una red irregular de triángulos adosada al terreno, sin solapamientos y donde cada vértice se define por sus coordenadas espaciales (x,y,z)</p>
TOPOGRAFÍA	<p>descripción de las formas del terreno</p> <p>es frecuente, aunque erróneo, considerar sinónimos topografía y altimetría</p>
TOPOLOGÍA	<p>referencia a las propiedades no métricas de un mapa</p> <p>en el contexto de los SIG, topología hace referencia a las propiedades de vecindad o adyacencia, inclusión, conectividad y orden, es decir, propiedades no métricas y que permanecen invariables ante cambios morfológicos, de escala o de proyección</p> <p>se dice que una estructura de datos es 'topológica' cuando incluye información explícita sobre estas propiedades; en este caso, es posible realizar análisis y consultas "topológicas" sin necesidad de acudir a las tablas de coordenadas</p>
TRANSFORMACIÓN	<p>proceso de conversión de coordenadas desde un sistema cartesiano a otro</p> <p>típicamente, la digitalización de un mapa implica una transformación desde las coordenadas-tablero a las coordenadas usadas en un sistema de proyección</p> <p>transformación afin: aquella donde se usan ecuaciones de primer grado que permiten exclusivamente rotaciones, traslaciones y cambios de escala; en esta transformación se conserva la propiedad de paralelismo</p>
VALIDACIÓN	<p>proceso de comprobación de que datos y métodos responden a un estándar</p> <p>por ejemplo, la comprobación de que los códigos municipales de una base de datos se corresponden son coherentes con la codificación de referencia (por ejemplo, del Instituto Nacional de Estadística)</p> <p>VVC (Verificación, Validación y Certificación): proceso por el que se garantiza la corrección (ausencia de errores), consistencia interna (ausencia de contradicciones) y exactitud (ajuste a un estándar) de una base de datos para un objetivo determinado</p>
VECTOR	<p>entidad geométrica definida por una magnitud y un sentido</p> <p>un vector está formado por un par de puntos ordenados; el orden define el sentido del vector y la distancia entre origen y final su magnitud; si la magnitud es nula, el vector se reduce a un punto y el sentido queda indefinido</p>
VECTORIAL	<p>modelo de datos en el que la realidad se representa mediante vectores o estructuras de vectores</p> <p>una estructura vectorial puede ser compleja: una cadena de vectores forma un arco; una cadena de arcos forma un anillo; uno o varios anillos definen un polígono</p> <p>se trata de un modelo de datos basado en objetos (geométricos) frente al modelo <i>raster</i>, basado en localizaciones</p>
VECTORIZAR	<p>transformación de una estructura raster en una vectorial</p> <p>suele aplicarse a la operación de "rescatar" líneas a partir de documentos escaneados (mapas o planos)</p>
VULNERABILIDAD	<p>el porcentaje de pérdida de un elemento como resultado de la ocurrencia de un fenómeno natural de una magnitud determinada</p> <p>la vulnerabilidad se expresa en un rango 0 (ningún daño) a 1 (pérdida completa); es un concepto que se aplica en análisis de riesgo</p>

Conceptos básicos, modelos y simulación

por Angel Manuel Felicísimo, biólogo
<http://www.etsimo.uniovi.es/~feli/>



Introducción

Los sistemas de información geográfica manejan información territorial de diversos tipos, en función de los modelos de datos y de la naturaleza de las variables. Es una constante, sin embargo, que los textos sobre SIG mantienen siempre en un primer plano la información y el tratamiento de variables nominales, olvidando o mencionando sólo de forma anecdótica todo un conjunto de información territorial de naturaleza intrínsecamente cuantitativa.

El motivo de ello es, probablemente, que los SIG comenzaron traduciendo la información preexistente, reflejada en su mayor parte en forma de mapas temáticos de naturaleza intrínsecamente nominal. La traducción de este tipo de información se realizó en su momento de una forma bastante directa y, por tanto, poco traumática a pesar del cambio de métodos de trabajo. Sin embargo, este enfoque inicial se reveló pronto insuficiente, por lo que comenzaron las adaptaciones y la introducción de conceptos nuevos, inexistentes en la cartografía convencional como, por ejemplo, los relativos a vinculación con bases de datos o a la consideración de las propiedades topológicas de los elementos gráficos. Actualmente el cambio sigue y las tendencias van aparentemente a remolque de las tecnologías orientadas a objetos y de los sistemas distribuidos, conceptos ambos nacidos en ámbito de la informática, con lo que la separación entre el mapa convencional y el *mapa virtual* de los SIG se hace más profunda.

La captura de la información se ha hecho tradicionalmente de forma vectorial —categorías delimitadas mediante líneas con un trazado, en principio, exacto—. El manejo de información cuantitativa y con valores no limitados *a priori* a un cierto número de categorías sólo se ha hecho posible con la generalización de los medios informáticos. Éstos permiten manejar estructuras de datos bien adaptadas a la representación de este tipo de información aunque pagando el precio de un mayor grado de abstracción.

El desarrollo de este curso se ha hecho en este contexto general y teniendo en cuenta que las técnicas aplicables al trabajo con los MDT están en continuo —aunque no necesariamente rápido— desarrollo. En los temas siguientes se ofrecerá una panorámica del manejo de los MDT, desde los principios conceptuales hasta abordar un conjunto de métodos que, importados a veces desde otras áreas de conocimiento, se están mostrando como herramientas idóneas para el análisis y extracción de información territorial.

Al final se habrá mostrado que el manejo de los MDT en los sistemas de información geográfica abre las puertas a un conjunto de métodos de representación de la realidad y de simulación de procesos que complementan de forma importante la capacidad clásica de los SIG para el manejo de la información temática.

Concepto de modelo digital del terreno

Los modelos digitales del terreno son una parte importante de la información integrante de los sistemas de información geográfica. En la revisión de la literatura sobre ellos destaca, sin embargo, la escasa atención

que se ha dedicado a los aspectos formales y conceptuales. Esta circunstancia ha conducido a que los libros clásicos sobre SIG traten muy superficialmente el tema de los MDT que, frecuentemente, se muestra llamativamente ausentes. Asimismo, pueden encontrarse ocasionalmente definiciones confusas, cuando no claramente erróneas. Este apartado tiene por objeto fijar la base conceptual de los MDT con el fin de abordar posteriormente los aspectos relativos a su construcción y manejo con mayor claridad.

¿Qué es un modelo?

Una definición bastante generalizada de modelo, originada en ámbitos geográficos, es "una representación simplificada de la realidad en la que aparecen algunas de sus propiedades" (Joly, 1988:111).

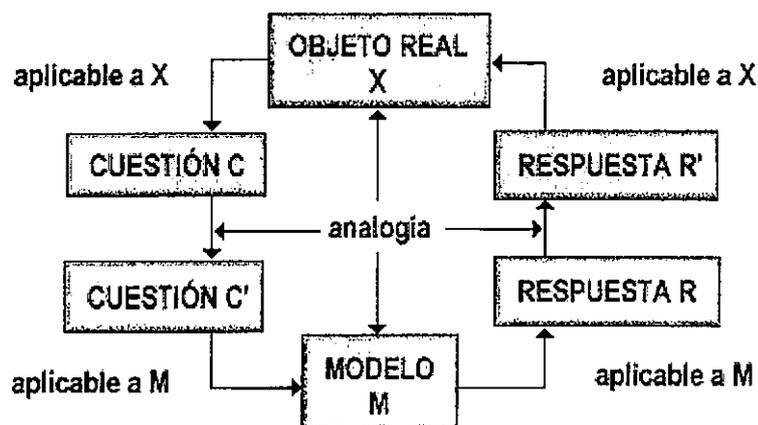
De la definición se deduce que la versión de la realidad que se realiza a través de un modelo pretende reproducir solamente algunas propiedades del objeto o sistema original que queda representado por otro objeto o sistema de menor complejidad.

Los modelos se construyen para conocer o predecir propiedades del objeto real. Algunos autores llegan a incluir esta expresión de finalidad en la propia definición de modelo: un objeto es un modelo de X para un observador O, si O puede utilizar M para responder a cuestiones que le interesan acerca de (Aracil, 1986:123); o bien, según Ríos (1995:23):

"un modelo es un objeto, concepto o conjunto de relaciones que se utiliza para representar y estudiar de forma simple y comprensible una porción de la realidad empírica"

Para que los modelos puedan decirnos algo sobre el objeto que representan, es necesario que se construyan estableciendo una relación con la realidad que debe ser simétrica, es decir, la relación de correspondencia entre el objeto real y el modelo debe ser al menos parcialmente reversible y debe permitir la traducción de algunas propiedades del modelo a la realidad

La existencia de la relación simétrica permite que un resultado C' relativo al modelo pueda traducirse en otro C relativo al objeto real y, de esta forma, que las respuestas derivadas del modelo sean aplicables a la realidad sin perder sentido. Denominaremos a estas propiedades que se deducen del modelo **propiedades emergentes**.



Los modelos sirven para responder a cuestiones sobre la realidad que no serían accesibles mediante la experimentación directa.

La utilidad de los modelos para conocer o predecir está condicionada principalmente por una buena selección de los factores relevantes para el problema y una adecuada descripción de sus relaciones funcionales.

Así, cuando se construye un modelo, estamos construyendo un sistema cuyos componentes —partes e

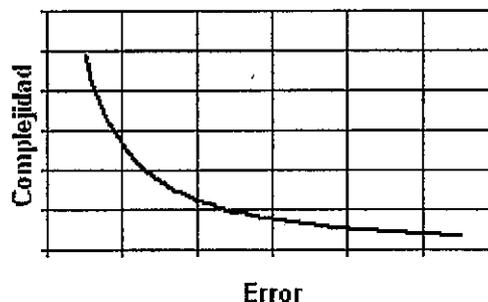
interrelaciones— se han reducido a una cantidad manejable para simplificar el sistema real. Para que los resultados sean aceptables es necesaria una precisa selección de los componentes importantes, cada uno de los cuales debe, a su vez, ser un modelo adecuado del componente real.

La calidad de las propiedades emergentes de un modelo puede valorarse sometiendo una parte de los resultados a una verificación experimental que, aunque sólo puede ser parcial, servirá de orientación sobre la magnitud de los errores derivados del modelo y puede permitir la introducción de correcciones.

El contraste experimental puede servir, por tanto, no sólo como método de control de calidad sino también como mecanismo de realimentación para realizar ajustes, tanto en los elementos que componen el modelo como en las relaciones que se establecen entre ellos.

Dado que el modelo representa la realidad con una cantidad menor de información, existe un error inherente al proceso de modelización que puede ser reducido pero no eliminado. La reducción del error puede hacerse por dos caminos complementarios:

- mayor precisión en la medida y mejor selección de los componentes: no implica mayor complejidad del modelo.
- mayor cantidad de componentes —partes e interrelaciones funcionales—: implica una mayor complejidad del modelo.



Relación genérica entre error y complejidad. La modelización pretende reducir el error manteniendo una complejidad reducida.

La eliminación del error implicaría la identificación del modelo con el objeto real, por lo que no resulta posible. En este sentido, debe buscarse un compromiso entre la complejidad del modelo y el error aceptable en los resultados.

Tipos de modelos

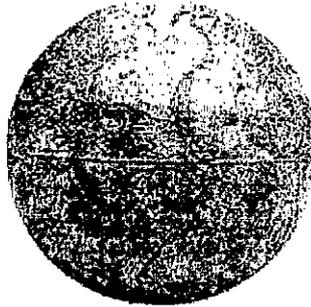
Existen numerosas clasificaciones de los modelos, ninguna de las cuales permite establecer realmente unas categorías estrictamente excluyentes. A continuación se comentan dos clasificaciones relevantes para el tema de los MDT ya que contribuyen a aclarar el concepto básico.

Modelos icónicos, análogos y simbólicos

Existen varias clasificaciones de modelos basadas en diferentes criterios. En Turner (1970:364) se distinguen tres tipos básicos: modelos icónicos, análogos y simbólicos, en función de las reglas de construcción del modelo, es decir, de la forma de establecer la relación de correspondencia.

En los modelos icónicos, la relación de correspondencia se establece a través de las propiedades morfológicas, habitualmente un cambio de escala con conservación del resto de las propiedades topológicas. Un ejemplo de modelo icónico es una maqueta, donde se ha establecido una reducción de tamaño conservando las relaciones dimensionales básicas. Sin embargo, este proceso de modelización

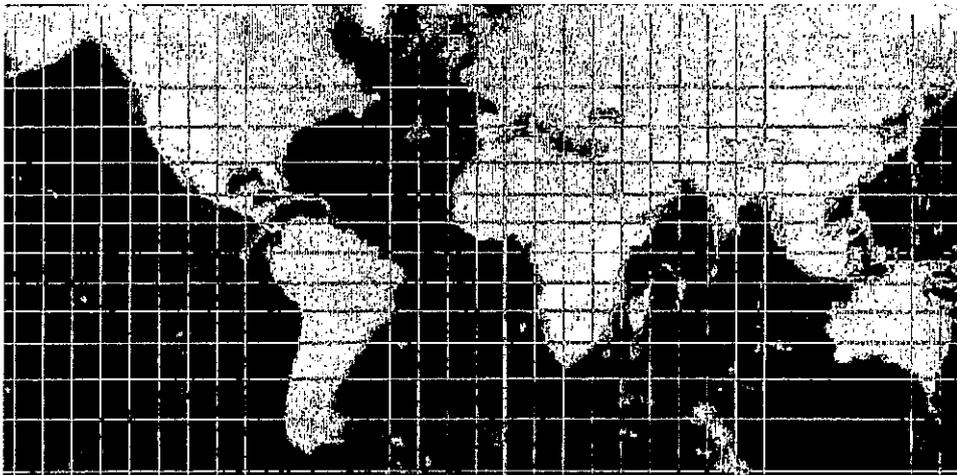
tiene implicaciones menos obvias que, según los casos, pueden tener importancia. Por ejemplo, en el caso de una maqueta del terreno, la rugosidad de la superficie es una propiedad que no se conservará ya que depende de la escala; por añadidura, su relación con la rugosidad real puede ser difícil de definir.



En un modelo icónico se conservan las proporciones del objeto real mediante una reducción de escala y una selección de las propiedades representadas

Los modelos análogos poseen algunas propiedades similares a los objetos representados pero sin ser una réplica morfológica de los mismos. Normalmente, para su construcción se utiliza un conjunto de convenciones que sintetizan y codifican propiedades del objeto real para facilitar la "lectura" o interpretación de las mismas.

Un ejemplo de modelo análogo es un mapa impreso, que se construye mediante un conjunto de convenciones cartográficas relativamente complejas, que conducen a un resultado final claramente distinto del objeto representado. Mediante esta transformación se persigue hacer legibles propiedades tales como las altitudes, distancias, localización física de objetos geográficos, sus relaciones e importancia, etc.



En un modelo análogo la realidad se representa aplicando convenciones que, sin replicar morfológicamente los objetos, permiten interpretar algunas de sus propiedades. En la figura se muestra la representación de la Tierra en una proyección cilíndrica conforme de Mercator.

Los modelos simbólicos se construyen mediante reglas notablemente más abstractas ya que esta denominación suele aplicarse a los casos en los que el objeto real se representa mediante una codificación matemática (geométrica, estadística, etc.).

Un ejemplo de modelo simbólico es la representación de un edificio mediante la identificación y codificación en una estructura geométrica de sus elementos básicos. El modelo así construido permite la aplicación de algoritmos para, por ejemplo, la estimación de esfuerzos a los que está sometido.



Reconstrucción de un edificio prerrománico, un ejemplo de modelo simbólico
Parte del edificio ha sido representado a partir de un levantamiento simulado
basado en restos de cimientos y muros.

Modelos analógicos y modelos digitales

Otra clasificación de los modelos que nos interesa para nuestro tema los divide en modelos digitales y modelos analógicos. La diferencia básica entre los modelos digitales y los modelos analógicos reside en que los primeros están codificados en cifras —lo que, entre otras cosas, permite su tratamiento informático—. Los modelos digitales son, por tanto, modelos simbólicos y para construirlos es necesario un proceso de codificación de la información, que permite una representación virtual manejable por medios informáticos.

Los modelos analógicos son modelos físicos, como los ya mencionados de una maqueta como modelo icónico, o un mapa convencional como modelo análogo. Cabe hacer la salvedad de que no deben confundirse los conceptos de modelo análogo, mencionado unos párrafos atrás, y modelo analógico, que se opone al de modelo digital.

Los modelos digitales presentan unas propiedades inherentes a su naturaleza numérica que son especialmente interesantes:

- **no ambigüedad:** cada elemento del modelo tiene unas propiedades y valores específicos y explícitos
- **verificabilidad:** los resultados se construyen mediante pasos explícitos y concretos que pueden ser analizados uno a uno y comprobados en todas las fases del proceso
- **repetibilidad:** los resultados no están sometidos, a menos que de diseño expresamente, a factores aleatorios o incontrolados y pueden ser comprobados y replicados las veces que se desee.

Sin embargo, aunque la codificación en cifras permite una representación con una elevada precisión teórica, esto no garantiza la exactitud de los resultados. Es necesario no perder de vista que un modelo no es más que una descripción aproximada que, en último término, se construye mediante la aplicación de unos supuestos más o menos adaptados a la realidad pero que nunca pueden ser exactos.

Modelos digitales del terreno

La definición formal es la siguiente: **un modelo digital del terreno es una estructura numérica de datos que representa la distribución espacial de una variable cuantitativa y continua.**

Los modelos digitales del terreno o MDT son, por tanto, modelos simbólicos ya que las relaciones de correspondencia que se establecen con el objeto real tienen la forma de algoritmos o formalismos matemáticos.

A partir de la definición anterior se pueden comentar las propiedades básicas de los MDT:

- los MDT toman la forma de estructuras de datos, lo que significa que no son sólo una acumulación o listado de cifras sino que su construcción debe realizarse de acuerdo con una estructura interna. Esta estructura se refleja en la forma lógica —en el sentido informático— de almacenar y vincular las unidades de información datos entre sí, que debe representar de alguna forma las relaciones espaciales entre los datos.

Esta condición implica, por ejemplo, que un simple listado de coordenadas acompañadas por su altitud no puede considerarse propiamente un MDT, aunque contenga toda la información necesaria para construirlo ya que no existe una estructura interna y se hace necesario un proceso de los datos para hacerla utilizable en la modelización.

- en segundo lugar, los MDT representan la distribución espacial de una variable; lo que acota claramente su ámbito de actuación en la modelización de fenómenos geográficos.
- finalmente, la definición indica que la variable representada en el MDT debe ser cuantitativa y de distribución continua.

Este punto separa conceptualmente los mapas temáticos de los MDT, ya que se excluyen las variables nominales, representadas habitualmente mediante recintos con un identificador o código interno y, de forma general, las variables representadas por entidades lineales o puntuales —como, por ejemplo, una red hidrológica—.

La definición general de MDT no hace referencia explícita a la variable representada que, por tanto, puede ser cualquiera que cumpla con los requisitos de la misma. Este aspecto, aunque en principio pueda parecer evidente, debe ser destacado ya que es habitual identificar los MDT con los MDE o **modelos digitales de elevaciones** cuando, en realidad, pueden ser representadas muchas otras propiedades del terreno. Para diferenciar claramente qué variable se está representando en el modelo denominaremos los modelos digitales de forma explícita, de acuerdo con la propiedad representada —modelo digital de pendientes, por ejemplo— y reservaremos el término MDT para la denominación genérica.



Los MDT pueden servir de base para la presentación de información temática pero ésta, por su carácter nominal, no constituye por sí un MDT. En la figura se muestra un modelo de reflectancia al cual se le ha superpuesto información sobre la edificación —en rojo—, y las superficies de agua —en azul—. Estas dos últimas categorías no pueden considerarse parte del modelo de reflectancia.

Mapas y modelos digitales del terreno

Los modelos digitales del terreno tienen una versión analógica en mapas que pueden representar las mismas variables, pero codificándolas sobre un soporte físico mediante convenciones gráficas. Estos mapas constituyen, por extensión del concepto de MDT, un tipo de modelos analógicos del terreno, MAT. Actualmente, ambos tipos de modelos se complementan en muchos aspectos y la total sustitución de unos por los otros no parece previsible. Las ventajas que ofrece la codificación numérica son claras en algunos aspectos, pero los mapas impresos son imprescindibles actualmente para el manejo práctico de la información.

A efectos prácticos, la mayor ventaja de los MDT sobre los MAT es la posibilidad de tratamiento numérico de los datos, mediante las herramientas matemáticas que nos permiten los programas informáticos. Entre estas posibilidades, inaccesibles a través de los mapas convencionales, está la capacidad de obtener estadísticos descriptivos de una variable y la de crear nueva información mediante el análisis de un MDT o la combinación de dos o más mediante procedimientos estadísticos o lógicos (álgebra de mapas).

Un ejemplo de la primera posibilidad es la obtención de la altitud media de una superficie determinada, proceso sencillo que se deriva directamente de los datos del modelo digital de elevaciones o MDE. Un ejemplo del segundo grupo de procesos es la obtención de la distribución de pendientes en función de la altitud como tabla de doble entrada; en este caso se combinan dos MDT (el MDE y el MDP) para obtener un resultado estadístico. La obtención de ambos resultados a partir de un mapa convencional exige un laborioso tratamiento manual sujeto a un alto riesgo de error y con baja repetibilidad.

Otra posibilidad que nos crea la naturaleza digital de los MDT es la de realizar procesos de simulación del funcionamiento de un sistema dinámico real. Manipulando los datos del MDT o complementándolos con otras descripciones de fenómenos físicos se accede a un medio de investigación de gran potencialidad.

Finalmente, conviene destacar que los MDT tienen también aspectos negativos, especialmente a la hora de realizar una investigación real. Al ser los MDT una parte integrante de los **sistemas de información geográfica**, se ven afectados por idénticos problemas que éstos.

Los problemas más importantes se derivan de la complejidad global del sistema informático necesario para hacer un uso eficaz de los MDT y, en general, de los SIG.

El acceso a la información impresa en un mapa es sencillo ya que se realiza directamente mediante examen visual, aunque se precisan unos conocimientos cartográficos más o menos profundos. El acceso a los MDT es mucho más complejo pues se realiza a través de equipos informáticos cuyo manejo, mediante una serie de instrucciones específicas, obliga a un entrenamiento especializado. Por otra parte, la interpretación de la información es indirecta debido a la existencia del equipo informático que actúa de nexo, y la elaboración de modelos derivados requiere el dominio de lenguajes de programación o la intervención de especialistas. Idealmente, los conocimientos cartográficos necesarios para la interpretación de los mapas convencionales deben complementarse con otros relativos a proceso de imágenes, bases de datos y programación de ordenadores, lo que implica un considerable esfuerzo de educación suplementario.

Asimismo, un uso eficaz de los MDT no se concibe fácilmente sin un equipo de trabajo relativamente amplio, un equipo informático sofisticado y un conjunto de circunstancias que permita unas condiciones de trabajo con una estabilidad razonable. En la práctica, las posibilidades de trabajo e investigación que los SIG/MDT permiten se ven limitadas por las también grandes exigencias económicas y estratégicas que plantean.

Simulación de procesos con los MDT

Los MDT descritos de hasta el momento son esencialmente modelos estáticos, en los que las propiedades representadas permanecen con valores inmutables. Sin embargo, su naturaleza digital permite utilizar los MDT para realizar procesos de simulación dinámica, con lo que a través de la modelización de objetos, se

crean modelos de procesos.

La modelización de procesos es posible mediante el diseño y empleo de algoritmos numéricos, es decir, construyendo secuencias explícitas de operaciones que conducen a la solución de problemas concretos. Generalmente, el empleo de algoritmos conduce a la creación de nuevos MDT, que denominaremos modelos digitales derivados .



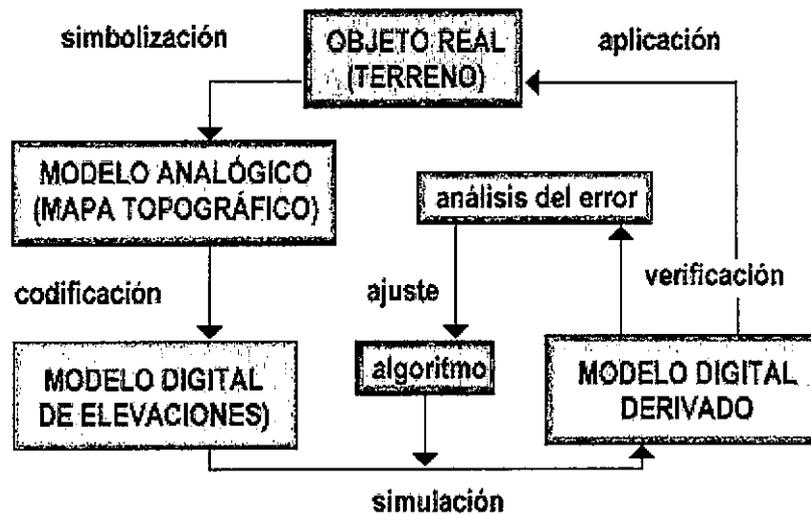
La simulación de procesos se realiza mediante algoritmos que utilizan la información de los MDT para generar otros modelos derivados.

La figura anterior muestra el resultado de la simulación de una erupción volcánica, donde las zonas en color muestran la probabilidad de que el flujo de lava pase por cada lugar. El trabajo original es de Wadge y McKendrick (1993) y fue realizado con una aplicación desarrollada específicamente para este tipo de simulaciones denominada FLOWFRONT.

El correcto funcionamiento de los algoritmos es susceptible de revisión mediante el contraste o verificación del modelo derivado con el objeto real. Este contraste se realiza mediante métodos de análisis del error que, habitualmente, se basan en la comparación de una muestra extraída del modelo derivado con medidas empíricas realizadas sobre el terreno. Los resultados del análisis del error permiten efectuar ajustes en el algoritmo, aumentando su fiabilidad y, por tanto, su capacidad de predicción. Esto significa que un algoritmo sólidamente construido, aplicado sobre un MDT fiable, permite estimar propiedades que pueden ser aplicadas al objeto real con márgenes moderados de error.

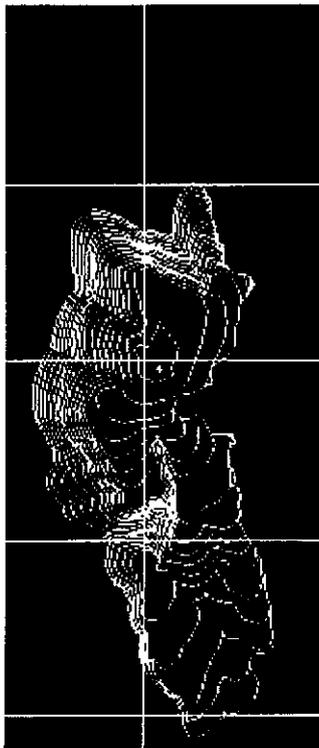
Como en el caso general ya mencionado, la modelización de procesos exige una selección de los parámetros y de las relaciones relevantes para el problema a solucionar. Frecuentemente es necesario representar procesos complejos mediante aproximaciones semiempíricas o, en el mejor de los casos, justificadas por una base teórica más o menos sólida. Este proceso de selección de variables y de procesos y de su representación se denomina parametrización.

En la figura adjunta se muestra un ejemplo de proceso genérico realizado a partir del modelo digital básico hasta su aplicación sobre el objeto real —terreno— a través de un ciclo de corrección del algoritmo que genera el modelo derivado.



Etapas genéricas en el proceso de simulación en modelos digitales del terreno

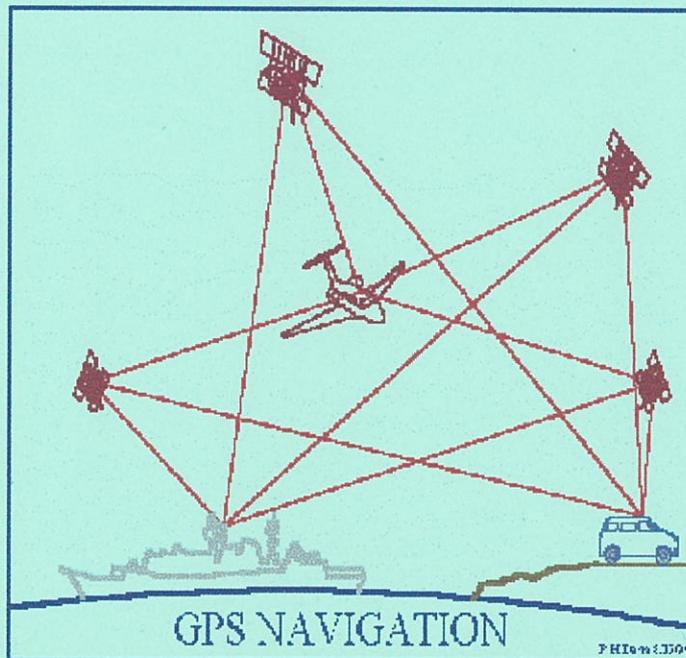
Partiendo de la superficie real del terreno, la construcción del mapa topográfico se realiza un proceso mediante el cual las propiedades del terreno se representan sobre un plano usando relaciones de analogía previamente establecidas. La codificación numérica del modelo analógico conduce al modelo digital, susceptible de tratamiento matemático. Ello permite construir modelos digitales derivados y realizar la modelización de procesos con simulaciones numéricas expresadas mediante algoritmos. Los resultados obtenidos son contrastables con la realidad, induciendo correcciones o ajustes que permiten una mejor correspondencia con el fenómeno real.



Simulación de un incendio realizada con el programa Farsite (Fire Area Simulator). Este tipo de aplicaciones permite simular la evolución del incendio en función de variables como la pendiente, combustibilidad, vegetación, etc.

FIN DEL CAPÍTULO

**ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DE MADERAS TROPICALES (OIMT)
UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN SIMON (UMSS)
ESCUELA DE CIENCIAS FORESTALES (ESFOR)
PROGRAMA DE POSTGRADO EN MANEJO SOSTENIBLE DE BOSQUES TROPICALES
CURSOS DE ESPECIALIZACION**



SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL GPS

(Material del Curso 2 Modulo I)

Juan J. Leño Sanabria



ITTO



VICEMINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE RECURSOS
NATURALES Y DESARROLLO FORESTAL



LA PRACTICA NOS ENSEÑA

Cochabamba, 29 de Septiembre de 2002

INDICE

	PAG
Introducción a ArcView 3.2	1
1.- Fundamentos básicos del ArcView	1
1.1.- Proyectos ArcView.....	1
1.2.- Documentos ArcView.....	2
1.3.- Introducción a vistas y temas	3
1.4.- Operaciones básicas con temas.....	5
1.5.- Conversión de una fuente de datos a formato shape	5
1.6.- Conversión de elementos seleccionados en shape	6
1.7.- Creación de un nuevo tema shape	7
1.8.- Añadir elementos en un tema shape	8
1.9.- Añadir atributos	8
1.10.- Introducción a tablas	10
1.11.- Introducción a gráficos	10
1.12.- Introducción a layouts (composiciones de mapa)	10
1.13.- Introducción a scripts	11
1.14.- Ejercicio 1 Introducción al Arc View	11
2.- Entrada de datos en ArcView	20
2.1.- Introducción de datos en ArcView	20
2.2.- Fuente de datos de temas	22
2.3.- Fuente de datos de imagen	24
2.4.- Fuente de datos tabulares	25
2.5.- Elaboración de un tema a partir de una tabla con coordenadas x,y	25
2.6.- Salvar un proyecto	26
2.7.- Ejercicio 2: Trabajar con vistas y temas.....	27
3.- Cartografía temática	36
3.1.- Cartografía temática con el editor de leyendas.....	36
3.2.- Elegir un tipo de leyenda	36
3.3.- Elegir un método de clasificación	38
3.4.- Normalizar los datos.....	42
3.5.- Modificación de elementos de leyendas: Manipular clases.....	43
3.6.- Trabajar con valores nulos.....	44
3.7.- Cambiar símbolos.....	45
3.8.- Escalar los símbolos	46
3.7.- Ejercicio 3: Utilización del Editor de Leyenda.....	48
4.- Creación de composiciones de mapas (layouts): preparar para imprimir	54
4.1.- Composición de mapa	54
4.2.- Diseño de una composición.....	55
4.3.- Creación de la composición.....	56
4.4.- Diseño de la página de la composición	57
4.5.- Definición de marcos.....	59
4.6.- Creación de un marco	59
4.7.- Propiedades del marco VISTA	60
4.8.- Propiedades del marco LEYENDA	63
4.9.- Propiedades del marco ESCALA.....	64

4.10.- Otros tipos de marcos.....	65
4.11.- Añadir elementos gráficos.....	66
4.12.- Modificar Gráficos.....	67
4.13.- Usar y crear plantillas de composiciones	69
4.14.- Imprimir la composición.....	71
4.15.- Ejercicio 4:.....	72

Introducción a ArcView 3.2

Este manual básico del ArcView GIS 3.2 se ha transcrito de documentos bajados por medio del internet de GIS CAMPUS para uso exclusivamente académico. El software es una herramienta GIS fácil de manejar, que ofrece opciones de análisis espacial y tratamiento de datos geográficos. Podemos representar datos por georeferenciación sobre una cartografía, analizar las características y patrones de distribución de esos datos, y generar informes finales con los resultados.

El objetivo de este curso introductorio a ArcView es conseguir que el alumno aprenda las funcionalidades básicas del programa. Los temas están estructurados de modo que simulen la elaboración real de un proyecto, hasta producir un mapa final. Para ello, el alumno deberá desarrollar 4 temas:

1. Fundamentos básicos del ArcView
2. Entrada de datos en ArcView
3. Cartografía Temática
4. Composición de mapas

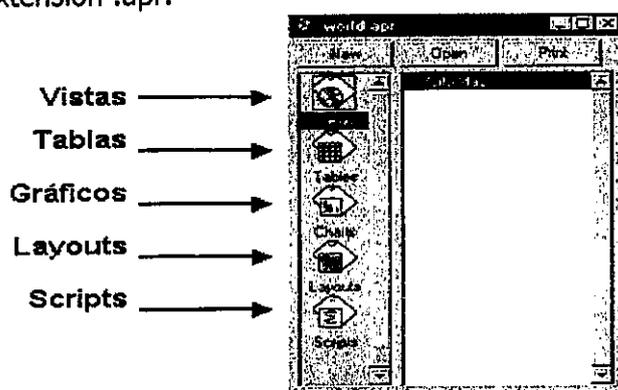
1.- Fundamentos básicos del ArcView

1.1.- Proyectos ArcView

Toda la actividad en Arcview tiene lugar dentro del proyecto, una colección de documentos asociados con los que se trabaja durante la sesión de Arcview. Los proyectos pueden contener cinco tipos de documentos: vistas, tablas, gráficos, layouts (o salidas impresas) y scripts.

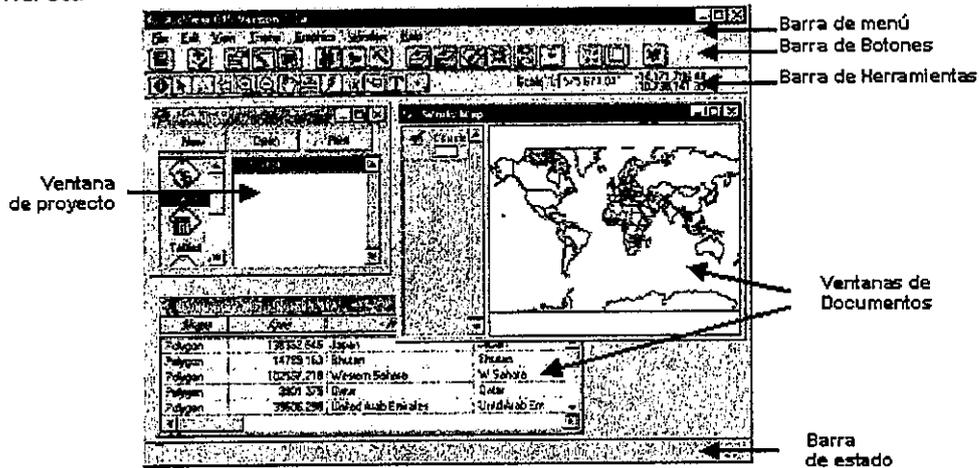
La ventana de Proyecto muestra los nombres de todos los documentos contenidos en un proyecto ArcView. Un proyecto organiza y almacena el estado de todos estos documentos. El proyecto gestiona cómo y dónde se despliegan los documentos, mantienen activas las selecciones de documentos y define la apariencia de la ventana de aplicación. Es el equivalente a hacer un retrato rápido del estado de Arcview en el momento de salvarlo.

La información del proyecto se almacena en un fichero en formato ASCII y siempre tiene extensión .apr.

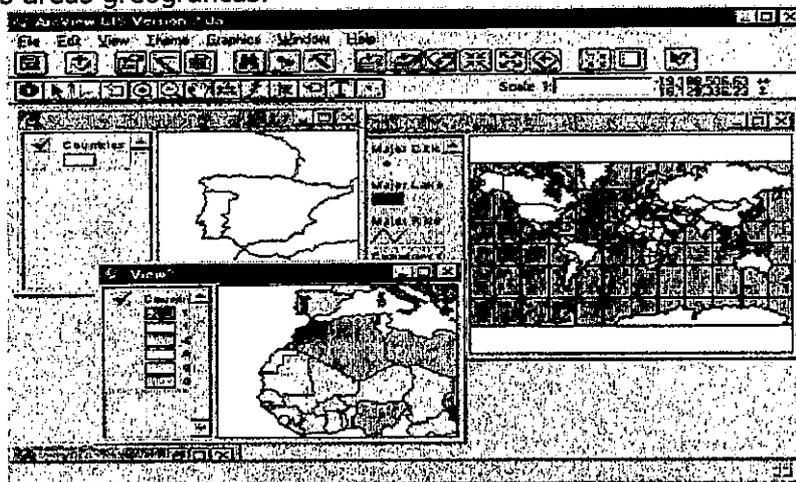


Ventanas de documentos

Un proyecto puede contener muchas vistas que despliegan temas desde varias fuentes de datos. Para cada tipo de documento hay una ventana e interfaz concreta



Un proyecto puede contener múltiples vistas de la misma área geográfica o de diferentes áreas geográficas.

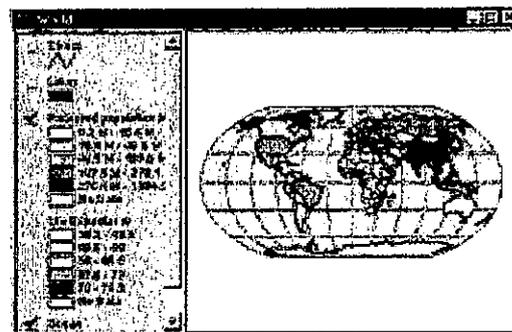


1.2.- Documentos ArcView

ArcView soporta muchas clases de información y cada una aparece en una ventana diferente. Puedes utilizar la ventana del documento para desplegar y operar (por ejemplo, seleccionar desde un mapa o una tabla).

Vistas

Una vista despliega un mapa conteniendo cada capa de información. Por ejemplo, carreteras, límites municipales, núcleos de población y colegios.



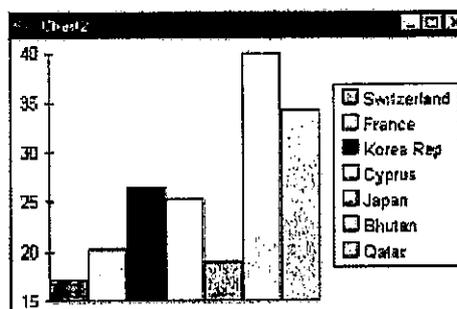
Tablas

Las tablas despliegan información tabular. Almacenan información que describe los elementos geográficos de la vista (por ejemplo, ancho de la carretera, capacidad del colegio, etc.)

Area	Population
Polygon	0.318
Polygon	4.901
Polygon	64.737
Polygon	9.182
Polygon	0.907
Polygon	36.691
Polygon	3.490
Polygon	23.654
Polygon	0.933
Polygon	3.059
Polygon	2.907
Polygon	14.010
Polygon	56.670
Polygon	14.281
Polygon	6.132
Polygon	79.555
Polygon	6.074
Polygon	26.242
Polygon	4.055
Polygon	17.016
Polygon	7.777
Polygon	20.774

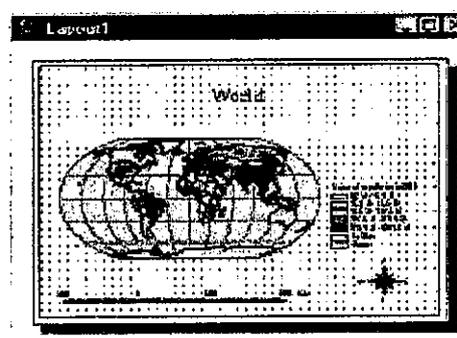
Gráficos

Los gráficos representan de manera visual información tabular. ArcView permite realizar seis tipos de gráficos.



Layouts

Permiten unir los distintos tipos de documentos del proyecto y otros componentes de un mapa (escala, orientación, imágenes, cajas, etc.) para crear un mapa final que se enviará a la impresora.



Scripts

Son programas escritos en lenguaje Avenue, el lenguaje de programación de ArcView, que permite personalizar la aplicación.

```

Script
if (argList.Count = 0) then
  new = Project.Make
  new.GetWin.Open
  new.SetModified(false)
else
  fName = argList.Get(0).AsFileName
  old = Project.Open(fName)
  if (old = nil) then
    MsgBox.Warning("The project " + fName + " does not exist.")
  else
    old.SetModified(false)
  end
end
av.Run("Codepage.Install".nil)
    
```

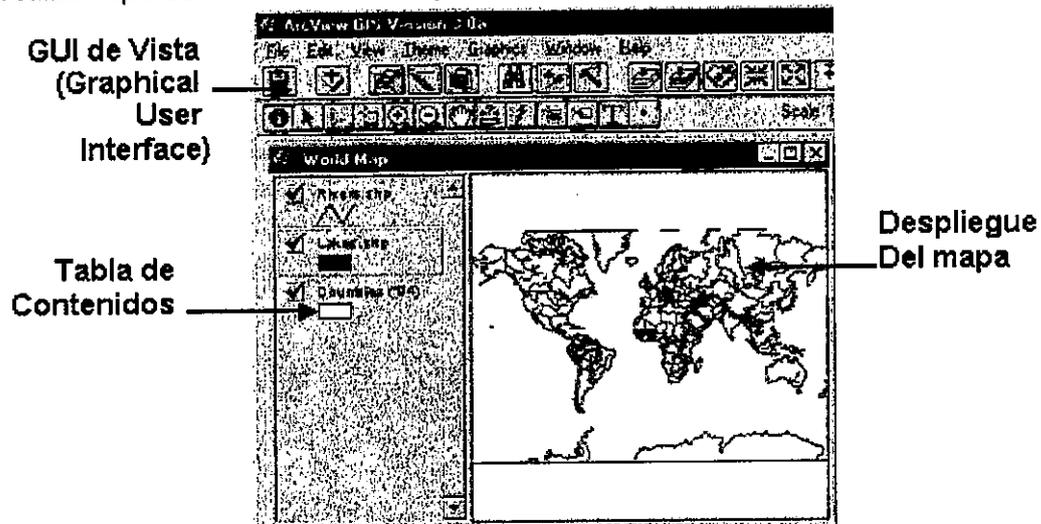
Trabajar con ventanas. ArcView puede tener varias ventanas abiertas al mismo tiempo pero sólo puede trabajar con una a la vez. Esta ventana es la ventana activa. Se activa una ventana haciendo click dentro de ella, sobre su barra de título o eligiéndola desde el menú de arrastre Ventana.

1.3.- Introducción a vistas y temas

ArcView enlaza conjuntos de elementos y atributos en *temas* y los maneja en una *vista*. Una vista es un mapa interactivo que despliega temas de información geográfica.

La ventana vista tiene dos partes, la Tabla de Contenidos (TOC) y la *muestra de mapas*. La Tabla de Contenidos lista los temas y muestra sus leyendas; la *muestra de mapas* muestra los elementos para cada tema.

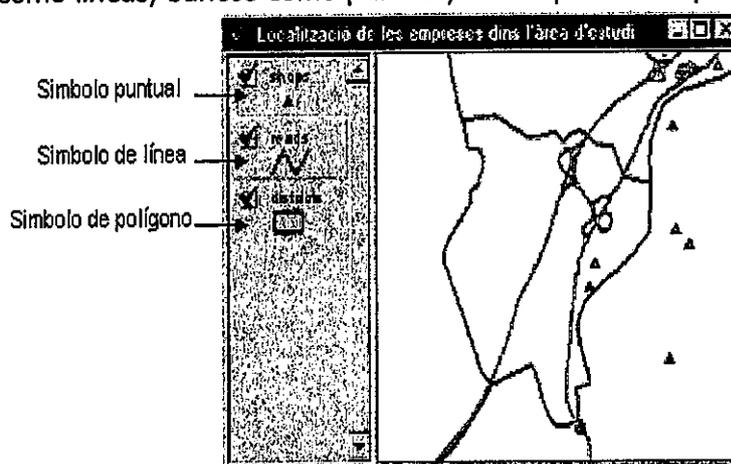
La vista se acompaña de los menús, botones y herramientas propias para realizar operaciones sobre vistas y temas.



Un tema ArcView es un conjunto diferenciado de elementos geográficos como son municipios, calles, edificios o ríos, junto con sus atributos.

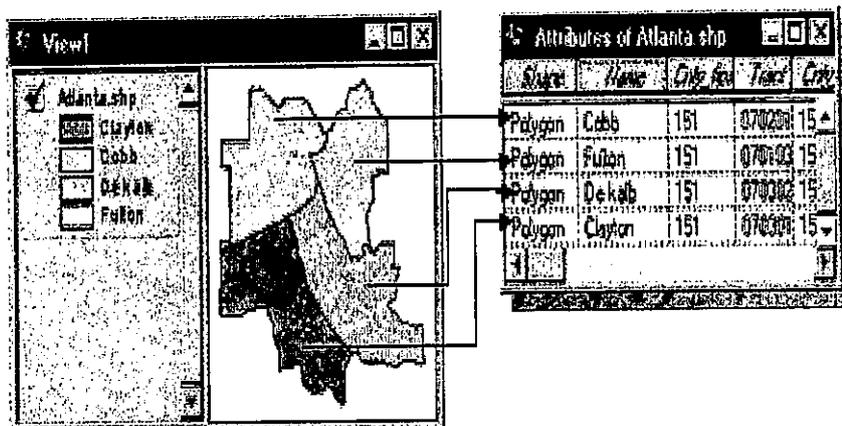
Los temas pueden ser creados desde una variedad de fuentes de datos, inclusive mapas digitales existentes, imágenes y ficheros de datos tabulares.

Los elementos del tema representan objetos geográficos usando tres formas básicas: puntos, líneas y polígonos. Por ejemplo, un tema puede representar autopistas como líneas, bancos como puntos y municipios como polígonos.



Tablas de atributos de un tema

Los temas basados en fuentes de datos espaciales, como coberturas ArcInfo y archivos Shape de Arcview, y temas basados en fuentes de datos tabulares que contienen localizaciones geográficas, tienen sus tablas asociadas. Cada elemento tiene un único registro en la tabla de atributos, que describe las características de dicho elemento.



1.4.- Operaciones básicas con temas

Un fichero shape es el formato propio de ArcView para almacenar información de geografía y atributos para un conjunto de elementos geográficos. La geometría para un elemento es almacenada como una forma que comprende un conjunto de coordenadas de vectores (punto, línea, polígono)

Los tres ficheros que ArcView crea para fichero shape son:

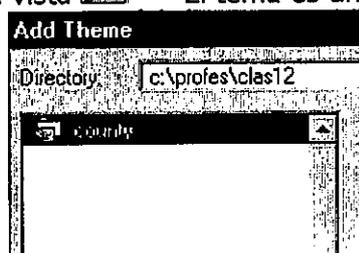
- *.**shp** almacena la geometría del elemento (información sobre la forma y la localización).
- *.**shx** almacena el índice de la geometría del elemento.
- *.**dbf** un fichero dBase que almacena la información de atributos de elementos.

Las ventajas de trabajar con ficheros shape son:

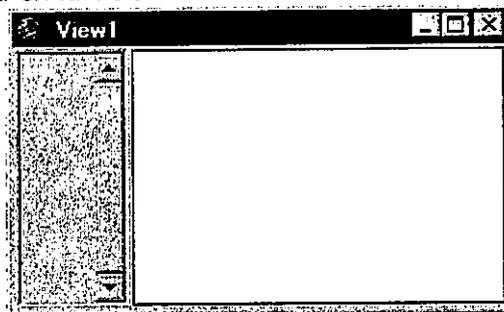
- Los temas basados en este formato se dibujan más rápidamente.
- Se puede editar un tema basado en un fichero shape.
- Se pueden crear datos propios usando este formato.
- Se pueden convertir otros formatos de datos espaciales (como coberturas ARC/INFO a ficheros shape).

1.5.- Conversión de una fuente de datos a formato shape

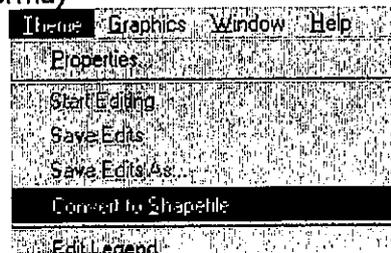
Añadir un tema a la vista  El tema es una cobertura Arc/Info



Seleccionar el tema en la TOC



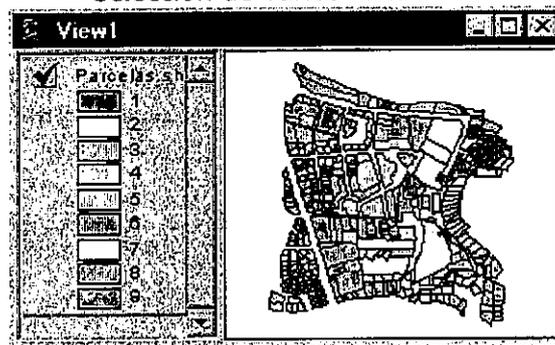
Desde el menú 'Theme' (Tema), escoger la opción '**Convert to Shapefile**' (convertir a fichero de forma)



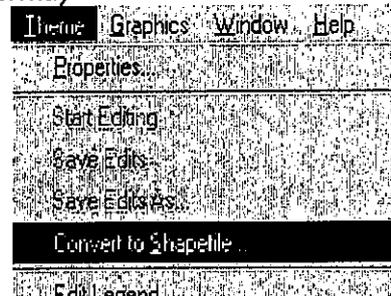
1.6.- Conversión de elementos seleccionados en shape

Puedes seleccionar uno o varios elementos en un tema, y después convertirlos a un fichero shape. Nombra el nuevo fichero shape y añádelo a la vista actual o bien almacénalo en un directorio para un uso posterior

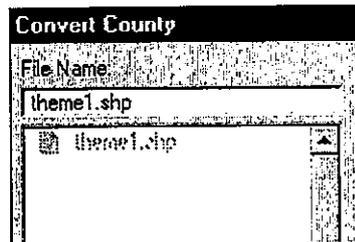
Selección de varios elementos



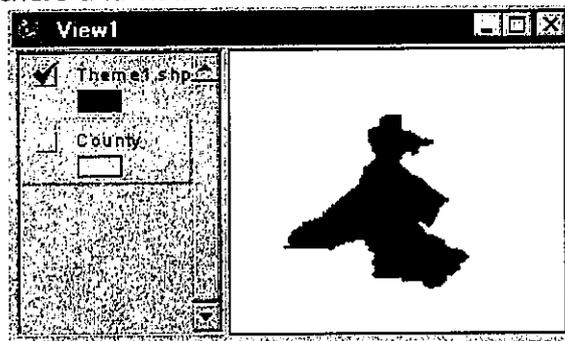
Desde el menú Theme (Tema), escoger la opción 'Convert to Shapefile' (convertir a fichero de forma)



Dar el nombre y la ubicación al fichero shape de salida



Añadir el nuevo fichero a la vista



1.7.- Creación de un nuevo tema shape

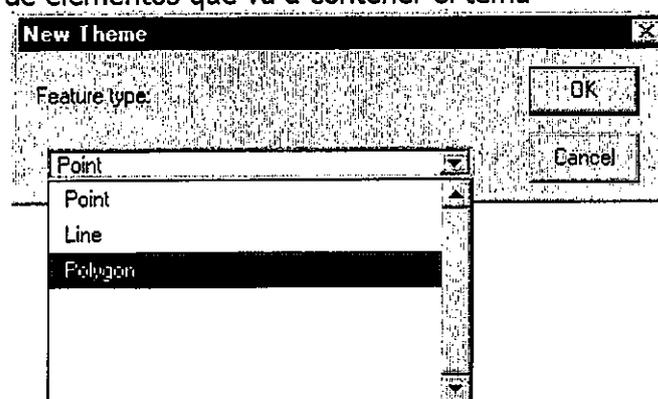
Puedes crear un nuevo tema y añadirlo a una vista que use las coordenadas de localización de un tema existente (si la vista no tiene temas, la extensión y las unidades son definidas por la vista actual).

Una vez creado un nuevo tema, puedes añadirle más elementos. Después puedes añadir atributos para cada elemento dibujado. Para crear un nuevo tema elige 'New Theme' (Nuevo Tema) desde el menú 'View' (Vista).

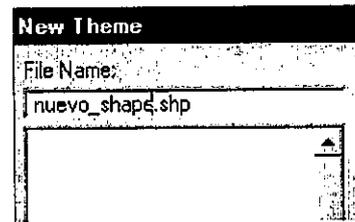
Desde el menú **'View'** (Vista), escoger **'New Theme'** (Nuevo Tema)



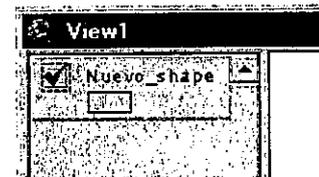
Definir el tipo de elementos que va a contener el tema



Definir el nombre y la ubicación del nuevo fichero shape



El nuevo shape se incorpora automáticamente a la vista, abierto para iniciar su edición



- Fichero editable
- Fichero no editable

1.8.- Añadir elementos en un tema shape

La herramienta Dibujar es una columna desplegable de herramientas usada para dibujar y editar elementos y gráficos. Las herramientas son sensibles al contexto. Por ejemplo si el tema que está editando es un tema de polígonos, sólo puedes añadir rectángulos, círculos y polígonos (las otras herramientas se presentarán en gris degradado, inactivas).

- | | |
|--|--|
|  dibuja un punto |  Dibuja un círculo |
|  Dibuja una polilínea |  Dibuja un polígono |
|  Dibuja una línea para partir línea |  Dibuja una línea para partir polígonos |
|  Dibuja un rectángulo |  Dibuja un polígono adyacente a otro polígono |

1.9.- Añadir atributos

Cuando creas un nuevo tema en ArcView, se crea automáticamente una tabla mínima de atributos de ese tema. ArcView añade un registro vacío a la tabla para cada nuevo elemento que añades al tema.

Inicialmente esta tabla tiene sólo un campo, *shape*. El campo shape almacena el tipo de elemento del tema, que es una referencia a las coordenadas de localización del elemento. ArcView gestiona este campo de manera que no puede editarse.

Añadir atributos a una tabla de atributos de tema

Para añadir atributos a una nueva tabla de atributos del tema, primero abre la tabla. Puedes añadir campos a la tabla eligiendo '**Add Field**' (Añadir Campo) desde el menú '**Edit**' (Edición) de la Tabla. En el cuadro Definición del Campo que se despliega, introduce un nombre de campo, elige un tipo de campo, e introduce la anchura de este.

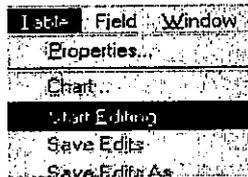
Para añadir valores de atributos de los nuevos campos, haz click dentro de cada celda usando la herramienta editar desde la barra de herramientas Tabla, después teclea un valor en cada celda.

Dos formas de añadir atributos

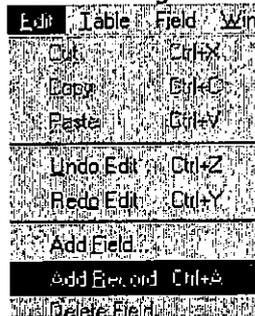
Hay dos formas de añadir atributos para nuevos elementos. Una forma es añadir los atributos para un elemento cuando este se dibuja. La otra es, dibujar primero todos los elementos y después añadir todos sus atributos a la tabla de atributos del tema al mismo tiempo.

 Herramienta para insertar valores en los registros

Empezar la edición



Añadir registros

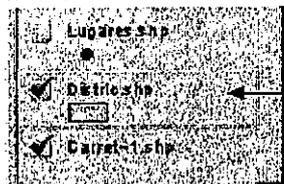


Añadir campos



Visualizar o no el tema

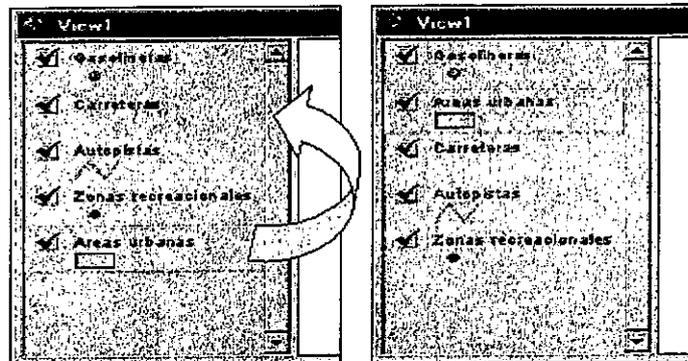
Puedes quitar o hacer visible el tema haciendo click sobre la caja de chequeo que aparece al lado del nombre del tema. Esta operación sólo afecta a la visualización, no se borrarán los elementos de la vista.



TEMA ACTIVO Y VISUALIZADO

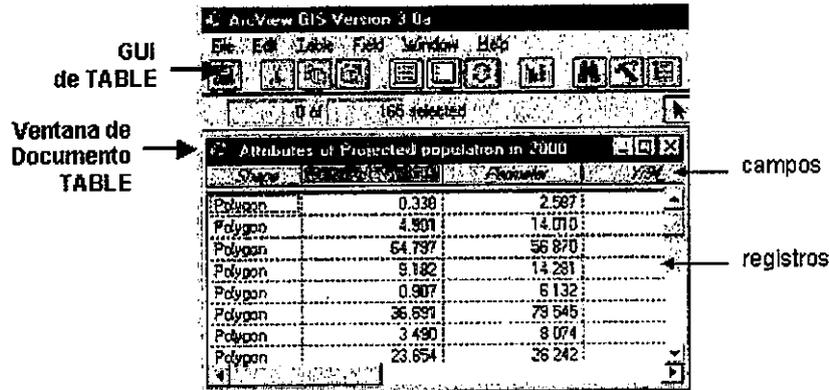
Cambiar el orden de visualización de los temas

ArcView dibuja los temas secuencialmente, empezando con el último tema de la tabla de contenidos. Se puede cambiar el orden haciendo click sobre el tema y sin soltar, arrastrar a la nueva localización.



1.10.- Introducción a tablas

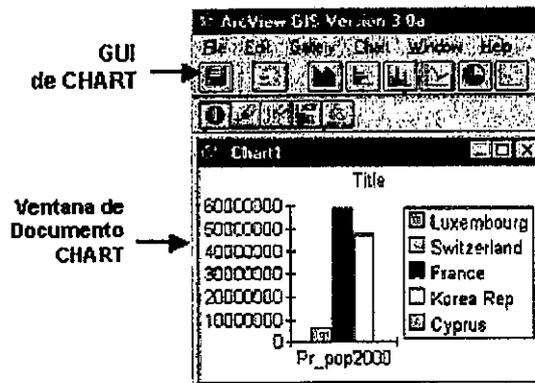
En ArcView una *tabla* es una muestra de datos tabulares. Una tabla contiene información descriptiva acerca de elementos sobre un mapa (por ejemplo países, clientes, o propietarios). Cada fila, o registro, en una tabla define un miembro del grupo representado. Cada columna o campo, define una sola característica común a todos los miembros, como el nombre del país, el número de cliente o la dirección.



1.11.- Introducción a gráficos

Los gráficos son una representación gráfica de datos tabulares y proporcionan una forma adicional de visualizar datos de atributos.

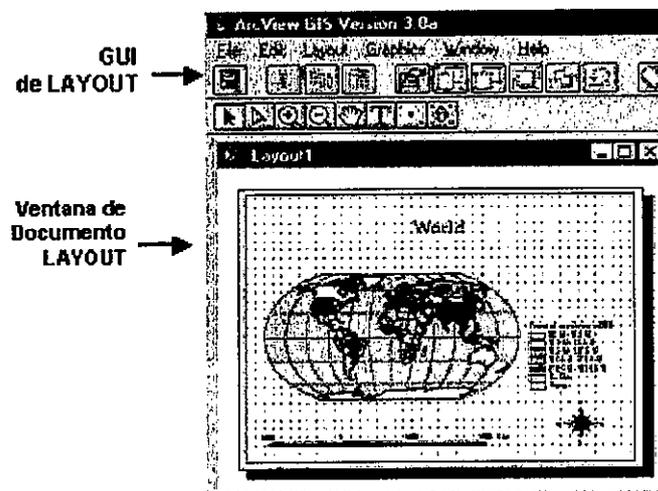
Puedes utilizar gráficos para mostrar, comparar y consultar información de atributos. Por ejemplo, puedes señalar una porción de un gráfico de sectores para mostrar el registro al cual esa porción alude. Un gráfico es dinámico porque refleja el estado actual de los datos en la tabla ; cualquier cambio que se produzca en los datos en la tabla son automáticamente reflejados en el gráfico.



1.12.- Introducción a layouts (composiciones de mapa)

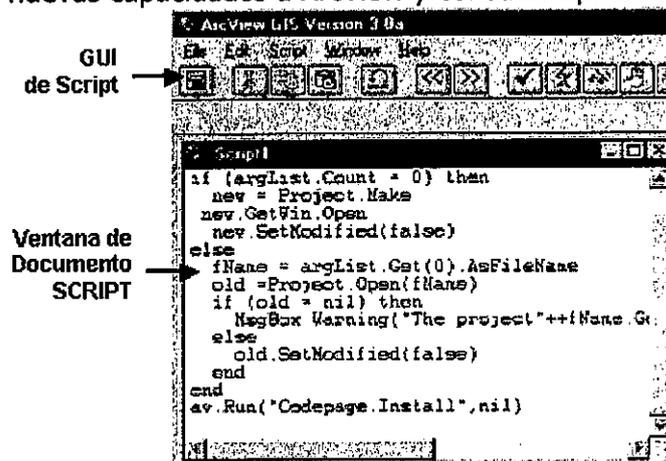
En un documento Layout se pueden combinar múltiples documentos ArcView, componentes de mapa como barras de escala y flecha del Norte e ilustraciones gráficas como límites y logos para crear un mapa con calidad de presentación. Por ejemplo, un Layout puede incluir dos vistas diferentes de sus datos, un gráfico para comparar, una flecha del Norte para orientar al lector del mapa y un título que indique al lector del mapa el objetivo de este.

Una vez creado el Layout se puede enviar a un trazador o impresora en una variedad de formatos, e incluso guardarlo como una patrón para futuros mapas que se creen.



1.13.- Introducción a scripts

Un documento script es como un editor de texto que se utiliza para escribir código Avenue. Los scripts Avenue son programas que permiten automatizar tareas, añadir nuevas capacidades a ArcView y construir aplicaciones.



1.14.- Ejercicio 1 Introducción al Arc View

1. Instalación del ejercicio

- Si no se ha creado ya, crea un directorio con el nombre **C:\esri**
- Dentro de este directorio, crea una carpeta con el nombre **C:\esri\proj1**
- Copiar el archivo proj1c para conseguir la información necesaria para realizar el ejercicio (guarda el archivo en la carpeta que has creado)
- Desde el administrador de archivos de Windows, ejecuta el archivo **proj1.exe**

2. Ejecutar Arc View

- En el Administrador de programas, haz doble click sobre el icono **ArcView**.

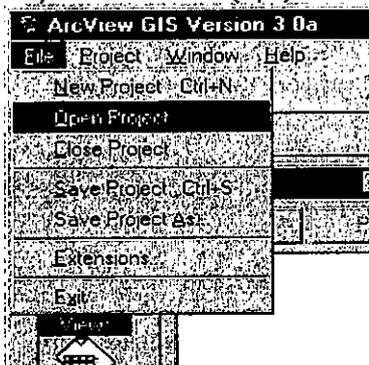
El "banner" de S.I.G ArcView es desplegado y una barra de progreso sigue al proceso de puesta en marcha. cuando ArcView se abre, aparece una larga ventana llamada "SIG ArcView" con una ventana menor "Sin Título" dentro de ella. La ventana S.I.G ArcView es conocida como ventana *Aplicación*. La ventana Sin Título es llamada ventana de *Proyecto*.



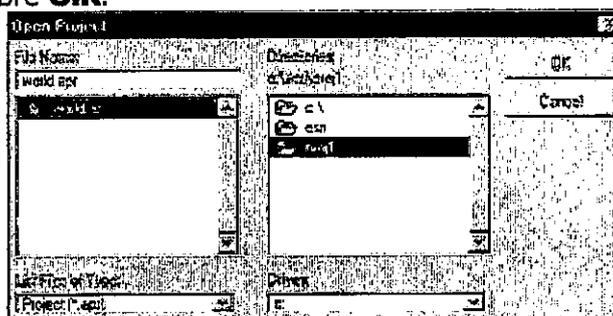
3. Abrir un proyecto y desplegar vistas y temas

- Desde el menú 'File' (Fichero), elige '**Open Project**' (Abrir Proyecto).

Aparece el recuadro de diálogo Abrir Proyecto. Los directorios se muestran a la derecha. Los ficheros de proyecto ArcView (apr) se muestran a la izquierda.



- Haz doble click sobre el **c:** a la cabeza de la lista de directorios. A continuación vaya al directorio **esri\proj1** haciendo doble click sobre cada carpeta sucesivamente.
- Para abrir el proyecto haz click sobre **world.apr**, a continuación haz click sobre **O.K.**

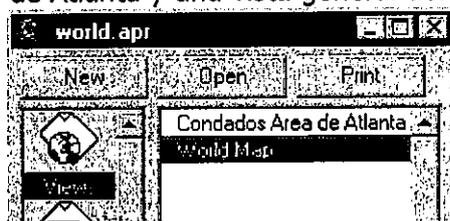


Nota Importante: Cuando abras el proyecto, quizás sea necesario reparar el proyecto, es decir, indicar donde se encuentra la información a partir de la cual

se ha elaborado (esto ocurre porque se ha movido el archivo .apr desde el ordenador original al ordenador desde el que estás trabajando).

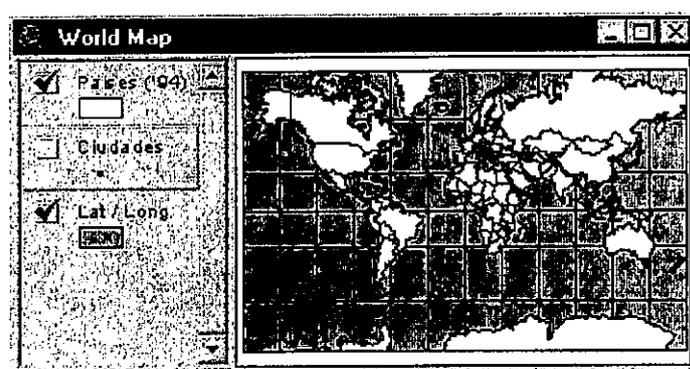
En la ventana que aparece titulada 'Where is?' haz doble click sobre el archivo por el que pregunta ArcView y que generalmente ya aparece en la lista de archivos disponibles en la carpeta abierta.

Cuando el proyecto se abre, verá una ventana Proyecto que contiene dos vistas, Condados del Area de Atlanta y una vista general del Mundo.



1. Haz doble click sobre la vista **Mundo** (hacer doble click es una forma abreviada de seleccionar el nombre de la vista y hacer click sobre Abrir).

La vista se compone de tres temas. El tema 'Lat/Long' y 'Países' están activados. El tema 'Ciudades' no está activado y por tanto no se visualiza en la vista.



2. Haz click sobre el recuadro de chequeo junto al tema 'Ciudades' para activarlo.

El tema 'Ciudades' aparece en la vista, pero no se puede visualizar debido a que el tema 'Países' lo tapa.

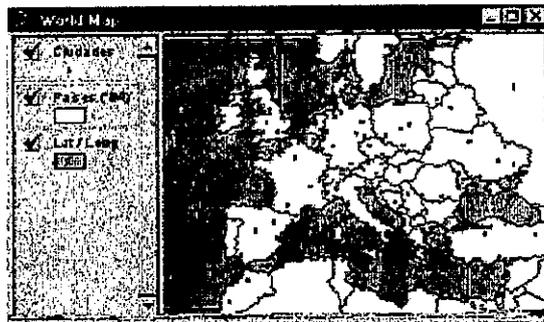
3. Cambia el orden de visualización de forma que el tema 'Ciudades' se dibuje sobre los otros. En la Tabla de Contenidos coloca el cursor sobre el tema 'Ciudades' (en cualquier parte del área resaltada). Ahora haz click y arrastra el tema a la cabeza de la Tabla de Contenidos. Suelta el botón del ratón para insertar el tema de nuevo en la lista. Ahora las ciudades están visibles en la vista.

4. Inspección de una vista con las herramientas zoom e identificador

Cada punto representa una ciudad con una población de tres millones o más. Muchas de ellas están en Europa, pero a esta escala, son difícilmente distinguibles una de otra. Puedes utilizar la herramienta Acercar Zoom para dibujar un rectángulo alrededor del área que quiera inspeccionar con mayor detalle.

- Haz click sobre la herramienta **Acercar Zoom** 
- Haz click (sin soltar el botón del ratón) en el noroeste de Europa y a continuación arrastra el ratón para dibujar una ventana de zoom que englobe toda Europa. Cuando sueltes el botón del ratón, la vista se redibujará mostrando Europa.

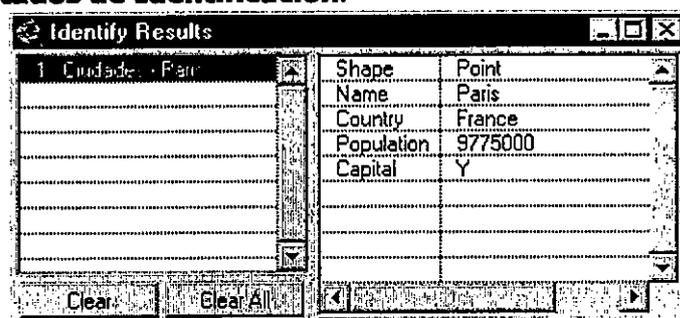
La vista acerca el zoom sobre Europa y ahora las ciudades se distinguen claramente. En la vista aparecen las ciudades de Estambul y Atenas identificadas. Para conocer qué ciudad representa un punto, puedes utilizar la herramienta Identificar.



- Haz click sobre la herramienta **Identificar** . En la vista, el cursor cambia a una cruz filar. Haz click sobre **cualquier ciudad** para identificarla.

La ciudad elegida es identificada a la izquierda de el recuadro de diálogo '**Resultados de Identificación**'. La información a la derecha es tomada de la tabla de atributos del tema 'Ciudades'.

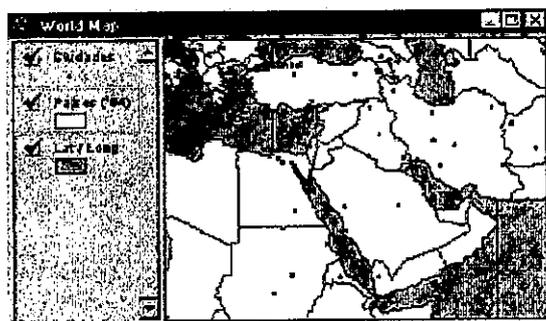
- Haz click sobre **unas cuantas ciudades** más para añadir el recuadro de diálogo Resultados de Identificación. Cierra el recuadro de diálogo **Resultados de Identificación**.



Para enfocar otra parte del mundo puedes desplazarte dentro de la vista con la herramienta **Pan**.

- Haz click sobre la herramienta 
- Coloca el cursor (que cambia a una mano) en el centro de la vista. Haz click y arrastra el ratón hasta la esquina superior izquierda. Suelta el botón del ratón. ArcView redibuja la vista.

Modifica el zoom para que la vista visualice correctamente los países del Oriente Medio y alrededores.



5. Obtención de información sobre elementos

En este paso aprenderá a medir distancias entre elementos, a encontrar elementos, seleccionarlos y examinar sus atributos en una tabla de tema. Primero medirá la distancia de Atenas a Estambul.

- Haz click sobre la herramienta Medir .
- Haz click sobre Atenas y a continuación mueve el cursor a Estambul. Se dibuja una línea entre sendas ciudades. Haz doble click para finalizar la línea.

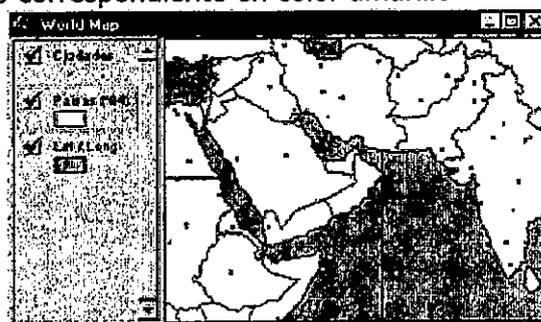
La distancia de Atenas a Estambul es registrada en la barra de estado (esquina inferior izquierda de la ventana Aplicación) .El resultado es aproximadamente unos 750 km.

Otra forma de obtener información sobre elementos es seleccionarlos en la vista y después examinar sus registros en la tabla de tema. Cuando seleccionas un elemento en la vista también lo hace con el registro en la tabla del tema.

Existen varias formas de seleccionar elementos en una vista; una de ellas es utilizar el botón Encontrar. Supone que quieres localizar el Sultanato de Oman y visualizarlo en la vista.

- Haz click sobre el tema **Países** en la Tabla de Contenidos de la vista para hacerlo el tema activo (aparece resaltado).
- Haz click sobre el botón **Encontrar** .
- En la ventana 'Find' (Encontrar) que aparece, escribe **Oman** y clicas sobre 'OK'.

ArcView busca la palabra 'Oman' en la tabla del tema seleccionado y centra en la vista el elemento correspondiente en color amarillo



Otra forma de seleccionar elementos en la vista es con la herramienta Seleccionar Elemento.

- Haz click sobre la herramienta **Seleccionar Elemento** .

- Coloque el cursor en cualquier parte de la vista, a continuación haz click y arrastra para hacer un rectángulo. Cuando sueltas el botón del ratón, cualquier país que esté total o parcialmente dentro del rectángulo será seleccionado en la vista (su selección no necesariamente tiene que coincidir con esta ilustración).

Ahora puedes examinar los atributos para los países seleccionados abriendo la tabla del tema.

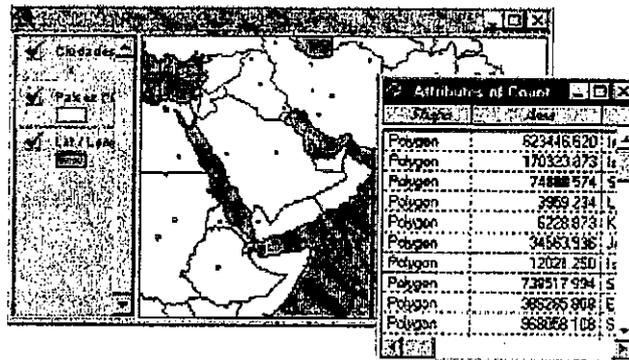
6. Consulta los atributos de los elementos en una tabla de tema

- Haz click sobre el botón **Abrir Tabla del Tema** 

La tabla del tema Atributos de Países es desplegada. Los registros seleccionados corresponden a los elementos seleccionados en la vista.

- Haz click sobre el botón **Promocionar** 

Todos los registros seleccionados de la tabla se organizan automáticamente a la cabeza de la tabla.



- Desplaza la barra horizontal de la tabla del tema para consultar toda la información referente al tema 'Países'.
- haz click sobre el botón **No Seleccionar Nada**  para limpiar la selección de los registros y elementos.

7. Despliegue y modificación de una tabla

Puedes modificar muchos aspectos de la apariencia de una tabla según sus necesidades. Puedes esconder, asignar un nuevo nombre o tamaño de campos y cambiar el orden de los registros. Ninguno de estos cambios afecta los datos de fuentes para la tabla.

Supone que estás haciendo un mapa de la población mundial proyectada para el año 2000. Los datos del 1980 y del 1989 pueden ser útiles en otro momento, pero ahora mismo no los necesitas. Esconderás estos campos en la tabla Atributos de Países y también cambiarás el nombre del campo "Pr_pop2000" para hacerlo más descriptivo.

Con la tabla Atributos de Países activa, selecciona **'Properties'** (Propiedades) desde el menú 'Table' (Tabla). Se despliega el recuadro de diálogo Propiedades de la Tabla.



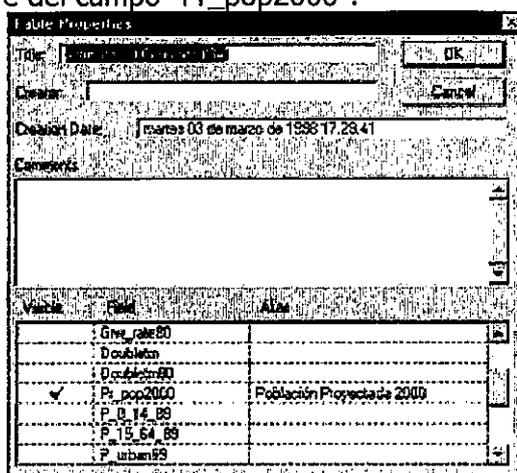
En la parte inferior de el recuadro de diálogo verás una lista de los campos en la tabla.

Una marca de chequeo a la izquierda de cada campo indica que el campo está desplegado en este momento.

A la derecha de cada campo hay una columna Alias.

- Desactiva todos los campos y deja marcados los campos **'Name'** y **'Pr_pop2000'**.
- Haz click en la columna **Alias** del campo Pr_pop2000 y teclea **Población Proyectada 2000**.
- Haz click sobre **OK**.

Los campos que no se marcaron ya no están visibles en la tabla y el alias reemplaza el nombre del campo "Pr_pop2000".



Ahora supone que quieres ordenar los países según su población proyectada, de mayor a menor.

- En la tabla, haz click sobre el nombre del campo **Población Proyectada2000** para activarlo (resaltarlo)
- haz click sobre el botón **Orden Descendente** .

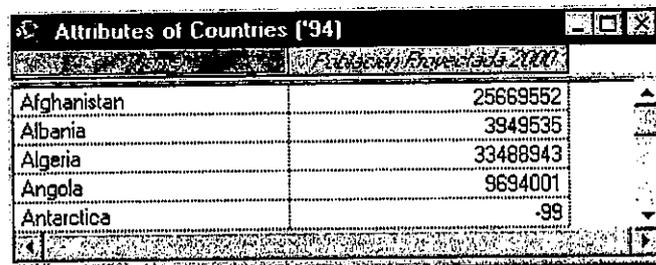
Los registros son clasificados en orden descendente por el valor de sus poblaciones. Probablemente no te sorprenda ver a China y a la India a la cabeza de la lista, pero quizá te estás preguntando qué ha pasado con Rusia. Si recorres la tabla hasta su parte inferior, encontrarás que ciertos países tienen valores de -9999, un valor convencional usado cuando no hay datos disponibles.

Name	Value
China	1304536725
India	1041870411
United States	270097680
Indonesia	219441783
Brazil	183339177

Trás clasificar los países por poblaciones, quizás decidas ponerlos en orden alfabético.

- En la tabla haz click sobre el campo **Nombre** para activarlo y a continuación haz click sobre el botón **Orden Ascendente** .

Sitúate a la cabeza de la tabla y observa que los registros están clasificados alfabéticamente.



Afghanistan	25669552
Albania	3949535
Algeria	33488943
Angola	9694001
Antártica	-99

- Cierra la tabla del tema con un click en la 'X' de la esquina superior derecha de la ventana.
- Para ver la vista entera de nuevo, haz click sobre el botón **Zoom hasta la Extensión Completa** .
- Cierra la vista.

8. Despliegue y modificación de un gráfico



- En la ventana de proyecto haz click sobre el icono **Vistas** para resaltarlo. Haz doble click sobre la vista **Condados del Area de Atlanta** para abrirla.

La vista muestra 4 condados en el área metropolitana de Atlanta clasificados por los valores de población de 1980. Un segundo tema que clasifica los condados por población estimada en 1998, es desactivado.

- Para hacer invisible el tema **Población 1980**, haz click sobre la casilla de verificación junto a él. A continuación haz lo mismo con el tema **Población 1998** haciendo click sobre la casilla de verificación junto a él.

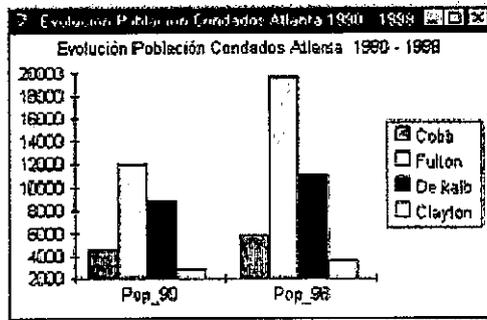
Los condados aparecen sombreados por sus poblaciones estimadas en 1998. Su orden es aún el mismo que en 1980 pero eso no lo cuenta todo. Sería útil ver un gráfico que comparase los datos de población para el 1980 y el 1998

- Haz click sobre la **ventana Proyecto** para activarla, haz click sobre el icono **Gráficos** para mostrar los gráficos asociados al proyecto. Haz doble click sobre el **Gráfico Población**.

Los datos comparativos de población para los cuatro condados están incluidos en el gráfico. El gráfico muestra claramente que la población de cada condado ha incrementado y que el condado de Fulton es el que más ha crecido.

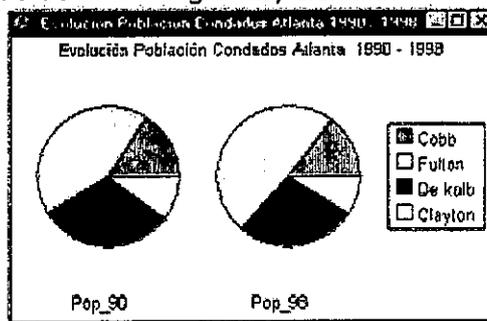
Si quisieramos ver el cambio en terminos proporcionales, un gráfico de sectores sería lo idóneo.

- Haz click sobre el botón **Galería de Gráficos de Sectores** 



- Haz click sobre el primer estilo de gráfico de sectores en la galería.
- Haz click sobre OK.

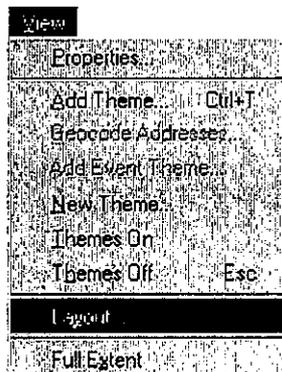
Cuando hayas acabado de mirar el gráfico, ciérralo.



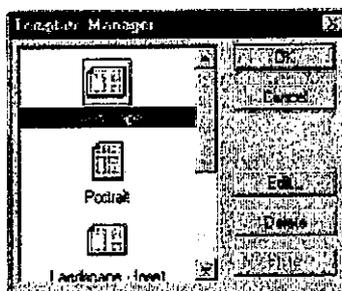
9. Creación de un layout o composición de mapa

En una composición de mapa, se combinan vista, mapas, gráficos y otros elementos gráficos sobre una página. Entonces puedes enviar el layout a una impresora. En este paso crearás un layout a partir de los datos de población de los condados del área de Atlanta.

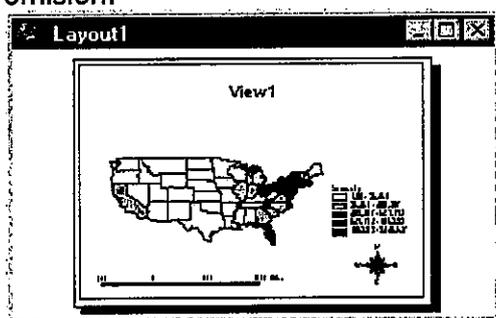
- Activa la vista a partir de la cual elaboraremos el Layout
- haciendo click sobre **la barra del título de la Vista.**
- Desde el menú 'View' (Vista), elige Layout para abrir el administrador de Plantillas



- Para crear un layout resalta la opción apaisado y haz click sobre **OK.**



El Administrador de Plantillas almacena plantillas de layouts. Cada plantilla es un anteproyecto con su propia disposición de elementos del Layout. Puedes utilizar algunas de las plantillas por omisión o crear la tuya propia. Por ahora utilizarás la plantilla de paisaje por omisión.



El layout muestra una vista de los condados del área de Atlanta clasificados por la población estimada para 1988 que refleja la vista actual. Una leyenda, barra de escalas, flecha del Norte y un título dan Significado al Mapa. La cuadrícula que se despliega es usada como una guía para colocar elementos gráficos en el Layout. La cuadrícula no aparece en un Layout impreso.

Si quieres obtener el primer mapa elaborado con ArcView, puedes enviarlo a la impresora a partir de la opción **'Print'** (Imprimir) dentro del menú **'File'** (Fichero).

10.- Cerrar el proyecto

- Desde el menú Window, elige world.apr para activar la ventana Proyecto.
- Desde el menú fichero, elige Cerrar Proyecto, haz click sobre sí cuando se te pregunte si quieres guardar los cambios..

2.- Entrada de datos en ArcView

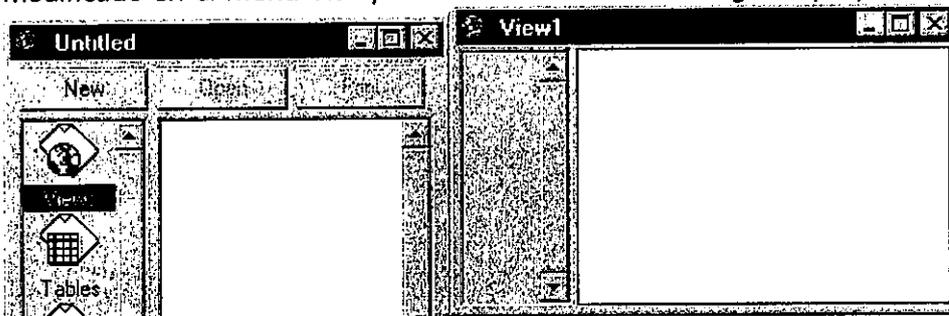
2.1.- Introducción de datos en ArcView

Crear una vista

La vista se crea dentro del proyecto. Éste puede ser un nuevo proyecto o uno ya existente . El proyecto puede almacenar cualquier número de vistas. Un proyecto nuevo no contiene ningún tipo de documento , y recibe por defecto el nombre de " untitled.apr".Este nombre puede ser modificado al salvar el proyecto.

Cuando creas una nueva vista en el proyecto, ésta no contiene ningún tema, está vacía . En el instante en que se añade una vista al proyecto ésta es listada en la ventana de proyecto. Por defecto el nombre que recibe es el de View X

siendo X el número de orden de la vista generada. Este nombre puede ser modificado en el menú Vista, dentro del cuadro de diálogo de propiedades.



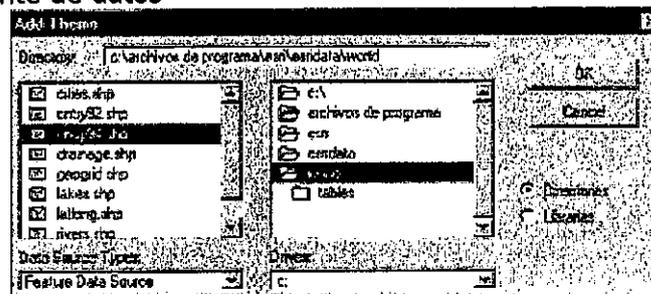
Usar Añadir tema

Se usa el botón de *Añadir Temas* desde la barra de botones o desde la opción *Añadir Tema* del menú vista. Se muestra un cuadro de diálogo, donde debemos definir el tipo de información que queremos cargar. En este caso "Feature data Source" (fuente de datos de elementos espaciales), en contraposición a archivos de imagen "Image Data Source".

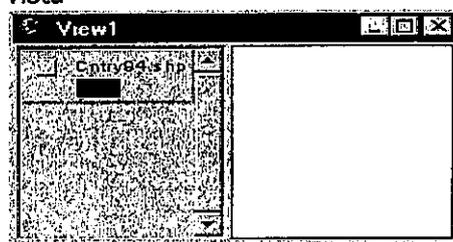
Herramienta *Añadir Tema* , o desde el Menú 'Vista' (View) - 'Añadir Tema' (Add Theme)



Escoger la fuente de datos



El tema aparece en la vista



2.2.- Fuente de datos de temas

El Fichero shape

Es el formato natural de ArcView GIS para almacenar localizaciones y atributos de los elementos espaciales.

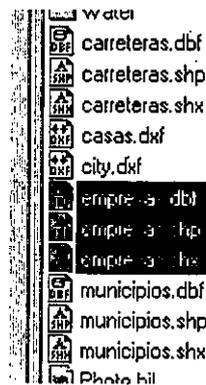
Los Shapes pueden ser creados a partir de fuentes de información espacial existente, o pueden ser generados desde ArcView, donde podemos añadir y dibujar los elementos. Estos archivos tienen gran rapidez en el despliegue y visualización, y pueden ser editados.

Aunque desde ArcView un fichero se trata como un solo archivo, en realidad consta de tres archivos con el mismo nombre y extensiones diferentes:

empresas.shp = empresas.dbf (tabla de atributos)

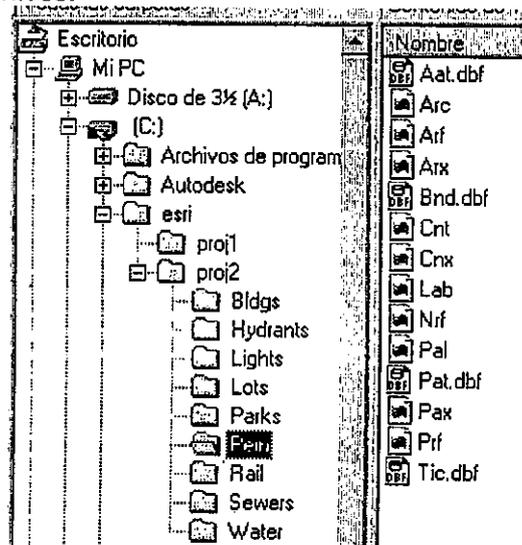
empresas.shp (datos espaciales - geometría)

empresas.shx (índice de los datos espaciales)



Cobertura ARC/INFO

Pueden añadirse coberturas ARC/INFO como temas en ArcView, pero para poder editar estos datos primero deben ser convertidos al formato Shape de Arcview. El formato de cobertura de ARC/INFO difiere del formato shape en que no se estructura en tres archivos, sino en un directorio. En la imagen siguiente, podeis comprobar como la cobertura PEIN es un directorio con un conjunto determinado de archivos.

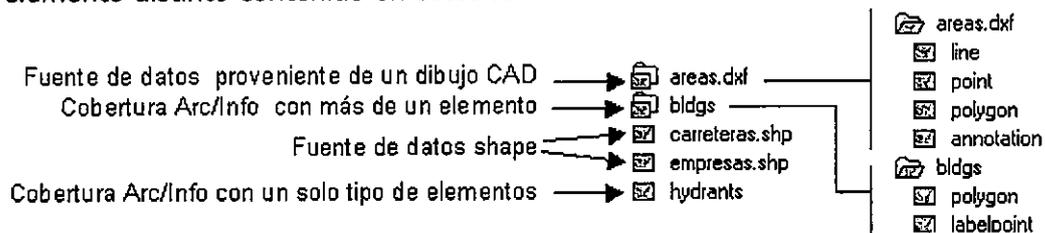


CAD

Con la extensión CAD Reader, pueden visualizarse ficheros CAD, tanto ficheros **DGN** (MicroStation) como **DXF** y **DWG** (AutoCAD) sólo en la versión windows, aunque para editar estos datos primero deben ser convertidos a formato Shape de ArcView.

Fuentes de datos con múltiples elementos

Las coberturas ARC/INFO así como los ficheros CAD, suelen almacenar más de un tipo de elemento. En ArcView cada tema representa un solo tipo de elemento. Cuando necesitamos añadir datos almacenados en alguno de estos formatos debemos elegir el tipo de elemento a representar. Cada tipo de elemento distinto contenido en estos formatos será un tema de ArcView.

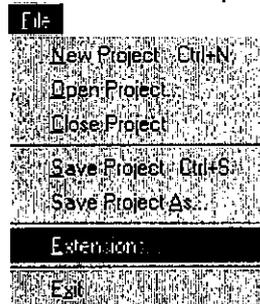


Si necesitas ver los tipos de elementos disponibles para una fuente de información, haz click a la carpeta que hay junto al nombre de la fuente de información. Para añadir un tema de este tipo, haz click dos veces a uno de los tipos de elementos que aparecen en la lista que hay debajo de la fuente de información. Puede que quieras visualizar todos los tipos de elementos si estás creando muchos temas desde una fuente de información.

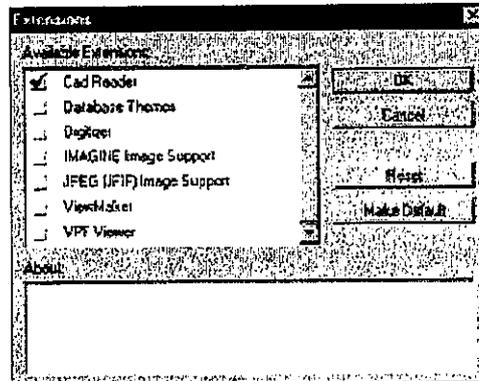
Fuentes de datos externas

Para cargar dibujos CAD como archivos DWG, DXF, DGN hace falta cargar la extensión 'Cad Reader'. Asimismo, para que ArcView pueda visualizar archivos de imagen de satélite o archivos de imagen tipo TIFF, también debemos cargar las extensiones pertinentes.

Menú de ventana de proyecto



Escoger la extensión necesaria



2.3.- Fuente de datos de imagen

Los temas de imagen están basados en celdas (píxeles), dentro de las cuales se almacena un valor. Los ejemplos más comunes de estas imágenes son: las imágenes satélite, fotografías aéreas y documentos escaneados. Estas imágenes son frecuentemente usadas como fondo para visualizar o capturar otra información espacial, como carreteras y edificios.

ArcView soporta los siguientes formatos de imagen:

- TIFF, TIFF/LZW comprimido
- ERDAS: IMAGINE (con la extensión IMAGINE de ArcView)
- RLC, BSQ, BIL y BIP,
- SUN rasterfiles
- BMP
- JPEG (con la extensión JPEG image)
- Catálogo de imágenes
- GRID de ARC/INFO

Botón de añadir Temas 

Seleccionar fuentes de datos especificando que la fuente es una imagen:
'Image Data Source' (Fuente de datos imagen)

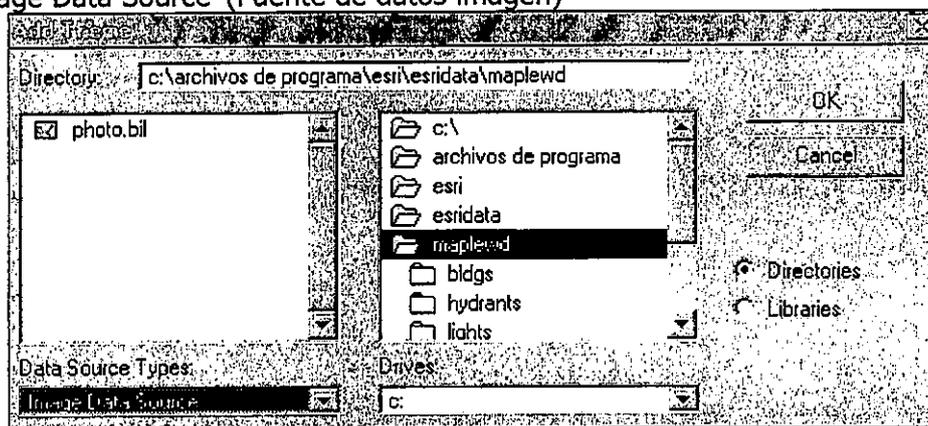
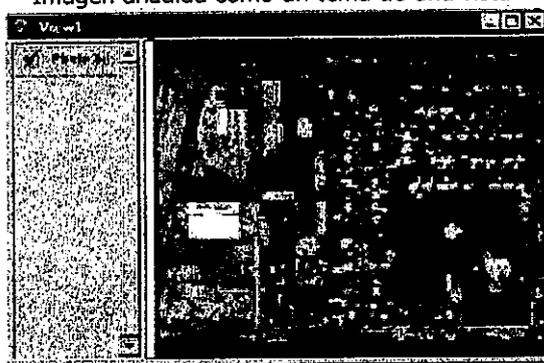


Imagen añadida como un tema de una vista



2.4.- Fuente de datos tabulares

Pueden incluir casi cualquier tipo de información. Lo más frecuente es que contengan datos descriptivos de los elementos del mapa. Añadiendo estos datos a un tema podemos ampliar la información de atributos disponible para visualización, consulta y selección de los elementos de tema.

2.5.- Elaboración de un tema a partir de una tabla con coordenadas x,y

Cuando una tabla contiene coordenadas x,y se conoce como tabla de eventos y se puede usar para crear un tema en ArcView. Dichas tablas de eventos contienen localizaciones geográficas pero no datos en formato espacial.

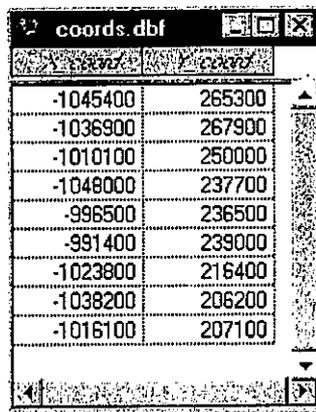
El fichero debe almacenar localizaciones precisas en un sistema de coordenadas determinado y con unas unidades determinadas como latitud - longitud o metros. Dichas coordenadas pueden obtenerse bien extrayéndolas de cartografía, bien mediante captura vía GPS, o calculando posiciones en la vista.

Partimos de un fichero de texto con las coordenadas



Podemos añadir ficheros txt, tablas INFO, DBASEIII o DBASEIV en forma de tablas. Al añadir un fichero de texto, ArcView lee cada línea y sitúa cada cadena de caracteres separada por una coma o tabulador en una celda independiente. La primera línea del fichero se entiende como la cabecera de campos de la tabla.

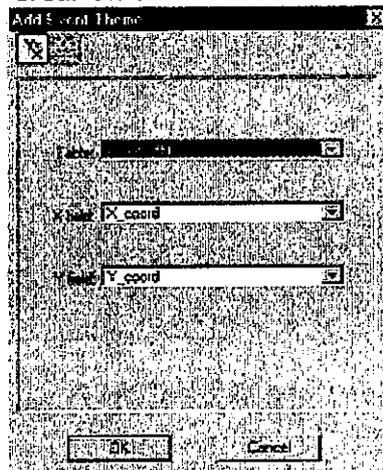
Añadir el fichero dbf al proyecto
como una tabla



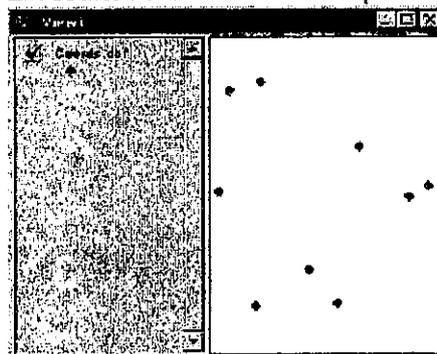
X coord	Y coord
-1045400	265300
-1036900	267900
-1010100	250000
-1048000	237700
-996500	236500
-991400	239000
-1023800	216400
-1038200	206200
-1016100	207100

Una vez que la tabla es añadida al proyecto, buscar la opción Add Event Theme (añadir tema de eventos) desde la opción View (vista) para crear un tema de puntos a partir de dicha tabla.

Crear un tema desde la tabla



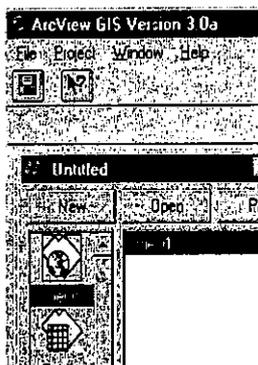
El resultado es un tema de puntos



2.6.- Salvar un proyecto

Cuando se salva el proyecto, todos los documentos (vistas, tablas, gráficos, layouts y scripts) son guardados con él. El archivo de proyecto *.apr se actualiza y almacena la situación actual de los diferentes documentos y

elementos de que consta (posiciones de ventanas, zooms, visualizaciones de temas, selección de elementos, color de selección, leyendas y simbología...). Puede recurrirse a 'save Project As' (Salvar proyecto como..) para generar un proyecto con nombre distinto.



2.7.- Ejercicio 2: Trabajar con vistas y temas

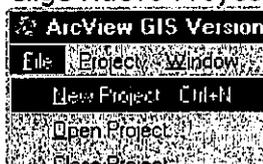
1. Instalación del ejercicio

- Si no se ha creado ya, crea un directorio con el nombre **C:\esri**
- Dentro de este directorio, crea una carpeta con el nombre **C:\esri\proj2**
- Copiar el archivo proj2c para conseguir la información necesaria para realizar el ejercicio (guarda el archivo en la carpeta que has creado)
- Desde el administrador de archivos de Windows, ejecuta el archivo **proj2.exe**

2. Creación de un proyecto y una vista

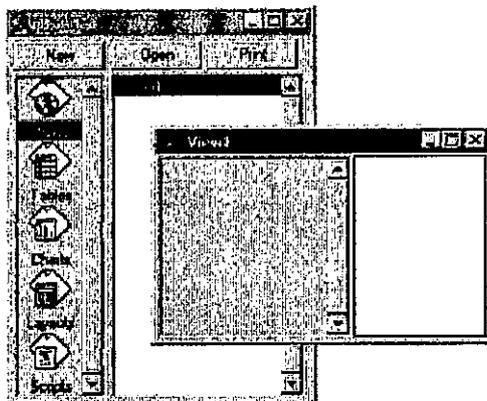
Cuando inicias una sesión en ArcView, empiezas un nuevo proyecto, que por defecto se denomina 'untitled.apr'. Si no és así, realiza el siguiente paso:

- Desde menú Archivo, elige Nuevo Proyecto.



Aparece en la pantalla una ventana de un proyecto sin título. Como puedes comprobar, dentro del módulo Vistas no hay ningún documento, siendo el botón 'Nuevo' (New) el único activo.

- Haz click sobre '**New**' (Nuevo) para crear una vista. Aparece una vista llamada '**View1**' (Vista1) en la lista de la ventana del proyecto, y se abre esta Vista1 vacía.
- Utiliza el ratón para situar el documento VISTA a la derecha de la ventana del proyecto. Redimensione la ventana para que ocupe toda la pantalla (sin tapar la ventana del proyecto).

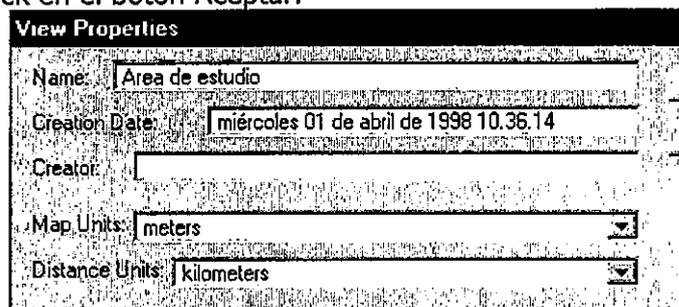


3. Edición de propiedades de la vista

Desde menú **'Vista'** (View), elige **'Properties'** (Propiedades) para visualizar el menú de propiedades de Vista1.



- En el campo 'Name' (nombre) escribir **'Area de estudio'**.
- En 'Map Units' (Unidades Cartográficas) seleccionar **'metros'**
- En 'Distance Units' (Unidades de distancia), escoger la opción **'Kilometers'**.
- Haz click en el botón Aceptar.



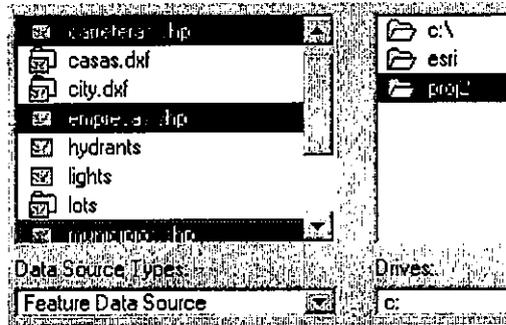
Las unidades de distancia para la vista determinan las unidades que se van a utilizar para mostrar los análisis de mediciones y dimensiones (por ejemplo, cuando usas la herramienta ).

4. Adición de temas a la vista

- Añade un tema a la vista desde el menú **'View'** (Vista) - **'Add Theme'** (Añadir Tema) o mediante la herramienta 

Aparece el cuadro de diálogo donde se visualizan los directorios a la derecha y a la izquierda las fuentes de datos.

Al fijar la fuente de datos en " feature data source" (Fuente de datos del elemento, que es la opción por defecto), vemos las fuentes de datos de este tipo disponibles. Estas pueden ser archivos shape de ArcView, Coberturas ArcInfo, dibujos CAD, o cualquiera de las otras fuentes que ArcView puede leer. Este directorio contiene ficheros shape, ficheros CAD y coberturas ARC/INFO.



• Selecciona con un click, y con la tecla MAYÚSCULAS *-Shift-* presionada, los temas '**carreteras.shp**', '**empresas.shp**' y '**municipios.shp**'. Los temas seleccionados apareceran en la tabla de contenidos (TOC) de Vista1.

- En la tabla de contenidos de la vista, activa los temas 
- Ordena los temas para su correcta visualización

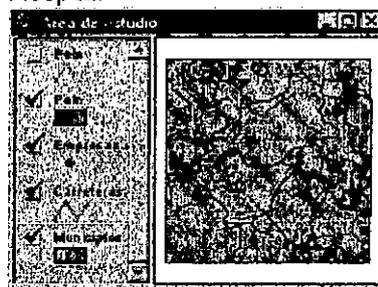


Para este proyecto, tambien disponemos de una cobertura ARC/INFO con las áreas naturales protegidas, con el nombre de **Pein**.

- Pulsa el botón para añadir temas. 
- Haz un solo click sobre el icono de la carpeta **pein** (no sobre el texto pein). La carpeta se abre y muestra los tipos de elementos que contiene



- Haz un click sobre **poligon** para cargar los elementos poligonales y, con la tecla MAYÚSCULAS *-Shift-* presionada, haz otro click sobre **arc** para cargar los elemento lineales.
- Haz un click sobre Aceptar



En la vista aparecerán dos temas con el mismo nombre: uno de ellos muestra los elementos lineales; el otro, muestra los elementos poligonales.

5. Consultar la tabla de un tema

Cada tema contiene asociada una tabla de atributos que podemos consultar.

- En la tabla de contenidos de la vista, selecciona el tema '**municipios.shp**'
- Haz click sobre la herramienta  para abrir la tabla del tema seleccionado

Se abre una ventana mostrando la tabla de atributos asociada a este tema. Como podemos observar, contiene el área, el perímetro y el nombre del municipio, entre otros campos

Shape	Area	Perimetro	Clase	Campo 2	Nombre
Polygon	23183.94183	637.04210	2		Sant Antoni de Foradades
Polygon	30402123.73517	25518.90461	3		Sant Martí de Llémena
Polygon	20249144.68724	22742.72676	4		Canet d'Adri
Polygon	7913301.61379	13206.09540	5		Palol de Revardit
Polygon	2830.26169	489.23580	6		Cornella del Ter
Polygon	3152772.96396	17265.46304	7		Sant Juli de Ramis
Polygon	48329635.15126	37375.79007	8		Sant Gregori
Polygon	160082.17370	932.14400	9		Sant Antoni de Vilatorrada

Cierra la ventana de la tabla haciendo un click en la 'X' de la esquina superior derecha.

6. Adición de un tema de imagen y un tema CAD a la vista. Cargar un extensión

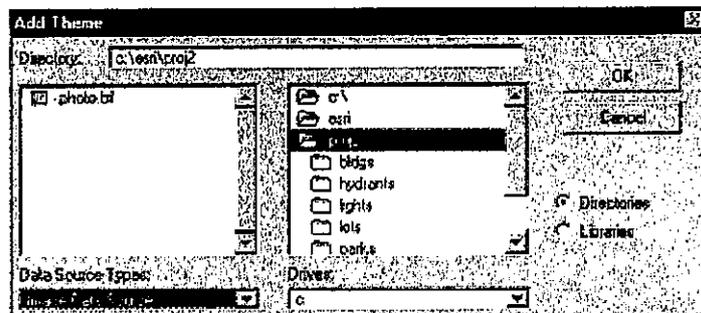
Los temas de imagen pueden ser visualizados en ArcView. Los ejemplos de temas de imagen incluyen fotografías, datos escaneados, e imágenes satélite. Los temas CAD se basan en archivos de dibujo. Estos temas se comportan exactamente como otros temas de elementos. Debe cargar primero la extensión de lectura de ficheros CAD (cad reader) antes de intentar añadir algún tema CAD.

En este paso crearás una segunda vista y añadirás una imagen y un fichero CAD como temas.

- Cierra la vista Área de estudio haciendo click en la 'X' de la esquina superior derecha de la ventana.
- En la ventana de proyecto, haz click sobre el icono **Vistas** y después sobre el botón **Nuevo**. Se abrirá una nueva vista
- Haz click sobre la herramienta añadir tema  para acceder a la ventana que nos permite escoger la fuente de datos
- Desde la opción del menú, desde donde se selecciona el tipo de fuente de datos, seleccionar la opción **Image Data Source**.

En la lista de ficheros disponibles solo aparece disponible *photo.bil* (la extensión .bil es reconocida como uno de los formatos estándar de imágenes).

- Haz click sobre el archivo **photo.bil** (si no la localiza, asegúrese de estar situado en la carpeta 'c:\esri\proj2\.' Posteriormente, haga click sobre 'Ok'.

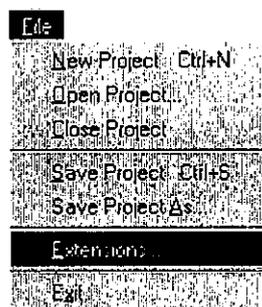


Seleccionar 'Image Data Source' para poder acceder a los archivos de imagen

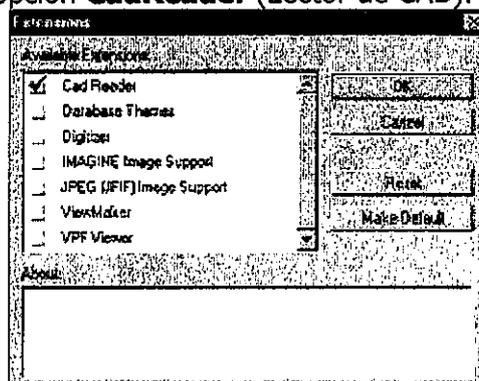
- En la tabla de contenidos, haz click sobre la casilla de verificación para visualizar la imagen .
- Puedes observar la imagen con más detalle con las herramientas de zoom
- Haz click en la herramienta '**Zoom Extensión**' para regresar a la visualización inicial

A continuación vas a añadir un tema CAD, para ello primero debes cargar la extensión **CAD Reader**.

- Haz click sobre la ventana de Proyecto '*untitled*'.
- Desde el menú Archivo, selecciona la opción **Extensions** para abrir el cuadro de diálogo.



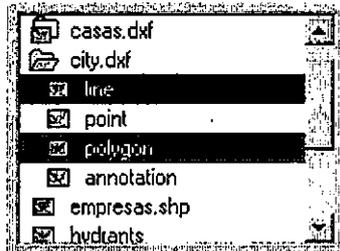
- Selecciona la opción **CadReader** (Lector de CAD).



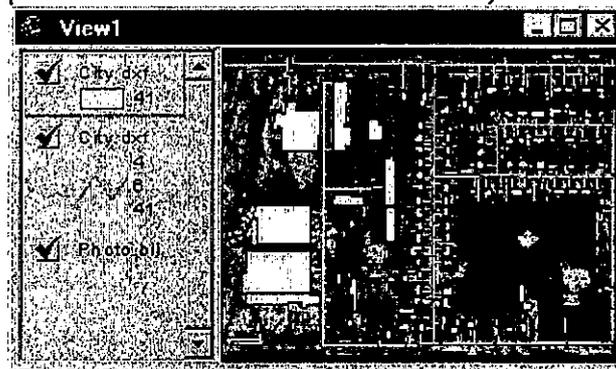
- Haz click sobre Aceptar
- Activa la vista (haciendo click sobre ella) y pulsa el botón **Add Theme** para añadir un tema nuevo.

- Selecciona la opción **Feature Data Source** (Fuente de datos del elementos)

En la lista de datos disponibles aparecera el archivo **city.dxf**. Los archivos DXF son archivos de intercambio del programa AutoCAD. Estos archivos pueden contener generalmente múltiples elementos: líneas, puntos, polígonos, y anotaciones (pero aunque aparezcan, no quiere decir que los posea necesariamente).



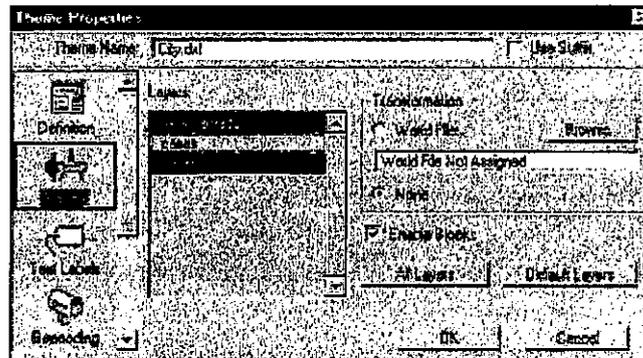
- Haz un solo click sobre el icono de la carpeta del archivo **city.dxf** (no sobre el texto), para poder acceder a los tipos de elementos que contiene
- Elige cargar los elementos tipo **line** y **polygon** (para seleccionarlos, mantén apretada la tecla MAYÚSCULAS -Shift-).



En la vista se carga el archivo city.dxf mediante dos temas. Un tema para los elementos que son polígonos, y un tema para los elementos que son lineales. Desactivando el tema de polígonos, podemos observar que los elementos poligonales también aparecen como lineales. Para que esto no ocurra, vamos a ocultar esta información del tema de líneas.

- En la tabla de contenidos de la vista (TOC; es la lista de temas que forman parte de la vista), haz un click sobre el tema **city.dxf** que contiene los elementos lineales
- Desde la opción de menú **'Theme'** (Tema), pulsar la opción **'Properties'** (Propiedades)

Aparece la ventana para editar las propiedades de tema, con la opción 'Definition' (Definición) seleccionada.



- Selecciona la opción de 
- En la lista de capas (layers), aparecen las tres capas que componen el dibujo city.dxf: *alcantarillado*, *casas* y *water*.
- Con la tecla MAYÚSCULAS -Shift- presionada, haz click sobre **casas** para deseleccionarla.
 - Haz click sobre el botón OK para Aceptar los cambios.
- Si desactivas otra vez el tema 'city.dxf' de líneas verás que las líneas que dibujan los edificios han desaparecido.

7. Guardar y cerrar el proyecto

- Haz click sobre la ventana del proyecto para activarlo, y desde menú 'File' (Archivo), elige **'Save project As'** (Guardar Proyecto Como).
- Guarda el proyecto con el nombre **proj2.apr** dentro de la carpeta c:\esri\proj2\
- Con la ventana del proyecto aun activa, desde menú **'File'** (Archivo) elige **'Close Project'** (Cerrar Proyecto). Si le pregunta si quiere guardar el proyecto indique Sí.
- A continuación no se va a necesitar la extensión CAD Reader, por lo que puede desactivarla.
- Desde le menu **'File'** (Archivo) seleccionar 'Extensions'.
- Desactivar la opcion CADReader haciendo click sobre el cuadro de verificación. Haz click en OK

8. Adición en la vista un tema de eventos

Objetivo del ejercicio

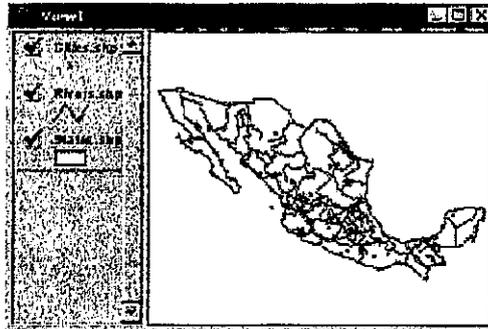
Imagina que has regresado de unas excavaciones arqueológicas en México y quieres analizar los yacimientos que has encontrado.

Has usado un equipo de GPS para localizar dichos yacimientos, el cual ha almacenado las coordenadas x e y en un fichero de texto.

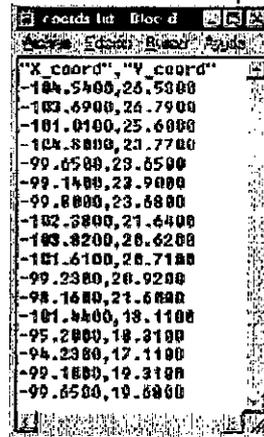
Desde ArcView vas a crear una tabla a partir de dicho fichero y basándote en esa tabla, vas a crear un tema de puntos en los que cada punto será la representación de cada yacimiento.

- Si has cerrado el programa, abre ArcView
- Desde el menú **'File'** (Archivo), selecciona **'Open Project'** (Abrir Proyecto). Sitúate en la carpeta **c:\esri\proj2\mexico** y abre el proyecto **mexico.apr**.

Al abrir dicho proyecto aparece una vista conteniendo tres temas: Cities, Rivers and States

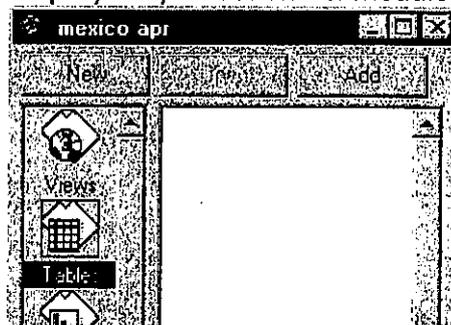


En la siguiente imagen puedes observar el fichero txt que contiene las coordenadas x,y con las localizaciones de los yacimientos arqueológicos. En la primera linea aparecen los nombres de los campos y a continuación los valores.



El primer paso es añadir este archivo dentro del proyecto como una tabla

- En la ventana de proyecto, seleccione el módulo **TABLAS**



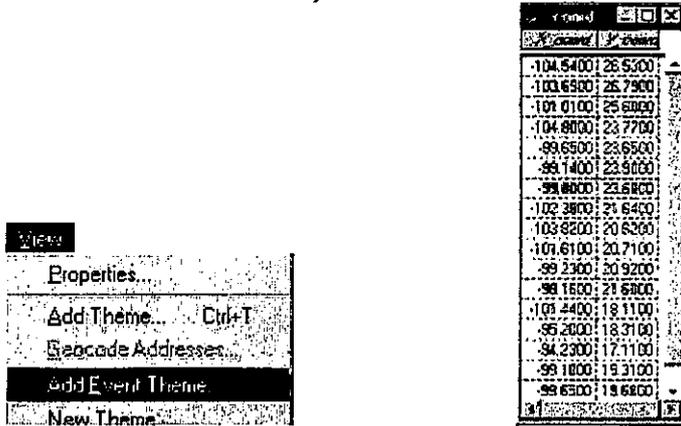
- Haz un click sobre el botón '**Add**'
- Asegúrate de estar situado en la carpeta '**c:\esri\proj2\mexico**'
- Asegúrate de seleccionar **Delimited Text (*.txt)**.



- En la lista de archivos disponibles, tan solo aparece uno: '**coords.txt**'
- Selecciona este archivo y haz click sobre '**OK**'

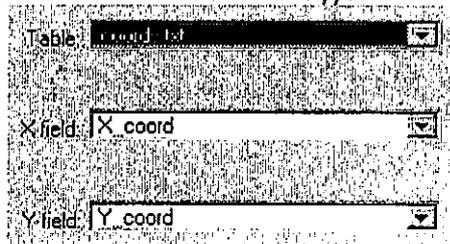
El archivo coords.txt se ha incorporado al proyecto como un documento tabla

- Vuelve al documento vista seleccionando la ventana de la vista.
- Desde el menú **'View'** (Vista), selecciona **'Add Event Theme'** (añadir tema de eventos).



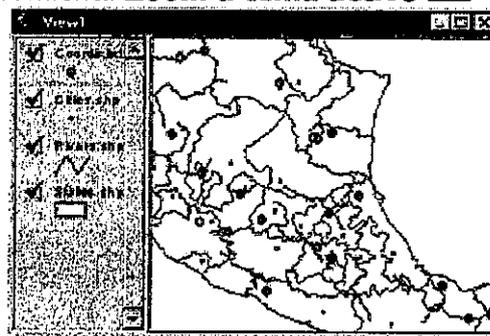
ArcView ya ha leído por defecto la única tabla abierta dentro del proyecto, ha encontrado los dos únicos campos y también los ha seleccionado convenientemente

- Pulsa **OK** para crear el tema nuevo
- a partir de la tabla de coordenadas x,y.



Como podemos observar, dentro de la tabla de contenidos aparece el tema de puntos **'coords.txt'** con un color aleatorio.

- Selecciona este nuevo tema con un click, y Visualízalo
- Ejecuta la herramienta **Zoom a tema activo**



Observe que la mayoría de los yacimientos están muy próximos a cauces de los ríos y muchos de ellos cercanos a ciudades de la actualidad. Ahora ya puede analizar las localizaciones de los yacimientos arqueológicos en relación con otros elementos, ciudades, ríos, etc.

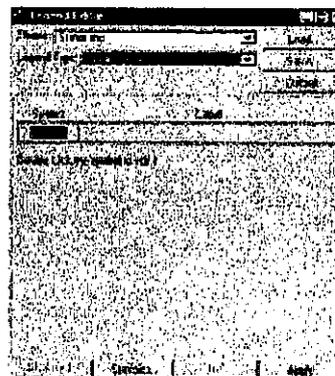
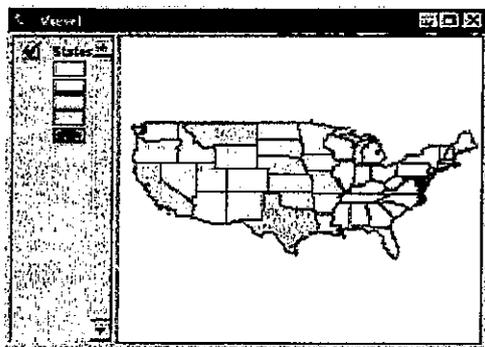
- Haz click sobre la ventana del proyecto para activarlo, y desde menú **'File'** (Archivo), elige **'Save Project As'** (Guardar Proyecto Como).
- En el menú Guardar Proyecto Como, guarda el proyecto con el nombre **yacimientos.apr** dentro de la carpeta c:\esri\proj2\mexico\
- Con la ventana del proyecto aun activa, desde menú **'File'** (Archivo) elige **'Close Project'** (Cerrar Proyecto). Si te pregunta si quieres guardar el proyecto indica Sí.

3.- Cartografía temática

3.1.- Cartografía temática con el editor de leyendas

El Editor de Leyendas da la posibilidad de generar mapas visualmente atractivos, que comuniquen la información importante sobre tus datos a una audiencia determinada.

Con el Editor de Leyendas puedes elegir diferentes tipos de leyendas, clasificar tus datos, modificar textos en la leyenda y cambiar la simbología de los elementos.



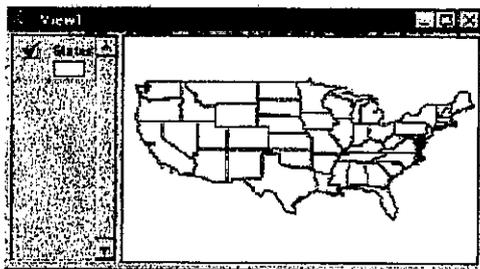
Puedes acceder al Editor de Leyendas de distintas formas. Primero decide la leyenda de qué tema quieres editar y haz activo el tema. A continuación ejecuta una de las siguientes opciones:

- Desde el menú **'Theme'** (Tema) elige la opción **'Edit Legend'** (Editor de Leyendas)
- Haz click sobre el botón editor de leyendas 
- Haz doble click sobre la leyenda del tema en la tabla de contenidos (método abreviado)

3.2.- Elegir un tipo de leyenda

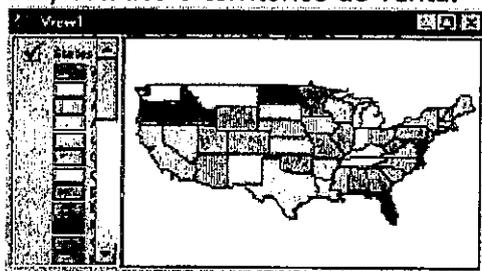
Símbolo único (Single symbol)

El tipo de leyenda por defecto en ArcView es la de símbolo único. Este tipo de leyenda despliega todos los elementos de un tema usando el mismo símbolo. Es útil cuando sólo necesitas mostrar la localización de los elementos de un tema más que cualquiera de sus atributos.



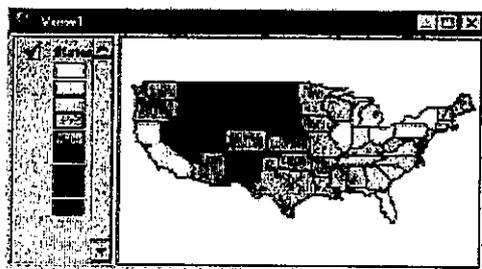
Valor único (unique value)

Para un campo de la tabla de atributos, puedes representar cada registro con un símbolo exclusivo. Este es el método más efectivo para desplegar datos categóricos, como países, estados o territorios de venta.



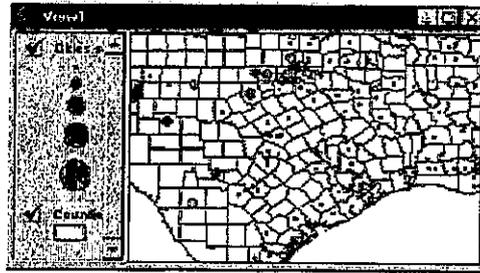
Color graduado (graduated color)

Este tipo de leyenda despliega elementos usando una gama de colores. El color graduado es usado principalmente para desplegar datos numéricos que tienen una progresión o gama de valores, como la temperatura, la población o las ventas anuales.



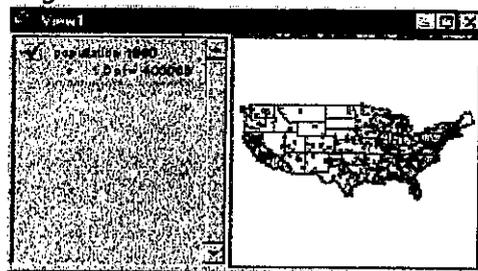
Símbolo graduado

Este tipo de leyenda despliega elementos usando un símbolo único que ofrece una gama de tamaños, representando una progresión de valores. El símbolo graduado es útil para simbolizar datos que muestran tamaño o magnitud. Sólo está disponible para datos de puntos y lineales.



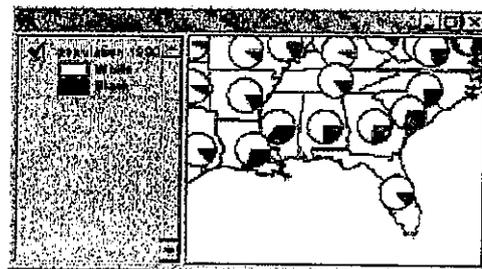
Densidad de puntos

Puedes desplegar los elementos de un tema de polígonos usando puntos para representar los valores en un campo de atributos. Este método es bueno para mostrar cómo un atributo, como población, granjas o barriles de aceite crudo, está distribuido a lo largo de una zona. Por ejemplo, un mapa de densidad de puntos que representa poblaciones mostrará las concentraciones de puntos más fuertes donde viva más gente.



Símbolo de gráficos

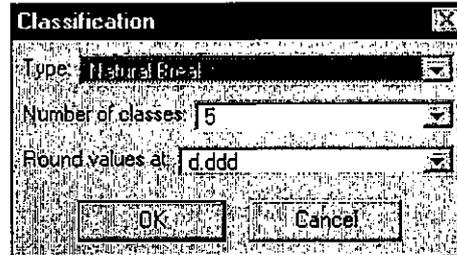
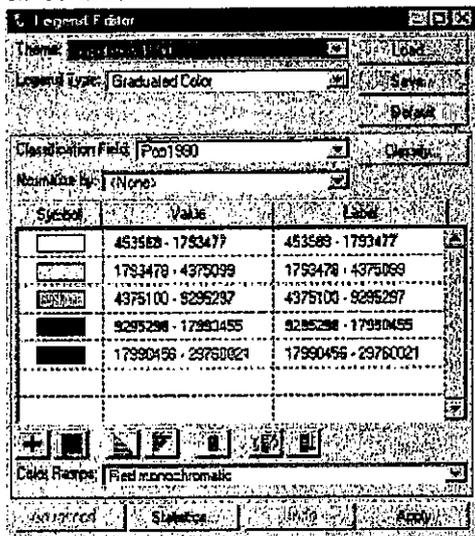
Puedes desplegar varios atributos de elementos usando un gráfico de sectores o un gráfico de columnas (barras). Cada porción (gráfico de sectores) o columna (gráfico de barras) corresponde a un atributo especificado y el tamaño de cada sector o columna se determina por el valor de cada atributo. Este tipo de leyenda es útil para comparar los valores de múltiples atributos, por ejemplo la diversidad étnica de una población o los tipos de especies de vida salvaje encontrados en una reserva.



3.3.- Elegir un método de clasificación

Cuando usas un color graduado o un tipo de leyenda de símbolo graduado, puedes elegir cómo quieres que ArcView divida tus datos en clases. Diferentes métodos de clasificación se prestan a diferentes tipos de datos.

Por defecto, ArcView utiliza el método de clasificación de cortes naturales con cinco clases.

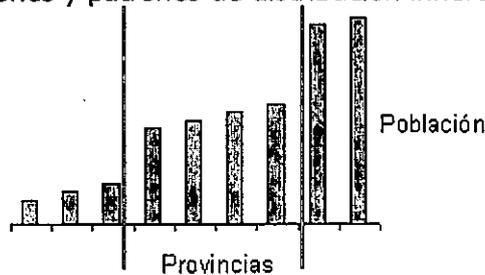


Si no quieres utilizar el método de clasificación por defecto, puedes cambiarlo usando el cuadro de diálogo Clasificación. Para acceder al cuadro Clasificación haz click sobre el botón 'Clasificar' (Classify) sobre el 'Legend Editor' (Editor de Leyendas). Desde el cuadro Clasificación puedes elegir un método diferente de clasificar tus datos, el número de clases que quieres y la forma de redondear los valores numéricos. Antes de poder elegir un método de clasificación, debes especificar el atributo cuyos valores quieres clasificar. ArcView no limita el número de clases.

Cortes naturales

Los cortes naturales son el método de clasificación por defecto en ArcView. Este método identifica saltos de valor importantes en la secuencia de valores para crear clases.

Permite ver agrupaciones y patrones de distribución inherentes a los datos.



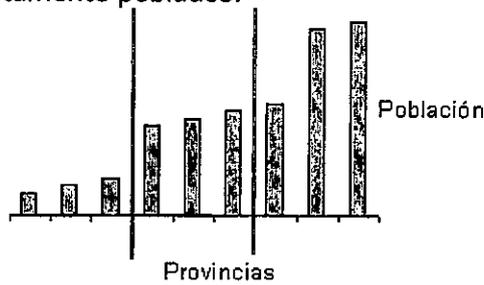
Un ejemplo

La elaboración de la leyenda de población de 1990 para los estados de América establece una sola clase para California (casi 30 millones). En la siguiente clase aparecen los estados como NY o Texas, con una población de entre 16 y 18 millones.



Cuantil

En el método de clasificación cuantil, los valores se dividen de forma que cada clase contenga el mismo número de elementos. Las clases cuantiles son quizás las más fáciles de entender pero también pueden desorientar. Por ejemplo los censos de población pueden no ser adecuados para la clasificación cuantil porque los sitios menos poblados se incluyen en la misma clase que los sitios altamente poblados.



Un ejemplo

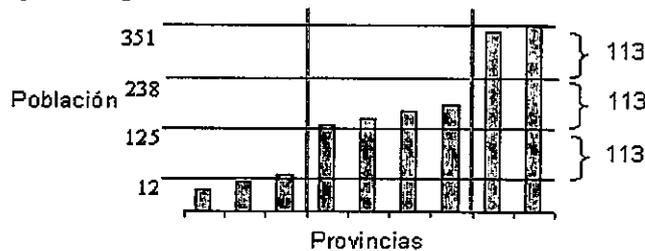
En el mapa siguiente los 48 estados están divididos en cinco clases: Michigan, que tiene aproximadamente nueve millones de personas, está dentro de la misma clase que California, que tiene aproximadamente 30 millones de personas.

Puedes superar la distorsión aumentando el número de clases. Por ejemplo, usando ocho clases en lugar de cinco.



Intervalo equitativo (Equal Interval)

El método de clasificación de intervalos iguales divide el rango de valores de los atributos en rangos de igual tamaño .



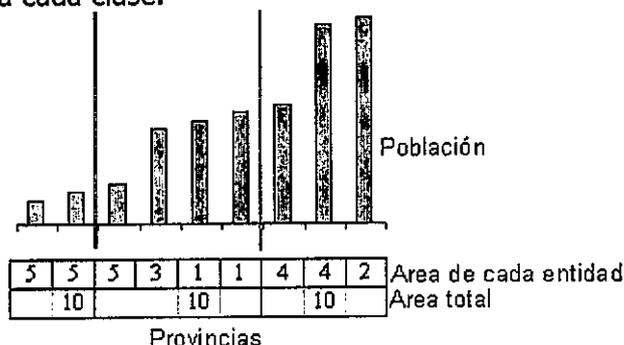
Este metodo es muy útil cuando se quiere enfatizar una aglomeración. Mediante esta clasificación hemos conseguido mostrar la gran diferencia entre la población de California y la del resto de estados de USA.



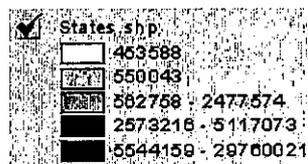
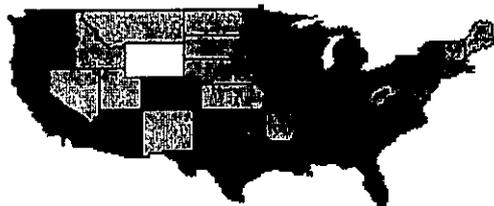
Áreas iguales

El método de áreas equitativas clasifica elementos de polígonos encontrando puntos de separación de forma que el área total de los polígonos en cada clase sea aproximadamente la misma

ArcView determina el área total de los elementos que tienen valores de datos válidos, y después divide esta cantidad por el número de clases para determinar el área total para cada clase.

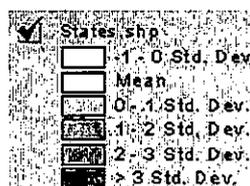
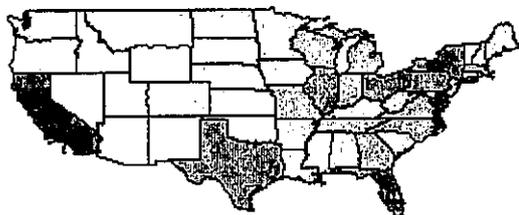


Las clases determinadas con el método de área equitativa son típicamente muy similares a las clases cuantiles cuando los tamaños de todos los elementos son en general los mismos. El área igual diferirá del cuantil cuando los tamaños de los elementos sean muy diferentes.

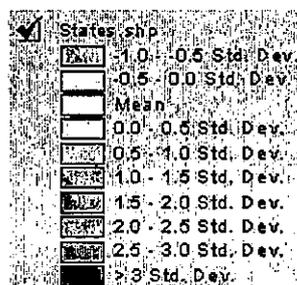
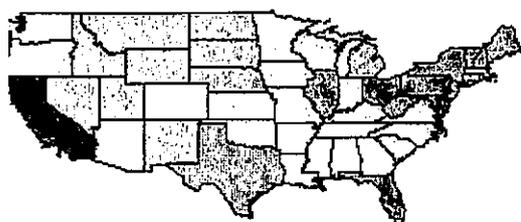


Desviación típica

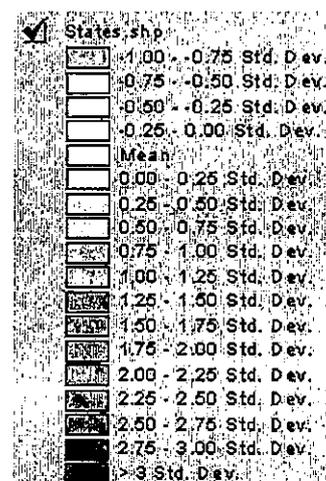
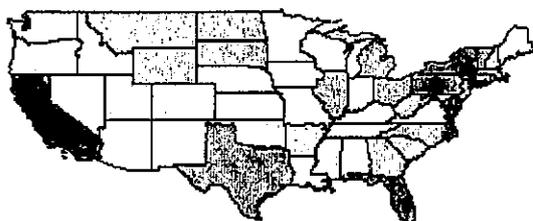
Cuando clasificas datos usando el método de desviación típica, ArcView encuentra el valor medio, después coloca espacios de separación entre clases arriba y bajo la media a intervalos de $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$ o una desviación típica. ArcView agregará cualquier valor mayor que tres desviaciones típicas sobre o por debajo de la media en dos clases: "> 3 Desv. Tip." (mayor que tres desviaciones típicas sobre la media) y "< 3 Desv. Tip." (menor que tres desviaciones típicas por debajo de la media).



Desviación Típica 1



Desviación Típica 1/2



Desviación Típica 1/4

Estadísticas

Haz click sobre el botón 'Statistics' (Estadísticas) en el Editor de Leyendas para desplegar las estadísticas de los campos cuyos valores estás clasificando. Las estadísticas para Mínimo, Máximo, Suma y Desviación Típica se incluyen en la ventana que es desplegada.

3.4.- Normalizar los datos

Por porcentaje del total

En lugar de hacer mapas de recuentos actuales (por ejemplo poblaciones, ventas) puedes normalizar estos valores dividiendo cada valor por el total de todos los valores. Los valores resultantes se expresan como porcentajes (porcentaje del total).

Por el valor de otro atributo

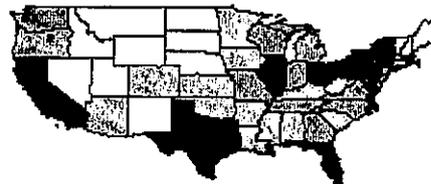
Otra forma de normalizar tus datos es dividir los valores del campo que estás clasificando por los valores de otro campo. Por ejemplo puedes hacer un mapa de la densidad de población dividiendo recuentos de población por valores de áreas.

Cuándo no deberías normalizar

En algunos casos puede que tus datos ya estén normalizados, de forma que no deberías intentar volver a normalizarlos. Si los valores o el nombre del atributo que estás clasificando indican que tus datos están ya expresados como un porcentaje (índice de divorcio de 0.34) o densidad (número de habitantes por milla cuadrada de 320) entonces tus datos probablemente estén ya normalizados.



Symbol	Value	Label
	0.954 - 92.067	0.954 - 92.067
	92.067 - 231.8	92.067 - 231.8
	231.8 - 490.923	231.8 - 490.923
	490.923 - 1029.689	490.923 - 1029.689
	1029.689 - 9186.685	1029.689 - 9186.685



Clasificación de la población de 1990 normalizada según el total

Symbol	Value	Label
	0.954 - 92.067	0.954 - 92.067
	92.067 - 231.8	92.067 - 231.8
	231.8 - 490.923	231.8 - 490.923
	490.923 - 1029.689	490.923 - 1029.689
	1029.689 - 9186.685	1029.689 - 9186.685



Clasificación de la población de 1990 normalizada según el área

3.5.- Modificación de elementos de leyendas: Manipular clases

Añadir y suprimir clases

Además de cambiar el número de clases en el cuadro Clasificar, ArcView le permite añadir y suprimir clases directamente desde el editor de leyendas. Haciendo click y arrastrando también puede reordenar las clases. Puede que quieras mover la clase No Data desde la parte inferior a la cabecera de la leyenda.

Editar valores y etiquetas

Editando valores, puedes cambiar los espacios de separación entre clases creando por tanto tus propias clases. Editando etiquetas, puedes cambiar el texto que aparece en la leyenda del tema en la tabla de contenidos. Simplemente haz click sobre el valor o etiqueta que quieras editar en el Editor de Leyendas, teclea tus cambios, y a continuación pulsa <enter>. Cuando estés satisfecho con tus cambios, haz click sobre el botón 'Apply' (Aplicar) para redibujar la vista con los nuevos valores o etiquetas.

Modificar elementos de leyendas

ArcView te permite modificar varios elementos de leyendas para personalizar la visualización de tu mapa.

Ordenar valores y etiquetas

Puedes clasificar los campos Valor o Etiqueta que aparecen en el Editor de Leyendas usando los botones Ordenar Ascendente / Descendente. También puedes ordenar el campo recuento que aparece en el tipo de leyenda de valor único. Los campos Valor y Recuento se clasifican numéricamente; el campo etiqueta se clasifica alfabéticamente.

Cambiar símbolos aleatoriamente

Puedes invertir el orden de símbolos en el campo Símbolo haciendo click sobre el botón Cambiar Símbolos en el Editor de Leyendas. Por ejemplo si tus clases están simbolizadas del blanco al rojo, hacer click sobre el botón Cambiar Símbolos cambiará el orden del rojo al blanco. Cambiar el orden de tus símbolos no altera el orden de los valores o etiquetas.

Gradación de colores

El botón Gradación (rampa) de colores te permite crear una gradación entre el primer y último color en la leyenda o entre el primer color y otro color seleccionado en la mitad de esta. También puedes usar este botón para graduar entre dos colores seleccionados o entre un color seleccionado y el último color en la leyenda.

Utilizar Deshacer

El botón Deshacer te permite volver a una leyenda previa a la aplicada. Puedes volver atrás hasta cinco fases anteriores usando este botón.

3.6.- Trabajar con valores nulos

Los valores nulos son valores en tus datos que no deseas incluir en la clasificación. Hay dos tipos de valores nulos, aquellos inherentes a un formato de fichero de base de datos, como dBase y aquellos que entraron en los datos deliberadamente. ArcView automáticamente descarta cualquier valor nulo asociado con un formato de base de datos.

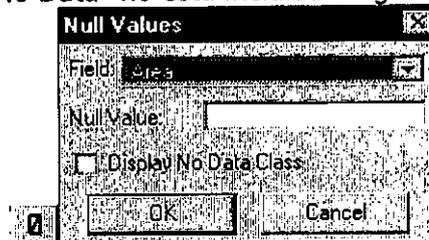
Los valores nulos que se entraron deliberadamente pueden indicar que no hay ningún dato disponible, que el dato ha sido rehusado o que el

dato no es aplicable a un elemento geométrico en particular. Si tu campo de clasificación contiene cualquiera de estos valores deliberadamente nulos, tendrás que comunicarle a ArcView si quieres eliminarlos de la clasificación o de la leyenda.

Ejemplo de valores nulos

Los valores nulos para atributos numéricos son normalmente números obvios como -9999. El cero puede también ser un valor nulo. Los valores nulos para datos cualitativos pueden ser en blanco o un valor como "ninguno".

Nota: La clase "No Data" no está incluida en gradaciones de colores.

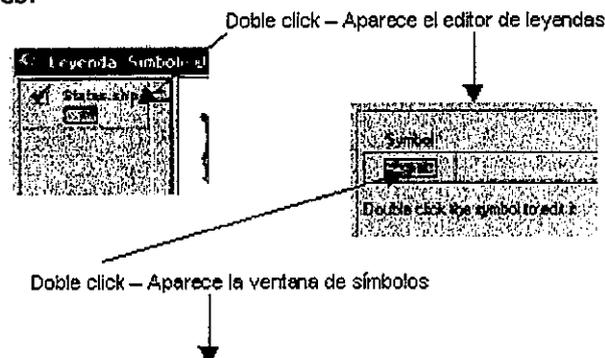


3.7.- Cambiar símbolos

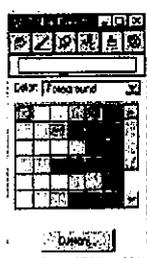
Una paleta es una colección de símbolos o colores almacenados en un fichero que se puede cargar o almacenar. Usando selecciones desde estas paletas, puedes definir un color de relleno, engrosar una línea y cambiar su color, cambiar la forma, tamaño y color de un símbolo de punto, y elegir diferentes fuentes de textos. También puedes convertir los caracteres de las fuentes seleccionadas en símbolos "marker" (marcador).

También puedes utilizar el administrador de paletas para importar un fichero de iconos en uno de los siguientes formatos bitmap: GIF, MacPaint, Windows Bitmap, fichero SunRaster, TIFF, y Xbitmap.

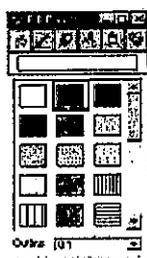
Nota: Las paletas tipo "marker" de ArcView usan ahora caracteres TrueType en lugar de "marker" de estilo bitmap, aunque estas son compatibles.



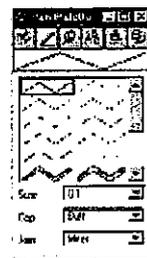
Paleta de colores



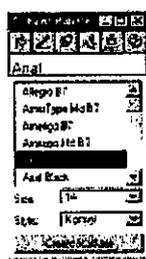
Paleta de tramas



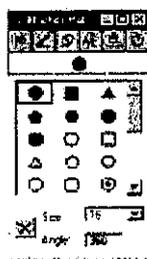
Paleta de tipo de línea



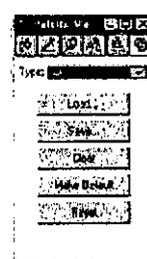
Paleta de fuentes de texto



Paleta de Símbolos



Gestor de Paletas



3.8.- Escalar los símbolos

Por defecto, los símbolos no se adaptan a la nueva escala sino que permanecen con el mismo tamaño independientemente de la escala de la vista

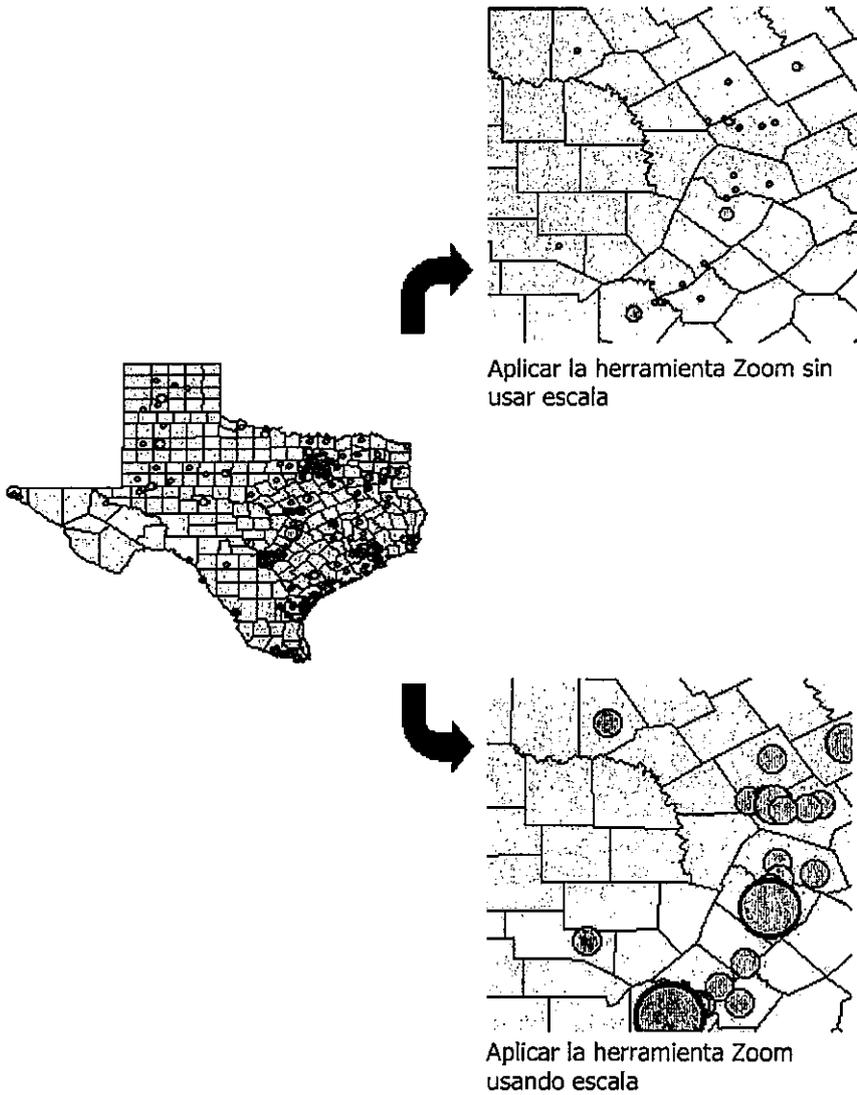
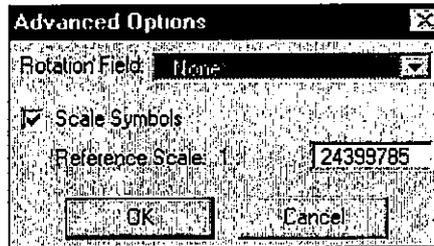
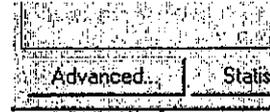
Adaptar símbolos a escala

Para algunas aplicaciones, es útil que los símbolos "marker" y de líneas aparezcan aumentados conforme se acerca el zoom. ArcView te permite elegir si los símbolos "marker" y de líneas se adaptan a escala cuando cambia la escala de su vista. Puedes activar y desactivar los símbolos adaptativos a la escala en el cuadro Opciones Avanzadas, al que se accede haciendo click sobre el botón *Avanzado* en el Editor de Leyendas.

ArcView también permite establecer una escala de referencia para adaptar símbolos a la escala. Por defecto, la escala de referencia es la escala actual de tu vista. A esta escala, los símbolos aparecerán al mismo tamaño al que aparecen en el Editor de Leyendas. Conforme acerques el

zoom y la escala se amplia, el tamaño de los símbolos aumentará proporcionalmente.

Haz click sobre el botón **Avanzado** del editor de leyendas



Alinear símbolos

ArcView permite alinear símbolos "marker". Especifica el ángulo de rotación para símbolos "marker" en la Paleta Marcadora. Usa 'Advanced' (Opciones Avanzadas) desde el Editor de Leyendas para especificar un campo de rotación que contiene valores numéricos (ángulos de rotación) que ArcView puede utilizar para rotar automáticamente símbolos "marker".

Hacer líneas paralelas

También puedes generar líneas de varios trazos paralelos a una distancia fija desde la localización de una coordenada de origen. Usa el cuadro Opciones Avanzadas para entrar una distancia "offset" (a la que se sitúa la paralela) en puntos (1 punto = 1/72 de pulgada) que será la distancia a la que los elementos son situados sobre la pantalla o mapa impreso.

3.9.- Ejercicio 3: Utilización del Editor de Leyenda

1 Instalación del ejercicio

- Si no se ha creado ya, crea un directorio con el nombre **C:\esri**
- Dentro de este directorio, crea una carpeta con el nombre **C:\esri\proj3**
- Copiar el archivo proj3c para conseguir la información necesaria para realizar el ejercicio (guarda el archivo en la carpeta que has creado)
- Descomprime el fichero proj3c.zip en la carpeta C:\esri\proj3

2 Ejecutar ArcView y abrir un proyecto

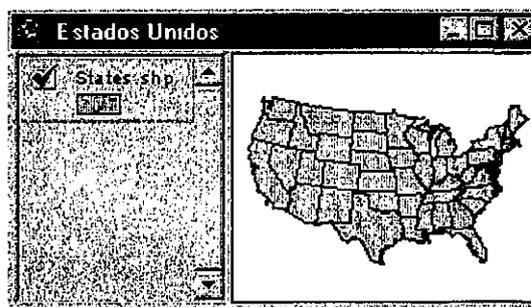
- Si has salido de ArcView tras el último ejercicio, ejecuta ArcView.
- Desde el menú 'File' (Fichero) elige **'Open Project'** (Abrir Proyecto).
- Haz doble click sobre las carpetas del directorio y sitúate en la carpeta **Unidad HD:\curso\proj3**
- Abre el proyecto **usa.apr**

3 Cambiar el color de los símbolos

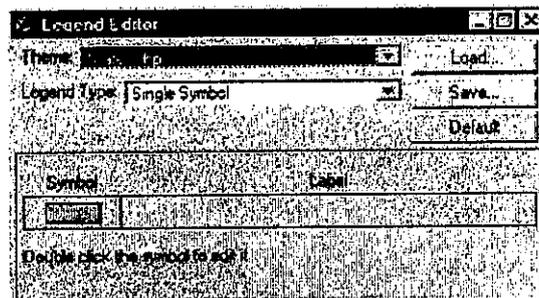
Cuando el proyecto se abre aparece una vista titulada Estados Unidos con el tema States.

Como ya has podido comprobar, cuando añadimos un tema a una vista ArcView asigna un color aleatoriamente a todos los elementos.

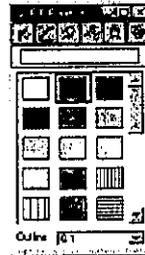
Primero cambiar el color por defecto usando el Editor de Leyendas.



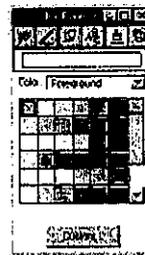
- Haz doble click sobre el tema 'States.shp', para abrir el **editor de leyendas**.



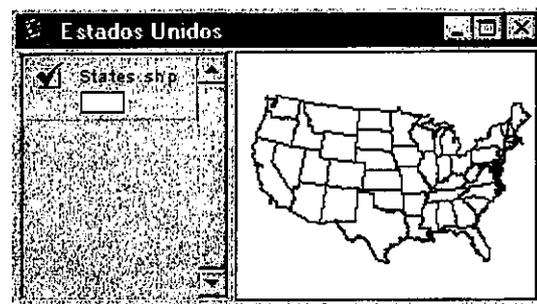
- Haz doble click sobre el recuadro de color de la casilla símbolo, aparecerá la paleta de símbolos, concretamente, la **paleta de relleno**.



Haz click sobre el boton  para cambiar a la **Paleta de Colores**.



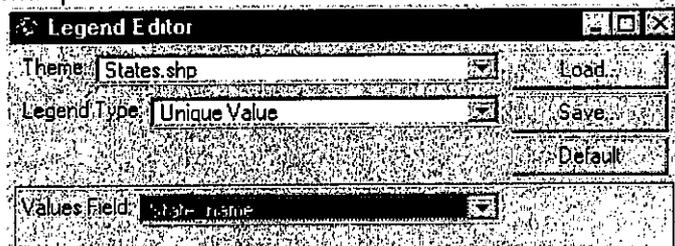
- Escoge un color cualquiera haciendo click sobre él.
- Cierra la Paleta de Colores haciendo click en la 'X' de la esquina.
- Haz click sobre el boton 'Apply' (Aplicar) en el Editor de leyendas y ciérrala haciendo click en la 'X' de la esquina. ArcView redibuja el tema usando el nuevo color.



4 Elaborar la leyenda a partir de un campo de la tabla

- Vuelve a abrir el editor de leyendas con un doble click sobre el tema States.shp
- En **Tipo de Leyenda**, selecciona el tipo '**Valores únicos**'

En **Valor de Campo**, selecciona '**State_name**' (State_name es un campo en la tabla del tema que contiene los nombres de todos los estados).

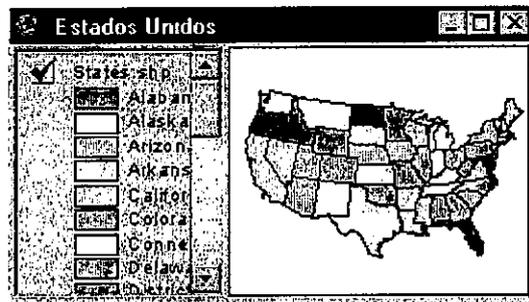


El Editor de Leyendas lista cada nombre de estado con un símbolo exclusivo de la combinación de colores *Bountiful Harvest* (por defecto). Podemos escoger cualquier combinación de las que ArcView dispone.

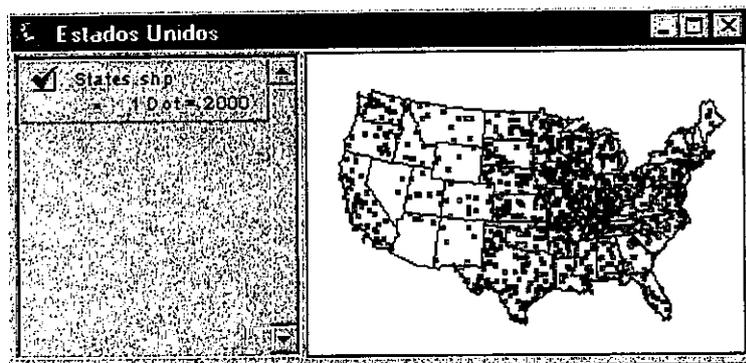
	Alfabetizado	Alfabetizado	1
	Alaska	Alaska	1
	Arizona	Arizona	1
	Arkansas	Arkansas	1
	California	California	1
	Colorado	Colorado	1

- Haz click sobre 'Apply' para realizar los cambios.

Cada estado está ahora simbolizado con un color pastel.



Nota: Si la Tabla de Contenidos no es suficientemente amplia para desplegar la leyenda entera, puede agrandarla activando la vista y después moviendo el cursor sobre la línea que separa la barra de flechas del área de despliegue y arrastrando la línea a la derecha.

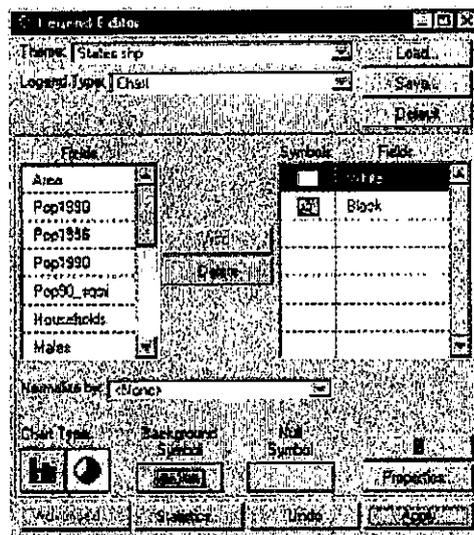


5 Desplegar valores con símbolos de gráficos

A continuación representarás datos técnicos usando símbolos de gráfico de sectores.

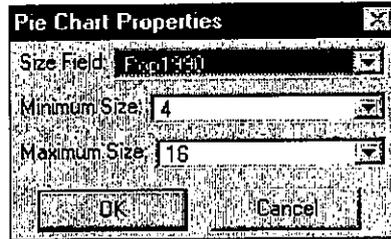
En la lista desplegable 'Legend Type', elige Gráfico (Chart). El gráfico de sectores es el tipo de gráfico por defecto.

- En la lista Campos a la izquierda, haz click sobre **Blanco** (población blanca) y después sobre el botón **Añadir** (Add). Haz lo mismo con **Negro** (población negra).
- Ahora estos campos se muestran a la derecha con un símbolo para cada uno. Puedes cambiar estos símbolos haciendo doble click sobre ellos para acceder a la ventana Símbolo.



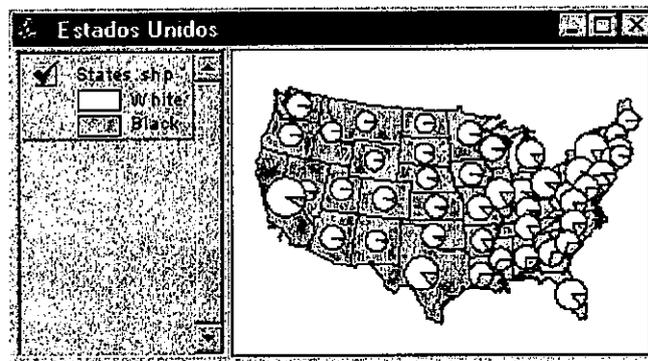
A continuación establecerás un campo de tamaño y un radio máximo para los símbolos de gráficos de sectores.

Haz click sobre el botón **Propiedades** en la parte inferior del Editor de Leyendas para desplegar la celda Propiedades del Gráfico de Sectores



- En la lista desplegable Campo de Tamaño, selecciona **Pop 1990**. Los valores en este campo controlarán el tamaño de cada símbolo del gráfico de sectores.
- En la lista desplegable Tamaño Máximo, teclea **16** o selecciónalo desde la lista desplegable. Éste establece el radio (en puntos) del mayor símbolo del gráfico de sectores.
- Haz click sobre 'OK'.
- Haz click sobre **Aplicar** en el Editor de Leyendas.

La vista tiene un aspecto parecido a esta imagen



ArcView despliega los dos campos usando símbolos del gráfico de sectores. Los gráficos de sectores parecen demasiado grandes para la vista a esta escala de forma que haz un zoom de aproximación.

- Haz click sobre la herramienta **Ampliar con Zoom**  y define una caja que abarque los estados del noreste. Ahora puedes observar los gráficos de sectores para cada estado.

A continuación cambiarás el tipo de gráfico a un gráfico de barras.

- En el Editor de Leyendas localiza el icono Tipo de Gráfico en la esquina inferior izquierda y haz click sobre el símbolo **Gráfico de Barras**.



Haz click sobre **Aplicar**.

ArcView despliega los mismos cuatro campos usando símbolos del gráfico de barras.

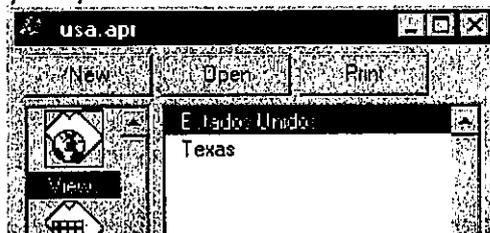
- Cierra el **Editor de Leyendas**.

6 (Opcional) Usar símbolos graduados para desplegar puntos

Ahora desplegarás ciudades en base al tamaño de su población.

- Cierra la vista '**Estados Unidos**'

Desde la ventana Proyecto, haz doble click sobre la vista '**Texas**'.



Cuando la vista se abra, observarás dos temas: Ciudades y Texas (condados).

- Haz doble click sobre el tema **Ciudades** para abrir el Editor de Leyendas.

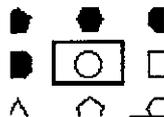
En el Editor de Leyendas, cambia el Tipo de Leyenda a **Símbolo Graduado**; establece el campo Clasificación en **Pop**



- Haz doble click sobre el símbolo de representación



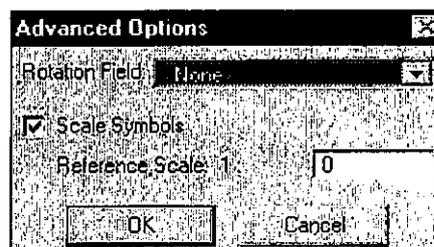
- Escoge el símbolo



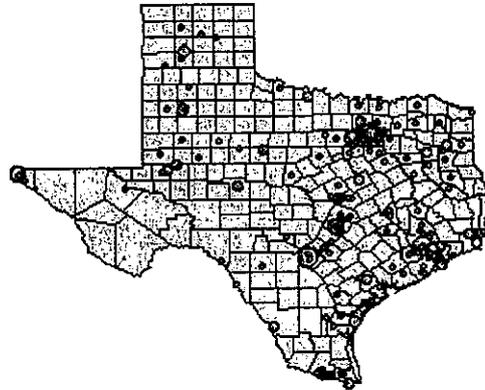
Abre la paleta de colores con un click en  y escoge el color rojo. Cierra la paleta de colores

- Haz click sobre el botón 'Advanced' en la esquina inferior izquierda de la ventana 'Editor de Leyendas'. Activa la opción '**Scale Symbols**'.

Haz click sobre 'OK'.



Haz click sobre 'Apply'.



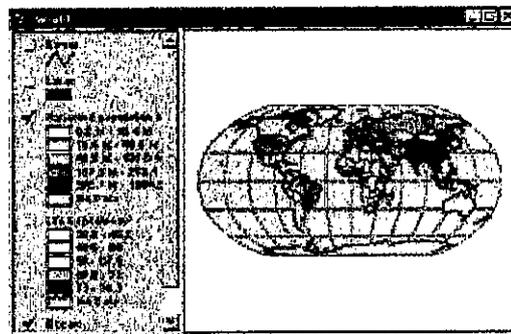
7 Cerrar el proyecto

- Activa la ventana Proyecto con un click sobre ella.
- Desde el menú **'File'** (fichero) elige **Close Project** (Cerrar Proyecto).
Acepta guardar los cambios.

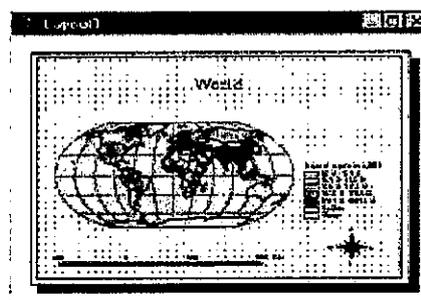
4.- Creación de composiciones de mapas (layouts): preparar para imprimir

4.1.- Composición de mapa

- Un documento y un GUI para crear mapas con calidad de presentación
- Una colección de documentos y otros gráficos



Ventana de composición mostrando la página de composición



¿Qué es una composición?

El documento de la composición de mapas se utiliza para crear y preparar la cartografía para su salida, tanto vía impresión como vía exportación desde ArcView. Las composiciones pueden contener vistas, tablas, gráficos y elementos gráficos. También pueden contener leyendas, norte geográfico, barra de escalas y textos.

Cuando estés trabajando en una composición (layout), usa el interfaz gráfico de ArcView (GUI) para diseñar gráficos. El GUI de las composiciones tiene botones y herramientas para dibujar, posicionar y editar gráficos. La página de la composición representa el papel en el que creas tu mapa. La página se visualiza siempre en la ventana de composición.

4.2.- Diseño de una composición

- Propósito del mapa
- Audiencia
- Elementos del mapa

Diseño de la composición

Antes de crear una composición de mapa, necesitas considerar el propósito del mapa y la audiencia a la que va destinado. Estos factores influirán en el diseño de tu composición.

Propósito del mapa

¿Cuál es el mensaje que quieres transmitir con el mapa? Algunos mapas se utilizan para representar una realidad, por ejemplo, un mapa de vegetación actual, otros para causar un efecto posterior, como por ejemplo mostrar una zona donde se proponen cambios. Algunos incluso se usan para presentar los sumarios de una serie de análisis mostrando las ubicaciones seleccionadas para emplazar unos vertederos de sustancias peligrosas.

Audiencia

¿Quién va a leer el mapa? ¿ Un ingeniero, un político, un autoestopista,...? Será necesario diseñar el mapa al nivel del usuario final de éste y a su nivel de conocimientos. Por ejemplo, el diseño de un mismo mapa será diferente para un uso técnico que para señalar el lugar de reunión para una concentración de público.

Elementos del mapa

Dependiendo del propósito del mapa y de la audiencia destinataria, puedes elegir entre diferentes elementos para incluir en la composición, incluso puedes

disponerlos de diferente manera, dependiendo del mensaje que quieras transmitir. Pueden establecerse una serie de elementos básicos:

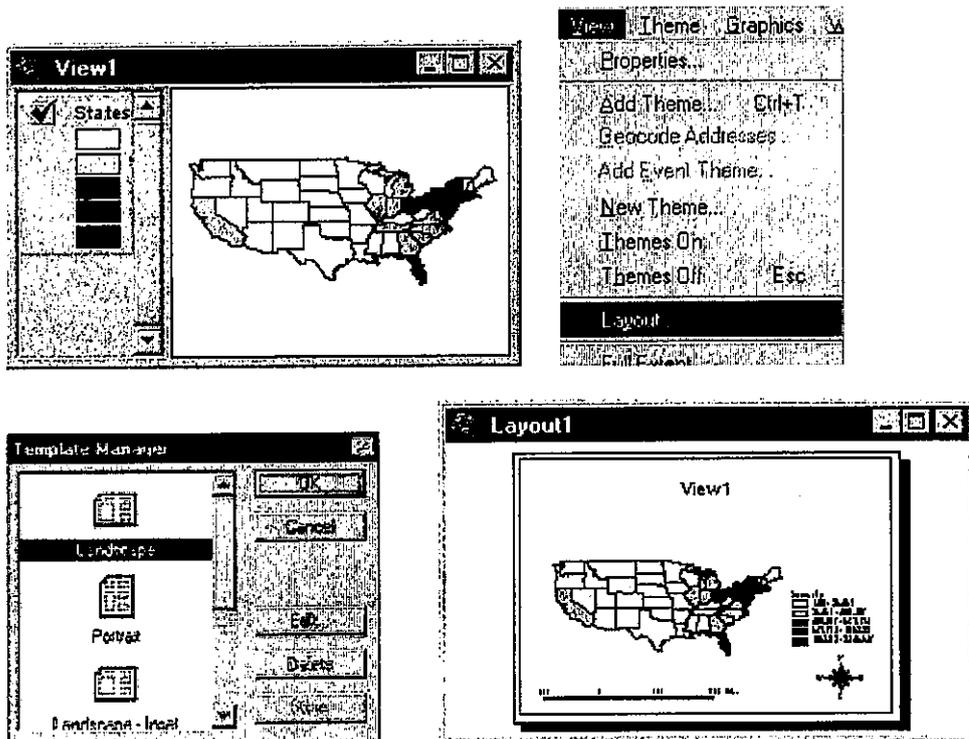
-Cuerpo del mapa, que incluye los elementos que se representan en la cartografía y los símbolos correspondientes.

-Leyenda, que contiene un ejemplo de cada símbolo y Flecha de Norte que marca la orientación del mapa.

-Título, que identifica el objeto del mapa, y en donde se puede incorporar texto adicional (creador del mapa, fecha, etc..)

4.3.- Creación de la composición

- Definir un tamaño de página
- Añadir los diferentes tipos de marcos y fijar sus propiedades
- Añadir gráficos
- Crear plantillas de composiciones(templates)
- Imprimir la composición



Crear una composición de mapas

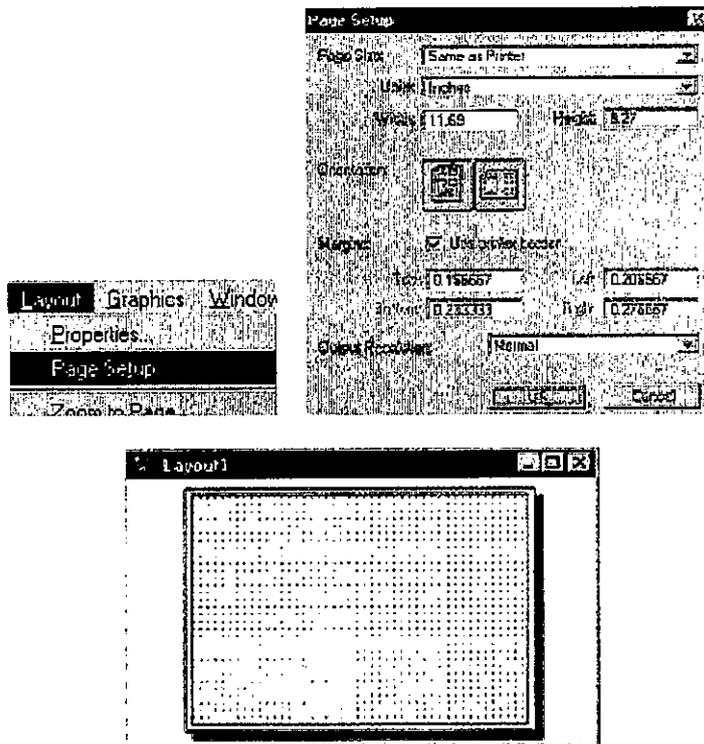
El proceso de creación de una composición de mapas, comienza al definir la página y el tamaño de ésta (fijando el tamaño, márgenes y orientación de la página donde se va a imprimir la composición). Después se añaden los elementos que la componen, como vistas, leyendas, flechas de norte y barras

de escala. Una vez definidos los elementos puedes añadir otro tipo de gráficos para realzar el diseño de la composición. Título, logo, líneas de contorno, shapes para delimitar ciertas áreas de interés, etc... son un pequeño ejemplo de cómo los gráficos pueden realzar su presentación de mapa.

Después de crear una composición de mapa, puedes guardarla como plantilla para usarla en la creación de futuros mapas, puedes también enviar la plantilla a una impresora o plotter para crear una copia impresa del mapa o puedes guardarla como un archivo de impresión para una posterior impresión.

4.4.- Diseño de la página de la composición

- Tamaño
- Orientación
- Márgenes
- Zooms de aumento o reducción en la página
- Rejilla de referencia



Diseño de la página de la composición

La página de la composición representa un papel en el que se pueden colocar elementos para crear un mapa. La organización de la página de la composición te permite controlar las siguientes características de la página.

Tamaño de la página

El tamaño de la página, por defecto, es de 8.5 por 11 pulgadas. Se pueden seleccionar otros tamaños de páginas estándar, o puedes elegir Personalizar (custom) de la lista y almacenar una anchura y una altura. Las opciones de tamaño de página estándar incluyen: carta, legal, A, B, C, D, E, A4, A3, A2, A1, A0, Cámara (11 por 7,33 pulgadas). Personalizado e Igual que Impresora.

Unidades

Las unidades de página incluyen pulgadas (por defecto), milímetros, centímetros, metros, pies y yardas. Los cambios en las unidades de página afectan el espaciado de cuadrícula de la página.

Orientación

Puede elegirse entre vertical (portrait) o apaisada (landscape)

Márgenes

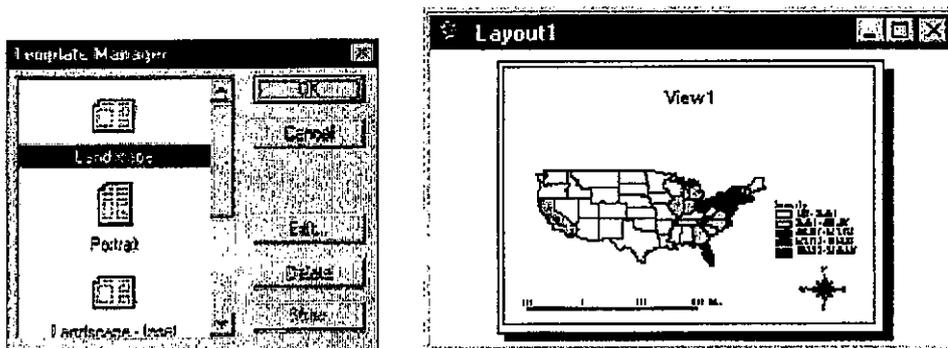
Puedes definir el tamaño de los márgenes de página. Las unidades de margen son las mismas que las unidades de página.

Resolución

La resolución puede establecerse como baja, normal y alta.

Zoom de aumento y reducción

Mediante estas herramientas puede trabajarse a diferentes escalas de aumento al igual que en el documento vista. Existe aquí la opción zoom a tamaño de página que abarca los límites de la página definida. El zoom a tamaño real permite ver las proporciones y resolución de salida previas a la impresión final.



4.5.- Definición de marcos



Vista



Herramienta de texto



Leyenda



Barra de Escala



Flecha de Norte



Gráfica



Tabla



Imágen

Definir marcos

Un marco es un contenedor que sostiene una información en una composición de mapa. Por ejemplo, si quieres añadir una vista a la composición, deberás primero añadir el marco para la vista.

Tipos de marcos

A través de la herramienta de marcos en la barra de herramientas puedes crear estos tipos de marcos:

- Marco de vista: contiene una representación de vista y puede ser enlazada a la leyenda y a la barra de escala
- Marco de leyenda: contiene leyendas de temas que se representan en la vista
- Marco de tabla: contiene una tabla (debe estar abierta dentro del proyecto)
- Barras de escala: muestran la escala de los datos que aparecen en el marco de la vista
- Flecha de norte: flecha para indicar la orientación del mapa
- Un gráfico, representando los datos de la tabla
- Una imagen, por ejemplo el logo de la empresa u organización

Añadir texto

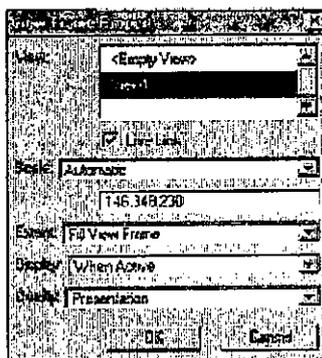
La herramienta de texto en la barra de herramientas se utiliza para añadir un título o una serie de párrafos explicativos acerca del mapa.

4.6.- Creación de un marco

- Eliger un tipo de herramienta marco
- Dibujar un rectángulo para el marco sobre la página de la composición
- Definir las propiedades para el marco (frame properties)
- Elegir la herramienta marco 

- *Clip to view* (ajustar el marco a la vista)
- *Fill View Frame* (ajustar toda la vista a la extensión del marco)

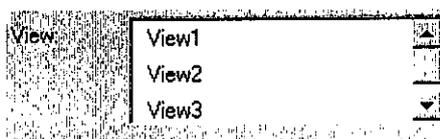
- Display (visualización)
- Quality (calidad)



Fijar la vista que ha de contener el marco

El cuadro de diálogo de propiedades del marco Vista, muestra una lista de todas las vistas contenidas en el proyecto. Puedes seleccionar una vista o dejar el marco vacío (mediante la opción vista vacía). Un marco de vista vacío puede alojar una vista más tarde. Al seleccionar una vista se establece una conexión entre el documento vista y el marco definido en la composición de mapa.

Puedes acceder a las propiedades del marco de la vista haciendo doble click con el puntero sobre el marco.

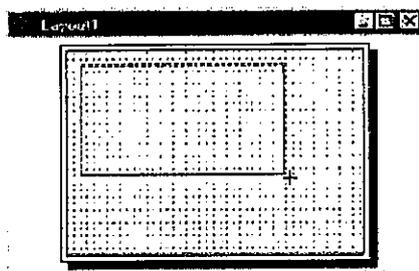


Live link o enlace activo

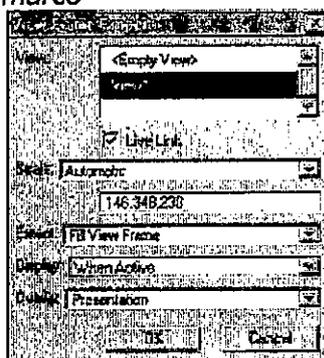
Es el responsable del enlace dinámico existente entre el documento y su representación en el marco de vista. De esta forma los cambios que generes sobre el documento (zooms, desplazamientos, cambios de escala, cambios en la visibilidad de temas) afectarán a la representación en el marco. Si se desactiva este enlace (si no está marcada su casilla de verificación) no hay comunicación entre el/los documento/s y la representación de estos en la composición. Esto significa que esta última no responde a los cambios generados en el/los documento/s.



- Dibujar la extensión del marco



Definir las propiedades del marco



Creando un marco

Herramienta de Marco

Haz click en la herramienta de marco y selecciona el tipo que quieres añadir desde la lista desplegable.

Dibuja un rectángulo sobre la página de la composición

Usa la herramienta de marcos para definir un rectángulo con las dimensiones del marco.

Fija las propiedades del marco

El cuadro de diálogo de propiedades te permite fijar las opciones acerca de cómo presentar la información dentro del marco y de qué forma va a ser visualizada.

Modifica las propiedades del marco

Después de fijar las propiedades del marco, puedes cambiarlas haciendo doble click sobre él, usando el puntero del ratón. Esto abre el cuadro de diálogo de propiedades correspondiente.

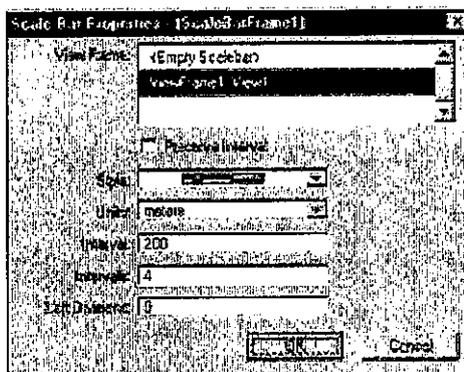
4.7.- Propiedades del marco VISTA

- Vista
 - *Automatic* (automática)
 - *Preserve View Scale* (preservar la escala de la vista)
 - *User specified scale* (usar una escala determinada)
- Extensión de la vista

Ver cuando esté activo o siempre (Display when active/always). Cuando eliges 'siempre', el marco de la leyenda se actualiza siempre que el documento vista cambie. La opción cuando activo, sólo actualiza la leyenda cuando el documento layout (composición) está activo.

Calidad: borrador (draft) o presentación (presentation). Cuando elige borrador los procesos de actualización del marco de la leyenda son más rápidos, ya que sólo aparece un "parche de color gris" en lugar de la leyenda. Al elegir presentación, la regeneración y refresco de la imagen son más lentos.

4.9.- Propiedades del marco ESCALA



Fijar propiedades del marco de la barra de escala

Crear un marco de la barra de escala para proporcionar una referencia de distancias en el mapa. Al crear el marco de barra de escala, lo enlaza al marco de la vista. El marco de barra de escala se dibuja a un tamaño que representa de forma precisa la escala del marco de la vista. Cuando se produce un cambio en el marco de la vista, en el caso de existir enlace (live link), la barra de escala se actualiza a la nueva dimensión de la vista y se modifica.

Enlazar la barra de escala al marco de la vista.

Para enlazar el marco de la barra de escala a un marco vista, selecciona el marco de vista de la lista desplegable. Al seleccionar una barra de escala vacía, se crea un marco en blanco que puede ser llenado con una barra de escala más tarde.

Preservar el intervalo

En caso de estar marcada la casilla de verificación de esta opción, Arc View ajusta el tamaño de la escala cuando cambia el tamaño del marco vista, pero conserva el intervalo definido. Si la opción no está seleccionada, la escala no cambia de tamaño, pero se recalculan los intervalos de esta.

Estilo

Puede disponerse de cinco tipos de barra de escala diferentes: numérico, barra de escala, barra de escala rellena, barra de escala partida y rellena, y barra de escala partida.

Unidades

Permite la elección entre diferentes unidades para la barra de escala: pulgadas, pies, yardas, millas, milímetros, centímetros, metros o kilómetros

Intervalo

Escalar el marco de vista

Puedes controlar la relación entre la escala del documento vista y la escala del marco de vista en la composición de mapa.

Automático

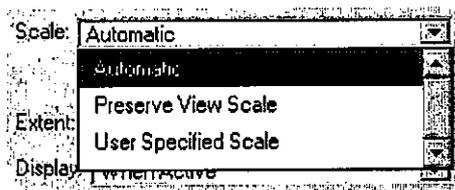
Cuando eliges automático, el marco de la vista se escala de forma que toma como referencia el tamaño de la vista y las dimensiones del marco para calcular la escala a la que se representa. Es la opción por defecto.

Preservar la escala de la vista

Cuando seleccionas esta opción, tanto la vista como la imagen de ésta en el marco de vista se presentan a la misma escala. Puede parecerse al resultado de pegar la vista directamente en el marco, como si hubiera sido recortado en esos bordes, o bien que éste parezca demasiado pequeño en proporción al tamaño del papel o el marco de vista.

Usar escala específica

En este caso se define una escala determinada de antemano para representar la vista. La escala de representación no altera la que está definida para el documento vista.



Controlar escala y extensión del marco de la vista

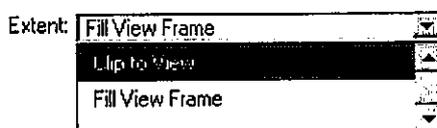
ArcView proporciona dos formas de gestionar la extensión de los datos del documento vista en la composición.

Fill the view frame

Llenar el marco asignado a la vista (*fill the view frame*), los datos de la vista se extienden hasta los límites del marco. Elementos ocultos en la vista pueden aparecer en la composición.

Clip to view

Ajustar a la vista (*clip to view*). Los límites de extensión de la vista se ajustan a los límites del marco. Ningún elemento no visible en la vista aparece en el marco (*view frame*).

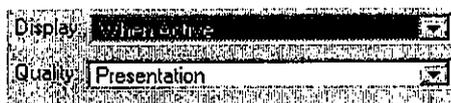


Actualizar la composición

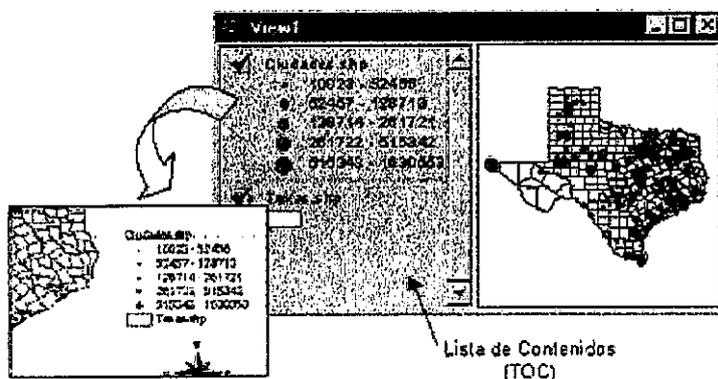
ArcView permite que el usuario decida cuándo debe actualizarse el marco de la vista y la calidad de la visualización en pantalla de éste.

Puedes decidir entre: ver cuando esté activo o siempre (Display when active/always). Cuando eliges 'siempre', el marco de la vista se actualiza siempre que el documento vista cambie. La opción 'cuando activo', sólo regenera la imagen cuando el documento layout (composición) está activo (esto mejora el rendimiento del programa).

Calidad: borrador (draft) o presentación (presentation). Cuando eliges borrador los procesos de actualización del marco de la vista son más rápidos, ya que sólo aparece un "parche gris", en vez de la imagen de la vista. Al elegir presentación, la regeneración y refresco de la imagen son más lentos al desplegar la imagen real del documento.



4.8.- Propiedades del marco LEYENDA



Fijar propiedades del marco de la leyenda

El marco de la leyenda representa la tabla de contenidos de la vista. Cuando creas un marco de leyenda, éste se enlaza al marco de la vista. Sólo los temas visibles en la **T.O.C** de la vista aparecen en el marco de la leyenda.

El marco de la leyenda está relacionado con el marco de la vista. El marco vista correspondiente puede seleccionarse desde una lista desplegable. Para crear un marco de leyenda vacío sin enlace con ninguna vista, elige la opción vista vacía (empty view). Estos marcos vacíos pueden rellenarse más tarde asignándoles una vista.

Define el valor para cada división a la derecha del cero en la barra de escala. Por defecto este valor cambia cuando cambian las unidades o el valor de intervalo.

Intervalos

Especifica el número de intervalos, si por ejemplo fija el valor de intervalo a 1000 y el número de estos a 3, tendrá una barra de escala representando 3000 mts con tres divisiones. Este valor puede cambiar cuando cambian las unidades o el valor de intervalo.

Divisiones a la izquierda

Es el número de divisiones a la izquierda del cero en la barra de escala. Si especifica 5, para el caso anterior aparecerían 5 divisiones de 200 mts cada una.

4.10.- Otros tipos de marcos

- Marco de Flecha de Norte
- Marco de gráfico
- Marco de Tabla
- Marco de imágenes

Otros tipos de marcos

Los restantes tipos de herramientas de marcos te permiten situar en la composición flechas de norte, gráficos, tablas e imágenes.

Marco de la Flecha de norte

Después de definir el tamaño del marco de la flecha de norte en la composición, aparece el gestor de flechas de norte. Este cuadro, con los tipos de flecha se utiliza para elegir el modelo de flecha y la rotación de esta.

Marcos de Gráfico y Tabla

Cualquier gráfico y tabla existentes en el proyecto se pueden incorporar a la composición utilizando para ello los marcos de gráfico y tabla. En el caso de esta última, debe tenerse en cuenta el número de registros seleccionados, ya que puede ser una selección demasiado extensa para representarla en el layout. En ese caso aparece un mensaje advirtiéndolo.

Tanto el gráfico como la tabla deben estar abiertos para poder ser insertados en el layout. En el caso de la tabla, el marco tan solo mostrará los campos y registros que se vean dentro de la ventana tabla del proyecto.

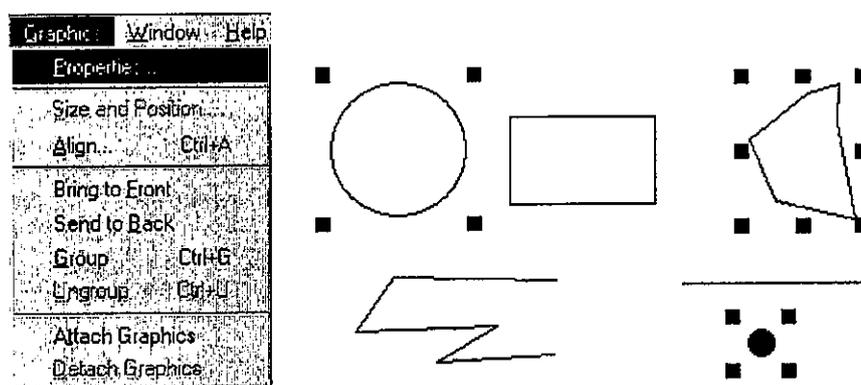
Marco para imágenes

Al usar esta herramienta, puedes incorporar a la composición imágenes y fotografías. El cuadro de diálogo del marco de imágenes te permite "navegar" en discos y directorios para encontrar un archivo determinado. En la

herramienta de marco de imagen (picture frame tool), encontrarás una lista de tipos de archivos soportados.

4.11.- Añadir elementos gráficos

- Punto
- Línea o polilínea
- Rectángulo
- Círculo
- Polígono
- Texto



Gráficos que se pueden dibujar en ArcView.

El círculo, el polígono y el punto se encuentran seleccionados

Añadir gráficos

Los gráficos que puedes añadir a la composición de mapa incluyen: líneas rectas, flechas, títulos, logos, shapes (para delimitar áreas importantes) etc... Los gráficos estándar incluyen puntos, líneas, rectángulos, círculos, polígonos y texto.

Herramientas de dibujo

Es una colección de herramientas que le permiten crear puntos, líneas, círculos, etc... Después de seleccionar una de estas herramientas, mueve el cursor dentro de la página del layout para añadir el gráfico. Las dimensiones del gráfico se visualizan en la barra de status, expresadas en las unidades actuales definidas para la página.

Después de crear cada gráfico, utiliza la ventana de símbolos para crear el símbolo o color de éste. La ventana de símbolos es accesible desde el menú ventana (window).

Herramienta de texto

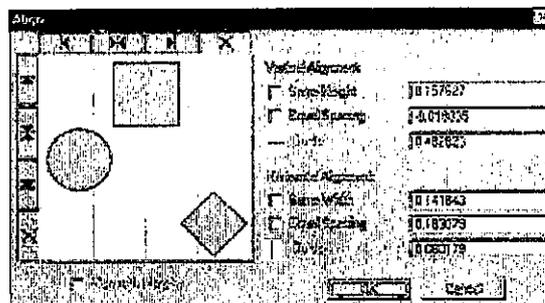
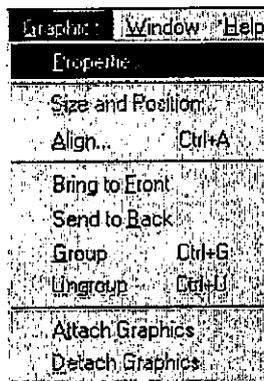
Esta herramienta te permite añadir texto a la composición. Tras seleccionar esta herramienta, mueve el cursor hasta la página del layout y haz doble click para situar un punto de inserción para el texto. En ese momento se abre el cuadro de propiedades de texto, donde puedes escribir tanto líneas sencillas como párrafos.

Una vez creado el texto con la ventana de símbolos puedes modificar posición, tamaño, fuente y color de éste.

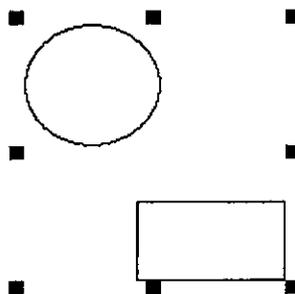
4.12.- Modificar Gráficos

- Mover los gráficos
- Agrupar / Desagrupar gráficos
- Modificar la secuencia de visualización (primer /último plano)

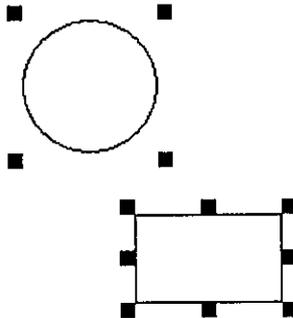
-  Puntero. Seleccionar elementos
-  Agrupar
-  Desagrupar
-  Enviar al frente
-  Enviar al fondo



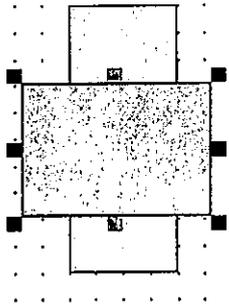
Elementos agrupados



Elementos desagrupados

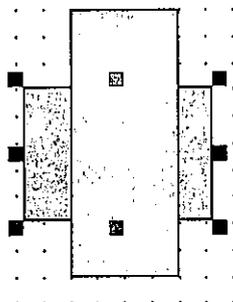


Elemento en primer plano de la vista



Elemento en el último plano

Herramienta(enviar al fondo)



Modificar gráficos

Usa el puntero para seleccionar los gráficos en un layout. Tras hacer click sobre el elemento gráfico, aparecerán cuatro/ocho vértices de edición que posibilitan la manipulación de las características de este.

Mover y modificar el tamaño de un gráfico

Puedes mover y variar el tamaño de los gráficos, tanto con el puntero como con el cuadro de diálogo de tamaño y posición.

Con el puntero, selecciona el gráfico y arrástralo con el ratón para desplazarlo, o modifica su tamaño pinchando en los vértices de edición. Puedes conseguir movimientos y variaciones de tamaño más precisas mediante los cuadros de diálogo de tamaño y posición (menú *graphics*)

Alinear gráficos

Los gráficos seleccionados pueden ser alineados en los lados derecho, izquierdo, abajo o arriba. Estas referencias pueden tomarse tanto en líneas de guía como con los márgenes de la página. La alineación también permite el ajuste de espacio (en altura y anchura) entre los gráficos seleccionados.

Agrupar y ordenar gráficos

Los gráficos seleccionados pueden ser agrupados eligiendo la opción agrupar del menú *graphics*. Los elementos así agrupados actúan como un sólo elemento y pueden desplazarse y variar su tamaño en grupo. De la misma forma, un grupo de gráficos puede ser desagrupado para trabajar con cada uno de ellos seleccionando la opción desagrupar.

Por defecto los gráficos se sitúan en el orden en el que han sido dibujados en el layout. Para cambiar este orden, selecciona el menú gráficos y gestiona desde allí el orden (hacia el frente, hacia atrás). Para ver un gráfico dibujado antes que otro prueba con la opción enviar al frente y enviar atrás el gráfico situado encima.

Usar la opción deshacer (*undo*)

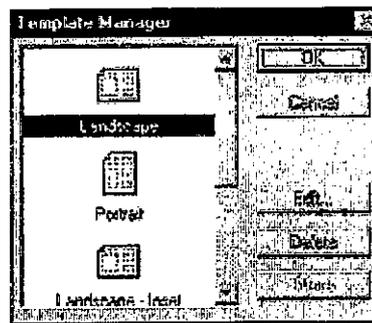
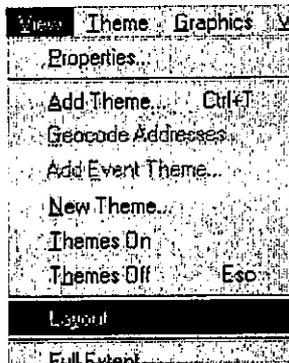
Puedes usar deshacer para retroceder en la última acción realizada en un gráfico de layout. Esto se puede aplicar a mover, variar tamaño, simplificar, agrupar, etc...

Usar el desplazamiento por teclado o *nudging*

Consiste en el desplazamiento lento y gradual que se consigue moviendo un gráfico con la ayuda de las teclas de desplazamiento.

4.13.- Usar y crear plantillas de composiciones

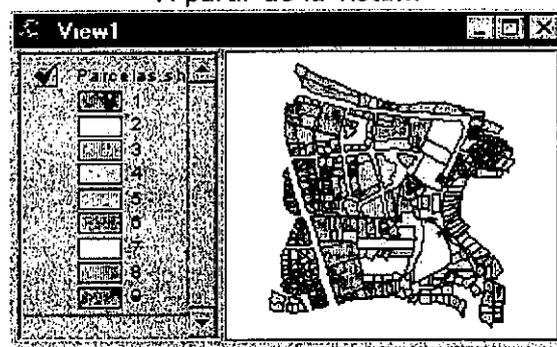
- Usar plantillas del programa
- Elaborar plantillas personalizadas



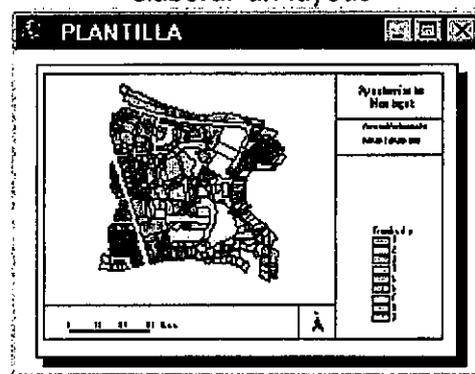
Usar y crear plantillas de composiciones de mapa layouts)

Las plantillas de composiciones están disponibles en el menú view (vista) o en el menú layout. En el primer caso selecciona *layout*, y en el segundo *template*, para acceder al cuadro de diálogo del gestor de plantillas (*template manager*). Haciendo un doble click sobre una de las opciones de la lista desplegable, puedes crear tu propio layout basándote en una plantilla.

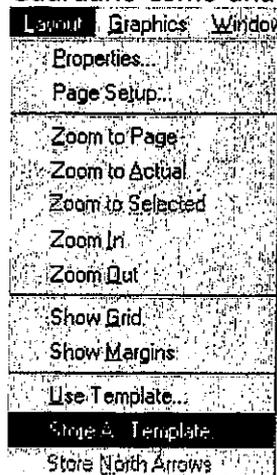
A partir de la vista...



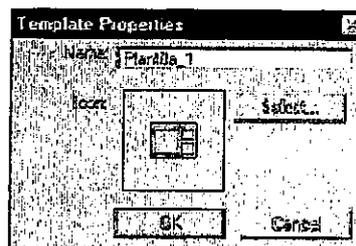
elaborar un layout



Guardarlo como una plantilla



Darle un nombre y símbolo a la plantilla



Crear plantillas personalizadas

Puedes crear tus propias plantillas personalizadas diseñando una composición de mapa y guardándola después con todos los elementos gráficos y marcos que la componen. Estos quedarán almacenados en las posiciones que ocupan en el diseño de página. Desde el menú Layout, selecciona la opción almacenar como plantilla (*store as template*). Aparece entonces un cuadro de diálogo permitiéndote seleccionar icono y nombre para asignar a la nueva plantilla. Una vez definida así aparecerá en la lista de plantillas disponibles del gestor de plantillas (template manager).

Conforme se guardan las plantillas, se genera un archivo *template.def* en el directorio de trabajo elegido. Estas plantillas quedan disponibles para ser modificadas en cualquier proyecto. Para volver a la lista original de plantillas basta con eliminar este archivo de su directorio de trabajo.

4.14.- Imprimir la composición

- Imprimir usando los drivers de impresión de Windows
- Imprimir usando los drivers PostScript de ArcView
- Elaborar un archivo de impresión y almacenarlo para futuras impresiones

Imprimir una composición de mapa (layout)

ArcView soporta diferentes maneras de obtener salidas impresas. Puedes imprimir tanto en impresoras gestionadas por Windows, como mediante drivers de impresión propios de ArcView.

Imprimir desde Windows

Puedes imprimir las composiciones de mapas en cualquier impresora Windows para la que dispongas de driver. Este traduce el formato del layout a formato de impresora. En caso de no disponer de impresora gestionada por Windows, puedes usar los drivers internos de ArcView para PostScript para traducir el layout a ese formato, y enviarlo a impresoras PostScript. Puedes elegir entre las

opciones PostScript realizado (formato PostScript 2) o PostScript básico (formato PostScript 1).

Imprimir desde Unix

En un sistema Unix , ArcView soporta la impresión tanto en formatos PostScript como en CGM.

Imprimir a un archivo

ArcView te permite imprimir a un archivo en formato Windows nativo o en uno de los formatos PostScript soportados por ArcView.

Exportar un layout

Si no quieres imprimir una composición pero en cambio quieres exportarla a otra aplicación, puedes recurrir a los siguientes formatos de exportación soportados por ArcView.

- En todas las plataformas: PostScript encapsulado, Adobe Illustrator, CGM binario , CGM caracteres comprimidos, y CGM texto plano (excluyendo Macintosh).
- En plataformas Windows. Metaarchivo ubicable Windows, Metaarchivo Windows (WMF), Bitmap Windows.
- Plataforma Machintosh .PICT

4.15.- Ejercicio 4:

1 Instalación del ejercicio

- Si no se ha creado ya, crea un directorio con el nombre **C:\esri**
- Dentro de este directorio, crea una carpeta con el nombre **C:\esri\proj4**
- Copiar el archivo proj4c para conseguir la información necesaria para realizar el ejercicio (guarda el archivo en la carpeta que has creado)
- Descomprime el fichero proj4c.zip en la carpeta C:\esri\proj4

2 Elaborar la vista a partir de la cual realizaremos el mapa

En el primer paso se vuelven a utilizar procedimientos y ordenes que ya has aprendido en ejercicios anteriores, por lo que no aparecen pautados. Si hay alguna duda, consulta los ejercicios anteriores.

- Abre ArcView
- Crea una vista nueva
- Establece las propiedades de la vista:

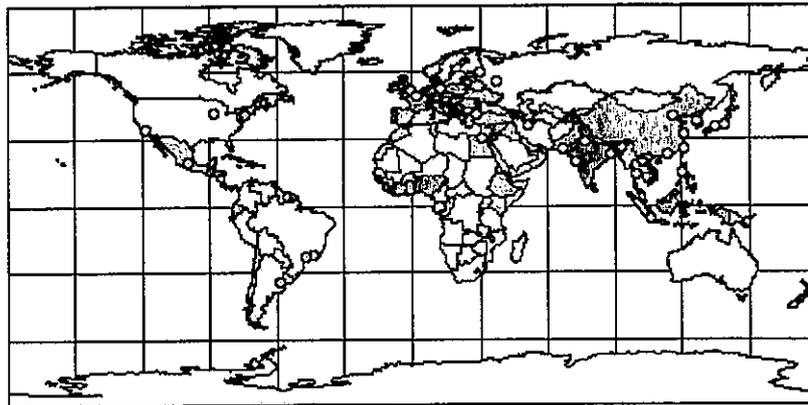
Abre la ventana de las propiedades de la vista: las unidades de mapa han de ser 'decimal degrees'; las unidades de distancia, 'Kilometers'

- Añade los temas '**cities.shp**', '**cntry94.shp**' y '**world30.shp**' (que se encuentran en 'c:\esri\proj4\') a la vista
- Elabora una leyenda apropiada para cada tema

Para el tema '**Cntry94**', establece una leyenda de **Color graduado** a partir de la densidad de población (el campo de la tabla de atributos es '**PopDensity**')

Para el tema '**Cities**' establece un filtro para que solo sean visibles las ciudades mayores de 5 millones de habitantes

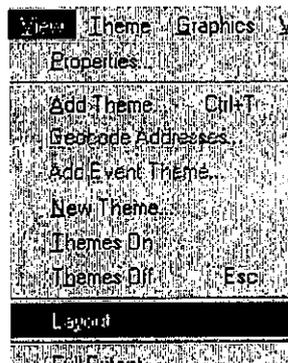
La vista debe tener un aspecto similar al siguiente (dependiendo de la composición del usuario)



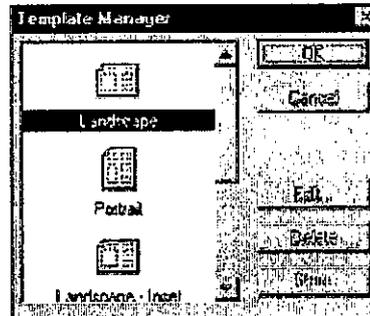
- Guarda el proyecto en '**C:\esri\proj5**' con el nombre de **proj5.apr**

3 Crear una composición automáticamente

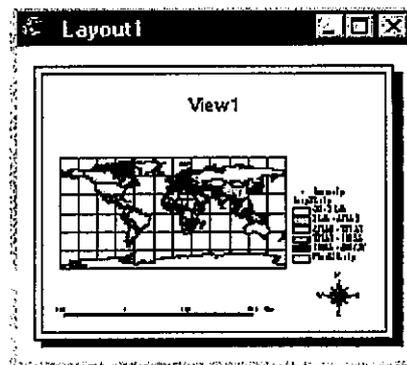
Desde el menú 'View' (vista), selecciona 'Layout' (composición)



Escoge el formato de la página



Haz click sobre 'OK'

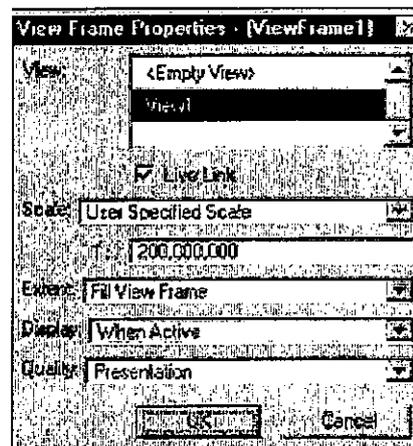


Como puedes comprobar, Arcview ha elaborado automáticamente los marcos para un título, la leyenda, la escala y ha escogido una flecha del norte aleatoriamente. El siguiente paso es personalizar estos elementos.

4 Modificar los elementos del Layout

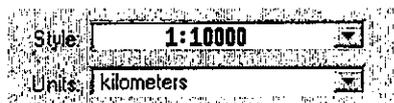
Modificar el mapa

- Haz doble click sobre el mapa
- Escoger 'User Specified Scale' (usar escala específica) y establecer 1:200.000.000.
- En extensión, escoger '**Fill View Frame**'.
- Haz click sobre 'OK'.



Modificar la escala

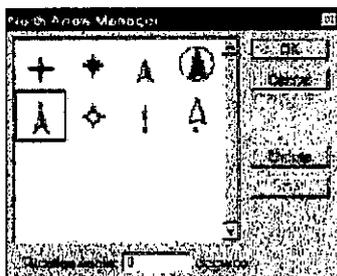
- Selecciona el elemento escala
- Haz doble click sobre ella
- Escoge el estilo numérico y Kilómetros como unidades



- Haz click sobre 'OK'

Modificar la flecha del norte

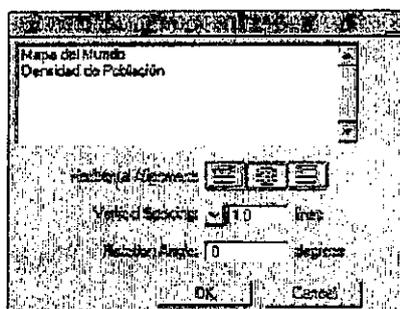
Haz doble click sobre la flecha de norte. Aparece un menú con los tipos de flechas disponibles y el ángulo con el que debe aparecer



- Escoge el modelo que más te guste y haz click sobre 'OK'. La flecha cambia su aspecto dentro del layout
- Con la flecha de norte seleccionada (rodeada por 4 cuadros negros), puedes darle el tamaño que desees. RedimENSIONALA hasta hacerla más pequeña.

Modificar el título del layout

- Selecciona el texto 'View 1', título del Layout
- Haz doble click sobre él para que aparezca el editor de texto: escribe el texto *Mapa del Mundo* y debajo, *Densidad de Población* (asegurate que la alineación es en el centro).
- El nuevo título aparece en el Layout. Muévelo si aparece descentrado.



Modificar la leyenda

La leyenda del Layout recoge la información de la Tabla de Contenidos de la vista. En ella aparece en el último lugar un recuadro que identifica al tema 'World30.shp' pero que para nuestro mapa es un estorbo. Así mismo, el texto que se refiere a las ciudades, debería decir: '*Ciudades mayores de 5 millones de hab.*' Vamos a realizar estos cambios.

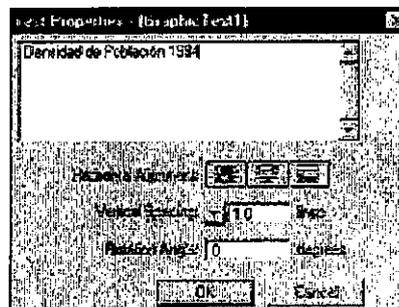
- Selecciona la leyenda
- Haz click **con el botón derecho** y escoge la opción 'Simplify' (simplificar) del menú emergente

La leyenda se ha desagrupado en diferentes elementos, que quedan todos seleccionados.

- Haz un click en cualquier parte para abandonar la selección
- Haz una ventana de zoom  para visualizar mejor la leyenda
- Escoge la herramienta puntero 
- Selecciona el texto '**Cities.shp**' y después haz doble click sobre él para editarlo
- Entra el texto correspondiente. Haz 'OK' para cerrar la ventana de editar texto.
- Selecciona el título del shape '**Cntry94.shp**' y aprieta la tecla [**Supr**] del teclado
- Haz lo mismo para eliminar el recuadro y el texto del shape '**World30.shp**'
- Haz click sobre el botón  para volver a ver toda la página
- Con la herramienta puntero seleccionada (), selecciona todos los elementos que forman la leyenda dibujando una ventana que los rodee a todos.
- Haz click sobre el botón  para volver a agrupar todos los elementos.

Introducir un título para la leyenda

- Haz click sobre la herramienta de texto 
- Haz click donde quieras situar el texto (no importa la exactitud, después ya lo moverás)

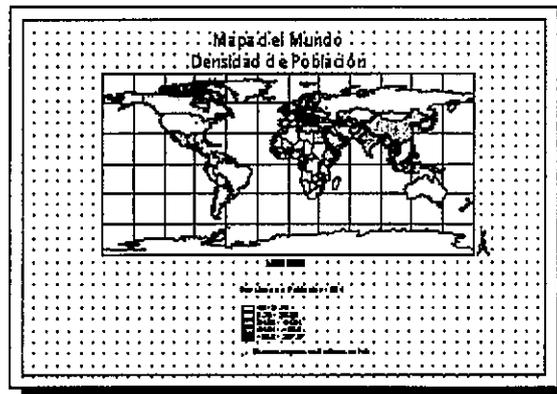


Haz click sobre 'OK'

Mueve el texto a su posición correcta, si es necesario

5 Diseño final del Layout

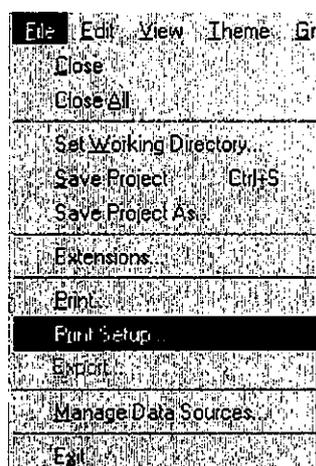
Una vez hemos modificado cada elemento del Layout convenientemente, tenemos que distribuirlos por el Layout y diseñar su composición. Para ello, tan solo hemos de seleccionar el elemento del Layout y moverlo a nuestro gusto.



6 Imprimir el Layout

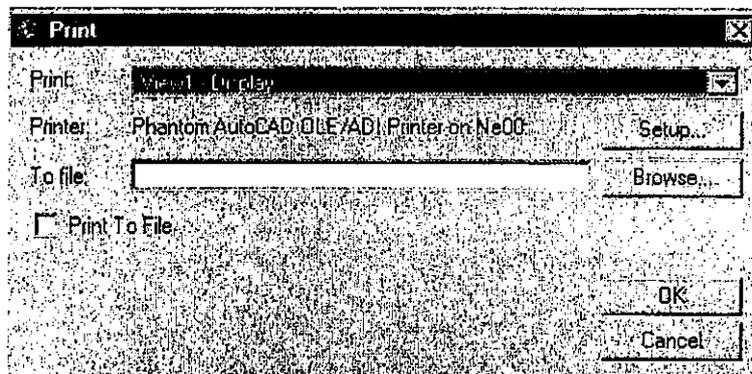
Con la composición de mapa a tu gusto ya sólo te queda imprimir tu mapa. Para ello primero debes configurar tu dispositivo de impresión.

Para configurar tu dispositivo de impresión desde el menú 'File' (fichero) sitúate en 'Print setup'



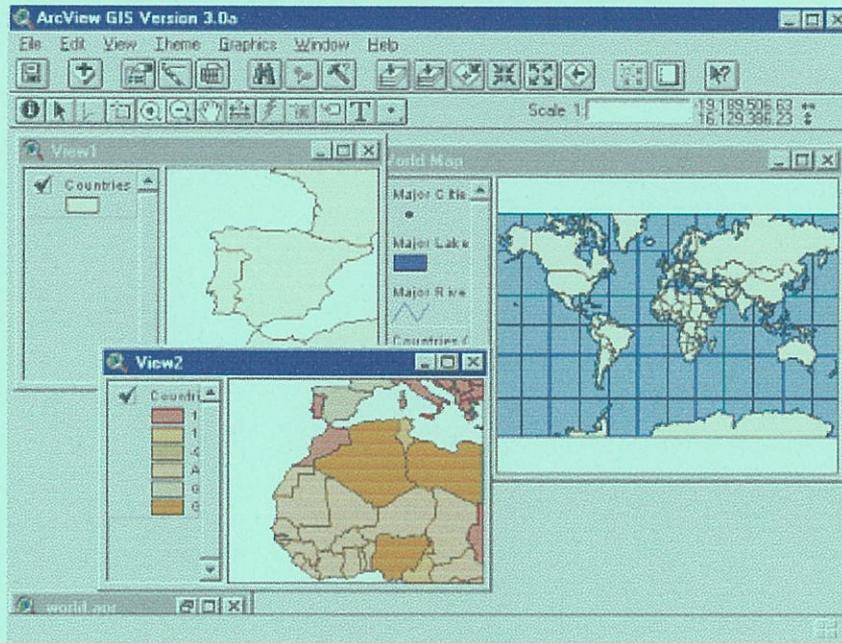
Una vez has configurado tu dispositivo de impresión sólo te queda mandar el Layout a imprimir. Para ello debes abrir 'Print' (dentro de 'File') y fijarte que la

impresora que aparece en la ventana de diálogo es la que has configurado previamente. Si no es así debes repetir el paso anterior.



ArcView permite, además, crear un fichero de impresión. Esta opción es útil cuando no dispones de un trazador adecuado (por ejemplo un ploter) y debes desplazarte con el archivo a otro lugar para imprimir tu Layout. Desde cualquier sistema operativo puedes enviar el fichero a imprimir.

ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DE MADERAS TROPICALES (OIMT)
UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN SIMON (UMSS)
ESCUELA DE CIENCIAS FORESTALES (ESFOR)
PROGRAMA DE POSTGRADO EN MANEJO SOSTENIBLE DE BOSQUES TROPICALES
CURSOS DE ESPECIALIZACIÓN



MANUAL BASICO DEL PROGRAMA
ARC VIEW

(Material del Curso 2 Modulo I)

(Recopilado de GIS CAMPUS)

Por: Juan J. Leño Sanabria



ITTO



VICEMINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE RECURSOS
NATURALES Y DESARROLLO FORESTAL



"LA PRÁCTICA NOS ENSEÑA"

Cochabamba, 29 de Septiembre de 2002

Esta técnica de modulación obliga a que los receptores conozcan la forma de generar **la misma secuencia pseudoaleatoria** y además conocer **cual es su fase** (en qué periodo de bit está en cada instante).

Se usan los dos códigos para los diversos servicios:

- C/A: Course/Adquisition (código civil) se emite a una frecuencia de 1.023 MHz y tiene un periodo de 10^{23} bits (210-1)
- P: Código de Precision (código militar) se emite a una frecuencia de $10 \cdot 1.023 = 10.23$ MHz y con un periodo de $2^{48} - 1$ bits.

	Frecuencia	Longitud	Duración	Ganancia
C/A	1.023 MHz	$2^{10} - 1$	1 ms	43 dB
P	10.23 MHz	$2^{48} - 1$	280 días	53 dB

Todos los satélites tienen el mismo generador de código P pero se le asigna a cada uno de los 40 segmentos **incorrelados de 7 días** de duración. De esta forma los satélites no se interfieren entre sí y se les puede distinguir. Ese código se repite cada semana a menos que se inicialice al satélite con una nueva semilla de inicio.

El código C/A tiene como misión **facilitar el enganche al código P** para el departamento de defensa de los EE.UU. y para ciertos usuarios autorizados y además servir como medio de obtención del servicio estándar para los usuarios civiles. Como es tan breve (1 ms) es muy sencillo obtener la fase del código de un determinado satélite desplazando el código que genera el receptor hasta que la correlación con la señal recibida sea máxima. Una vez que se ha obtenido la fase del código C/A se tiene acceso a la información modulada a 50 bps. En esa información se encuentra la **palabra HOW** (Hand Over Word) que indica el estado del código P para que el receptor pueda empezar a probar la fase de ese código en un lugar cercano al que realmente tiene.

El código C/A se ha escogido de una familia de códigos ortogonales de una clase llamada códigos de Gray. A cada satélite se le asigna uno distinto que le sirve de identificativo. Ambos códigos (en P y el C/A) se modulan en cuadratura en la portadora **L1**, pero no se incluye el código C/A en la segunda portadora **L2** que se reserva para uso militar. Las señales que se transmiten en las portadoras L1 y L2 son las que se expresan en las ecuaciones siguientes, donde $D(t)$ es el mensaje de navegación con información de efemérides, correcciones, etc., $P(t)$ es el código pseudoaleatorio **P** y $A(t)$ es el código **C/A** correspondiente a cada satélite:

$$u_1(t) = P_x(t) D(t) \cos(\omega_1 t) + A_x(t) D(t) \sin(\omega_1 t)$$

$$u_2(t) = P_x(t) D(t) \cos(\omega_2 t)$$

La razón de prohibir el acceso a la segunda portadora es que una de las principales causas de error (y la utilizada para implementar la disponibilidad selectiva) es la refracción provocada por la ionosfera y la troposfera. Las diferencias de tiempo son variables y poco previsible, y pueden ser tan costosas en distancia como **100 metros** (con un valor Φ de 20-30 metros de día y 3-6 metros de noche), pero si se utilizan dos frecuencias distintas se puede estimar el efecto real. Se ha visto que la influencia de

esa parte de la propagación se puede modelar como: $R = R_{\text{medida1}} - \frac{A}{f_1^2}$, donde R es la distancia real y R_{medida1} es la que se mide con la frecuencia f_1 . Eso es debido a que el índice de refracción de un plasma (como se puede considerar a la ionosfera) es inversamente proporcional al cuadrado de la frecuencia. Como tenemos dos frecuencias disponibles y el coeficiente A es esencialmente parte de la geometría y condiciones de la propagación, podemos resolver el sistema:

$$R = R_{\text{medida1}} - \frac{A}{f_1^2}$$

$$R = R_{\text{medida2}} - \frac{A}{f_2^2}$$

La distancia real se puede obtener de la siguiente manera:

$$R = \frac{R_{\text{medida1}}f_1^2 - R_{\text{medida2}}f_2^2}{f_1^2 - f_2^2}$$

De esta manera las aplicaciones autorizadas gozan de una mayor resolución en virtud de la mayor frecuencia del código P y por contar con dos frecuencias para corregir los errores de propagación atmosférica.

10 Fuentes de Error

Se tiene como fuentes de error lo siguiente:

- Degradación posicional (S/ A - Selective Availability)
- Retardos atmosféricos, ionosféricos.
- Pobre geometría espacial
- Condiciones de observación inadecuadas
- Mala sincronización de relojes
- Campos electromagnéticos
- Multi- sendero (multipath)
- Errores humanos (centrado, altura de antena, dislexia)

11 Correcciones Diferenciales

El D o D, codifica simultáneamente las señales de varios satélites escogidos al azar, esto hace que existan errores en las mediciones de posicionamiento de hasta 100 metros. Los aparatos móviles de GPS no tienen la capacidad para corregir este error causado por la codificación; pero con la ayuda de proceso de correcciones diferenciales este error se puede calcular, mediante el uso simultáneo de dos aparatos GPS: uno en el campo y el otro con base en un punto de posición conocida. El Aparato de GPS de campo se denomina "rover" y el aparato situado en el punto conocido se denomina "estación-base". Hay dos formas de corrección DGPS en cuanto a su momento de aplicación:

11.1 Correcciones diferenciales de Post-proceso (GPS-DGPS-PP)

Las lecturas simultáneas captadas por los receptores móviles y la estación base son posteriormente cargadas en una computadora, en la que se calculan las correcciones y se le aplican a las lecturas de campo, obteniendo posiciones corregidas.

11.2 Correcciones diferenciales de tiempo-real (GPS-DGPS-RTK)

Las correcciones calculadas por el receptor de la estación base son transmitidas a los receptores móviles por medio de un equipo de radiocomunicación, los corrigen internamente y en tiempo real sus lecturas y el usuario obtiene posiciones corregidas in-situ.

12 Mensaje de navegación

La información que se modula con el código C/A permite acceder al servicio GPS. Los datos que contiene son necesarios para la determinación de la posición. Son datos exclusivos de cada satélite, aunque hay una pequeña parte que se refiere a los 32 posibles satélites del sistema GPS.:

- Tiempo del sistema GPS.
- Correcciones a los relojes de los satélites en forma de una serie de coeficientes del desarrollo en serie de las derivas observadas.
- El almanaque con las posiciones de todos los satélites del sistema GPS. Debe ser actualizado cada 6 meses.
- Condiciones de propagación y corrección sugerida para evitar (en parte) el efecto de la ionosfera.
- Salud del satélite. (Ciertos aspectos técnicos.)

El mensaje de navegación consiste en una supertrama que contiene 25 tramas de 1500 bits. Ésta se divide en 5 subtramas de 300 bits cada una.

Cada subtrama contiene 10 palabras de 30 bits cuyo significado es el siguiente: Las dos primeras palabras son generadas por cada satélite y contienen el TLM (Telemetry Message) y la palabra HOW (Hand Over Word). El resto de las palabras son generadas por el centro de control del sistema GPS; son los **5 bloques de datos**:

- Bloque primero
- Correcciones a los relojes de los satélites.
- AODC (Age of Data Clock) Vigencia de las correcciones propuestas para el reloj.
- TGD (Group Delay), que indica la corrección necesaria para evitar el efecto de la propagación ionosférica. Se usa sólo en receptores de una sola frecuencia; disponibilidad selectiva.
- Bloque segundo y tercero:
- Posición exacta del satélite.
- Predicciones de los parámetros futuros.
- AODE (Age Of Data Ephemerides) Vigencia de los datos del almanaque de este satélite.
- Bloque cuarto: Mensajes especiales.
- Bloque quinto: Datos de almanaque global.

El almanaque recoge información de todos los satélites del sistema GPS. Contiene correcciones de reloj, posiciones, estimación de retardos debidos a la ionosfera, etc. La información dura un total de 150 segundos (7500 bits), y dado que sólo se incluye en cada trama sólo se incluye 6 segundos de almanaque, se necesitan 25 tramas para alojar el almanaque entero. Podemos hablar, por lo tanto, de una **supertrama** que dura 12,5 minutos y contiene 25 tramas. (Ver Ilustración 1-4)

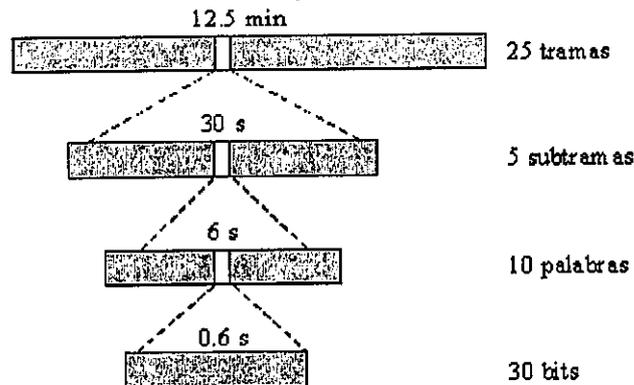


Ilustración -4: División de bloques de información en el mensaje de navegación GPS.

Por lo tanto, un receptor tendrá un almanaque completo en un mínimo de 12,5 minutos de operación normal, pero como el almanaque puede tener una vigencia aproximada de 6 meses, el receptor no depende exclusivamente de él a menos que lleve mucho tiempo sin usarse. Gracias a esa información el receptor sabe qué satélites son visibles y cuales son los mejores para realizar las medidas.

13 Precisión del Sistema GPS

Tan importante como conocer la posición que se obtiene con un sistema de navegación es conocer el error con el que la obtenemos. Para ello se utilizan los siguientes términos:

- **CEP** (Circular Error Probable) que indica el radio de error al 50 % de las medidas.
- **1 σ** o **RMS** (Root Mean Squared) que proporciona un 67% de probabilidad de que las medidas estén en el radio especificado.
- **2 σ** proporciona el error máximo en el 95% de los casos.

Las principales fuentes de error pueden ser predecibles (por ejemplo, las causadas por la geometría) aunque hay otras de naturaleza aleatoria (como las turbulencias atmosféricas).

- Errores en los relojes. Los corrigen el segmento de control.
- Desviaciones en las órbitas de los satélites que no se pueden corregir con exactitud. (Influencias del Sol y la Luna, de las diferencias de densidad locales, etc.) Pueden provocar un error **2 σ** de **8,4 metros**.

SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL GPS

- Refracción en la ionosfera de las señales , se corrige mediante el uso de las dos frecuencias o mediante la estimación que se incluye en el mensaje de navegación. Provocan un error 2σ de **4,6 metros**.
- Si la posición de los satélites es muy rasante (poca elevación respecto al horizonte) se producirá un mayor retardo por propagación en la troposfera, pero como se puede modelar muy bien el efecto se puede corregir en el receptor.
- Ruido interno del receptor, que se hace notable cuando se reducen los otros errores mediante el uso de técnica diferenciales o con acceso al código **P**.
- La geometría de la constelación de satélites influye mucho en el error. Si el usuario se encuentra en un lugar donde las rectas que le unen con los satélites son casi perpendiculares entre ellas, el área de incertidumbre de intersección será mucho menor. Si los ángulos no son perpendiculares el área de incertidumbre será mayor. En el último caso se dice que presenta una geometría pobre, y la exactitud puede ser **10 veces peor** que con buena geometría. Esa influencia de la geometría se expresa con el parámetro **GDOP** (Geometrical Dilution Of Position) que multiplicado por los demás errores da el error total cometido. El significado de este error se ilustra en Ilustración 1-5 y Ilustración 1-6.

El factor GDOP se puede descomponer en varias componentes que dan más información sobre la naturaleza del error: VDOP (vertical) ,HDOP (horizontal), PDOP (Position), TDOP (Time)etc...

Generalmente el receptor calcula **GOP** de las posiciones geográficas y estima los demás errores para informar al usuario del error cometido. Además, como los satélites se mueven a gran velocidad (232 Km/min) **GOP** varía continuamente y el receptor debe elegir en cada momento los satélites que mejor relación geométrica ofrezcan.

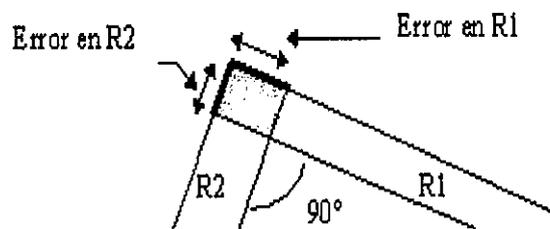


Ilustración -5: Situación de buena geometría. El área de incertidumbre es mínima para los errores existentes.

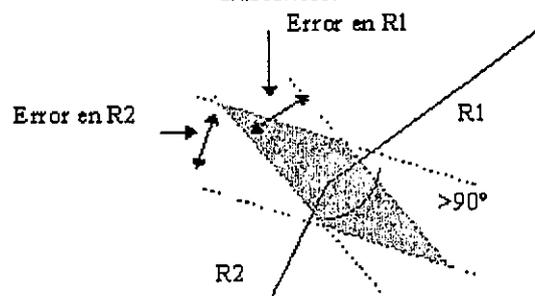


Ilustración -6: Situación de pobre geometría en que el error se amplifica.

Eliminando la influencia de la propagación en la ionosfera mediante el uso de DGPS se pueden conseguir una precisión absoluta, con presencia de la disponibilidad selectiva, mejor (1 metro) que la que consiguen los usuarios del código P sin disponibilidad selectiva.

13.1 Servicio Estándar (SPS)

El servicio de posicionamiento estándar permite (**oficialmente**) una precisión horizontal de 100 metros en el 90 % de los casos y de 140 metros en sentido vertical. En las pruebas realizadas sobre el código C/A se obtuvieron precisiones de unos **36 metros** en sentido horizontal y en el 95 %. Por ello se añadieron los errores deliberados en el mensaje de navegación.

13.2 Servicio Preciso (PPS)

El servicio preciso está reservado para usuarios autorizados por el departamento de defensa de los EE.UU. y permite en las especificaciones precisiones de 18 metros horizontalmente y 27 metros en vertical en el 90% de los casos. Los sistemas con DGPS consiguen con facilidad **doblar la precisión** del sistema GPS con disponibilidad selectiva (SA).

14 Equipos

El equipo receptor debe ser capaz de seguir a un mínimo de 4 satélites si se quiere conseguir una navegación 3D. Los equipos ofrecen distintas prestaciones según operen con una sola frecuencia o se utilice también el código **P**. En este último caso se trataría de una aplicación militar del gobierno de los EE.UU. o de un usuario debidamente autorizado; como el código **P** es más largo y más rápido se necesita utilizar lógica de alta velocidad y hardware más caro.

Los equipos "*domésticos*" pueden fiarse del código **C/A** que es mucho más sencillo, y todo su hardware se simplifica mucho. Un receptor de código **C/A** bien diseñado puede dar tan buenos resultados como los de código **P** (bajo alguna circunstancia y si no se implementa la disponibilidad selectiva).

14.1 Método del Receptor

El receptor elige los satélites idóneos de su almanaque interno y genera una réplica del código **C/A** que identifica al satélite elegido. Como experimentará un retardo en su camino, deberá desplazar su código localmente hasta que la correlación detectada sea máxima. En ese momento habrá conseguido enganchar la señal de ese satélite y podrá incluso extraer la fase de la portadora para aumentar la exactitud. Por supuesto que en ese momento se tiene pleno acceso al mensaje de navegación.

Por medio del retardo conoce la distancia recorrida por la señal desde el satélite hasta el receptor.

En la parte de software del receptor se suele incluir un filtro estadístico (filtro Kalman) que es capaz de eliminar las medidas erróneas o demasiado apartadas de lo esperado y reducir la incertidumbre causada por las diversas fuentes de error. Contiene modelos

de los errores esperados y de la dinámica del sistema y calcula la posición, velocidad y tiempo de forma más fiable.

14.2 Tipos de Receptores

Hay tres tipos fundamentales de receptores:

- **Secuencial**, que tiene un sólo canal receptor, y que rastrea los 4 satélites necesarios de uno en uno. A la hora de obtener los resultados utiliza la medida real de uno de ellos y las medidas extrapoladas de los otros tres.
- **Multicanal**, que tiene 4 o más canales paralelos, lo que le permite engancharse realmente a 4 satélites simultáneamente. Son los más precisos pero también los más caros.
- **Multiplexado**, sólo tiene un canal físico pero puede multiplexar la señal a los correladores sin necesidad de volver a buscar los satélites cada vez. En menos de 1 segundo es capaz de obtener las señales de los 4 satélites. La desventaja es que se pierde potencia de señal y se disminuye la capacidad de enganche.

14.3 Clases de GPS según su aplicación:

- ☞ **GPS navegadores**, aparatos de tamaño de una calculadora dan errores de 100 metros a 150 metros.
- ☞ **GPS métricos**, aparatos del tamaño del doble de un navegador (datos aproximados peso 1 kg.). Los errores son de 2 a 5 metros.
- ☞ **GPS submétricos o topográficos**, suelen consistir en una mochila con una antena, los errores son menores del metro (de 40 a 80 cm.).
- ☞ **GPS geodésicos**, suelen ser aparatos de gran precisión llegando a unos pocos milímetros, normalmente de 0,5 a 2 cm. Dentro de los geodésicos, podemos distinguir dos tipos, los de **doble frecuencia** y los de **doble constelación**. Los equipos de **doble frecuencia** basan su precisión en la utilización de las dos bandas L1 y L2 para el posicionamiento del receptor. Los de **doble constelación** se basan en recibir señales tanto del **Navstar** como del **Glonass**.

Las precisiones que acabamos de comentar son en condiciones óptimas, es decir sin obstáculos que nos puedan producir reflexiones en la señal, como árboles o construcciones próximas, etc.

15 Flujo de Trabajo

El flujo de trabajo en los levantamientos con GPS son:

- Preparación en la oficina (Planificación)
- Captura de datos en campo
- Proceso en la oficina
- Utilización de datos

16 Glonass: El Sistema Ruso

Glonas (Global Navigation Satellite System) Desarrollado y administrado por la Agencia Espacial Rusa, es el equivalente ruso a la tecnología GPS, con la diferencia principal que no emplea degradación de posición, por lo que su precisión en modo autónomo ronda los 15 metros.

Se compone de una constelación de 24 satélites, situados en 3 planos orbitales orbitando a una altura de 19100 Km./satélite.

Tiene la limitación que no provee una disponibilidad tan consistente como GPS y frecuentemente ocurren periodos de indisponibilidad del sistema completo.

17 El Concepto GPS-GLONASS

El concepto GPS-GLONAS es una tecnología que se está implementando muy recientemente en los receptores GPS. Se basa principalmente en la utilización de ambas constelaciones de satélites visibles desde cualquier punto de la tierra, a cualquier hora del día, eliminando virtualmente los periodos de poca disponibilidad de satélites.

Su aplicabilidad es muy variada, pero esta tecnología es especialmente útil en las mediciones que requieren de altísimas precisiones, por ejemplo la geodesia o el monitoreo de movimientos tectónicos.

18 Configuración del GPS

Muchos receptores de GPS actualmente se ajustan automáticamente la distribución de satélites en el firmamento, ubicación de satélites en el firmamento, potencia de las señales del satélite e intervalos de registro en cambio el sistema de coordenadas, Datum, unidades de medición y la hora UTC necesariamente deben configurarse.

18.1 Sistemas de Coordenadas

Son un conjunto de líneas horizontales y verticales que permiten localizar un punto sobre la superficie de la tierra y se le asigna un valor determinado, para ello se emplean las siguientes coordenadas:

- Coordenadas geográficas
- Coordenadas planímetros o planas o cartesianas

Coordenadas Geográficas

Se fundamenta en la rotación de la tierra, considerando a la misma como una esfera que gira de este a oeste alrededor de un eje cuyos extremos están los polos (norte y sur), esta compuesto por una red de líneas imaginarias trazadas sobre la superficie denominadas meridianos. La línea del ecuador divide a la tierra en hemisferio oriental y occidental. Sus unidades son °, ' y ''.

Paralelos (Latitud).- Es la distancia angular entre un punto sobre la tierra y el ecuador se mide en dirección Norte o Sur desde 0° a 90°.

Meridianos (Longitud).- Es la distancia angular que hay entre un punto de la superficie de la tierra y el meridiano de Greenwich. Se mide en dirección Este u Oeste de 0° hasta 180°.

En la mayor parte de los aparatos de GPS, por defecto el formato de posición es Latitud y Longitud en grados, minutos y segundos, la elección del sistema de coordenadas no afectará la calidad de la posición y se recomienda utilizar coordenadas planas ya que se puede determinar, distancias y superficies.

Bolivia esta entre las coordenadas geográficas 9° 38' y 22° 53' de Latitud Sur ; 57° 25' y 69° 38' de Longitud Oeste.

CUANDO UTILIZA COORDENADAS PLANAS UTM EN EL APARATO DE GPS EN BOLIVIA, USE LAS ZONAS O HUSOS UTM 19,20 Ó 21 DEPENDIENDO DE SU UBICACIÓN ESPECIFICA.

Relación entre distancias angulares y lineales

Son válidas solamente para distancias cortas y puntos que están cerca del ecuador.

$$1^\circ = 111.1 \text{ Km}$$

$$1' = 1852 \text{ m}$$

$$1'' = 30.8 \text{ m}$$

Ejemplo: Determinar la distancia en Km. entre la Comunidad de Sajta e Ivirgarzama.

1° Coordenadas geográficas de Com. De Sajta. 64°53'40.2" W

17°07'26.1" S

Coordenadas geográficas Ivirgarzama 64°51'54.4" W

17°02'35.3" S

2° Determinar la diferencia angular de los datos citados tanto para la latitud como la longitud

$$\begin{array}{r} - 17^\circ 07' 26.1'' \\ \underline{17^\circ 02' 35.3''} \\ 00^\circ 04' 50.8'' \end{array}$$

$$\begin{array}{r} - 64^\circ 53' 40.2'' \\ \underline{64^\circ 51' 54.4''} \\ 00^\circ 01' 45.8'' \end{array}$$

$$\underline{17^\circ 02' 35.3''}$$

$$00^\circ 04' 50.8''$$

$$\underline{64^\circ 51' 54.4''}$$

$$00^\circ 01' 45.8''$$

3° Transformar según equivalencias en Km.

$$00^\circ * 111.1 \text{ Km.} = 0 \text{ Km.}$$

$$04' * 1852 \text{ m} = 7408 \text{ m}$$

$$50.8 * 30.8 \text{ m} = \underline{1564.64 \text{ m}}$$

$$8972.64 \text{ m} = \mathbf{8.97 \text{ Km.}}$$

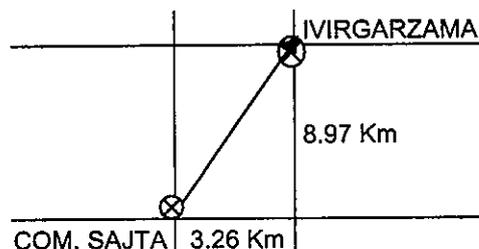
$$00^\circ * 111.1 \text{ Km} = 0 \text{ Km.}$$

$$01^\circ * 1852 \text{ m} = 1852 \text{ m}$$

$$45.8'' * 30.8 \text{ m} = \underline{1410.64 \text{ m}}$$

$$3262.64 \text{ m} = \mathbf{3.26 \text{ Km.}}$$

4° Las diferencias determinadas son para longitud y latitud, y lo que nos interesa es la distancia en línea recta entre ambas poblaciones.



5° Para determinar esta distancia aplicamos el Teorema de Pitágoras:

$$d = ((8.97)^2 + (3.26)^2)^{1/2} = \sqrt{a^2 + b^2} \quad \text{ó} \quad ((a^2) + (b^2))^{1/2} = (80.46 + 10.63)^{1/2} = (91.09)^{1/2} = \mathbf{9.54 \text{ Km.}}$$

18.2 El Datum

Es un modelo matemático para modelar la forma esférica de la tierra. El modelo óptimo es el de un elipsoide de revolución, dado que la tierra es abultada en el ecuador y achatada en los polos. Elipsoide eje mayor y menor. Para utilizar como Datum geodésico se requiere además definir su orientación y su colocación con respecto al centro de la tierra.

En Bolivia la programación correcta de Datum para los aparatos de GPS, WGS-84, solamente se cambiará si se está usando mapas o cartas que especifiquen un Datum diferente, para luego realizar la conversión (mediante programas computacionales GEOCAL ó por el mismo GPS) al Datum WGS-84 de acuerdo a leyes forestales vigentes.

EN BOLIVIA PROGRAMAR SIEMPRE EL Datum EN WGS-84 YA SEA PARA COORDENADAS GEOGRÁFICAS O PLANAS.

18.3 Hora UTC (Universal Time Coordinated)

Los relojes internos de todos los satélites y aparatos de GPS están programados en unidades de tiempo UTC (Universal Time Coordinated) que se originan en Inglaterra, país que tiene cuatro horas de adelanto con relación a la hora en Bolivia. Los aparatos GPS deben programarse de modo que muestren cuatro horas de atraso. (Esta variación se usa para que exista coherencia en cuanto a la hora y a la organización de archivos).

EN BOLIVIA, PROGRAMAR LA FUNCION UTC DEL APARATO MOVIL DE GPS CON 4 HORAS DE ATRASO EN RELACION A LA HORA DEL RELOJ INTERNO

19 Distintas Aplicaciones

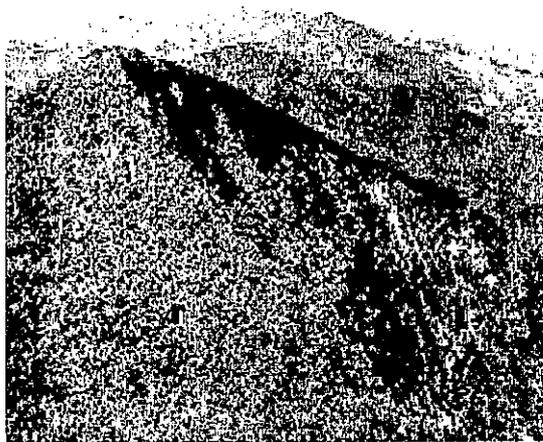
- Mapeo
- Control terrestre (georreferenciación de imágenes y fotografías aéreas)
- Topografía
- Geodesia
- Navegación terrestre, aérea, marítima y espacial

- Usos militares
- Recursos naturales y agricultura
- Construcción
- Minería
- Arqueología
- Monitoreo tectónico
- Monitoreo vehicular

19.1 Aplicaciones en el Sector Forestal

Si la introducción de la tecnología GPS ha sido una auténtica revolución en muchos campos, uno de los más beneficiados ha sido la ingeniería forestal. La necesidad de realizar trabajos de topografía clásica en condiciones difíciles de espesas manchas forestales y abruptos terrenos hacían de estos trabajo una ardua tarea y una inversión de tiempo considerable. La manejabilidad del GPS frente a las estaciones totales ha provocado que este sistema se considere como algo definitivo en el mundo forestal y que sus aplicaciones se hayan multiplicado. Entre las principales se pueden destacar:

- **Zonificación:** Delimitación de rasgos biofísicos, tales como: tipos de bosques, cuencas hidrográficas o tipos de suelos.
- **Navegación:** Es de gran ayuda para la ubicación de líneas de inventarios forestales, Áreas de aprovechamiento Anual (AAA), Parcelas Permanentes de muestreo (PPM), vértices de una concesión, Propiedades y otros.
- **Ejecución de Inventarios Forestales:** Antes de iniciar un inventario



forestal, se debe contar con el mapa tipológico o mapa de estratos de mayor interés forestal con los límites de la propiedad o concesión, además el mapa debe contener todos los elementos cartográficos y temáticos como coordenadas, grilla, caminos, fuentes de agua, brechas, etc. Sobre este mapa se realiza el diseño del inventario siguiendo las recomendaciones de la norma técnica, distribuyendo de manera sistemática

líneas y sobre éstas las unidades de muestreo. La existencia de caminos o brechas de anteriores aprovechamientos servirán para poder ubicar directamente las líneas de inventario con la ayuda del GPS y las brigadas podrán acceder para la apertura de picas. Para la ubicación de cada línea de inventario seguir el siguiente procedimiento:

1. Determinar las coordenadas X,Y en el mapa tipológico de aquellos lugares donde las líneas de inventario intersectan o cruzan a los caminos, brechas, sendas y otros por los cuales se puede llegar caminando o en vehículo.

2. Introducir estas coordenadas obtenidas del mapa al receptor de GPS, cada uno con un nombre propio.
3. Aplicar la opción "navegación" en el GPS, es decir recorrer, por ejemplo, por un camino en busca del punto de intersección entre el camino y la línea de inventario y a partir de este punto realizar la apertura de las picadas en la dirección que señala el diseño.
4. En áreas cubiertas de alta densidad de vegetación, es mejor obtener puntos promediados aprovechando los claros (ya sea por árboles muertos, por aprovechamiento, afloramientos rocosos, etc.) y determinar la distancia y el acimut (a partir del norte magnético) desde el punto de ubicación al punto que se quiere ubicar.
5. Para determinar el nivel de desplazamiento de las picas de inventario, es recomendable realizar la ubicación en el punto de intersección citado en el punto 3 y luego determinar otro punto GPS al final de la picada. De esta manera éstas se representarán adecuadamente en el mapa tipológico al final del inventario.
6. En aquellos lugares donde no existe buen acceso, el receptor de GPS, es aún más importante porque para llegar a una parcela o a una línea de inventario se requiere conocer la posición de éstas y la posición del observador. Cuando se presenta un gran obstáculo a lo largo de una picada, por ejemplo un curichi, se debe bordear el mismo y volver a encontrar la picada y para encontrar la picada nuevamente usar el GPS.
7. Durante la ubicación o reubicación de las AAA (Áreas Anuales De Aprovechamiento) y las PPM (Parcelas Permanentes de Muestreo), la opción de navegación del GPS también es de gran ayuda.

• **Levantamientos de caminos:** El uso de GIS-GPS permite obtener mapas de



gran precisión, que pueden ser utilizados tanto para proyectos de construcción de nuevas vías como para la renovación y mantenimiento de las actuales. Este trabajo en concreto se centró en el mantenimiento, clasificando los distintos segmentos de las pistas según las características que se querían destacar: grado de deterioro, localización de las obras de fábrica, y establecimiento de los distintos tipos de vistas que se tienen desde un camino forestal. Como los GIS funcionan organizando la información en distintas capas, podemos ver en el ordenador la información de una sola capa o de varias a la vez. Por ejemplo, podríamos visualizar los tramos de pista que tienen muy buena vista y estas muy

deteriorados, etc. El material de campo empleado para este trabajo ha sido un GPS de precisión submétrica trabajando en modo diferencial. El GPS instalado en un vehículo todo terreno iba registrado automáticamente los desplazamientos y posteriormente se procesaron los datos en gabinete (postprocesado). Las precisiones comprobadas en el procesamiento de los datos fueron de 55-60 cm. Esta metodología muestra claramente

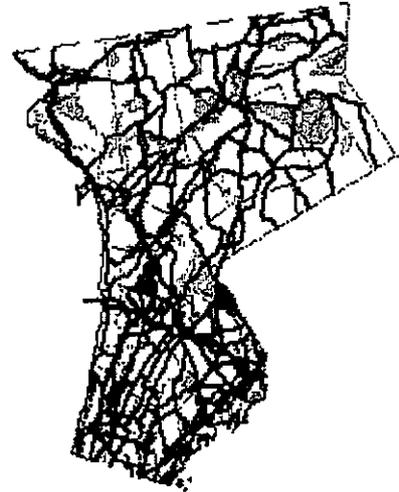
SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL GPS

como la introducción de datos por medio de GPS resulta inmediata, y con un costo muy bajo, quedando estos datos georeferenciados de forma automática.

El SIG utilizado fue ArcView un sistema de información geográfica que funciona bajo windows de fácil manejo.

Con los datos recogidos en campo se han generado tres tipos de archivos:

- Los correspondientes al recorrido de las pistas y representados por polilíneas (formato vectorial)
- Los correspondientes a los elementos puntuales como las obras de fábrica y representadas por un punto (formato vectorial)
- Las fotografías del paisaje desde las pistas que tienen formato raster



Con esta información se consiguió representar directamente en un plano diversas características de las pistas, algunas lineales, como el trazado de la propia vía y otras puntuales, como son las características de las obras de fábrica y una clasificación de la calidad del paisaje que se podía observar desde los distintos tramos de las vías. En definitiva, el GPS en combinación con el GIS se muestra como una herramienta muy potente para la investigación

- **Cálculo de superficies y límites de montes:** en estos casos la rapidez frente a la topografía clásica es muy superior. Una persona permanece al lado de la estación de referencia mientras que la otra lleva la estación móvil bien andando o sobre vehículo todo terreno.



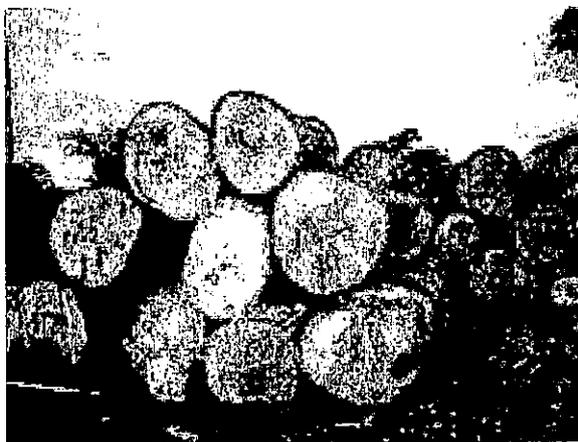
- **Certificaciones de trabajos:** mediciones de trabajos selvícolas realizados, repoblaciones, aplicaciones fitosanitarias, etc.
- **Deslindes de montes:** además de la utilidad normal del GPS en los deslindes de montes, en algunos casos puede ser muy interesante. Por ejemplo, si se conoce por una cartografía antigua que anteriormente existía un hito con unas determinadas coordenadas y en la actualidad ha desaparecido, es posible "navegar" con el GPS y encontrar su posición exacta.

- **Localización de muestreos:** calicatas abiertas, parcelas de seguimiento de repoblaciones, etc. Se puede diseñar el muestreo sobre cartografía en gabinete y posteriormente localizarla en el monte.

• **Medida de superficies quemadas:** antes de la aparición del GPS se plasmaba sobre un mapa el perímetro de la zona quemada y posteriormente se planimetraba. En la actualidad es posible montar el GPS en un helicóptero y medir la superficie quemada desde el aire. Si hay varios incendios en la misma zona, por otro lado circunstancia del todo indeseable, se podría acceder a todos de forma rápida. Este sistema tiene la ventaja adicional que desde el aire se pueden observar con facilidad las zonas que quedan sin quemar dentro del perímetro incendiado y poder descontar esta superficie.



• **Recomponer antiguos usos del monte:** En montes que han sufrido un aprovechamiento muy intenso a la largo de los años (agrícola, ganadero,...), es posible que en la actualidad su fisonomía sea muy diferente de la que tuvo años atrás e incluso sea imposible discernir antiguos límites, zonas de pasto, praderas, etc. En la actualidad se están



llevando a cabo proyectos en los que se intenta averiguar y deslindar los antiguos aprovechamientos del monte. Para ello se parte de fotos aéreas antiguas en las que se identifican puntos de coordenadas conocidas para calibrar las ortofotos para posteriormente poder pasar la información al GPS y trabajar con él en campo.

• **Georeferenciación de mapas, fotografías e imágenes:** Se pueden utilizar aparatos de GPS para recolectar coordenadas geográficas en el campo y referenciar imágenes digitalizadas con estas coordenadas. Esto se logra identificando una serie de puntos en una imagen que puede ser fácilmente ubicada en el campo y recolectando coordenadas de esos puntos con el aparato GPS. Luego, estas coordenadas pueden introducirse en un programa de SIG para georeferenciar la imagen completa y corregir distorsiones.



Entre las consideraciones para este tipo de trabajo se incluyen la precisión y la escala: el tamaño del objeto ubicado en el mapa o imagen determinará la precisión del producto final; por ejemplo si el objeto es una intersección de caminos de 20 metros de ancho, los resultados tendrán una exactitud de solo 20 metros.

Transformación de coordenadas tomadas de un Datum a otro tipo de Datum

Por ejemplo, se quieren transformar coordenadas tomadas con un Datum Provincia sud america de 1956 PSAD-56 (cartas del IGM) al Datum de WGS-84

1. Configuramos el GPS al tipo de Datum PSAD-56. En el menú principal ó pagina del menú se va a menú ajustes, luego navegación.
2. Creamos un archivo e introducimos las coordenadas manualmente al GPS (cuando se introducen coordenadas planas se tiene que tomar en cuenta en que zona o huso se trabaja). En el menú principal se va a lista waypoint y después de abrir cualquier punto se va cambiando o introduciendo las coordenadas.
3. Nuevamente configuramos el GPS al Datum WGS-84.
4. Por ultimo recuperamos el archivo grabado y automáticamente el GPS realiza la transformación de las coordenadas al Datum WGS-84.

Transformación de coordenadas geográficas a coordenadas planas o viceversa, con el GPS.

Por ejemplo queremos transformar coordenadas geográficas a coordenadas planas (UTM)

1. Configuramos el GPS al tipo de coordenadas geográficas (grados, minutos y segundos) y el Datum correspondiente. En el menú principal ó pagina del menú se va a menú ajustes, luego navegación.
2. Creamos un archivo e introducimos las coordenadas manualmente al GPS. En el menú principal se va a lista waypoint y después de abrir cualquier punto se va cambiando o introduciendo las coordenadas.
3. Configuramos el GPS al tipo de coordenadas planas o UTM.
4. Por ultimo recuperamos el archivo grabado y automáticamente el GPS realiza la transformación al tipo de coordenadas planas.
5. Cuando se realiza la transformación al revés, es decir, de planas a geográficas, al momento de introducir las coordenadas planas se tiene que considerar la zona ó huso de ubicación (Zona 19,20 y 21 para Bolivia).

Determinación del Error magnético o declinación magnética

En nuestro país, el error magnético pocas veces ha sido considerado en las actividades forestales. Esto puede crear conflictos porque en muchos casos, por no considerar el error magnético, se puede estar trabajando en zonas que no corresponden o zonas de alta fragilidad ecológica.

Por ejemplo cuando se ejecuta un inventario de reconocimiento, durante la apertura de picas se tiene que considerar el error magnético, solo así se puede asegurar que las líneas de inventario coincidan con el diseño elaborado en el mapa.

Justamente a partir de un mapa de inventario se puede determinar el error magnético para esa área de acuerdo a lo siguiente, esto es válido para un receptor Garmin 12XL.

1. En el centro del mapa de inventario definimos dos puntos A y B con una orientación franca de N-S ó E-W y determinamos las coordenadas de estos puntos.
2. Configuramos el GPS de acuerdo a las especificaciones del mapa, es decir: tipo de coordenadas, geográficas o planas (zonas o husos), Datum y el norte con el cual se considerará el acimut, en este caso definir a partir del norte magnético.
3. Luego creamos en el GPS dos archivos e introducimos en forma manual las coordenadas del punto A y B.
4. Posteriormente seleccionamos la opción "distancia y sol". En esta opción aparecerán dos mensajes, el primero indica DE y el segundo A, es decir lo que está pidiendo el receptor es la especificación de los archivos para el calculo de la distancia entre dos puntos y el acimut entre ellos.
5. Para el caso del ejemplo entre los puntos A y B, si la orientación entre ambos puntos fue de norte a sur, significa que en el receptor debería aparecer 0° o 360°. Pero como se empleó el norte magnético el receptor indicará el error magnético entre los dos puntos llamado también declinación magnética para esa zona.

Determinación de áreas o superficies a partir de coordenadas planas

Con las coordenadas planas (UTM) de los vértices de una poligonal ya sea de una concesión, propiedad privada o área de aprovechamiento anual se puede determinar su superficie. Para ello, aplicamos el método de Gauss, bajo la siguiente metodología:

1. Ordenar en dos columnas X e Y los valores correspondientes a las coordenadas registradas en cada uno de los vértices de la poligonal, este procedimiento se puede realizar en una hoja electrónica.
2. Repetir el valor de la primera coordenada al final de los datos, esto se realiza para que cierre la poligonal. En la figura se aprecia AREA1 Y 2:

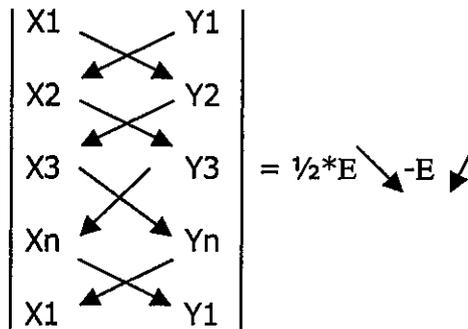
Puntos	X	Y
1	690000	8178000
A2	673000	8178000
A3	673000	8182000
A4	658000	8182000
A5	658000	8164500
A6	690000	8157000
A1	690000	8178000

Puntos	X	Y
B1	665000	8147760
B2	665000	8134000
B3	667000	8134000
B4	667000	8130600
B5	675740	8147464
B1	665000	8147760

3. Aplicar la fórmula de GAUSS, que es una matriz de coordenadas X e Y donde se multiplica la abscisa del primer vértice por la ordenada del segundo, hasta terminar con la abscisa del último vértice por la ordenada del primero. La superficie resultante es el promedio de la diferencia de la sumatoria entre la primera multiplicación y la segunda. El área es definida en metros cuadrados.

La fórmula general es:

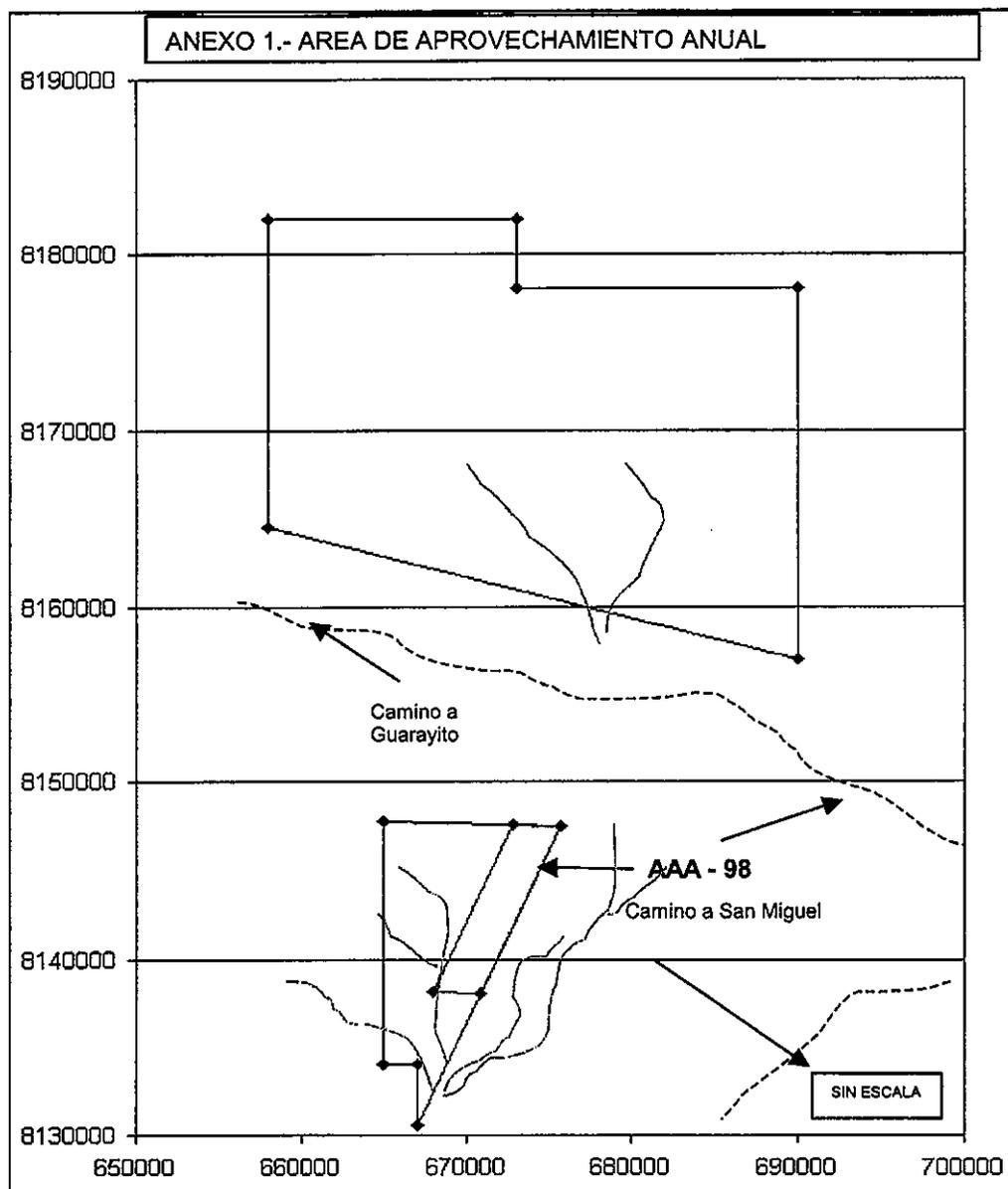
SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL GPS



Donde: X e Y son coordenadas planas

En resumen tendremos:

A1	690000	8178000	5.64282E+12	5.50379E+12			
A2	673000	8178000	5.50649E+12	5.50379E+12			
A3	673000	8182000	5.50649E+12	5.38376E+12			
A4	658000	8182000	5.37224E+12	5.38376E+12			
A5	658000	8164500	5.36731E+12	5.63351E+12			
A6	690000	8157000	5.64282E+12	5.62833E+12			
A1	690000	8178000	0	0			
			3.30382E+13	3.30369E+13	1224000000	612000000	61200
B1	665000	8147760	5.40911E+12	5.41826E+12			
B2	665000	8134000	5.40911E+12	5.42538E+12			
B3	667000	8134000	5.42311E+12	5.42538E+12			
B4	667000	8130600	5.43436E+12	5.49417E+12			
B5	675740	8147464	5.50577E+12	5.41806E+12			
B1	665000	8147760	0	0			
			2.71815E+13	2.71813E+13	204426400	102213200	10221.32
			E sumatorias	DIFERENCIA E	DIV.12.	DIV.10000	



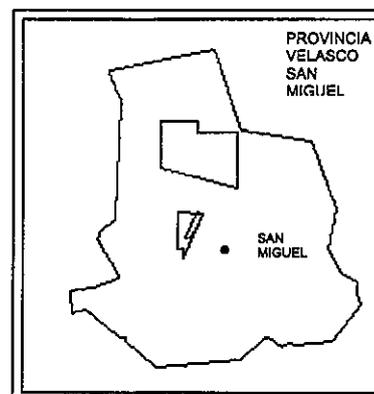
POLIGONAL DEL AREA

SUPERFICIE TOTAL (A + B) : 71421 ha.

	X	Y		X	Y
A1	690000	8178000	B1	665000	8147760
A2	673000	8178000	B2	665000	8134000
A3	673000	8182000	B3	667000	8134000
A4	658000	8182000	B4	667000	8130600
A5	658000	8164500	B5	675740	8147464
A6	690000	8157000			

LEYENDA

Camino 
Cursos de agua 



20 Waypoint, Ruta, Track y Trackback

Un **Waypoint** son aquellos puntos, emplazamientos, localizaciones, etc.. que son merecedores de ser grabados y guardados en nuestro GPS. Más tarde siempre podremos volver a ellos cuando queramos. Normalmente, serán o deberían ser, puntos con alguna característica especial en nuestra ruta, tal como, encrucijada de caminos, bifurcación, desvío de la ruta principal, cumbres, puertos, puentes, nuestro punto de partida (coche), el de llegada, etc.

Los waypoints pueden ser definidos y guardados en nuestro GPS de forma manual, tomando las coordenadas de un mapa o de otra referencia, o de forma "automática" guardando directamente la lectura de nuestro GPS. Normalmente a las coordenadas de ese punto le podremos asociar un nombre e incluso un icono.

Por **Ruta** entendemos una serie de puntos significativos a lo largo de nuestro camino, es decir, una serie de waypoints guardados en el mismo orden en que queremos llegar a ellos. Nuestro receptor nos marcará el rumbo o dirección para llegar a cada uno de ellos y las distancias totales y parciales.

Cada punto de la ruta tiene un número o un nombre asignado, ya que de hecho, es una secuencia de waypoints. Las rutas se pueden ir guardando en nuestro receptor GPS, asignándoles un número o un nombre. La cantidad de rutas que podamos guardar y la cantidad máxima de puntos que puedan tener cada una de ellas dependerá de nuestro modelo de GPS. Si tenemos varias rutas almacenadas en nuestro receptor, simplemente deberemos pulsar la opción de activar o similar para que dicha ruta guardada se convierta en nuestra ruta activa, de tal manera, que podamos seguirla y nos lleve a su destino fijado. Además, normalmente, las rutas las podremos copiar, borrar e invertir.

Un **Track** es un conjunto de puntos que se van almacenando automáticamente en nuestro GPS a medida que nos vamos moviendo. Estos puntos se mostrarán como una línea continua en nuestra pantalla de mapa del GPS, con lo que podremos ver donde hemos estado y el camino descrito. El track es una representación gráfica de nuestro movimiento, sin indicar específicamente ninguna coordenada, es decir, no hay números o nombres de puntos ni sus coordenadas.

El número de puntos máximo que puede almacenar un Track dependerá de nuestro modelo de receptor y de la memoria asignada para ello. De todas maneras hay que tener presente que dependerá de lo rectilíneo que sea el recorrido para que, a igualdad de puntos, tengamos más o menos kilómetros memorizados, ya que nuestro receptor grabará puntos automáticamente cada vez que haya un cambio significativo en la dirección o la altitud que seguimos. También existe, normalmente, la opción de grabar automáticamente puntos según un intervalo de tiempo definido.

Normalmente hasta ahora los receptores simplemente almacenaban el Track que estábamos siguiendo, pero están saliendo modelos nuevos en los que se pueden

almacenar varios tracks, de la misma manera que si fueran rutas. En estos modelos entonces se pueden almacenar menos rutas de lo normal.

Estos tres tipos de datos, que podemos almacenar en nuestro receptor, son susceptibles de ser traspasados a un ordenador personal para ser superpuestos en un mapa digital o, simplemente, guardados. De esta manera podemos volverlos a cargar en nuestro receptor en cualquier otra ocasión. Si traspasamos los waypoints a un mapa veremos que se van marcando toda una serie de puntos encima de él; si traspasamos una ruta veremos toda una serie de puntos en secuencia y, si, traspasamos un Track veremos una línea continua.

Normalmente, a no ser que realicemos una ruta con muy pocos desvíos o bifurcaciones (caso en que sería suficiente marcarla con waypoints), la experiencia nos ha enseñado que la mejor manera de rehacer una ruta es mediante el Track (con algunos waypoints importantes marcados), ya que éste nos permite situarnos otra vez encima del camino a seguir y con un vistazo a la forma del camino sabremos, en cualquier momento, el rumbo a seguir (si nos hemos equivocado en alguna bifurcación en seguida nos daremos cuenta de ello ya que nos estaremos alejando del camino trazado).

Una función relacionada con las anteriores es la función **Trackback** o **Backtrack**, que nos permite, en algunos receptores de algunas marcas, deshacer el camino realizado sin haber marcado ningún waypoint, es decir, que nos marca la ruta a nuestro punto de partida sin que nosotros hayamos grabado previamente ningún punto durante dicha ruta. Es una aplicación de las funciones comentadas anteriormente, ya que, lo que hace realmente nuestro receptor, es coger los cientos de puntos de nuestro track y tomar los 30 más significativos, agrupándolos en una ruta para llevarnos de vuelta a casa de una forma precisa y segura.

En algunos nuevos modelos, como los eTrex y eMap de Garmin o el 315 de Magellan, se puede realizar un trackback directamente de un track, no de una ruta, como describíamos anteriormente, lo cual es significativamente mejor, ya que es mucho más preciso un track de varios cientos de puntos sin nombres ni coordenadas, que una ruta de 30 puntos con ellos. El Trackback realizado de esta manera no puede ser editado en el receptor pero puede ser también descargado en el ordenador y allí editado.

BIBLIOGRAFIA

Alvadalejo V. Et al 1998. Integración de la Tecnología GPS en la Gestión del Medio Natural en la región de Murcia-España. Julio 1998.

Cañas I. Et al 1996. Las Vías Forestales y el Medio Ambiente. III Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos. Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona y Terrassa-España 12,13 y 14 de septiembre 1996.

Castañeda P. 1997. Cartografía. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Bogota-Colombia. 1997.

Bolfor. 1999. Cartografía y Uso de la Tecnología GPS. Proyecto de Manejo Forestal Sostenible, Escuela Técnica Superior Forestal. Universidad Mayor San Simón. Santa Cruz-Bolivia. 1999.

Leaño S. Juan J., Ponce Edgar Et al 2001. Sistema y Uso del GPS. Documento recopilado de varios autores e internet. Programa de Postgrado en Manejo Sostenible de Bosques Tropicales. OIMT. Escuela de Ciencias Forestales. Universidad Mayor San Simón. Cochabamba-Bolivia. Julio 2001.

Ortiz E. 1998. Aplicación de la Tecnología GPS en actividades de manejo de recursos naturales. Boletín Kuru. Órgano informativo de la Escuela de Ingeniería Forestal del Instituto Tecnológico de Costa Rica. Nº 24. San José-Costa Rica. 1998.

Sabella Raymond. 1996. Guía General para la Utilización del sistema de posicionamiento Global por satélite GPS y su aplicación en trabajos de mapeo. Bolfor. Santa Cruz-Bolivia. 1996.

Seeberg G. 1993. Satellite Geodesy foundations, methods and applications. Berlín-Alemania. 1993.

Notas de Internet

**TEORÍA Y PRACTICA
sobre el uso del GPS**

Desde 1996 nuestro reglamento de competición de Ala Delta, permite el uso de la cámara fotográfica como prueba de haber alcanzado un objetivo, y poder regresar un trecho hasta un campo de aterrizaje.

Para la temporada del año 1998 se consensuó el uso del GPS como alternativa a la cámara fotográfica, conociendo su error y asumiéndolo.

El conocimiento del error, su origen y efecto nos evitará problemas a la hora de registrar un vuelo y su posterior verificación.

Este documento pretende aclarar algunas dudas sobre el funcionamiento del sistema GPS y dar unas nociones de qué posibilidades tienen nuestros equipos, cómo es preferible utilizarlos y las facilidades de que disponen.

Dado que utilizo un GPS de la marca Carmín (modelo 38) y que esta es la más extendida entre los pilotos de Ala Delta, mis comentarios serán sobre las opciones de estos.

BREVES COMENTARIOS SOBRE COMO FUNCIONA EL SISTEMA GPS

- Hay una treintena de satélites destinados a dar cobertura al sistema GPS, orbitando a unos 20.000 Km. que emiten unas señales sincronizadas en el tiempo.
- Nuestro receptor GPS capta estas señales, entre tres y ocho o doce según el equipo, y utiliza las de más calidad, mide el tiempo que tardan en llegarle y por triangulación calcula la posición en el espacio.
- Los satélites además de la señal de sincronismo, emiten información sobre su situación exacta, para que el GPS pueda calcular con precisión su posición. Esta información se actualiza continuamente pues la fuerza gravitacional del sol y de la luna alteran la órbita de los satélites.
- Los receptores GPS corrigen ciertos errores debidos al paso de la señal de los satélite a través de la atmósfera terrestre, la reflexión en obstáculos naturales como montañas, edificios, etc., errores de geometría.
- El Gobierno U.S.A. introduce un error intencionadamente llamado "Disponibilidad Selectiva", que degrada la precisión la señal emitida por los satélites y por tanto la exactitud del sistema, para evitar que "el enemigo" utilice el sistema GPS para construir armas precisas. Este error puede llegar a los 200 m. aunque suele ser de unos 50 m. Los receptores GPS de uso militar disponen de un decodificador para trabajar con precisión absoluta.
- Existe en el mercado un receptor que recibe señales de corrección, y combinado con un GPS proporciona un equipo de precisión casi absoluta: error entre 1 y 3 m. Es el llamado DGPS o GPS diferencial.

NOTA IMPORTANTE SOBRE EL ERROR

Cuando aprobamos el uso del GPS se discutió mucho acerca del error que este genera. Dicho error es normalmente de hasta 100 metros. Se discutió sobre la ventaja que le puede suponer a un piloto que se aprovecha del error para evitar tener que llegar a la baliza cuando el GPS le indica que ya la ha alcanzado. Se discutió sobre lo injusto que es que habiendo llegado a la baliza, el GPS te indica que te faltan 100 metros, y debes seguir hasta que este te informa de la llegada.

CONCLUSIÓN: el error en un momento te beneficia en otro te perjudica. Si un día de vuelo debes sobrevolar varias balizas, en unas tendrás una pequeña ventaja que perderás en otras, de modo que se compensa automáticamente.

RECOMENDACIÓN: si se utiliza el GPS como medio de registro de las balizas alcanzadas, se debe seguir sus indicaciones, pues la comisión de pilotos que verifica los registros, sólo tendrán en cuenta las marcas memorizadas. Por tanto si se alcanza una baliza y el GPS indica que aun no se ha llegado, se debe seguir volando hasta que el GPS indique que alcanzamos el objetivo. En el caso contrario, si el GPS informa de que ya se ha alcanzado el objetivo, pero realmente falta un trecho, debe hacerse caso e ir a por el siguiente objetivo; sin remordimientos, el sistema GPS ya te quitará lo que ahora te regala. Al final del día habrás empatado.

USO DEL GPS EN LAS COMPETICIONES DE ALA DELTA.

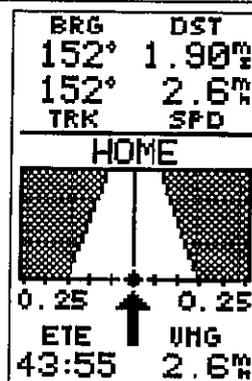
Registro de balizas: En este instante disponemos de un listado de nueve balizas de la zona de Alcúdia, para poder sobrevolarlas los día de Lliga. En la modalidad "Popurrí de Balizas" cada piloto decide qué balizas quiere volar y el orden en que lo hará, sin repetir ninguna. El mejor modo de memorizar dichas balizas (WAYPOINT) es mediante un nombre que comience por un número correspondiente a la baliza ejemplo:

1GASOL	0508.578	4410.735	Gasolinera Alcúdia
2DEPAG	0509.867	4411.251	Deposito Agua entrada Alcúdia
3IGLES	0510.460	4411.380	Iglesia Alcúdia
4ERMIT	0510.586	4410.952	Ermita frente cementerio
5POLID	0510.624	4410.599	Polideportivo
6HESTR	0511.011	4410.395	Hotel Estrella de Mar
7HLAGO	0509.151	4409.438	Hotel Lagomonte
8HSIEST	0509.164	4408.586	Hotel Siesta
9FOGUE	0508.908	4407.226	Es Fogueró

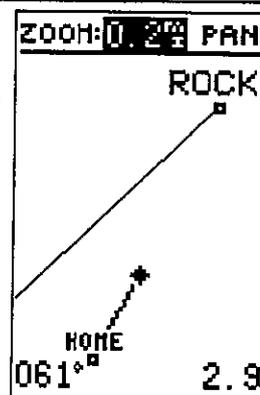
de este modo a la hora de programar rutas (ROUTES) o un destino (función GOTO: ir a) tenemos las balizas agrupadas al principio de la lista.

Vuelo hacia una baliza: cuando queramos alcanzar una baliza, es recomendable utilizar la función **GOTO** de nuestro GPS. Simplemente se pulsa el botón **GOTO** y nos aparece la lista de balizas registradas, seleccionamos la deseada y pulsamos **ENTER**. En la pantalla de navegación, entre otras cosas nos indicará:

BRG: rumbo que debemos llevar para alcanzar el destino
DST: distancia hasta el destino (esta información es muy importante)
TRK: rumbo real
SPD: velocidad
HOME: nombre de la baliza destino
ETE: tiempo estimada hasta el destino



Es muy importante estar atento a la distancia a la baliza, pues nos evitará disgustos con balizas anuladas, por no alcanzar el objetivo. La pantalla **MAPA MÓVIL** es muy útil a la hora de "volar balizas", pues nos da una indicación gráfica de nuestro vuelo hacia el objetivo, y nos muestra cuando lo hemos alcanzado, debiendo entonces registrar el punto y virar hacia el próximo objetivo.



Volar una ruta: si antes de despegar sabemos el recorrido que debemos volar, podemos definir una ruta (sucesión de balizas) y el GPS nos facilitará la labor, indicando el rumbo y distancia a la baliza, y cambiando automáticamente a la siguiente cada vez que alcancemos una. Esta función sólo nos es útil los días de buena confluencia, y que suponemos se pueden alcanzar todas las balizas y por tanto las volaremos en el orden mas eficiente (mayor distancia total).

Transmisión de Balizas: Una de las posibilidades de algunos GPS (los garmin entre ellos) es la de transmitir determinada información entre el GPS y otro GPS o un ordenador, o de un ordenador al GPS.

La principal utilidad de esta función es la de guardar el registro de balizas en un ordenador para su gestión. También podemos transmitir el trak log (traza: registro del camino recorrido). Con un programa adecuado podemos visualizar en la pantalla del ordenador un mapa de la zona de vuelo junto a las balizas oficiales y la traza. De este modo podemos, de un vistazo, comprobar el recorrido efectuado.

Julián G., compañero del Club, tuvo que enviar su Garmin 12 al distribuidor, para que le actualizara el programa (firmware) a una versión en español. Al recibirlo de vuelta comprobó que su lista de balizas se había evaporado. No es problema vital, pero tener que introducir a mano las balizas de nuestras zonas de vuelo (casi treinta... balizas) es un martirio. Me llamó a casa para que le pasase las coordenadas de las balizas de Alcúdia. Le convencí para hacerlo con el PC y en menos de 5 minutos habíamos terminado. Ventajas de estar un pelín al día ;-)

Quien quiera saber más sobre el tema de los GPS puede visitar la dirección: <http://www.uco.es/~bb1rofra/> donde encontrará multitud de documentos muy interesantes sobre los GPS, programas de transmisión de información PC<=>GPS, de navegación con mapa móvil, etc. así como multitud de direcciones interesantísimas relacionadas con el tema.

NOTA IMPORTANTE: El 1 de mayo de 2000, el gobierno de los EEUU decidió detener la degradación intencionada de la precisión GPS, la famosa "Disponibilidad Selectiva" o SA. Por tanto el error de los GPS es el indicado por los fabricantes y viene determinada por la posición de los satélites, siendo su valor de unos 10 metros. En la sección **Noticias** esta disponible un breve artículo referente a la desactivación de la SA.

CONCLUSIÓN: Al reducirse considerablemente el error de los GPS, los problemas que teníamos a la hora de volar Balizas prácticamente desaparecen.

Algo sobre el GPS

Global Positioning System o Sistema de Posicionamiento Global

En la actividad 4x4 solemos recorrer rutas conocidas y bien señalizadas. Quizás nos aventuremos a algún lugar alejado pero de relativo fácil acceso y regreso. Pero no debemos olvidar que en nuestros destinos también se encuentran lugares muy alejados y aislados en cuyo caso el uso del GPS puede ser necesario y hasta imprescindible. En esta introducción trataremos de explicar qué es el GPS y cómo usarlo.

Una red de 24 satélites, en órbita geoestacionaria y a 20.000 Km. de la tierra, propiedad del Gobierno de los Estados Unidos de América y gestionada por el Departamento de Defensa, proporciona un servicio de posicionamiento para todo el globo terrestre. La información emitidas por estos 24 satélites, son recibidas y analizadas por los receptores GPS con el fin de obtener el posicionamiento terrestre exacto.

Estos satélites están equipados con relojes atómicos y transmiten constantemente la hora exacta y su posición en el espacio.

Como hemos dicho anteriormente, los receptores GPS reciben la información precisa de la hora y la posición del satélite. Exactamente, recibe dos tipos de datos, los datos del Almanaque, que consiste en una serie de parámetros generales sobre la ubicación y la operatividad de cada satélite en relación al resto de satélites de la red, esta información puede ser recibida desde cualquier satélite. y una vez el receptor GPS tiene la información

del último Almanaque recibido y la hora precisa, sabe donde buscar los satélites en el espacio; la otra serie de datos, también conocida como Efemérides, hace referencia a los datos precisos, únicamente, del satélite que está siendo captado por el receptor GPS, son parámetros orbitales exclusivos de ese satélite y se utilizan para calcular la distancia exacta del receptor al satélite. Cuando el receptor ha captado la señal de, al menos, tres satélites calcula su propia posición en la Tierra mediante la triangulación de la posición de los satélites captados, y nos presentan los datos de Longitud, Latitud y Altitud calculados. Los receptores GPS pueden recibir, y habitualmente lo hacen, la señal de más de tres satélites para calcular su posición. En principio, cuantas más señales recibe, más exacto es el cálculo de posición.

Teniendo en cuenta que la concepción inicial de este sistema era hacer un uso militar del mismo, debemos señalar que los receptores que podemos encontrar en el mercado son para uso civil, y que éstos quedan sujetos a una degradación de precisión que oscila de los 15 a los 100 metros RMS o 2DRMS¹ en función de las circunstancias geoestratégicas del momento, según la interpretación del Departamento de Defensa de los EE.UU., quien gestiona y proporciona este servicio. Esta degradación queda regulada por el Programa de Disponibilidad Selectiva del Departamento de Defensa de los EE.UU. o SA (Selective Availability) y, como hemos indicado antes, introduce un error en la transmisión de la posición para los receptores de uso civil. Esto es, naturalmente, para mantener una ventaja estratégica durante las operaciones militares que lo requieran.

De todo esto se deduce que, habitualmente, los receptores GPS tienen un error nominal en el cálculo de la posición aproximadamente 15 m. RMS que puede aumentar hasta los 100 m. RMS cuando el Gobierno de los EE.UU. lo estime oportuno. Esto no es ningún problema, puesto que nuestra posición siempre mantiene un error de valor casi constante, y en cuanto a la orientación, no nos supone ninguna pérdida de fiabilidad, puesto que es un error de dimensiones muy reducidas que, incluso en las condiciones más extremas de falta de visibilidad, nunca excederá nuestro campo visual. Normalmente, cuando el error en la posición aumenta de los 15m., sólo lo hace de forma temporal, y responde a operaciones de tipo militar o estratégico que coinciden con nuestro uso del receptor.

Si la utilización que vamos a dar a nuestro receptor GPS requiere más precisión aún, como trabajos topográficos, levantamientos cartográficos, carreras de orientación, situación de balizas, etc., casi todas las firmas disponen de antenas opcionales con dispositivos DGPS² para algunos de sus receptores que corrigen mediante cálculo diferencial este error, disminuyéndolo hasta un margen de 1 a 3 metros RM

Usos-de-un-receptor-GPS

Naturalmente, podemos utilizar nuestro receptor GPS para todo aquello en lo que creamos que nos puede ser útil. No obstante, debemos tener en cuenta que son, exclusivamente, receptores de datos que calculan nuestra posición exacta y que no trabajan con ningún dato analógico (temperaturas, presión, humedad...). Son dispositivos extraordinariamente útiles para cualquier tarea de navegación, seguimiento de rutas, almacenamiento de puntos para posteriores estudios, ...pero en ningún caso podemos esperar deducir datos atmosféricos a partir de ellos.

Sin embargo, también debemos valorar que, incluso, los modelos más "pequeños" que los fabricantes de GPS's ponen a disposición de la navegación personal, son una evolución de los sistemas de navegación aeronáutica y marítima que se han ido perfeccionando diariamente desde hace años. Esto supone una serie de ventajas importantes para los

usuarios de GPS's para la navegación personal terrestre.

En primer lugar, una cuestión de escala. Está claro que las dimensiones de la navegación aeronáutica y marítima respecto de las dimensiones de la navegación terrestre, incluso con vehículos motorizados, son mucho mayores.

Esto significa que los receptores "pequeños" también disponen de los recursos de navegación y de la exactitud de los grandes sólo que los primeros disponen de funciones menos sofisticadas que estos últimos para la propia navegación.

Para entendernos, digamos que las pantallas y funciones gráficas que requiere el piloto de una embarcación incorporadas a su receptor GPS deben ser muchas más y más sofisticadas que las que necesitamos para orientarnos en dimensiones más pequeñas. Pero el sistema de recepción, y el cálculo de la posición es el mismo en un caso que en otro. Supongamos que ocurre si una embarcación sigue un rumbo con un error de un segundo (1/3600 grados), sin corregir ese rumbo durante varios días, puede ser que cuando busque el punto que espera encontrar en la costa, simplemente no lo encuentre, puesto que se habrá alejado cientos de kilómetros de él, pues bien disponemos de un sistema con la misma exactitud para navegar pero con menos funciones gráficas.

Todo esto lo podemos sintetizar diciendo que un receptor GPS nos proporciona, para la navegación terrestre, muchas más prestaciones que las que podemos necesitar para orientarnos. Los seguimientos de desvío de rumbos, los seguimientos de rutas, brújulas electrónicas, etc., son funciones que podemos encontrar en nuestros "pequeños" GPS's. Para aquellos que necesiten un GPS para situar puntos más que para orientarse o navegar, como cartógrafos, geógrafos, topógrafos, geólogos, etc., deberán valorar qué tipo de trabajo de campo van a desarrollar, de tal forma que puedan deducir si necesitan más o menos funciones de navegación, o más o menos capacidad de almacenamiento de puntos, y decidir cuáles son sus necesidades y prioridades para utilizar estos dispositivos. No obstante podemos adelantar que cualquiera de los GPS's que hemos denominado como "pequeños", acostumbra a ser suficientes para la mayoría de este tipo de trabajos. Si es necesario trabajar con sistemas de coordenadas distintas a los habituales UTM, OSGB, etc. o está previsto utilizar mucha variedad de Datums, habrá que consultar las indicaciones técnicas para cada modelo y buscar el más indicado. Casi todas las firmas disponen de modelos de gama media, que optimizan mejor estos recursos.

También es interesante destacar, la gran utilidad de estos dispositivos para cuestiones de seguridad, pensemos en la cantidad de pérdida de vidas y de situaciones traumáticas que se podrían evitar, si en cualquier tipo de actividad al aire libre en la que las cosas se han complicado y se requiere la actuación de un equipo de rescate, se les pudiera facilitar la posición exacta de las que se encuentra un accidentado. Probablemente, nos parezca un tanto sofisticado y poco ortodoxo, andar por ahí con un GPS y un teléfono móvil GSM para si tenemos problemas, pero podemos suponer que a Russell, a Barrau, incluso a Hillary les deben parecer casi igual de sofisticado un crampón de aleación con 12 puntas y fijación automática, o una prenda de Gore o un bastón telescópico ultraligero de tres tramos, o un sobre de liofilizado, o un piolet modular ergonómico...y un sin fin de cosas a las que nos hemos acostumbrado y ya nos parecen normales.

Ventajas del GPS respecto a los sistemas habituales de orientación

En síntesis, podemos entender el GPS como un sistema que nos facilita nuestra posición en la tierra y nuestra altitud, con una precisión casi exacta, incluso en condiciones meteorológicas muy adversas.³

Es muy importante entender que el cálculo de la posición y la altitud no se hace a partir de los datos de sensores analógicos de presión, humedad o temperatura (o una combinación de éstos) como en los altímetros o altímetros-barómetros analógicos, o incluso como en los más sofisticados altímetros digitales, sino que se hace a partir de los datos que nos envía una constelación de satélites e órbita que, a pesar de ser simples como satélites, nos proporcionan la fiabilidad de hacer uso de la tecnología más sofisticada y precisa de la que el hombre dispone actualmente. También debemos reparar en el hecho de que la evolución de éstos datos analógicos que, en efecto, nos van a ser muy útiles para prever los cambios atmosféricos y las condiciones ambientales para el desarrollo de la actividad que llevemos a cabo, son de una fiabilidad relativa para calcular nuestra posición y altitud exactas. Además, todos los GPS's incorporan funciones de navegación realmente sofisticadas que nos harán cambiar nuestro concepto de la orientación. Por ejemplo, podemos elaborar nuestras rutas sobre mapas, registrando en el dispositivo los puntos por los que queremos, o debemos pasar y, sobre el terreno, activando esa ruta, una pantalla gráfica no indicará si estamos sobre el rumbo correcto o nos estamos desviando en alguna dirección; o utilizar la misma función en rutas reversibles, es decir, ir registrando puntos por lo que vamos pasando para luego poder volver por esos mismos puntos con seguridad. Con todos estos datos, además podemos deducir la velocidad a la que nos estamos desplazando con exactitud, mientras mantenemos nuestro rumbo en línea recta, o deducir la velocidad a la que nos hemos desplazado si registramos todos los puntos de cambio de rumbo...y un largo etc. de funciones muy útiles e interesantes que podemos ir descubriendo al utilizar estos dispositivos.

Utilizar con PC's los datos obtenidos con receptores GPS

Si necesitamos exportar los datos obtenidos con nuestro receptor GPS a una computadora para hacer los cálculos que sean necesarios, es bueno recordar que, habitualmente, los kits para transferencia de datos entre PC's y GPS's así como los kits de alimentación eléctrica, acostumbran a ser dispositivos opcionales cuando adquirimos nuestro receptor GPS, al menos hasta los receptores de gama media, que ya empiezan a incorporar funciones que pueden hacer necesario incluir estos kits en serie. Además, no podemos olvidar que necesitaremos un software específico para importar esos datos de una forma más o menos estándar, que nos permita hacer uso de ellos de manera versátil.

Los interfaces más corrientes con los NMEA 0180,0181 y 0183, así que necesitaremos software que contemple éstos interfaces, para hacer transferencias por un puerto serie. También es corriente encontrar interfaces con correcciones RS232 que nos permitan hacer transferencias por puertos paralelos. Además, existen interfaces propios de muchas firmas de fabricantes de GPS's que crean sus propios protocolos.

El software para estas tareas, es relativamente barato (si lo que queremos, simplemente, es obtener esos datos, claro está), e incluso existen muchas aplicaciones de shareware y freeware que podemos encontrar, por ejemplo (cuando no), en Internet. Al final de este documento hay una pequeña relación de direcciones interesantes para encontrar más información sobre este tema.

Conclusión

En síntesis, podemos decir que la tecnología pone a nuestra disposición un sistema para situarnos en la Tierra realmente sofisticado, pero enormemente útil si sabemos utilizarlo. Aunque nos pasa desapercibido, gracias a avances como este podemos desplazarnos de una punta del globo o otra de la forma en la que lo hacemos a finales del siglo XX. puesto

SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL GPS

que cuando, por ejemplo, tomamos un avión estamos haciendo uso de ello sin darnos cuenta.

Por otro lado, saber exactamente dónde nos encontramos, es algo que en muchas ocasiones nos es realmente necesario cuando practicamos cualquier tipo de actividad al aire libre. ¿Quién no ha pasado más o menos temor, practicando actividades a cualquier nivel, cuando en un territorio poco conocido no sabe si está acercándose o alejándose del punto que busca? En estas ocasiones, disponer de un sistema que nos proporciona nuestra posición exacta, tiene un valor incalculable.

Resumiendo, nosotros mismos debemos sacarle más o menos partido a este sistema en función del uso que demos a nuestro receptor GPS, pero lo que está claro es que es un sistema realmente útil.

CONTENIDO

1. Introducción	1
2. Historia de los sistemas de navegación	1
2.1 Sistemas Inerciales:	2
2.2 Radiolocalización.....	2
2.3 Sistemas basados en satélites.....	3
3 Historia del NAVSTAR-GPS	3
4 Definiciones del GPS.....	4
5 Funcionamiento del GPS	4
6. Características del GPS	5
7 Servicio Ofrecido por el sistema GPS.....	5
8 Configuración del Sistema	6
8.1 Segmento Espacial.....	6
8.2 Segmento de Control	8
8.3 Segmento de Usuario	8
9 Determinación de Posiciones.....	9
9.1 Pseudo Distancias.....	9
9.2 Señales empleadas.....	10
10 Fuentes de Error	12
11 Correcciones Diferenciales	12
11.1 Correcciones diferenciales de Post-proceso (GPS-DGPS-PP)	13
11.2 Correcciones diferenciales de tiempo-real (GPS-DGPS-RTK)	13
12 Mensaje de navegación	13
13 Precisión del Sistema GPS	14
13.1 Servicio Estándar (SPS)	16
13.2 Servicio Preciso (PPS).....	16
14 Equipos	16
14.1 Método del Receptor	16
14.2 Tipos de Receptores.....	17
14.3 Clases de GPS según su aplicación:	17
15 Flujo de Trabajo	18
16 Glonass: El Sistema Ruso.....	18
17 El Concepto GPS-GLONASS	18
18 Configuración del GPS	18
18.1 Sistemas de Coordenadas.....	18
18.2 El Datum	20
18.3 Hora UTC (Universal Time Coordinated)	20
19 Distintas Aplicaciones	20
19.1 Aplicaciones en el Sector Forestal.....	21
Transformación de coordenadas tomadas de un Datum a otro tipo de Datum.....	25
Transformación de coordenadas geográficas a coordenadas planas o viceversa, con el GPS.	25
Determinación del Error magnético o declinación magnética	25
Determinación de áreas o superficies a partir de coordenadas planas.....	26
20 Waypoint, Ruta, Track y Trackback	29
BIBLIOGRAFÍA	31

Notas de Internet 32

El Sistema de Posicionamiento Global GPS

Por: Juan J. Leño S.

1. Introducción

El sistema de posicionamiento global NAVSTAR/GPS (Navigation System Using Timing and Ranging/Global Positioning System) es el proyecto espacial más caro de la historia de la humanidad y fue desarrollado por el Departamento de Defensa de los EE.UU. Su finalidad era meramente militar, y perseguía dotar a las tropas y dispositivos militares de una referencia espacial y temporal precisa. Se trata de un sistema de posicionamiento perfecto que ofrece servicio en toda la superficie del planeta y durante 24 horas al día.

2. Historia de los sistemas de navegación

Los sistemas de navegación solucionan un problema muy antiguo en la historia de la humanidad: La necesidad de conocer la posición sobre la superficie terrestre. Sin esa capacidad los movimientos por tierra deben basarse en puntos de referencia conocidos, y los movimientos marítimos deben restringirse a una franja de mar en que la costa sea visible.

Al principio el hombre se basó en la observación de los astros para obtener referencias espaciales (estrella Polar indicando el norte) y temporales (altura del Sol). Las observaciones astronómicas favorecieron el desarrollo de la trigonometría y la geometría esférica. Más adelante se desarrolló el **astrolabio** que permitió medir con mayor precisión la altura de los astros, con lo que la medida de la posición fue mucho más precisa.

Como para obtener una buena estimación de la posición es necesario conocer de forma fiable el tiempo por medios más precisos que la observación del Sol, se hizo necesario el desarrollo de los mecanismos de relojería, para los que se aplicó el principio del péndulo.

Con el descubrimiento de la brújula la tarea de navegar mar adentro se hizo mucho más segura. Los métodos antiguos no permiten una gran precisión, se consiguen mediante costosos cálculos que no los hacen útiles para posicionar vehículos a gran velocidad, y no funcionan en todas las condiciones meteorológicas. Con la llegada del siglo XX aparecieron nuevos sistemas de posicionamiento.

La principal fuerza de desarrollo provino, como tantas cosas en las telecomunicaciones, de los intereses militares, que buscaban determinar la posición de sus unidades de ataque para guiarlas hacia sus objetivos.

Se desarrollaron dos métodos distintos de navegación de forma paralela: Navegación inercial y radiolocalización.

2.1 Sistemas Inerciales:

Se basa en el principio de inercia y en la relación existente entre las aceleraciones y la posición. Se usan **acelerómetros** y **giroscopios** para medir los cambios de velocidad y dirección. Conociendo la posición inicial de partida, se puede determinar la posición relativa.

Presentan la ventaja de que son independientes del exterior; son **autocontenidos**. No se pueden interferir y por eso se han usado para guiado de misiles y torpedos, así como de referencia auxiliar para misiles, buques y aviones de guerra. El principal inconveniente es que el error es acumulativo por lo que las prestaciones del sistema empeoran a medida que pasa el tiempo. Se pueden cometer errores de hasta 2 km por hora de vuelo.

2.2 Radiolocalización

Los sistemas de radiolocalización se basan en la obtención de unas líneas de posición hiperbólicas midiendo la diferencia en los instantes de llegada de ondas transmitidas por estaciones emisoras sincronizadas y de posición conocida: La intersección de esas líneas determina la posición sobre la superficie terrestre. Los primeros intentos de combatir la falta de visibilidad fueron obra de Reginald Fessenden en Boston [[3]], usó ondas de radio en conjunto con ondas acústicas acuáticas para medir la distancia a la fuente. También usaba emisiones desde puntos conocidos para corregir los cronómetros de los barcos..

El segundo sistema fue el **Loran**(Long Rang Navigation) desarrollado en el MIT durante la II Guerra Mundial para guiar los convoyes en el océano Atlántico en condiciones meteorológicas adversas. Se utilizaba una frecuencia de 1.95 MHz (propagación por onda de superficie) y proporcionaba una cobertura de hasta 1200 Km en el mar. Su funcionamiento se basaba en la emisión de pulsos sincronizados desde varias emisoras separadas y conocidas. Fue el primer sistema de navegación para todo tipo de clima y posición. La precisión ofrecida era de 1.5 km. Tras la guerra se adoptó para fines pacíficos en la guardia costera y se pasó a llamar **Loran-A**.

Después se desarrolló un sistema de cobertura **global** con pocas estaciones transmisoras: el sistema **Omega**, que funcionaba a 10-14 KHz por lo que la propagación por efecto de guía esférica. La precisión era muy pobre.

Apareció un sistema mejorado a partir del Loran: **Loran-C** que trabaja a 100 KHz y obtiene precisiones aceptables de hasta 100 metros en condiciones atmosféricas y topográficas ideales.

2.3 Sistemas basados en satélites

Los primeros satélites empleados para la radionavegación fueron los de la serie estadounidense **Transit** (1960, operativo desde 1964). Se desarrollaron para ayuda de navegación de los submarinos del tipo **Polaris**. En este sistema los satélites siguen una órbita baja y transmiten continuamente una misma frecuencia. Debido al movimiento orbital, desde tierra se perciben unos desplazamientos Doppler de la señal. Conociendo las coordenadas y esas desviaciones de frecuencia se puede conocer la posición del observador. En realidad la idea del sistema **Transit** surgió cuando en 1957 George Weiffenback y William Guier demostraron que podían establecer la efemérides del satélite Soviético **Sputnik 1**, mediante la medida cuidadosa del desplazamiento Doppler de su señal de onda continua. A la inversa funciona igual de bien.

El inconveniente principal es que la medida es lenta y hay que esperar a que el satélite pase por encima del área en la que se está (hasta unos 30 minutos). No es válida para vehículos móviles como aviones, misiles, etc.

Actualmente, destacan el sistema europeo de satélites de navegación **Marecs** (1981), destinado a mejorar las comunicaciones e incrementar la seguridad de la navegación marítima y, en el campo militar, el sistema estadounidense **Navstar-GPS** (1978) de localización global, que ofrece un método de navegación exacto, de alcance mundial, a los ejércitos de tierra, mar y aire de EE UU, y el sistema de navegación global por satélite soviético **Glonass** (1982), paralelo al anterior y que también se emplea para usos civiles.

Desde el año 1983, el ICAO trabaja, con vistas al s. XXI, en el establecimiento de un Sistema Futuro de Navegación Aérea basado en el empleo de GPS/Glonass y de satélites de comunicaciones.

3 Historia del NAVSTAR-GPS

En 1963 la Fuerza Aérea de los EE.UU. inició un ambicioso proyecto conocido por "**Proyecto 621B**" para desarrollar un sistema de navegación **tridimensional** basado en satélites artificiales. Poco después la Marina de los EE.UU. emprendió otro proyecto similar conocido como "**Timation**". Ambos proyectos convergieron finalmente en el sistema **NAVSTAR-GPS**, el **17 de Agosto de 1974**.

El objetivo inicial era la consecución de un sistema exclusivamente militar, pero el excesivo coste obligó a que se permitiera el uso civil del sistema para que fuera aprobado el presupuesto por el Congreso de los EE.UU. (El coste final del proyecto ascendió a unos **10.000 millones de dólares**).

Aunque el proyecto incluía **24** satélites, ciertos recortes presupuestarios los redujeron a **18** y 3 de reserva. Posteriormente se decidió completar el sistema con todos los satélites previstos. La serie se inició con el lanzamiento un sólo satélite, el

22 de febrero de 1978. En **1986** se dio luz verde al desarrollo completo del sistema y aunque en **1991** el sistema NAVSTAR-GPS aún no estaba operativo al 100% demostró su potencialidad en la Guerra del Golfo Pérsico que constituyó un campo de pruebas inmejorable. El enorme éxito que obtuvo el sistema en aquel conflicto (el mundo entero se sorprendió de la precisión con que se dirigían los misiles a sus objetivos) aceleró el desarrollo final del proyecto.

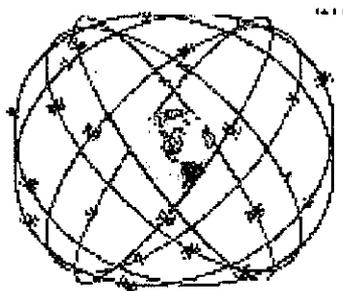
4 Definiciones del GPS

El Sistema de Posicionamiento Global (*Global Positioning System*, GPS) es una "constelación" de 24 satélites adecuadamente ubicados distribuidos en 6 planos orbitales que están alrededor y a una distancia de 22 mil km. de la Tierra y hacen posible que la gente con receptores puedan establecer su situación geográfica. Para la mayor parte de los equipamientos, la exactitud de la localización es de entre 10 y 100 metros. La exactitud puede reducirse a un metro con equipo especial aprobado por el ejército estadounidense. El equipo GPS se usa intensamente en la ciencia, y ahora se ha vuelto lo suficientemente asequible como para que casi cualquier persona pueda poseer un receptor.

Es un sistema de localización geográfica de puntos sobre la superficie de la tierra basado en posiciones de satélites. (Según BOLFOR)

El GPS es propiedad del Departamento de la defensa de los Estados Unidos desarrollado el año 1973 con uso restringido, pero está disponible para uso general en todo el mundo a partir del año 1993 para uso civil.

5 Funcionamiento del GPS



• 21 satélites GPS y tres más de respaldo están en órbita a unos 16 mil kilómetros sobre la Tierra. Los satélites están ubicados de tal forma que, desde cualquier punto del planeta, cuatro de ellos estarán encima del horizonte.

• Cada satélite contiene un ordenador, un reloj atómico y una radio. Con el conocimiento de su propia órbita y el reloj, transmite continuamente su posición cambiante y la hora. (Una vez al día, cada satélite verifica su propio sentido del tiempo y posición con una estación en tierra, y realiza las pequeñas correcciones-necesarias.)

- En tierra, cualquier receptor GPS contiene un ordenador que "triangula" su propia posición a partir de las indicaciones de tres de los cuatro satélites. El resultado se entrega en forma de una posición geográfica - longitud y latitud - con un margen de error de 100 metros para la mayoría de los receptores.
- Si se puede recibir la señal de un cuarto satélite, el receptor /ordenador puede determinar la altitud así como la posición geográfica.
- Si estamos en movimiento, el receptor puede incluso calcular nuestra velocidad y dirección, y darnos tiempos estimados de llegada a destinos específicos.

La ciencia usa el GPS para proporcionar datos que nunca habían estado disponibles en la cantidad y nivel de exactitud que posibilita este sistema. Los científicos están utilizando el GPS para medir el movimiento de las capas árticas de hielo, las placas tectónicas de la Tierra y la actividad volcánica.

Los receptores GPS se están convirtiendo en productos de consumo. Además de su uso al aire libre (para senderismo, esquí campo a través, globos aerostáticos, vuelo y navegación a vela), los receptores pueden usarse en automóviles para relacionar la ubicación del conductor con información de tráfico y de clima.

6. Características del GPS

Las características mas importantes son:

- Posicionamiento preciso en 3 dimensiones.
- Disponible las 24 horas.
- Cobertura mundial.
- Opera en cualquier condición climática.
- Ilimitado número de usuarios.
- No requiere de intervisibilidad.
- Posicionamiento dinámico (cinemático).
- Es gratuito.

7 Servicio Ofrecido por el sistema GPS

Las características del sistema GPS se pueden agrupar en unos pocos puntos:

- Determinación de la posición tridimensional. Con tres coordenadas: latitud, longitud, altura sobre el nivel del mar, o cualesquiera.
- Determinación tridimensional de la velocidad.
- Determinación del tiempo exacto con un error de un **microsegundo**.
- Cobertura global las 24 horas del día.
- Alta fiabilidad.
- Independencia de transmisores terrestres.
- Gran precisión en todo tipo de condiciones atmosféricas.
- Evaluación de la precisión conseguida.
- Versátil y válido para todo tipo de usuarios.

El sistema GPS es capaz de precisiones asombrosas: en teoría se podría conocer la situación con un error de 3 cm mediante técnicas de enganche en fase. Para vehículos estas técnicas son complejas de conseguir, por lo que se usa el método "estándar" de enganche al código transmitido; de esta manera se podrían conseguir precisiones de 3 metros.

La generalización del acceso a esta precisión supone un compromiso para la seguridad nacional, por lo que se procedió a modificar el sistema en varios aspectos.

Para adaptar el sistema GPS a los usuarios civiles se crearon dos tipos de servicio:

- SPS (Standard Positioning Service)
- PPS (Precise Positioning Service)

La diferencia entre ambos es que el SPS permite 10 veces menor precisión y fiabilidad que el PPS. Ésta limitación es inherente al sistema.

Las primeras pruebas demostraron que el sistema era mejor de lo que se diseñó en un principio, por lo que se decidió empujar las características de forma premeditada transmitiendo información falsa desde los satélites para permitir una precisión en el servicio SPS de unos 100 metros el 90% del tiempo, lo que es suficiente para navegación pero no para dirección de armas.

8 Configuración del Sistema

En el sistema NAVSTAR-GPS, como es común en los sistemas de satélites, se pueden distinguir varios "segmentos" que agrupan a los elementos con características comunes.

Cada uno de los segmentos son claramente distintos y tienen responsabilidades y objetivos distintos. El segmento más costoso es el segmento espacial, mientras que el responsable de que todo se ajuste a lo planificado es el segmento de control. Al final el segmento de usuario es el que recoge a los "clientes" que son el objetivo final de todo el sistema. Son los que se benefician de las estimaciones de posición para una gran multitud de aplicaciones.

8.1 Segmento Espacial

Los satélites GPS se sitúan en **6 órbitas circulares** (excentricidad de 0.03) **semisíncronas** (de 11 horas 58 minutos) con **4 satélites** en cada órbita separados por **90°**. Cada órbita está a una altitud de 20.169 Km sobre la Tierra con una inclinación de 55° respecto del ecuador. Esos planos orbitales están separados entre sí 60°.

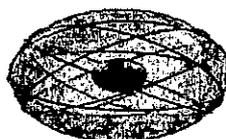


Ilustración -1: Aspecto de las 6 órbitas del sistema GPS.

De esta forma se asegura una cobertura global ininterrumpida que permite la visibilidad (con más de 5° de elevación sobre el horizonte) de un mínimo de 4 satélites. Además la órbita de 55° se eligió por dos razones:

- Se iban a lanzar los satélites mediante el programa Space Shuttle, que al final no se utilizó por causa del desastre de 1986. (Se utilizaron cohetes Delta-II.)
- Dos satélites que se crucen en órbitas opuestas lo harán con un ángulo de 90° lo que significa una buena geometría.

Los satélites disponen de cuatro paneles solares y su masa en órbita es de unos 1667 kg. La energía eléctrica se obtiene de paneles solares (auxiliadas por baterías recargables para los periodos de oscuridad) que proporcionan **600 W**. Se emite con una potencia de **25 W** por medio de un array helicoidal de polarización a derechas. Como la cobertura debe ser global, no se pueden emplear antenas muy directivas, y la potencia de la señal llega a la superficie de la Tierra con unos 30 dB por debajo de la densidad espectral de potencia del ruido ambiente que se recoge del cielo. La solución de ese problema es el uso de modulación de espectro ensanchado que permite conseguir una gran ganancia de procesamiento.

Los satélites del segundo bloque de relleno del sistema, lanzados tras 1992) tienen la posibilidad de enlaces transversales entre ellos, permitiendo la intercomunicación entre satélites. Disponen de cohetes propulsores para corregir su posición orbital durante su vida útil. Además se estabilizan con ruedas de momento (momentum wheels) alimentadas por potentes imanes. De esta manera se consigue que los paneles estén siempre orientados en la dirección adecuada.

Cada satélite lleva relojes atómicos de Cesio y Rubidio. El reloj de Cesio es más estable para periodos cortos de tiempo, mientras que para periodos largos lo es más el de Rubidio. Como se precisan grandes estabilidades en ambos términos cada satélite lleva **2 relojes de Cesio y 2 de Rubidio** funcionando a una frecuencia de **10.23 MHz**.

La sincronización de los relojes y de las frecuencias del sistema GPS se realizan desde el Segmento Terrestre del sistema. Todas las frecuencias de los satélites están sincronizadas con los relojes de los satélites, y la mayor desviación diaria permitida de la frecuencia de reloj es de 10^{-12} MHz (o lo que es lo mismo: una millonésima de Hz). Dada la extrema exactitud precisada, hay que considerar los efectos **relativistas** provocados por la gran velocidad de los satélites y por la diferente gravedad existente a 20169 Km de la Tierra.

- Relatividad Especial: Debido a la velocidad relativa entre los relojes de la Tierra y los que están en los satélites, el reloj del satélite observado desde la Tierra va más lento de lo previsto.
- Relatividad General: El satélite está situado en un campo gravitatorio más tenue que en la Tierra, por lo que su reloj irá levemente más rápido que en la Tierra.

Ambos efectos se cancelan si la órbita tuviera un radio 1.5 veces el radio terrestre, pero como es de casi 4 veces, los relojes de los satélites van más rápido que los terrestres. Si no se corrigiera ese efecto habría desfases de 38 microsegundos cada día, lo que provocaría un error en la posición de 11 Km.

SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL GPS

La frecuencia en la Tierra de los relojes que se instalan en los satélites es de 10229999.99545 Hz (0.00455 Hz en defecto). Además, como la órbita que siguen es ligeramente elipsoidal la desviación temporal relativista puede llegar a los **70 ns** que se corrige para dejarla en la especificación de **1 ns**.

El sistema GPS está diseñado con **criterios militares**, por lo que las precauciones tomadas para impedir un sabotaje o ataque enemigo han sido tenidas muy en cuenta: El sistema se ha diseñado para que la pérdida de algunos satélites no afecten en gran medida las prestaciones del sistema global, se han empleado materiales muy resistentes, se han duplicado las antenas y, para evitar la posibilidad de interferencias intencionadas (**jamming**), se ha empleado la modulación en espectro ensanchado como contramedida.

A pesar del enorme coste de cada satélite, su vida operativa es de 7.5 años.

8.2 Segmento de Control

Consiste en tres partes principales.

- La estación central en Colorado Springs (EE.UU.) que reúne la información de las estaciones de monitorización repartidas por todo el mundo. Realiza los cálculos correspondientes para que todo se desarrolle según la planificación y que todos los parámetros estén dentro de las tolerancias. Genera el mensaje de navegación y lo retransmite a los satélites para que éstos los difundan a los usuarios.
- Estaciones de monitorización. Distribuidas por todo el mundo (Hawai, Ascensión, Diego Garcia y Kwajalein). Disponen de precisos relojes atómicos y equipos receptores especiales que les permiten detectar derivas en los relojes o modificaciones en la calidad de los datos.
- Antena terrena del enlace "up-link" que comunica con los satélites en la banda S.



8.3 Segmento de Usuario

El segmento de usuario consiste en los aparatos receptores sobre la Tierra. El equipo de usuario es un **dispositivo pasivo** en el sentido de que sólo recibe información de los satélites, cuya misión es obtener la señal de los satélites, la demodulan y extraen la información de efemérides de los satélites, de correcciones, etc. y presentan la información al usuario final.

El sistema GPS permite que la localización de cada usuario la conozca solamente el usuario debido a que no se emite ningún tipo de señal, con lo que la privacidad del servicio se garantiza.

9 Determinación de Posiciones

El sistema GPS consigue su cometido mediante la determinación de las distancias respecto a unos puntos **móviles** que son los satélites. Los otros sistemas basados en distancias relativas utilizaban siempre señales emitidas por estaciones de referencia muy bien conocidas. Además se utilizan referencias temporales **absolutas**, en el sentido de que se necesitan conocer exactamente los estados de los relojes de los satélites, no basta con medir el retardo relativo entre dos señales.

9.1 Pseudo Distancias

Si utilizamos sólo un satélite y conocemos su posición y la distancia que nos separa sabremos nuestra posición en un área de incertidumbre que es geoméricamente una esfera. Si disponemos de dos satélites y conocemos sus posiciones y las dos distancias podremos determinar nuestra posición a lo largo de una **circunferencia** como se ve en la Ilustración 1-2

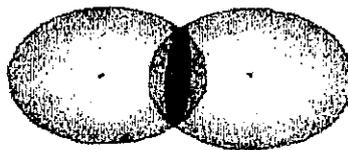


Ilustración -2: Localización con dos pseudodistancias.

Si conseguimos contar con otro satélite más podremos determinar nuestra posición en uno de los dos puntos en que se cortan las tres esferas (Ver. Generalmente uno de los puntos está lo suficientemente alejado de la superficie de la Tierra como para que se pueda rechazar por inconsistente.

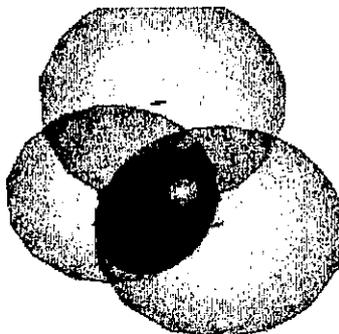


Ilustración -3: Localización con tres pseudodistancias.

El problema es que el método para estimar la distancia hasta un satélite depende en extremo de la calidad de los relojes empleados para medir el tiempo. Los factores que afectan a la medida de la distancia son:

- El **desfase en el reloj del receptor** (que suele ser de calidad media) puede provocar un apreciable error de distancia.
- Los **errores en el reloj del satélite** suelen ser despreciables, pero también hay que considerarlos.
- La **propagación a través de la ionosfera** produce un retardo variable debido a que la refracción que provoca varía de forma poco predecible.

Por estas razones lo que un receptor mide a partir de las señales recibidas son **pseudodistancias**, en las que se incluye un error provocado por las derivas de reloj del usuario, los retardos variables de la ionosfera, etc... En las ecuaciones siguientes se recoge su efecto en C_B , x_i , y_i , z_i y R_i son las coordenadas del satélite iésimo y la distancia real que lo separa del receptor, respectivamente. Para el receptor hay 4 incógnitas a resolver: las tres coordenadas de su posición, la diferencia entre su reloj local y el **tiempo universal GPS**.

$$(x_1 - u_x)^2 + (y_1 - u_y)^2 + (z_1 - u_z)^2 = (R_1 - C_B)^2$$

$$(x_2 - u_x)^2 + (y_2 - u_y)^2 + (z_2 - u_z)^2 = (R_2 - C_B)^2$$

$$(x_3 - u_x)^2 + (y_3 - u_y)^2 + (z_3 - u_z)^2 = (R_3 - C_B)^2$$

$$(x_4 - u_x)^2 + (y_4 - u_y)^2 + (z_4 - u_z)^2 = (R_4 - C_B)^2$$

Resolviendo estas ecuaciones un receptor GPS obtiene su posición y la corrección que debe aplicar a su reloj para estar perfectamente sincronizado con el reloj atómico de referencia situado en Colorado Springs. El factor de la refracción ionosférica se corrige mediante las estimaciones que se transmiten en forma de coeficientes para un modelo global, en el mensaje de navegación y que son calculadas por el segmento de control del sistema.

Los incrementos de las pseudodistancias se denominan **"delta-pseudorange"** y se usan para calcular la velocidad del receptor. (Junto con medidas Doppler.)

9.2 Señales empleadas

Cada satélite emite dos frecuencias distintas pero coherentes entre sí:

- $L1 = 10.23 \times 154 = 1575.42$ MHz
- $L2 = 10.23 \times 128 = 1227.6$ MHz

Esas portadoras van moduladas según la técnica SSM (Spread Spectrum Modulation) por razones de seguridad y resistencia frente al ruido. (Ver Apéndice SSR)

La información dura **12.5 minutos de ciclo** y se transmite a una velocidad de **50 bps**, pero se ensancha en frecuencia por medio de códigos pseudoaleatorios. Por lo que los 50 bps de datos se encuentran ocupando un ancho de banda de 1 MHz con el código C/A y de 10 MHz con el código P.

El Sistema de Posicionamiento Global GPS

Por: Juan J. Leño S.

1. Introducción

El sistema de posicionamiento global NAVSTAR/GPS (Navigation System Using Timing and Ranging/Global Positioning System) es el proyecto espacial más caro de la historia de la humanidad y fue desarrollado por el Departamento de Defensa de los EE.UU. Su finalidad era meramente militar, y perseguía dotar a las tropas y dispositivos militares de una referencia espacial y temporal precisa. Se trata de un sistema de posicionamiento perfecto que ofrece servicio en toda la superficie del planeta y durante 24 horas al día.

2. Historia de los sistemas de navegación

Los sistemas de navegación solucionan un problema muy antiguo en la historia de la humanidad: La necesidad de conocer la posición sobre la superficie terrestre. Sin esa capacidad los movimientos por tierra deben basarse en puntos de referencia conocidos, y los movimientos marítimos deben restringirse a una franja de mar en que la costa sea visible.

Al principio el hombre se basó en la observación de los astros para obtener referencias espaciales (estrella Polar indicando el norte) y temporales (altura del Sol). Las observaciones astronómicas favorecieron el desarrollo de la trigonometría y la geometría esférica. Más adelante se desarrolló el **astrolabio** que permitió medir con mayor precisión la altura de los astros, con lo que la medida de la posición fue mucho más precisa.

Como para obtener una buena estimación de la posición es necesario conocer de forma fiable el tiempo por medios más precisos que la observación del Sol, se hizo necesario el desarrollo de los mecanismos de relojería, para los que se aplicó el principio del péndulo.

Con el descubrimiento de la brújula la tarea de navegar mar adentro se hizo mucho más segura. Los métodos antiguos no permiten una gran precisión, se consiguen mediante costosos cálculos que no los hacen útiles para posicionar vehículos a gran velocidad, y no funcionan en todas las condiciones meteorológicas. Con la llegada del siglo XX aparecieron nuevos sistemas de posicionamiento.

La principal fuerza de desarrollo provino, como tantas cosas en las telecomunicaciones, de los intereses militares, que buscaban determinar la posición de sus unidades de ataque para guiarlas hacia sus objetivos.

Se desarrollaron dos métodos distintos de navegación de forma paralela: Navegación inercial y radiolocalización.

2.1 Sistemas Inerciales:

Se basa en el principio de inercia y en la relación existente entre las aceleraciones y la posición. Se usan **acelerómetros** y **giroscopios** para medir los cambios de velocidad y dirección. Conociendo la posición inicial de partida, se puede determinar la posición relativa.

Presentan la ventaja de que son independientes del exterior; son **autocontenidos**. No se pueden interferir y por eso se han usado para guiado de misiles y torpedos, así como de referencia auxiliar para misiles, buques y aviones de guerra. El principal inconveniente es que el error es acumulativo por lo que las prestaciones del sistema empeoran a medida que pasa el tiempo. Se pueden cometer errores de hasta 2 km por hora de vuelo.

2.2 Radiolocalización

Los sistemas de radiolocalización se basan en la obtención de unas líneas de posición hiperbólicas midiendo la diferencia en los instantes de llegada de ondas transmitidas por estaciones emisoras sincronizadas y de posición conocida: La intersección de esas líneas determina la posición sobre la superficie terrestre. Los primeros intentos de combatir la falta de visibilidad fueron obra de Reginald Fessenden en Boston [[3]], usó ondas de radio en conjunto con ondas acústicas acuáticas para medir la distancia a la fuente. También usaba emisiones desde puntos conocidos para corregir los cronómetros de los barcos..

El segundo sistema fue el **Loran**(Long Rang Navigation) desarrollado en el MIT durante la II Guerra Mundial para guiar los convoyes en el océano Atlántico en condiciones meteorológicas adversas. Se utilizaba una frecuencia de 1.95 MHz (propagación por onda de superficie) y proporcionaba una cobertura de hasta 1200 Km en el mar. Su funcionamiento se basaba en la emisión de pulsos sincronizados desde varias emisoras separadas y conocidas. Fue el primer sistema de navegación para todo tipo de clima y posición. La precisión ofrecida era de 1.5 km. Tras la guerra se adoptó para fines pacíficos en la guardia costera y se pasó a llamar **Loran-A**.

Después se desarrolló un sistema de cobertura **global** con pocas estaciones transmisoras: el sistema **Omega**, que funcionaba a 10-14 KHz por lo que la propagación por efecto de guía esférica. La precisión era muy pobre.

Apareció un sistema mejorado a partir del Loran: **Loran-C** que trabaja a 100 KHz y obtiene precisiones aceptables de hasta 100 metros en condiciones atmosféricas y topográficas ideales.

2.3 Sistemas basados en satélites

Los primeros satélites empleados para la radionavegación fueron los de la serie estadounidense **Transit** (1960, operativo desde 1964). Se desarrollaron para ayuda de navegación de los submarinos del tipo **Polaris**. En este sistema los satélites siguen una órbita baja y transmiten continuamente una misma frecuencia. Debido al movimiento orbital, desde tierra se perciben unos desplazamientos Doppler de la señal. Conociendo las coordenadas y esas desviaciones de frecuencia se puede conocer la posición del observador. En realidad la idea del sistema **Transit** surgió cuando en 1957 George Weiffenback y William Guier demostraron que podían establecer la efemérides del satélite Soviético **Sputnik 1**, mediante la medida cuidadosa del desplazamiento Doppler de su señal de onda continua. A la inversa funciona igual de bien.

El inconveniente principal es que la medida es lenta y hay que esperar a que el satélite pase por encima del área en la que se está (hasta unos 30 minutos). No es válida para vehículos móviles como aviones, misiles, etc.

Actualmente, destacan el sistema europeo de satélites de navegación **Marecs** (1981), destinado a mejorar las comunicaciones e incrementar la seguridad de la navegación marítima y, en el campo militar, el sistema estadounidense **Navstar-GPS** (1978) de localización global, que ofrece un método de navegación exacto, de alcance mundial, a los ejércitos de tierra, mar y aire de EE UU, y el sistema de navegación global por satélite soviético **Glonass** (1982), paralelo al anterior y que también se emplea para usos civiles.

Desde el año 1983, el ICAO trabaja, con vistas al s. XXI, en el establecimiento de un Sistema Futuro de Navegación Aérea basado en el empleo de GPS/Glonass y de satélites de comunicaciones.

3 Historia del NAVSTAR-GPS

En 1963 la Fuerza Aérea de los EE.UU. inició un ambicioso proyecto conocido por "**Proyecto 621B**" para desarrollar un sistema de navegación **tridimensional** basado en satélites artificiales. Poco después la Marina de los EE.UU. emprendió otro proyecto similar conocido como "**Timation**". Ambos proyectos convergieron finalmente en el sistema **NAVSTAR-GPS**, el **17 de Agosto de 1974**.

El objetivo inicial era la consecución de un sistema exclusivamente militar, pero el excesivo coste obligó a que se permitiera el uso civil del sistema para que fuera aprobado el presupuesto por el Congreso de los EE.UU. (El coste final del proyecto ascendió a unos **10.000 millones de dólares**).

Aunque el proyecto incluía **24** satélites, ciertos recortes presupuestarios los redujeron a **18** y 3 de reserva. Posteriormente se decidió completar el sistema con todos los satélites previstos. La serie se inició con el lanzamiento un sólo satélite, el

22 de febrero de 1978. En **1986** se dio luz verde al desarrollo completo del sistema y aunque en **1991** el sistema NAVSTAR-GPS aún no estaba operativo al 100% demostró su potencialidad en la Guerra del Golfo Pérsico que constituyó un campo de pruebas inmejorable. El enorme éxito que obtuvo el sistema en aquel conflicto (el mundo entero se sorprendió de la precisión con que se dirigían los misiles a sus objetivos) aceleró el desarrollo final del proyecto.

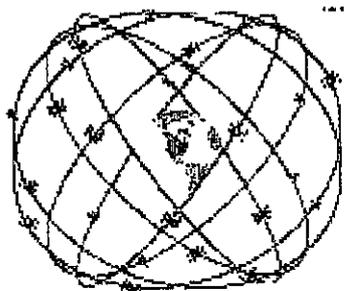
4 Definiciones del GPS

El Sistema de Posicionamiento Global (*Global Positioning System*, GPS) es una "constelación" de 24 satélites adecuadamente ubicados distribuidos en 6 planos orbitales que están alrededor y a una distancia de 22 mil km. de la Tierra y hacen posible que la gente con receptores puedan establecer su situación geográfica. Para la mayor parte de los equipamientos, la exactitud de la localización es de entre 10 y 100 metros. La exactitud puede reducirse a un metro con equipo especial aprobado por el ejército estadounidense. El equipo GPS se usa intensamente en la ciencia, y ahora se ha vuelto lo suficientemente asequible como para que casi cualquier persona pueda poseer un receptor.

Es un sistema de localización geográfica de puntos sobre la superficie de la tierra basado en posiciones de satélites.(Según BOLFOR)

El GPS es propiedad del Departamento de la defensa de los Estados Unidos desarrollado el año 1973 con uso restringido, pero está disponible para uso general en todo el mundo a partir del año 1993 para uso civil.

5 Funcionamiento del GPS



- 21 satélites GPS y tres más de respaldo están en órbita a unos 16 mil kilómetros sobre la Tierra. Los satélites están ubicados de tal forma que, desde cualquier punto del planeta, cuatro de ellos estarán encima del horizonte.
- Cada satélite contiene un ordenador, un reloj atómico y una radio. Con el conocimiento de su propia órbita y el reloj, transmite continuamente su posición cambiante y la hora. (Una vez al día, cada satélite verifica su propio sentido del tiempo y posición con una estación en tierra, y realiza las pequeñas correcciones-necesarias.)

- En tierra, cualquier receptor GPS contiene un ordenador que "triangula" su propia posición a partir de las indicaciones de tres de los cuatro satélites. El resultado se entrega en forma de una posición geográfica - longitud y latitud - con un margen de error de 100 metros para la mayoría de los receptores.
- Si se puede recibir la señal de un cuarto satélite, el receptor /ordenador puede determinar la altitud así como la posición geográfica.
- Si estamos en movimiento, el receptor puede incluso calcular nuestra velocidad y dirección, y darnos tiempos estimados de llegada a destinos específicos.

La ciencia usa el GPS para proporcionar datos que nunca habían estado disponibles en la cantidad y nivel de exactitud que posibilita este sistema. Los científicos están utilizando el GPS para medir el movimiento de las capas árticas de hielo, las placas tectónicas de la Tierra y la actividad volcánica.

Los receptores GPS se están convirtiendo en productos de consumo. Además de su uso al aire libre (para senderismo, esquí campo a través, globos aerostáticos, vuelo y navegación a vela), los receptores pueden usarse en automóviles para relacionar la ubicación del conductor con información de tráfico y de clima.

6. Características del GPS

Las características mas importantes son:

- Posicionamiento preciso en 3 dimensiones.
- Disponible las 24 horas.
- Cobertura mundial.
- Opera en cualquier condición climática.
- Ilimitado número de usuarios.
- No requiere de intervisibilidad.
- Posicionamiento dinámico (cinemático).
- Es gratuito.

7 Servicio Ofrecido por el sistema GPS

Las características del sistema GPS se pueden agrupar en unos pocos puntos:

- Determinación de la posición tridimensional. Con tres coordenadas: latitud, longitud, altura sobre el nivel del mar, o cualesquiera.
- Determinación tridimensional de la velocidad.
- Determinación del tiempo exacto con un error de un **microsegundo**.
- Cobertura global las 24 horas del día.
- Alta fiabilidad.
- Independencia de transmisores terrestres.
- Gran precisión en todo tipo de condiciones atmosféricas.
- Evaluación de la precisión conseguida.
- Versátil y válido para todo tipo de usuarios.

El sistema GPS es capaz de precisiones asombrosas: en teoría se podría conocer la situación con un error de 3 cm mediante técnicas de enganche en fase. Para vehículos estas técnicas son complejas de conseguir, por lo que se usa el método "estándar" de enganche al código transmitido; de esta manera se podrían conseguir precisiones de 3 metros.

La generalización del acceso a esta precisión supone un compromiso para la seguridad nacional, por lo que se procedió a modificar el sistema en varios aspectos.

Para adaptar el sistema GPS a los usuarios civiles se crearon dos tipos de servicio:

- SPS (Standard Positioning Service)
- PPS (Precise Positioning Service)

La diferencia entre ambos es que el SPS permite 10 veces menor precisión y fiabilidad que el PPS. Ésta limitación es inherente al sistema.

Las primeras pruebas demostraron que el sistema era mejor de lo que se diseñó en un principio, por lo que se decidió empeorar las características de forma premeditada transmitiendo información falsa desde los satélites para permitir una precisión en el servicio SPS de unos 100 metros el 90% del tiempo, lo que es suficiente para navegación pero no para dirección de armas.

8 Configuración del Sistema

En el sistema NAVSTAR-GPS, como es común en los sistemas de satélites, se pueden distinguir varios "segmentos" que agrupan a los elementos con características comunes.

Cada uno de los segmentos son claramente distintos y tienen responsabilidades y objetivos distintos. El segmento más costoso es el segmento espacial, mientras que el responsable de que todo se ajuste a lo planificado es el segmento de control. Al final el segmento de usuario es el que recoge a los "clientes" que son el objetivo final de todo el sistema. Son los que se benefician de las estimaciones de posición para una gran multitud de aplicaciones.

8.1 Segmento Espacial

Los satélites GPS se sitúan en **6 órbitas circulares** (excentricidad de 0.03) **semisíncronas** (de 11 horas 58 minutos) con **4 satélites** en cada órbita separados por **90°**. Cada órbita está a una altitud de 20.169 Km sobre la Tierra con una inclinación de 55° respecto del ecuador. Esos planos orbitales están separados entre sí 60°.

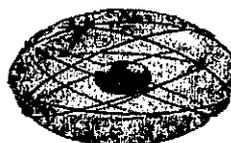


Ilustración -1: Aspecto de las 6 órbitas del sistema GPS.

La frecuencia en la Tierra de los relojes que se instalan en los satélites es de 10229999.99545 Hz (0.00455 Hz en defecto). Además, como la órbita que siguen es ligeramente elipsoidal la desviación temporal relativista puede llegar a los **70 ns** que se corrige para dejarla en la especificación de **1 ns**.

El sistema GPS está diseñado con **criterios militares**, por lo que las precauciones tomadas para impedir un sabotaje o ataque enemigo han sido tenidas muy en cuenta: El sistema se ha diseñado para que la pérdida de algunos satélites no afecten en gran medida las prestaciones del sistema global, se han empleado materiales muy resistentes, se han duplicado las antenas y, para evitar la posibilidad de interferencias intencionadas (**jamming**), se ha empleado la modulación en espectro ensanchado como contramedida.

A pesar del enorme coste de cada satélite, su vida operativa es de 7.5 años.

8.2 Segmento de Control

Consiste en tres partes principales.

- La estación central en Colorado Springs (EE.UU.) que reúne la información de las estaciones de monitorización repartidas por todo el mundo. Realiza los cálculos correspondientes para que todo se desarrolle según la planificación y que todos los parámetros estén dentro de las tolerancias. Genera el mensaje de navegación y lo retransmite a los satélites para que éstos los difundan a los usuarios.
- Estaciones de monitorización. Distribuidas por todo el mundo (Hawai, Ascensión, Diego Garcia y Kwajalein). Disponen de precisos relojes atómicos y equipos receptores especiales que les permiten detectar derivas en los relojes o modificaciones en la calidad de los datos.
- Antena terrena del enlace "up-link" que comunica con los satélites en la banda S.



8.3 Segmento de Usuario

El segmento de usuario consiste en los aparatos receptores sobre la Tierra. El equipo de usuario es un **dispositivo pasivo** en el sentido de que sólo recibe información de los satélites, cuya misión es obtener la señal de los satélites, la demodulan y extraen la información de efemérides de los satélites, de correcciones, etc. y presentan la información al usuario final.

El sistema GPS permite que la localización de cada usuario la conozca solamente el usuario debido a que no se emite ningún tipo de señal, con lo que la privacidad del servicio se garantiza.

9 Determinación de Posiciones

El sistema GPS consigue su cometido mediante la determinación de las distancias respecto a unos puntos **móviles** que son los satélites. Los otros sistemas basados en distancias relativas utilizaban siempre señales emitidas por estaciones de referencia muy bien conocidas. Además se utilizan referencias temporales **absolutas**, en el sentido de que se necesitan conocer exactamente los estados de los relojes de los satélites, no basta con medir el retardo relativo entre dos señales.

9.1 Pseudo Distancias

Si utilizamos sólo un satélite y conocemos su posición y la distancia que nos separa sabremos nuestra posición en un área de incertidumbre que es geoméricamente una esfera. Si disponemos de dos satélites y conocemos sus posiciones y las dos distancias podremos determinar nuestra posición a lo largo de una **circunferencia** como se ve en la Ilustración 1-2

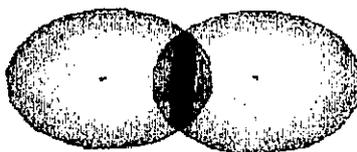


Ilustración -2: Localización con dos pseudodistancias.

Si conseguimos contar con otro satélite más podremos determinar nuestra posición en uno de los dos puntos en que se cortan las tres esferas (Ver. Generalmente uno de los puntos está lo suficientemente alejado de la superficie de la Tierra como para que se pueda rechazar por inconsistente.

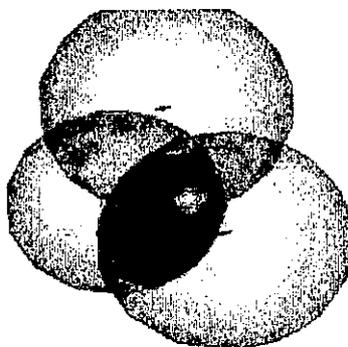


Ilustración -3: Localización con tres pseudodistancias.

El problema es que el método para estimar la distancia hasta un satélite depende en extremo de la calidad de los relojes empleados para medir el tiempo. Los factores que afectan a la medida de la distancia son:

- El **desfase en el reloj del receptor** (que suele ser de calidad media) puede provocar un apreciable error de distancia.
- Los **errores en el reloj del satélite** suelen ser despreciables, pero también hay que considerarlos.
- La **propagación a través de la ionosfera** produce un retardo variable debido a que la refracción que provoca varía de forma poco predecible.

Por estas razones lo que un receptor mide a partir de las señales recibidas son **pseudodistancias**, en las que se incluye un error provocado por las derivas de reloj del usuario, los retardos variables de la ionosfera, etc... En las ecuaciones siguientes se recoge su efecto en C_B , x_i y_i z_i y R_i son las coordenadas del satélite i ésimo y la distancia real que lo separa del receptor, respectivamente. Para el receptor hay 4 incógnitas a resolver: las tres coordenadas de su posición, la diferencia entre su reloj local y el **tiempo universal GPS**.

$$(x_1 - u_x)^2 + (y_1 - u_y)^2 + (z_1 - u_z)^2 = (R_1 - C_B)^2$$

$$(x_2 - u_x)^2 + (y_2 - u_y)^2 + (z_2 - u_z)^2 = (R_2 - C_B)^2$$

$$(x_3 - u_x)^2 + (y_3 - u_y)^2 + (z_3 - u_z)^2 = (R_3 - C_B)^2$$

$$(x_4 - u_x)^2 + (y_4 - u_y)^2 + (z_4 - u_z)^2 = (R_4 - C_B)^2$$

Resolviendo estas ecuaciones un receptor GPS obtiene su posición y la corrección que debe aplicar a su reloj para estar perfectamente sincronizado con el reloj atómico de referencia situado en Colorado Springs. El factor de la refracción ionosférica se corrige mediante las estimaciones que se transmiten en forma de coeficientes para un modelo global, en el mensaje de navegación y que son calculadas por el segmento de control del sistema.

Los incrementos de las pseudodistancias se denominan "**delta-pseudorange**" y se usan para calcular la velocidad del receptor. (Junto con medidas Doppler.)

9.2 Señales empleadas

Cada satélite emite dos frecuencias distintas pero coherentes entre sí:

- $L1 = 10.23 \times 154 = 1575.42$ MHz
- $L2 = 10.23 \times 128 = 1227.6$ MHz

Esas portadoras van moduladas según la técnica SSM (Spread Spectrum Modulation) por razones de seguridad y resistencia frente al ruido. (Ver Apéndice SSR)

La información dura **12.5 minutos de ciclo** y se transmite a una velocidad de **50 bps**, pero se ensancha en frecuencia por medio de códigos pseudoaleatorios. Por lo que los 50 bps de datos se encuentran ocupando un ancho de banda de 1 MHz con el código C/A y de 10 MHz con el código P.

De esta forma se asegura una cobertura global ininterrumpida que permite la visibilidad (con más de 5° de elevación sobre el horizonte) de un mínimo de 4 satélites. Además la órbita de 55° se eligió por dos razones:

- Se iban a lanzar los satélites mediante el programa Space Shuttle, que al final no se utilizó por causa del desastre de 1986. (Se utilizaron cohetes Delta-II.)
- Dos satélites que se crucen en órbitas opuestas lo harán con un ángulo de 90° lo que significa una buena geometría.

Los satélites disponen de cuatro paneles solares y su masa en órbita es de unos 1667 kg. La energía eléctrica se obtiene de paneles solares (auxiliadas por baterías recargables para los periodos de oscuridad) que proporcionan **600 W**. Se emite con una potencia de **25 W** por medio de un array helicoidal de polarización a derechas. Como la cobertura debe ser global, no se pueden emplear antenas muy directivas, y la potencia de la señal llega a la superficie de la Tierra con unos 30 dB por debajo de la densidad espectral de potencia del ruido ambiente que se recoge del cielo. La solución de ese problema es el uso de modulación de espectro ensanchado que permite conseguir una gran ganancia de procesamiento.

Los satélites del segundo bloque de relleno del sistema, lanzados tras 1992) tienen la posibilidad de enlaces transversales entre ellos, permitiendo la intercomunicación entre satélites. Disponen de cohetes propulsores para corregir su posición orbital durante su vida útil. Además se estabilizan con ruedas de momento (momentum wheels) alimentadas por potentes imanes. De esta manera se consigue que los paneles estén siempre orientados en la dirección adecuada.

Cada satélite lleva relojes atómicos de Cesio y Rubidio. El reloj de Cesio es más estable para periodos cortos de tiempo, mientras que para periodos largos lo es más el de Rubidio. Como se precisan grandes estabilidades en ambos términos cada satélite lleva **2 relojes de Cesio y 2 de Rubidio** funcionando a una frecuencia de **10.23 MHz**.

La sincronización de los relojes y de las frecuencias del sistema GPS se realizan desde el Segmento Terrestre del sistema. Todas las frecuencias de los satélites están sincronizadas con los relojes de los satélites, y la mayor desviación diaria permitida de la frecuencia de reloj es de 10^{-12} MHz (o lo que es lo mismo: una millonésima de Hz). Dada la extrema exactitud precisada, hay que considerar los efectos **relativistas** provocados por la gran velocidad de los satélites y por la diferente gravedad existente a 20169 Km de la Tierra.

- Relatividad Especial: Debido a la velocidad relativa entre los relojes de la Tierra y los que están en los satélites, el reloj del satélite observado desde la Tierra va más lento de lo previsto.
- Relatividad General: El satélite está situado en un campo gravitatorio más tenue que en la Tierra, por lo que su reloj irá levemente más rápido que en la Tierra.

Ambos efectos se cancelan si la órbita tuviera un radio 1.5 veces el radio terrestre, pero como es de casi 4 veces, los relojes de los satélites van más rápido que los terrestres. Si no se corrigiera ese efecto habría desfases de 38 microsegundos cada día, lo que provocaría un error en la posición de 11 Km.