

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/312890882>

Estructura del Sistema de Producción Cartográfico Digital del Servicio Geológico Minero Argentino

Conference Paper · November 2002

CITATIONS

2

READS

23

1 author:



[Gabriel Asato](#)

Servicio Geológico Minero Argentino

47 PUBLICATIONS **33** CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



spatial data infrastructure protopia [View project](#)



Geospatial data management techniques [View project](#)

Estructura del Sistema de Producción Cartográfico Digital del Servicio Geológico Minero Argentino

Carlos Gabriel Asato

Servicio Geológico Minero Argentino.
Av. Julio A. Roca 651, p8 of1. Buenos Aires.
ARGENTINA.
gasat@secind.mecon.gov.ar

Palabras Clave: SIG, Cartografía digital, Cartografía automatizada, Estructura de programas de producción digital, Programación SIG.

ABSTRACT

Digital map production systems have special importance and characteristics in national agencies as the Mining and Geological Survey of Argentina (SEGEMAR). Maps are standardized and map production is systematic. SEGEMAR has developed a series of concepts, database designs, maps standards, digital standards, and special map productions programs written in AML (Arc-Info Macro Language). This paper show those criteria employed in the development of map production systems and also explain the map production programs structure and characteristics.

RESUMEN

Como otros institutos de su tipo, el Servicio Geológico Minero Argentino, tiene como función específica la difusión de la información producida en forma de cartas temáticas. Este tipo de producción se caracteriza por ser sistemática y por contar con normativas especiales de realización. Con la aparición de los sistemas CAD y SIG, la automatización de los trabajos cartográficos ha sido tomada como una política de desarrollo, de mejoramiento de la producción y difusión de productos. Pero el éxito de un proyecto de esta clase y envergadura va a depender en gran medida de la realización de una fase de diseño de metodología de producción. Por otra parte, dada la complejidad de los procesos involucrados en el manejo de datos digitales, las exigencias de calidad en la introducción y despliegue de datos, y la eficiencia del sistema de producción, se hace necesario que estos métodos sean similares a los que desarrollan las industrias manufactureras. En el caso especial del SIG, la producción se logra mediante el diseño de la base de datos, definición de normativas, implementación de métodos de ingreso y edición de datos, definición de las normativas cartográficas, definición de productos cartográficos y automatización de procesos. Estas metodologías se detallan en el contexto del sistema de producción cartográfico digital que el Servicio Geológico Minero Argentino viene implementando con éxito desde el año 1994.

1. INTRODUCCION

Desde 1994, la Dirección del Servicio Geológico Nacional (DNSG), hoy Servicio Geológico Minero Argentino (SEGEMAR), viene desarrollando la tecnología SIG aplicada a la producción cartográfica digital.

Esta iniciativa de modernización surgió impulsada por El Programa Nacional de Cartas Geológicas, proyecto respaldado por la ley Nacional 24.224 que otorga al SEGEMAR las facultades de realizar y mantener la cartografía e información de los recursos geológicos del territorio Argentino.

El proceso de desarrollo del SIG tuvo varias etapas. La creación de la Unidad Sensores Remotos y SIG en 1994, el desarrollo de la primera normativa de digitalización en 1995 (Asato, 1995, Asato et al. 1996), los primeros desarrollos de programas de automatización cartográfica en colaboración con el Instituto Tecnológico Minero de España (ITGE) durante el período 1995-1996, y el desarrollo del Proyecto de Apoyo al Sector Minero (PASMA-PNUD, 1997-2000), financiado por el Banco Mundial, que permitió adquirir equipos y software modernos.

En lo que se refiere a los términos de producción cartográfica geológica digital, este trabajo está orientado a describir los principales conceptos de trabajo, la filosofía de manejo y explotación de la

información que se ha desarrollado a lo largo de estos años, y en especial los componentes clave y estructura de datos informática sobre la que se basan los programas de producción cartográfica digital del SEGEMAR.

2. DESARROLLO DEL SISTEMA DE PRODUCCION

Desde la creación de la Unidad Sensores Remotos y SIG (USRySIG), la principal tarea encarada por este sector fue la consolidación de las técnicas, el diseño y el desarrollo de un sistema de producción cartográfico digital para cartas geológicas regionales a escalas 1:250.000 y 1:100.000.

El análisis de los requerimientos cartográficos, tecnológicos y de producción institucionales llevaron a definir un concepto específico de SIG al que se denominó SIG Institucional (Asato et al. 1996, Asato 2001), un modelo estructura de base de datos, descrita en la Normativa de Digitalización de Cartas Geológicas y referidas al Modelo de Cartas Geológicas Regionales (SEGEMAR-IGRM, 1994), métodos especiales de digitalización y desarrollo de programas de producción.

El Concepto de SIG Institucional incluye una serie de criterios para guiar la estructura y desarrollo de un SIG acorde a las necesidades de las instituciones gubernamentales con producción cartográfica. Los elementos que definen al SIG Institucional son los siguientes:

1. Cuenta con información geológica normalizada, estructura de datos que debe estar debidamente documentada.
2. Como los datos institucionales son una fuente de datos básica para estudios de diversa índole, la estructura de datos debe estar diseñada para adaptarse a usos generales.
3. Los datos deben ser de calidad reconocida y deben ser documentos válidos desde el punto de vista legal.
4. Cuenta con capacidad informática para manejar un gran volumen de datos.
5. Las cartas deben estar indexadas y referidas geoméricamente a una grilla nacional, de modo tal de facilitar el manejo e integración de la información con la cartografía de otras instituciones nacionales.
6. La estructura de producción debe ser sistemática (de tipo industrial), para garantizar calidad y producción.
7. Los datos digitales están debidamente documentados como metafilas, siguiendo las normativas internacionales, de modo de facilitar su clasificación, búsqueda, comprensión y uso en los más diversos proyectos.

La Normativa de Digitalización de Cartas Geológicas, es un documento que define la estructura de los datos digitalizados, las tolerancias de digitalización, proyecciones utilizadas, estructura de tablas de atributos, simbologías, etc. Esta estructura fue diseñada teniendo en cuenta las características temáticas y espaciales y especiales de la información geológica (Estes, 1992; Asato 2001), de modo tal de generar una base de datos apropiada para el análisis, y producción cartográfica digital (Asato et al., 1996).

Los métodos de digitalización fueron diseñados para responder a las necesidades de precisión y representación cartográfica a escala 1:250.000 y 1:100.000, poniéndose especial cuidado en el desarrollo de técnicas que permiten el despliegue de mapas de calidad y con información consistente en sus aspectos conceptuales y espaciales.

Las rutinas de relevamiento y confección de mapas geológicos, debieron ser adaptadas a los requerimientos de la tecnología SIG. Se debió realizar una transferencia de conocimientos a los geólogos responsables de realizar los mapas, en temas referidos a las características de las proyecciones cartográficas, importancia del uso de imágenes satelitales, uso de bases cartográficas con proyecciones y deformaciones controladas, y capacidades y limitaciones de los SIG.

Para desarrollar la infraestructura de producción se siguieron algunos criterios de diseño de sistemas en ambiente corporativo (ESRI, 1994a y 1996). Principalmente, el sistema informático está conformado por estaciones Windows NT con emuladores X, un servidor UNIX de aplicaciones, con Arc-Info, el cual además de centralizar los programas, permite el acceso a los macros de producción y datos auxiliares. Las tareas de respaldo (back-up) y conectividad entre sistemas Windows NT y UNIX fueron realizadas con un sistema LINUX con los protocolos de distribución de sistemas de archivos (*file system sharing*) SMB y NFS.

Dada las necesidades del volumen de producción cartográfica (20 hojas 1:250.000 por año) se adoptó como estrategia lograr el desarrollo de un sistema de producción automatizado basado en tecnología SIG. Según este enfoque, la herramienta SIG adquiere el sentido de ser una caja de herramientas (*tool box*), es decir que el sistema debe ser adaptado y programado para desarrollar una actividad específica y sistemática.

3. ETAPAS DE CREACION DE UN MAPA GEOLOGICO

Básicamente, las etapas de producción de un mapa digital son las siguientes:

1. Levantamiento geológico regional.
2. Delineado manual de cartas geológicas sobre transparente indeformable.
3. Digitalización.
4. Procesamiento de la información y generación de archivos postscript de impresión.
5. Impresión de mapas preliminares.
6. Aprobación final.
7. Almacenamiento e impresión del mapa final.
8. Venta.

4. ESTRUCTURA GENERAL DE LOS PROGRAMAS DE PRODUCCION CARTOGRAFICO-DIGITAL

Desde la creación de la USRySIG, se han desarrollado un sinnúmero de programas de producción digital. El primer modelo básico fue desarrollado en 1996 por C. G. Asato (USRySIG) y F. Pérez Cerdán (ITGE). Durante el proyecto PASMA (período 1997-2000), se desarrolló una segunda etapa de trabajo durante la cual se implementaron nuevos programas para nuevos tipos de mapas, sumándose al equipo de trabajo J. Romano (USRySIG).

Los programas de producción digital fueron escritos en lenguaje AML (Arc-Info Macro Language), se desarrolló uno para cada tipo temático de mapa, y los mismos fueron preparados para funcionar con la siguiente sintaxis:

```
programa_que_realiza_el_mapa <índice_numérico_de_la_carta>
```

A diferencia de un sistema CAD, donde el mapa es resultado de un trabajo de edición gráfico, estos programas generan la composición cartográfica leyendo la información depositada en el sistema de base de datos, de modo tal que el mapa resultante no debe ser entendido como un mero gráfico sino como el resultado de una consulta al SIG.

4.1 Organización de las Capas del SIG de Geología Regional

La información geográfica forma parte de los mapas 1:250.000 y 1:100.000 está organizada en cartas, las cuales están referidas a una grilla índice nacional identificada con un índice numérico (IGM, 1946). Referida a cada una de las cartas hay una serie de capas de información geográfica que se utilizan para generar los mapas. El diseño de la estructura digital de cada una de estas capas fue realizado teniendo en cuenta las características temáticas y especiales de cada uno de los objetos geográficos a representar, siguiendo en parte los criterios de ESRI (1994b), y Hands-Dieter et al. (1998).

Básicamente, las capas de información que se almacenan en el SIG son las siguientes:

Marco de la Hoja

Define el área geográfica que abarca cada una de las cartas. Esta capa de información cumple una función fundamental en la administración del sistema de datos porque define la unidad cartográfica de captura. Además provee de un marco de referencia y control de precisión y exactitud para todas las demás capas de información, permite el ajuste controlado con cartas adyacentes y facilita la organización de la información de estructuras de celdas dada la características de autosemejanza geométrica (self similarity geometry), de modo de armar estructuras como la que generarían los ladrillos de una pared (Laurini, 1992; ESRI, 1994b; Asato 2001). El marco de la carta es de tipo rectangular esférico, con vértices definidos cada 5 minutos de grado, y puntos de registración (tics) digitalizados en cada uno de sus extremos, los cuales están calibrados a la proyección Gauss Kruger.

Contactos, Fallas y Litologías

En esta capa de información se guardan los datos correspondientes a los cuerpos geológicos y sus contactos, en la forma de polígonos y arcos.

Estructuras de Plegamiento

Es una capa de geometría de arcos que define las estructuras de plegamiento.

Medidas Estructurales

Son datos puntuales, tomados con GPS, sobre el rumbo e inclinación de estructuras geológicas.

Indicios Minerales

Datos de tipo puntual que definen la ubicación de yacimientos mineros.

Altimetría

Capa de información de arcos y puntos con curvas de nivel y puntos acotados.

Hidrografía

Información de tipo poligonal y de arcos que definen a los cuerpos de agua y la red hidrográfica.

Infraestructuras

Se definen las vías de comunicación y los elementos urbanos como datos de arcos y puntales.

División Política

Límite de jurisdicción administrativa, con topología de arcos y polígonos.

4.2 Metodología de Despliegue de la Información Cartográfica

El esquema de tratamiento de la información temática a partir de capas de información es un esquema dinámico y eficiente ya que a partir de un conjunto de datos es posible generar muchas representaciones, y por ende, distintos tipos de mapas.

Las capas de información que fueron definidas en el ítem anterior son combinadas entre sí para generar distintos tipos de cartas, como por ejemplo cartas geológicas, cartas topográficas, cartas de recursos minerales, etc.

Para realizar la combinación de datos y el despliegue de la información, los programas de producción realizan las siguientes operaciones:

- a. Definición de las capas que integran el mapa.
- b. Selección de los elementos geográficos que van a ser desplegados en cada una de las capas.
- c. Definición del orden en cual se va a desplegar la información.
- d. Determinación de una determinada instrucción gráfica para cada tipo de dato geométrico y de una simbología especial para cada elemento geográfico.
- e. Realización del despliegue gráfico.
- f. Despliegue de la grilla de coordenadas.

El método de despliegue se puede definir según un modelo formado por tres componentes: una instrucción específica para el despliegue de la primitiva geográfica, un archivo de simbologías, una tabla de

descripción de elementos geográficos y simbologías (LUT). A su vez, el método de despliegue puede ser general, cuando se usan procedimientos de despliegue de objetos geográficos nombrados y con simbologías normalizadas, o específico, cuando es necesario generar una LUT especial para un despliegue.

Con respecto al método de despliegue general, cada uno de los elementos geográficos que forman las capas de información está identificado en la tabla de atributos con un número, los cuales se relacionan a una base de datos externa donde se guardan la descripción y simbología de cada uno de estos elementos geográficos. Las tablas de descripción de elementos geográficos y simbologías fueron denominadas como *dicc_pnt* (LUT de puntos), *dicc_lin* (LUT de líneas), *dicc_pol* (LUT de elementos poligonales), y los códigos de identificación numéricos fueron realizados siguiendo una metodología de organización de datos en listas jerárquicas de datos. Cada una de estas tablas tiene a su vez un archivo de simbologías asociado (*igrm.mrk*, *igrm.lin*, *igrm.shd*), tomándose como modelo de diseño de símbolos el Reglamento Cartográfico Nacional (IGM, 1946) y el Modelo de Carta Geológica (SEGEMAR-IGRM, 1994).

Para aplicar el método específico es necesario generar una LUT y un archivo de simbologías particular para realizar el despliegue de la capa de datos. Este método, se emplea para desarrollar los archivos de simbologías de rocas, dado que la complejidad de rasgos y colores que se usan para graficarlas, hace que sea imposible generar un único archivo general con todas las combinaciones posibles.

La técnica de armado de rasgos específicas, fue desarrollada por F. Perez Cerdán. Funciona a partir del armado de una tabla con información del identificador de unidad litológica, color, y características de la rasgo tales como tipo, tamaño, arreglo geométrico, etc. Un programa lee esta tabla y genera el correspondiente archivo de simbologías, utilizando para ello un archivo de patrones litológicos y una tabla de colores, esta última cedida por el Servicio Geológico Australiano.

4.3 ARMADO DEL MAPA Y DESPLIEGUE DE ELEMENTOS AUXILIARES

El armado del mapa exige una coordinación de los datos de la carta e información auxiliar. Fundamentalmente es necesario identificar el nombre de la carta, escala, área geográfica, referencias, y datos auxiliares a fin de poder calcular el armado gráfico y la posición de cada uno de los elementos.

4.3.1 Encabezado del mapa

Los datos de título, codificación, provincia, etc. son recuperados de una base de datos cartográfica, utilizando para ello un búsqueda por código de identificación cartográfica IGM.

4.3.2 Mapa de ubicación

Es generado a partir de un SIG de la República Argentina a escala 1:2.500.000, en el que se encuentran datos con la división administrativa, grilla de referencia, etc. Para el armado del gráfico se utilizan como parámetros el código de identificación de hoja cartográfica y además se recupera la extensión geográfica para identificar la región por selección espacial, y generar un mapa índice de cartas adyacentes por relación espacial de adyacencia.

4.3.3 Referencias

Se generan a partir de un programa realizado por Cerdán y Romano que extrae la lista de elementos geográficos, los relaciona a las LUT generales (*dicc_pnt*, *dicc_lin*, etc.) y genera un archivo gráfico.

4.3.4 Escala, logos, y otros elementos gráficos

Otros elementos como la escala gráfica, mapas de geología regional, columna estratigráfica, perfiles geológicos son almacenados como componentes gráficos, y son posicionados en el mapa en lugares ya determinados y ajustados en función de sus tamaños.

4.3.5 Textos

Pertenece a esta categoría textos especiales, guardados en formato ascii. como autores, textos explicativos, notas legales, etc.

5. ALMACENAMIENTO DE ARCHIVOS GRAFICOS E IMPRESION

Los mapas generados con los programas de producción pueden tener dos salidas, una en pantalla que se utiliza a fines de inspección de los datos y otra en un archivo de impresión gráfico en formato postscript. Una vez validada la información, el archivo es guardado en un servidor UNIX de impresión y accedido con un programa de ventanas escrito en Tcl-TK o shell-script. De esta manera los datos pueden almacenados e impresos a posteriori.

El formato de impresión postscript es un tipo de archivo normalizado propiedad de la firma Adobe. Este formato se caracteriza por ser universal, especialmente preparado para trabajos de impresión profesional y además cuenta con la ventaja de ser transportable, es decir que es posible utilizarlo, por lo menos en teoría, en una gran cantidad de plataformas, programas y sistemas de impresión.

6. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Desde la creación de la Unidad Sensores Remotos y SIG en 1994, el Servicio Geológico Minero Argentino se abocó en el desarrollo de un sistema de producción cartográfico digital basado en tecnología SIG.

El desarrollo de esta tecnología fue posible a partir de un estudio pormenorizado de las características de los datos geológicos, necesidades institucionales, desarrollo tecnológico, y criterios y normativas de confección de cartografía.

A partir de estos análisis se desarrollo el concepto de SIG Institucional, se crearon las normativas de digitalización de cartas geológicas, se adecuó el equipamiento y se encararon tareas especiales de capacitación.

La base conceptual también permitió definir las bases del modelo de datos, y la estructura y modelo de programación.

Los programas que se generaron en lenguaje AML (Arc-Info Macro Lenguaje), se desarrollaron para crear mapas en función del código cartográfico. Cada uno de estos programas fue diseñado para desplegar cartas específicas en función del análisis de una base de datos cartográfica e información auxiliar.

Las cartas generadas por los programas de producción digital son almacenadas en formato postscript para su posterior impresión y comercialización.

Si bien durante los últimos años este esquema de programación ha permitido mantener una producción digital eficiente e importante, todavía se continúa trabajando en las búsqueda de metodologías de programación que permitan mejorar la flexibilidad de los programas de modo tal que las mejoras y creación de nuevos productos no demande tiempos de programación considerables.

En esta línea se están explorado nuevas técnicas de tratamiento de datos y programación con el fin de lograr programas modulares y flexibles. Es prometedor el horizonte que abre el análisis orientado a objetos, habiéndose logrando un prototipo de programa de producción digital flexible, modular y fácil de adaptar para proyectos diversos. Este programa de nueva generación esta dando muy buenos resultados

(Asato, 2002, este simposio) y se ha aplicado en la confección del Mapa de Recursos Mineros de América del Sur y el Mapa Geológico de Santa Cruz.

Agradecimientos

El autor agradece a las autoridades del SEGEMAR la lectura y el permiso para publicar este trabajo.

BIBLIOGRAFIA

Asato, C. G., 1995. "Condiciones Técnicas y Administrativas para la Digitalización de Mapas Geológicos" Revisado por F.P. Cerdán y G. Marín. *Open File*. Dirección Nacional del Servicio Geológico, Buenos Aires, República Argentina.

Asato, C. G., Fernando Perez Cerdán, Graciela Marín, 1996. "SIG Central del Servicio Geológico, La Importancia del Manejo Integrado de Datos Geológicos en Formato Digital". XIII Congreso Geológico Argentino. III Congreso de Exploración de Hidrocarburos. October 13 –18 1996. Buenos Aires, República Argentina.

Asato, C.G, 2001. "Design Criteria in Government Institutional GIS". International Association of Mathematical Geology Congress, Cancún 2001.

ESRI, 1994a. "*GIS Approach to Digital Spatial Libraries*". ESRI White Paper. Mayo 1994.

ESRI, 1994b. "ARC/INFO Data Management". ESRI, Redland, USA, 1994.

ESRI, 1996. "*System Design Strategies. A methodology for Designing Arc-Info and Arc/View Enterprise Environments*". ESRI White Paper. Mayo 1996.

ESTES, J.E., 1992. Remote Sensing and GIS Integration: Research, Needs, Status and Trends. ITC Journal 1992-1.

HANS-DIETER, E., F. LOHMANN, K. NEUMANN, I. RAMM, 1988. A Database Language for Scientific Map Data. Geologisches Jahrbuch. Reihe A. Heft 104. Construction and Display of Geoscientific Maps Derived from Databases.:139-152. Hannover.

SEGEMAR-IGRM, 1994."Modelo de Carta Geológica, Normativa de Realización". Programa Nacional de Cartas Geológicas de la República Argentina. Buenos Aires, Argentina. Septiembre 1994.