



SIGTERNET

Este artículo es una versión modificada y extendida del trabajo: **"Sistema Integral para Construir y Explotar Bases de Datos Geográficas Vía Internet"**, publicado en la revista *Computación y Sistemas*, editada por el Centro de Investigación en Computación - IPN, Vol. 11, No. 2, 2007, pp. 157-173.

INTRODUCCIÓN

Los **Sistemas de Información Geográfica (SIG)** [Rigaux, Scholl, Voisard, 2001] son herramientas que por más de cuatro décadas han sido útiles en áreas como transporte [Lang, 1999], exploración y explotación de recursos naturales [Tomlinson, 2003], estudios cartográficos [Steede-Terry, 2000], análisis de zonas de riesgo, aprovechamiento del suelo [Tomlinson, 2003], turismo, salud [Cromley, McLafferty, 2002], etc. En estos años se ha visto una gran evolución de tales sistemas, así como, una dramática reducción en sus costos de producción [Rigaux, etc., 2001]. Este fenómeno se ha visto potenciado por el uso extensivo de la red Internet que permite establecer comunicación eficiente con servidores de información, así que en la actualidad es posible implementar los SIG's de manera que se pueda acceder a ellos desde cualquier computadora conectada a Internet. De esta manera, los cambios más relevantes que se han dado durante la última década en la forma de operar los SIG's incluyen:

1. Se utiliza una arquitectura cliente-servidor.
2. La explotación y construcción de los SIGs se hace directamente desde Internet.
3. Con excepción de los servidores y estaciones gráficas especializadas todas las computadoras que se usan son personales e incluso portátiles.
4. Se utilizan navegadores de Internet para las interfaces de interacción y consulta.
5. Los estándares para representar información están basados en lenguajes ontológicos como XML [Bray, etc., 1998] o RDF [Brickley, Guha, 1999].
6. Es posible actualizar la información a partir de fuentes directas (como las que se obtienen de imágenes satelitales).
7. Es posible establecer servicios donde colaboren varios SIGs.

Para contar con una plataforma de construcción de SIGs con estas características, se formó en 1996 un grupo de desarrollo que involucró especialistas de la **Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura del IPN** y del **Departamento de Ingeniería Eléctrica del CINVESTAV**. En 1996 se hizo un estudio teórico sobre las herramientas básicas que debía tener la plataforma. En 2001 se construyeron los primeros lenguajes de especificación del sistema. Luego en 2002, con apoyos de la **Organización Meteorológica Mundial** y de

por el Ing. Feliú D. Sagols Troncoso,
Departamento de Matemáticas,
CINVESTAV.



por el Dr. Juan Manuel Navarro P.,
Coordinador del Doctorado de Hidráulica
Ambiental. Escuela Superior de Ingeniería y
Arquitectura, Unidad Zacatenco.
Instituto Politécnico Nacional.



por el Lic. Estela Hernández Juárez,
Programadora Independiente.



por el Ing. José Alfredo Galindo Sosa,
Gerencia de Consejos de Cuenca, CNA.



la **Comisión Nacional del Agua** se construyó un Sistema para la Cuenca del Río San Juan-Bravo [Navarro, Sagols, 2001]. En 2003 se construyó para la Comisión Federal de Electricidad la primera versión del Sistema de Asociación Documental a Mapas y se aplicó en un Sistema para la cuenca del Río Fuerte [Navarro, Sagols, 2005]. Estos dos sistemas hasta la fecha están en operación.

En 2005 se revisó la metodología de programación, concluyendo que debía cambiarse porque la mayor parte del trabajo recaía sobre el servidor saturándolo. Se incorporó entonces a Flash [Lott, J., Reinhardt, R. 2006] como plataforma de desarrollo, porque tiene soporte de datos vectoriales e imágenes apropiado para procesar la información cartográfica en los clientes, aún con mapas grandes. En la nueva versión, la especificación cartográfica se hace en un formato basado en XML (ampliamente utilizado en estándares de intercambio de información cartográfica [Chang, Y., Park, H. 2006], [Bressan, S., Zhang, C. 2005]) que maneja datos vectoriales e imágenes de manera directa. El nuevo diseño del sistema, compite con el de otros productos similares y resulta atractivo por su bajo costo para desarrollar aplicaciones. Ahora, el servidor donde se instale puede usar indistintamente Linux, Windows o MacOS y los clientes pueden utilizar cualquier computadora provista de un navegador compatible con Internet Explorer o Mozilla. En esta nueva versión, liberada en septiembre de 2007, el servidor se usa para almacenar las bases de datos; la mayor parte del trabajo se realiza en el cliente, mientras que las tareas en el servidor se gestionan con PHP y el manejo de los datos se hace con MySQL [Davis, M.E., Phillips, J.A. 2006].

Hasta antes del año 2004 prácticamente no existían SIG's accesibles vía Internet, en este sentido **SIGTERNET** ha sido pionero a nivel internacional. A partir de 2004 empezaron a surgir herramientas como son los mapas HTML introducidos en **Grass** [GRASS-GIS 2004] que permiten consultar mapas residentes en un servidor SIG. Un poco después, la empresa **ESRI** lanzó ARC-IMS y ARCGIS-EXPLORER [ESRI 2005] diseñado para consultar sistemas de información geográfica distribuidos. Por su parte, la división **GIS** de Autodesk [GIS DE AUTODESK, 2006] introdujo paralelamente Autodesk MapGuide Server, Autodesk Map Guide Author

El criterio fundamental que ha orientado el diseño de SIGTERNET es la modularidad...

y Autodesk MapGuide Visualizador, que ofrecen acceso a sistemas desarrollados sobre AutoCAD Map en redes Internet e Intranet.

En la actualidad hay muchos productos para construir SIG's accesibles vía Internet; una extensa lista que es actualizada con regularidad se encuentra en el **Departamento de Geografía de la Universidad de Edinburgo** [Gittings, 2007]. Sin embargo SIGTERNET sigue teniendo un lugar dentro de las aplicaciones SIG por su bajo precio de desarrollo y por su estructura; a nivel nacional es único en su tipo.

El artículo está organizado de la manera siguiente. En la **Sección 2** se presentan las consideraciones de diseño de SIGTERNET así como las decisiones básicas que se tomaron en aspectos como: representación interna de la información, plataformas de desarrollo y estándares considerados. En la **Sección 3** se presenta el lenguaje XML para especificar mapas. En la **sección 4** hacemos un recorrido por el sistema presentando sus características más relevantes desde la perspectiva de usuario final. En la **sección 5** introducimos lo que hemos denominado Sistemas de Asociación Documental a Mapas que constituyen un método simple para hacer el acopio documental que finalmente ha de originar un SIG completo. En la **Sección 6** se presentan cuatro productos desarrollados con SIGTERNET, el primero es el Sistema de Información para la Cuenca del Río Fuerte desarrollado para CFE y el segundo es un Sistema de Información para presentar datos en exploraciones del Banco Chinchorro realizadas por biólogos marinos de la Unidad Mérida del CINVESTAV, así como, dos proyectos que fueron realizados en Arc View en sus versiones 3.1 y 3.2, y transferidos a SIGTERNET, correspondientes a la cuenca del Río Copalita y la Cuenca del Río Tuxpan. Por último, en la **Sección 7** se dan las conclusiones del trabajo.

prioriza las capacidades de adaptación en este sentido. Hay por supuesto otros criterios de diseño importantes en SIGTERNET; en la Tabla 1, presentamos aquellos que consideramos más relevantes, junto con la justificación de las decisiones tomadas al respecto.

TABLA 1. CRITERIOS COMPLEMENTARIOS DE DISEÑO DE SIGTERNET.

Criterio de Diseño	Justificación
Uso Intensivo de Internet	Al momento de diseñar SIGTERNET prácticamente ninguna plataforma de desarrollo de SIG's existente (con excepción de Grass) podía ser usada vía Internet. Actualmente es fundamental que la especificación, uso y consulta de SIG's pueda hacerse usando la red porque sólo así será posible alcanzar un uso masivo de estas herramientas y fomentar el trabajo interdisciplinario que demandan los SIG's.
Uso Irrestringido de Lenguajes de Especificación	Los lenguajes ontológicos ¹ , proveen un marco de consulta y recuperación de información más rico que los ambientes tradicionalmente usados en el pasado en los SIG's. Poco a poco estos marcos se han ido incorporando en las plataformas de desarrollo y actualmente XML es el entorno que ha ganado mayor terreno. Sin embargo, en SIGTERNET estamos preparados para cualquier cambio en este sentido de modo que podríamos adaptarnos a cualquier otra ontología.
Uso de la Arquitectura Cliente-Servidor	La cantidad de información que genera un SIG demanda muchos recursos de la computadora huésped, así que resulta apropiado que esta información resida en un servidor poderoso accesible vía Internet. Prácticamente todo el software que existía en la época en la que se diseñó SIGTERNET, trabajaba de manera local y en algunos se permitía el acceso a información remota, sin que los sistemas resultantes fuesen verdaderamente distribuidos; esto era grave porque los usuarios debían tener computadoras capaces de almacenar los sistemas completos de manera local.
Explotación del Software Multiplataforma	La red Internet ha estado ligada al Sistema Operativo UNIX desde su aparición a finales de la década de los 60's. Hasta hace poco tiempo, la mejor infraestructura para implementar sistemas cliente servidor y las aplicaciones web, estaba dada por el soporte de este sistema operativo o el de su sucesor LINUX; sin embargo, en la actualidad, las capacidades de lenguajes de programación como Java o Flash, junto con sus máquinas virtuales integradas directamente a los navegadores de Internet, hacen posible construir desarrollos multiplataforma que tomen lo mejor de cada sistema operativo. Definitivamente ésta es la tendencia actual de desarrollo de software y es la que se sigue en la mayoría de los sistemas de construcción de SIG's.

¹ En la versión actual de SIGTERNET sólo utilizamos las facilidades ontológicas de XML para definir los individuos que intervienen en nuestras aplicaciones y sus propiedades. Estamos trabajando en extensiones para construir redes semánticas, que junto con la incorporación de sistemas de razonamiento apropiados sirvan para validar la información que alimenta a los sistemas y que permita también extender las facilidades de consulta. En este sentido parece mucho más apropiado utilizar GML [OGC 2007] u OWL [Abdelmoti et al, 2005].

2 SOBRE EL DISEÑO DEL LENGUAJE DE ESPECIFICACIÓN DE SIGTERNET.

El criterio fundamental que ha orientado el diseño de SIGTERNET es la modularidad, así que prácticamente cada componente puede ser reemplazado sin que esto tenga influencia importante en la operación global. Donde se ha tenido mayor cuidado en alcanzar esta meta, es precisamente en los componentes encargados de interpretar la especificación de los mapas y su información asociada. En este sentido hemos tratado que cualquier formato aplicable sea igualmente posible, aunque en la actualidad nos enfocamos principalmente a aquellos formatos basados en XML. No hemos optado por un estándar porque ninguno disponible se adapta completamente a nuestras necesidades de representación; lo que sí hemos tratado, es que los módulos de interpretación XML sean absolutamente reemplazables.

Normalmente, cualquier plataforma para el desarrollo de SIG's contempla el uso de modelos de especificación y de consulta inamovibles lo cual limita la utilidad de las herramientas, porque al aparecer nuevos estándares o modelos de comunicación, ya no pueden soportar las exigencias de interoperabilidad y dejan de ser competitivas. Esto marca la mayor diferencia con nuestro enfoque que

Los modelos de especificación en SIGTERNET sirven esencialmente para definir dos aspectos:

1. El formato para especificar la base de datos espacial de la aplicación. Los detalles del formato se dan en la Sección 3.
2. El formato para especificar la base de datos nominal y sus ligas con la base de datos espacial. Éste es un lenguaje basado completamente en SQL. No presentamos los detalles por ser convencionales.

Es importante decir que las facilidades para construir la especificación de la información espacial en SIGTERNET, se basan en el uso de scripts de LINUX que extraen directamente los mapas de archivos DXF de Autocad. Hemos elegido DXF porque todas las fuentes cartográficas vectoriales del INEGI [INEGI, 2000] pueden ser transformadas directamente a este formato.

En la actualidad, se han establecido en el mundo estándares de intercambio de información que permiten la integración de SIG's. Entre ellos está el servicio OGC WMS (Open GIS Consortium Web Map Server) [OGC, 2007] con el que es posible intercambiar mapas prácticamente sin la intervención del usuario. Otro aspecto importante es el que tiene que ver con metadatos, que sirven esencialmente para intercambiar información geográfica, alfanumérica, imágenes y documentos. Un estándar empleado en México por el INEGI es el formato de metadatos ISO23950 [ISO23950, 2007] que también lo utiliza el FGDC (Federal Geographic Data Committee). El formato XML que presentamos de alguna forma puede ser considerado una versión simplificada de este último estándar y estamos trabajando para que podamos contar con la implementación completa del mismo.

3 LENGUAJE PARA ESPECIFICAR LA INFORMACIÓN ESPACIAL DE UN SIG.

En esta sección, se introducen los detalles de diseño del lenguaje XML [Heather-Williamson, 2001] en el que está basado el formato actual de intercambio de mapas e información espacial en SIGTERNET. Presentamos a continuación cada una de las etiquetas que conforman el lenguaje.

ETIQUETA wcoord

La etiqueta <wcoord> sirve para especificar las coordenadas extremas (en coordenadas del mundo real) del rectángulo usado para desplegar el mapa. Sus atributos son **type**, **x0**, **y0**, **x1** y **y1**, donde **type** es el tipo de coordenadas que se utilizan, sus valores pueden ser: UTM, Lambert y Geo; (**x0**, **y0**) y (**x1**, **y1**) son las coordenadas extremas del rectángulo que contiene a todo el mapa.

ETIQUETA newlayer

En esta etiqueta se especifica el nombre de una capa de información espacial con el atributo **name**, el color de las líneas o textos con el atributo **color** y el grosor de las líneas con el atributo **thickness**. Esta etiqueta contiene a su vez a las etiquetas **text**, **line**, **fill** e **image**.

ETIQUETA text

Esta etiqueta sirve para incorporar textos a una capa de información espacial. El texto propiamente se introduce con el atributo **textstring**, la posición en el mapa se indica con los atributos **x** e **y**, el tamaño del texto con el atributo **size**.

ETIQUETA line

Con esta etiqueta se especifica un segmento rectilíneo en la capa que la contenga. Cada segmento se construye dando sus puntos inicial y final mediante los atributos **x0**, **y0**, **x1** y **y1**.

ETIQUETA image

Con esta etiqueta, se introduce el nombre de un archivo (atributo **file**) que contiene una imagen que se desplegará dentro de la capa que contenga la etiqueta; la imagen puede corresponder a una imagen satelital, un ortomapa, una imagen de radar, una fotografía aérea, etc. Las coordenadas (**x0**, **y0**) y (**x1**, **y1**) indican las coordenadas extremas del rectángulo que contiene a la imagen.

ETIQUETA north

Con la etiqueta **north** se especifican la posición y ángulo en grados (atributos **x**, **y**, **ang**) de la figura que muestra el norte en el mapa.

ETIQUETA layers

Finalmente, la etiqueta **layers** contiene un conjunto de etiquetas **newlayer** y con éstas se especifican el conjunto de capas que aparecerán o no por defecto al cargar el sistema.

Actualmente contamos con herramientas para construir la especificación XML de los mapas que alimentan a SIGTERNET a partir del formato DXF. Todos los programas están escritos en C y se utilizan desde un ambiente gráfico accesible vía Internet, al que se tiene acceso mediante el mapa de la República

Mexicana que permite seleccionar de qué región se quiere obtener la información. El sistema construye la especificación del mapa y lo entrega en formato XML junto con las imágenes y scripts de MySQL que generan la base de datos.

4 FACILIDADES DEL SISTEMA DE CONSULTA DE SIGTERNET.

En esta sección presentamos, de manera general, las facilidades de consulta de SIGTERNET y algunos módulos para la generación de gráficos y asociación documental. La interfaz principal de consulta aparece en la Figura 1, dominando el área de despliegue donde aparece el mapa de la zona de estudio.



Figura 1. Interfaz principal de consulta de SIGTERNET.

El mapa se encuentra dividido en capas, cada una de ellas contiene la información introducida en la etiqueta <layer> que se presentó en la sección anterior. La lista completa de capas en el mapa se obtiene presionando el botón con la leyenda "Capas"; al presionarlo aparece la ventana que se muestra en la Figura 2. El usuario puede seleccionar las capas de información espacial que desea visualizar junto con la opacidad con la que quiere ver cada una de ellas: a mayor opacidad más difícil es ver a través de la capa.

El sistema cuenta en el ángulo inferior izquierdo con un visualizador miniatura de la región de estudio, éste contiene elementos para cambiar la escala del despliegue y para desplazarse dentro del mapa. El sistema también tiene la posibilidad de que el usuario construya y almacene dibujos simples sobre la interfaz. Por ejemplo, para dibujar un círculo se presiona el botón que muestra un compás, cuando aparece el compás el usuario selecciona con el cursor del ratón la posición donde debe encajar la punta, luego se arrastra con el ratón la otra punta y al soltar el botón del ratón el compás inicia el trazado del círculo. Se cuenta con herramientas similares para trazar rectas y segmentos de recta, para dibujar puntos y para colocar textos sobre los mapas. El color con el que aparecen los trazos se selecciona con el selector de colores que aparece en la interfaz y del mismo modo se puede seleccionar el tamaño de letra para los textos o el grosor de los trazos. El botón con el icono que muestra un diskette sirve para almacenar los trazos que haya puesto el usuario. Finalmente, el botón que muestra un folder medio abierto sirve para abrir dibujos hechos en sesiones previas.

¡ I N T É G R A T E



Procedimiento para ser Socio

- Ser mexicano por nacimiento o por naturalización, estar en pleno uso de sus derechos civiles, ser titulado a nivel licenciatura, o con estudios de posgrado, y tener experiencia mayor a cuatro años en las especialidades de puertos, obras marítimas, vías navegables y dragado,
- O bien, ser estudiante nacional o extranjero, comprometido con las áreas y disciplinas de la ingeniería portuaria,
- Cubrir una cuota anual de \$400.00. Enviar la cuota de nuevo ingreso o renovación en cheque o bien depositar directamente a la cuenta:

Asociación Mexicana de Ingeniería Portuaria, Marítima y Costera, A.C.

Banco: Banorte

Nº de Cuenta: 010715947-2

Sucursal: Copilco # 2340

Enviar vía fax el comprobante de depósito bancario o el cheque que ampara el pago, y que a su vez es el instrumento que nos permite identificar la procedencia del depósito.

Llenar un formato de datos personales con la finalidad de tener registrados en la base de datos a todos nuestros socios y, de esta manera, hacerles llegar información de cuanto acontece en nuestra Asociación. El número telefónico donde puedes enviar tu documentación, así como solicitar cualquier tipo de información o hacer alguna aclaración es:

(01-55) 5171-1719

(directo y fax)

con el Ing. Jesús Huidobro
González.

A L A A M I P !