

Implantación de un Sistema de Información Geográfica basado en software libre para el estudio de recursos hídricos y procesos hidrológicos.

F.J. Gomariz Castillo, J. Moreno Brotons, F. Cánovas García y F. Alonso Sarria

Instituto Universitario del Agua y del Medio Ambiente. Universidad de Murcia. Campus de Espinardo, Edificio B. 30100 Murcia. fjgomariz@um.es; jesusmb@um.es; fulgencio.canovas@um.es; alonsarp@um.es

RESUMEN

En este trabajo se describe la solución ideada para la implantación de un Sistema de Información Geográfica que debe dar servicio al Instituto Universitario del Agua y del Medio Ambiente de la Universidad de Murcia y al Instituto Euromediterráneo del Agua.

Dada la naturaleza de ambas instituciones, se trata de una herramienta orientada fundamentalmente al estudio de recursos hídricos y procesos hidrológicos.

El proceso se inició con una identificación de las necesidades de los usuarios (con perfiles y requerimiento diferentes) y el posterior desarrollo del diseño conceptual que pudiera asegurar la satisfacción de estas necesidades. Debido a que los requerimientos de los usuarios así lo demandaban, se ha tenido en cuenta tanto a usuarios que trabajan en entorno linux como a otros que lo hacen en entorno windows.

Se ha optado por un sistema basado en software libre utilizando GRASS para el manejo de información raster y modelización; postgis (sobre PostgreSQL) y GRASS para la gestión de información vectorial; y QGIS, gvSIG y Kosmo como interfaces gráficas de usuario. Otros programas utilizados para propósitos específicos han sido R, Mapserver o GMT

Palabras clave: SIG, Recursos Hídricos, Implementación.

ABSTRACT

In this work, it is described the implementation of a corporative Geographic Information System, to be used by the Instituto Universitario del Agua y del Medio Ambiente of the University of Murcia and the Instituto Euromediterráneo del Agua.

Because of the nature of both institutions, the system is to be focused mainly to the water resources and hydrological processes study.

the process began with an identification of the users' needs (with different profiles and requirements) and the development of the conceptual design that could assure the satisfaction of those needs. therefore, windows and linux users' needs have been taken into account.

The final option has been a system based on free software. It uses GRASS to manage raster information and modelling; Postgis (over PostgreSQL) and GRASS to manage vector information, and qGIS, gvSIG

and Kosmo as graphic user interfaces. Other programs, selected for specific purposes, are R (statistical analysis and graphics), Mapserver (web services) or GMT (paper maps production).

Key Words: GIS, Hydric Resources, Implementation.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo nace como resultado del proyecto de investigación denominado "Laboratorio de SIG y Teledetección para el Estudio de Recursos Hídricos y Procesos Hidrológicos" mediante un Convenio de Colaboración entre la Fundación Instituto Euromediterráneo del Agua (IEA) y el Instituto de Agua y Medio Ambiente (INUAMA) de la U. de Murcia ante la necesidad de crear una infraestructura capaz de cubrir las necesidades de los diversos proyectos de investigación desarrollados en las dos instituciones. Se trata de un instrumento que se concibe como un Sistema de Información Geográfica (SIG) corporativo [1] [2] a disposición de los investigadores de ambos institutos.

Para evitar que aparezcan problemas de duplicidad en cuanto a datos o programas y escasa congruencia en los formatos de datos, características de los productos obtenidos o incluso utilización de diferentes sistemas de referencia espacial, un SIG corporativo debe construirse en torno a una Base de Datos Espacial (BDE) integrada y centralizada que permita todas las funciones de procesamiento espacial que las diferentes unidades y personas de la organización requieran. Se trata de minimizar las redundancias y maximizar la integración y estandarización.

Es por ello que se plantea un Sistema de Información con un marcado carácter espacial, consistente en el diseño e implantación física de una estructura corporativa capaz de dar solución a aspectos tan heterogéneos como herramientas, datos y soluciones adoptadas.

Este es el motivo por el cual se presenta un Sistema de Información híbrido desde el punto de vista de las soluciones adoptadas, en su mayor parte gratuitas y libres, cuyo núcleo es un grupo de servidores Linux, PostgreSQL como SGBD con capacidad de gestión de datos espacial (PostGIS) y una serie de aplicaciones de análisis de datos y GIS OpenGL (GRASS, R, GMT...).

No obstante, dado que algunas líneas de trabajo dependen fuertemente de soluciones específicas comerciales, se implementa también un servidor Windows que sirve las licencias y programas de pago necesarios.

OBJETIVOS

El objetivo del proyecto SIG bajo el que se encuadra esta comunicación ha sido el estudio de las diversas cuestiones vinculadas a los problemas de los recursos hídricos, haciendo especial énfasis en su componente espacial. Para ello se han desarrollado los siguientes objetivos específicos:

- Implementación de un conjunto de servidores para el almacenamiento de la información, terminales y periféricos para el acceso a los servidores.
- Selección e integración de un conjunto de programas que permitan llevar a cabo las funciones de análisis y gestión de datos espaciales requeridas por los investigadores de los dos centros.
- Creación de una base de datos espacial (BDE) exhaustiva incluyendo información cartográfica, así como tratar de conseguir una completa interoperabilidad de los datos, aun procediendo de diferentes instituciones en el

III Jornadas de SIG Libre

marco de la directiva INSPIRE [3] y una adecuación al Real Decreto que regula la conversión del sistema de referencia geodésico español [4].

- Diseño de protocolos para la realización de tareas de mantenimiento de la BDE que faciliten el trabajo de futuros usuarios no directamente implicados en el desarrollo del sistema.

Para ello se ha desarrollado un servidor de datos espaciales del que las líneas de investigación puedan obtener información mediante visualizadores vía web o descargando directamente los datos, utilizando el sistema como un Sistema de Ayuda a la Decisión.

DISEÑO DEL SISTEMA

El diseño del Sistema se basa en la premisa de disponer de una estructura combinada de elementos de almacenamiento, acceso y análisis de la información necesarios para dar solución a las necesidades planteadas.

El proceso de implementación ha consistido en cinco grandes fases (figura 1):

- **Análisis de las necesidades:** Estudio de necesidades, usuarios y posibilidades existentes para poner en marcha el Sistema de Información.
- **Diseño:** Selección del hardware y herramientas necesarias.
- **Diseño lógico:** Transformación del modelo de Sistema a alto nivel interno; define el sistema y soluciones a emplear en función del esquema seleccionado anteriormente.
- **Implantación física:** Implementación del diseño en la realidad.
- **Testeo:** Realización de pruebas y uso en proyectos de investigación en desarrollo.
- **Estrategias de actuación:** Acciones a emprender para mejorar el Sistema de Información.

Recopilación e implementación de las necesidades y requerimientos

En este apartado del diseño es donde se dimensiona el Sistema de Información a implantar, en función de las necesidades de los usuarios potenciales y el cumplimiento de los objetivos a alcanzar en los futuros proyectos a los que de apoyo.

Para constituir el proyecto presentado se han analizado los requerimientos y necesidades en función de los *usuarios potenciales* y *necesidades de gestión y procesamiento de información*.

Usuarios potenciales

- **Usuarios internos del sistema:** Investigadores, becarios y estudiantes de proyectos fin de carrera y cursos específicos ofertados.

De la estimación del número de usuarios potenciales y sus necesidades ha sido posible presuponer la potencia requerida por el Sistema y el coste final a abordar, así como la normalización de usuarios internos en los servidores y terminales.

Necesidades de gestión y procesamiento

- **Introducción, almacenamiento y actualización de la información** de forma rápida, coherente y eficiente a partir del estudio de las necesidades informativas.

- **Acceso, gestión y análisis de los datos** a partir de aplicaciones servidas.
- **Extracción de información** a partir de la explotación de los datos almacenados mediante salidas gráficas, tabulares, etc...

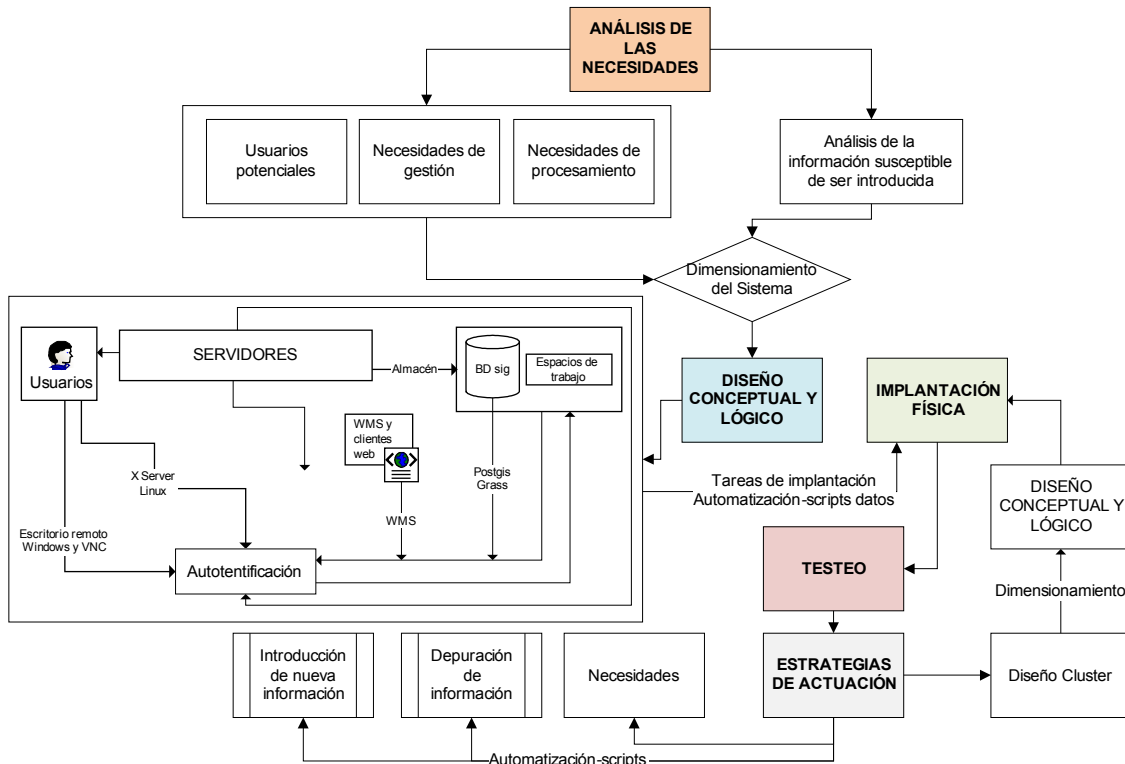


Figura 1: Esquema de trabajo seguido para la implantación del Sistema de Información Geográfica

- Debido a la heterogeneidad de **usuarios**, las aplicaciones también serán heterogéneas. El objetivo es permitir el acceso a los datos y posibilitar la gestión de forma combinada, indistintamente del SO utilizado.
- **Otros elementos** de apoyo al trabajo cotidiano (almacenamiento, copias de seguridad, acceso a datos entre diferentes usuarios, gestión de periféricos de salida, etc...)

Análisis de la información susceptible de ser introducida.

Uno de los aspectos fundamentales a considerar en un SIG es a) el análisis de los datos de interés, b) disponibilidad de acceso y c) estrategias de almacenamiento en función del modelo lógico de almacenamiento (raster, vectorial o tabular) y de los formatos de fichero (CAD, mrsid, geotiff, etc.)

Debido al elevado número de proyectos e iniciativas que, a nivel nacional, generan información espacial, este apartado debe considerarse como un estudio preliminar de lo que será el núcleo de la base de datos, abierto y susceptible de ser ampliado con nueva información. Para ello se ha creado una página web basada en dokuwiki con el catálogo de datos.

DISEÑO DEL SISTEMA

Diseño conceptual y lógico del Sistema.

Se ha optado por diseñar un SIG (y por extensión el Sistema de Información) a partir de una arquitectura cliente-servidor distribuida basada en dos servidores de datos y aplicaciones (uno con sistema operativo Linux y otro con Windows) a los que los usuarios acceden a través de estaciones de trabajo Windows o Linux (equipos para acceso al servidor pero con capacidad para trabajar de forma autónoma) o terminales Linux (equipos con poca potencia utilizados para acceso mediante escritorios remotos al sistema).

Para completar el Sistema de Información, a los dos servidores comentados con anterioridad se han añadido otros dos servidores con Sistemas Operativos Linux, encargados de tareas específicas de almacenamiento y servicio de acceso a parte de la información existente.

Como resultado se ha creado un esquema del Sistema (figura 2 a. y b.) que permite implementar un diseño lógico basado en la relación entre sus diferentes componentes físicos (equipos) como lógicos (grupos y usuarios).

Implementación física del Sistema

El Sistema propuesto se basa en un conjunto de servidores (tabla 1), cada uno de los cuales se ha configurado para una serie de tareas concretas:

- Almacenamiento, gestión y servidores de los datos (desde los datos propios del SIG hasta copias de seguridad de los usuarios).
- Gestión de los usuarios
- Servidores de aplicaciones de acceso a la información (tabla 2).

Tabla 1: Características técnicas de los servidores

Servidor	S.O.	Procesador	Mem. RAM	Tarjeta gráfica	Capacidad
leawin	Win 2003 Server	PIV Core2Cuad 6600 2,40 Socket 775	8Gb PC-667 DDR2 (2x4Gb)	ATI Pro Sapphire 512Mb	4Tb 8x500Gb
servinuama	Linux Gentoo	PIV Core2Cuad 6600 2,40 Socket 775	8Gb PC-667 DDR2 (2x4Gb)	ATI Pro Sapphire 512Mb	4Tb 8x500Gb
Inuama	Linux Debian	AMD Athlon 64x2 3800+	1Gb	ATI Pro Sapphire 256Mb	620Gb 120+500Gb
Inuama_wms	Linux Debian	AMD Sempron 3000+	1Gb	ATI Pro Sapphire 256Mb	620Gb 120+500Gb

Dichos servidores, localizados bajo el subdominio inf.um.es de la U. de Murcia, son el núcleo del resto de la red implementada, dando cobertura a la totalidad de usuarios creados a partir de un grupo de trabajo para Windows y Linux.

El SIG, considerado como la base de datos espaciales más el conjunto de programas para gestión, visualización y explotación de la información, reside en cuatro servidores:

- **Servidor Linux (Servinuama):** Servidor en el que se encuentra la mayor parte de la información espacial. Proporciona los siguientes servicios:
 - Gestión de usuarios y grupos de trabajo, que a su vez pasan a formar parte del SIG y la estructura de almacenamiento implementada.

III Jornadas de SIG Libre

- Almacén de datos y copias de seguridad (RAID). Cada usuario dispone de un espacio propio para datos. Los datos propios del SIG se han implementado en función de la tipología y uso dado.
 - Accesibilidad a los datos servidos desde escritorio remoto a partir de *clientes pesados* (potentes aplicaciones dotadas de gran número de módulos, caracterizados por ser sistemas modulares muy potentes, programas de carácter genérico altamente personalizables utilizados para creación, gestión y análisis de la información; en este caso, el SIG de mayor potencia usado es GRASS, para el que se han desarrollado diversos programas para gestión y análisis de la información) o *clientes ligeros* (sistemas orientados a usuarios finales poco especializados en función de las necesidades de los usuarios, que utilizan interfaces normalizadas y simplificadas y recientemente usan los beneficios de Internet -Webmapping-, no personalizables y con herramientas para el uso de la información muy concretas).
 - Procesamiento y análisis de los datos espaciales.
 - **Servidor Windows** (leawin): Servidor basado en Windows 2003 Server que proporciona los siguientes servicios:
 - Almacén de datos y copias de seguridad (RAID) de los usuarios mediante unidades de red; *Unidades de intercambio* de datos entre usuarios.
 - Gestión de usuarios.
 - Servidor de aplicaciones.
 - Servidor de impresión (plotter, impresoras, fotocopidora-escáner)
 - Acceso a los datos servidos mediante clientes pesados y clientes ligeros desde estaciones de trabajo o a partir de escritorios remotos.
 - Servidor de licencias en el caso de programas de pago.
 - Procesamiento y análisis de los datos espaciales.
 - **Servidor Web** (Inuama): Máquina con SO Debian que actúa como servidor Web del INUAMA, tanto su portal como los clientes Web de acceso a la información espacial. Este tipo de tecnologías se basan físicamente en una máquina servidor con una serie de programas para servicios web sobre Apache, encargada de alojar las páginas y servir la información espacial, recibir las peticiones de los clientes que quieran acceder a la información y dar una respuesta a dichas peticiones. Dentro de las funciones características de una aplicación WMS, se pueden citar [8]:
 - Gestión de la base de datos espacial y temática.
 - Producción cartográfica, gráfica y tabular.
 - Superponer visualmente capas de información temática.
 - Responder a la petición de información descriptiva de algún elemento espacial contenido en la cartografía desplegada.
 - Capacidades de geoprocésamiento de manera remota.
 - Gestión de la base de datos espacial y temática.
- Para implementar el WMS se ha optado por utilizar Mapserver para servir información de interés al público externo a la red:
- Servicios WMS a los que conectarse clientes SIG.

- Mediante clientes ligeros Web desarrollados con Mapserver, PHP y/o Pmapper (figura 3)
- Mediante descarga directa
- **Servidor de datos raster (Inuama_wms):** Aquí se almacenan los datos raster comprimidos (ficheros ecw), para servir directamente a los clientes ligeros y pesados a partir de conexiones del servicio WMS. Este tipo de información incluye mapas escaneados, fotografía aérea, composiciones en color de imágenes de satélite de alta resolución, etc. cuyo uso es meramente visual, pero que por su naturaleza y resolución, necesita gran cantidad de recursos.

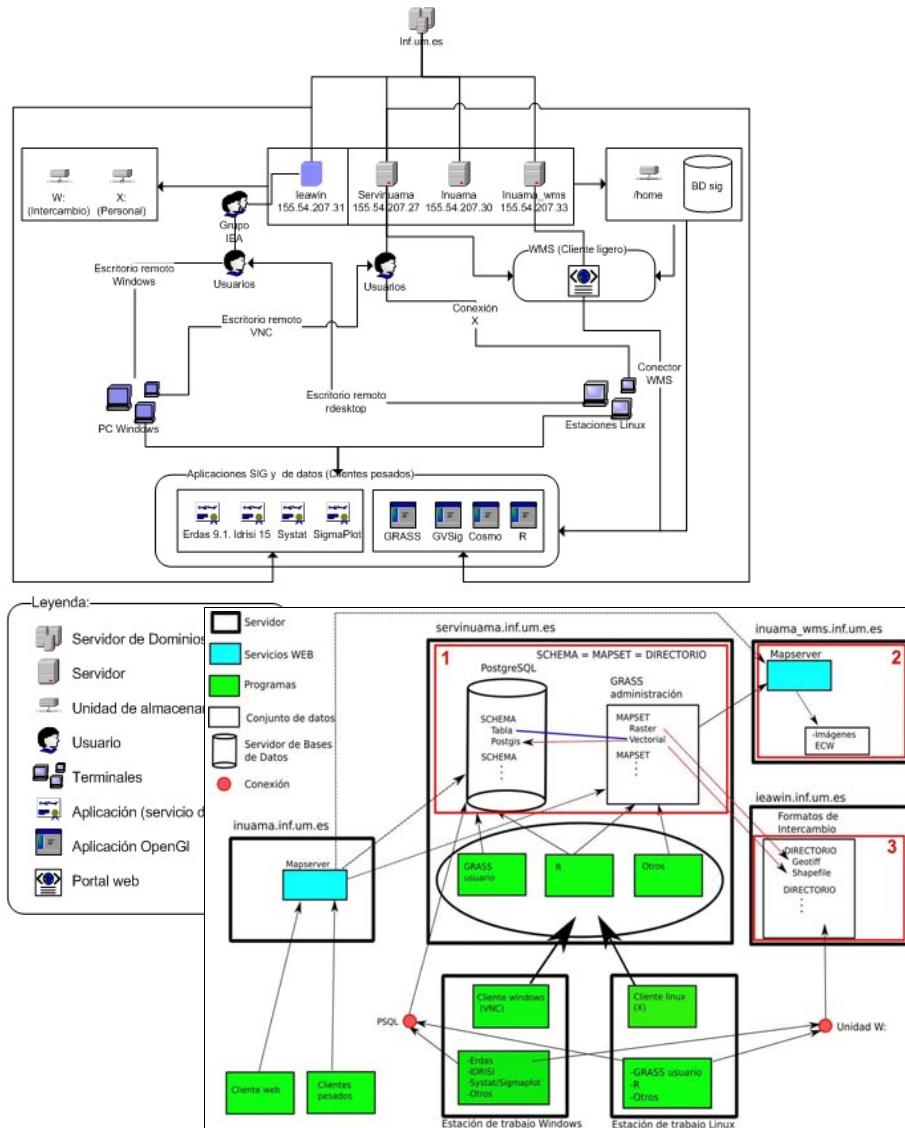


Figura 2: Esquema conceptual del Sistema de Información Geográfica implantado y detalle del proceso de trabajo de los servidores y servicios de datos espaciales.

Se propone por tanto un SIG distribuido, basado en diversas tipologías de almacenamiento en función del servidor en el que se encuentren y el uso que se le vaya a dar. De estos servidores depende el resto de la red, basada en la conexión mediante usuarios a éstos a partir de estaciones de trabajo Windows y terminales y estaciones de trabajo Linux.

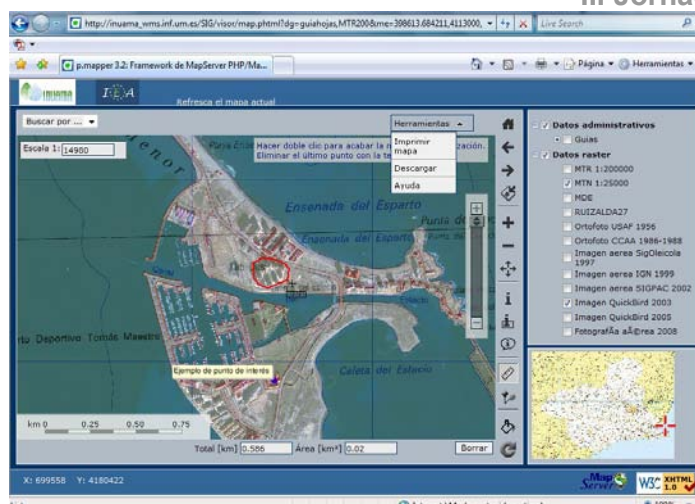


Figura 3: Ejemplo de cliente Web de acceso a la información espacial.

Programas utilizados

En la tabla 2 se resumen las aplicaciones instaladas en los diferentes servidores.

Tabla 2: Aplicaciones implementadas

Tipo	Funciones	Herramienta
SIG	<ul style="list-style-type: none"> - Gestión de la información espacial - Análisis espacial - Modelización espacial - Cartografía automática - Metadatos 	<ul style="list-style-type: none"> - GRASS - GVSIG - Idrisi - Kosmo - Qgis - GMT - CatmEdit
Teledetección	<ul style="list-style-type: none"> - Funciones específicas de preprocesamiento de la información: Ortorectificación, corrección, etc... - Análisis espacial 	<ul style="list-style-type: none"> - GRASS - Erdas - Idrisi
Análisis numérico y exploratorio	<ul style="list-style-type: none"> - Análisis estadístico y gráfico - Análisis matemático - Modelización espacial y no espacial 	<ul style="list-style-type: none"> - R - Gstat - Systat - SigmaPlot - Octave
Modelización y análisis hidrológico-hidráulico	<ul style="list-style-type: none"> - Hidrología, hidrogeología e hidráulica - Análisis de series de datos 	<ul style="list-style-type: none"> - GRASS - HEC - EPANET
Gestión de bases de datos	<ul style="list-style-type: none"> - Almacenamiento y gestión de la información no espacial y espacial con especificaciones OGC - Geoprocesamiento avanzado de información vectorial 	<ul style="list-style-type: none"> - PostgreSQL - PostGis
Desarrollo web y gestión de servicios web espaciales	<ul style="list-style-type: none"> - Servidor web - Servicios web de información espacial - Desarrollo de aplicaciones y clientes - Clientes ligeros de acceso a información espacial 	<ul style="list-style-type: none"> - Apache - PHP - MapScripts - Mapsever - pmapper

Estructura de la base de datos y acceso a la información disponible

Para el presente proyecto se ha optado por utilizar una doble tecnología para almacenamiento de la información, en función del modelo de datos a utilizar y uso final.

PostgreSQL/PostGIS será utilizado como DBMS para el modelo conceptual espacial de objetos (fundamentalmente modelo lógico tipo vectorial) y el estrictamente tabular, mientras que GRASS se utilizará para el modelo conceptual de superficies (sistema de almacenamiento lógico raster) y el de objetos vector.

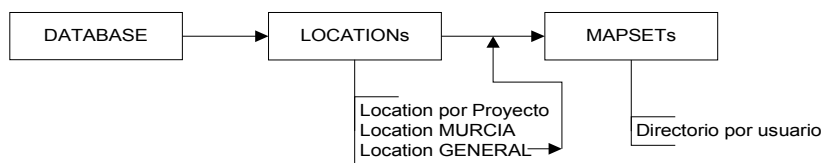
El tercer método para servir datos, en este caso raster para visualización, será a través de servicios web WMS (Mapserver), mediante conexiones al servidor.

GRASS

Uno de los dos métodos de almacenamiento de la información conforme a las especificaciones de GRASS, como principal programa SIG de análisis en el Sistema. El tipo de modelo de datos que almacenará será vectorial y raster, a los que se podrá acceder directamente desde GRASS, Qgis como cliente ligero o desde Mapserver.

En este caso, la información se almacenará a partir de los denominados mapsets específicos a cada área temática de la información base [9]. La gran ventaja de esta arquitectura respecto a otros almacenamientos nativos de otros SIG es el acceso multiusuario y la protección que se brinda al contenido.

La estructura de GRASS consiste en un grupo de subcarpetas:



La gran ventaja de este sistema sobre otros es que la seguridad es gestionada a partir de funciones de LINUX, y la estructura se basa en directorios de trabajo con un sistema de referencia espacial único, sobre el que se estructuran espacios de almacenamiento para usuarios concretos:

- **DATABASE:** Directorio de trabajo sobre el que se almacenan los datos. A este directorio solo pueden acceder los usuarios dentro del grupo SIG.
- **LOCATIONS:** Directorio genérico de trabajo sobre el que se almacena la información de los diferentes usuarios. En este caso se genera una LOCATION para cada uno de los proyectos de investigación, otro genérico de la Región de Murcia para los diferentes usuarios no enmarcados dentro de un proyecto (como estudiantes de proyectos de fin de carrera) y una tercera LOCATION donde se almacena la información base. A dicha información se puede acceder en modo lectura a partir de enlaces simbólicos gestionado por administradores.
- **MAPSETS:** Directorio de usuarios concretos, donde se almacena su información personal.

PostgreSQL-PostGIS

El segundo método de almacenamiento, orientado a datos vectoriales, es el de almacenamiento en una DBMS (Database Management System) relacional, en este caso PostgreSQL, con lo que la información enlazada a los objetos espaciales de GRASS se almacena en este DBMS. De esta forma se consigue almacenar la información de forma relacional a partir de un identificador común entre tablas. El motivo por el que se ha optado por utilizar este DBMS sobre otros son:

- Organización relacional consultable mediante SQL.
- Gestor corporativo Open Source, de fácil manejo y coste bajo.
- Multiplataforma y diseñado para gestión de elevados volúmenes de datos.
- La numero comunidad mejora el soporte ante posibles dudas.
- Integración directa con GRASS y fácil mediante ODBC con el resto de aplicaciones

- Integración con PostGIS
- Acceso concurrente a los datos

El método de almacenamiento y seguridad de los datos se basa en los denominados esquemas de datos, agrupando cada uno temáticamente los datos, cuyo nombre coincide con los MAPSETs de GRASS, de acceso solo lectura para los usuarios normales.

Por otra parte, se han almacenado los datos de tipo vectorial en PostgreSQL con la extensión PostGIS, proyecto abierto con licencia GPL, que ha permitido un avance considerable en este tipo de tecnologías y la posibilidad de acceso a sus datos desde casi cualquier cliente (desde programas gratuitos como Kosmo o gvSIG hasta los más utilizados de pago, como ArcGis), convirtiéndose prácticamente en un estándar sobre otros sistemas como Oracle Spatial o ArcSDE.

PostGIS añade a PSQL tipos de datos, operadores y funciones para el manejo de objetos geoespaciales y cumple con el OpenGIS "Simple Features Specification for SQL".

Gestión de la información

Dada la naturaleza modular de los entornos de almacenamiento comentados anteriormente, la introducción de la información se ha podido automatizar mediante programas por lote programados mediante scripts en Bash y Awk y llamadas a los módulos de GRASS y PostGIS.

Este tipo de tareas y las propias de la gestión diaria es competencia de un Administrador de la información base y del Sistema en general; el resto de usuarios tienen acceso de lectura y solamente gestión de datos propios almacenados localmente.

Gestión de metadatos en la BDE del INUAMA

Debido a la dificultad que plantea la gestión de metadatos y a la gran cantidad de información acumulada en el SIG, unido a la heterogeneidad existente en nuestra base de datos por una parte, y a la falta de metadatos oficiales para la mayoría de éstos, se ha optado por crear algunas herramientas provisionales para la gestión de los metadatos.

Los metadatos se están introduciendo a dos niveles:

- Metadatos en formato XML según las especificaciones del NEM
- Fichas de metadatos en formato PDF de uso interno, más fáciles de leer

Para los primeros se utilizan unas plantillas de metadatos para ráster y vectorial, ficheros XML de metadatos en los que los valores de los campos se han sustituido por una serie de palabras clave. Mediante dos módulos programados en bash y AWK se rellenan las plantillas con información extraída de la propia metainformación de cada una de las capas y de tablas de valores por defecto para los metadatos no extraíbles directamente de éstas. Tras este primer paso, puede utilizarse el programa Catmedit de gestión de metadatos para depurar los metadatos para completar la información. El segundo nivel de metadatos, se limita a crear un fichero PDF con la información geométrica y temática básica de cada capa, incluyendo una reproducción reducida de la capa y un mapa de localización de la misma. Estas fichas se generan de forma automática con otros dos scripts para datos ráster y vectoriales.

Cambio del Sistema de Referencia

A pesar del carácter no oficial de la cartografía producida y manejada en el INUAMA y de que aún faltan más de 5 años para finalización del período transitorio en el cambio de Sistema de Referencia Oficial, se ha comenzado a abordar el problema conforme al RD1071/2007 [4] mediante el método de superficies de mínima curvatura desarrollado por el IGN [10] y planteado por [11], que parte de minimizar la curvatura sobre una rejilla a partir de una malla discreta de puntos (rejilla en formato NTV2 del IGN); se trataría de interpolar datos a partir de los cuatro nodos más cercanos a éste dentro de la malla.

Esta metodología se ha implementado en el SIG para acceso de la información según las especificaciones oficiales [10]. Una de las grandes ventajas de utilizar SIG abiertos es que trabajan sobre librerías comunes, por lo que configurarlas para trabajo compartido es muy útil. Éste es el caso del problema planteado, en el que se tiene que configurar PROJ4 [12], librerías de proyecciones cartográficas desarrolladas originalmente para sistemas UNIX pero de gran difusión en la actualidad. Para configurar las librerías se ha modificado las líneas del archivo de configuración de códigos EPSG que hace referencia a España para el sistema ED50 y ETRS89, especificando la utilización de la rejilla en la variable “+nadgrids=sped2at.gsb”. La transformación se ha implementado en los dos gestores de información espacial de los servidores:

- **Mapserver y programas que usan directamente las librerías PROJ4:** como se comentaba con anterioridad, Mapserver es el encargado de servir información raster a los usuarios para consulta, por lo que se ha configurado para utilizar este método a partir de transformaciones al vuelo.
- **GRASS:** Para poder trabajar directamente con GRASS, se deben configurar las librerías PROJ4, pero ubicadas como copia local dentro de su directorio de instalación. También se han modificado los parámetros de transformación de GRASS (archivo “datumtransform.table”). En la figura 4 se puede apreciar las grandes diferencias en la transformación de una imagen en función del tipo de transformación utilizada.

La aplicación de la metodología del método de mínima curvatura se ha desarrollado en función del tipo de dato:

- **Datos raster:** Se ha escogido el método de transformación celdilla a celdilla, mediante el criterio de asignación de valor a cada píxel en función del vecino más próximo en datos donde interesa mantener los valores originales (en el caso de imágenes de teledetección) y raster que representan objetos y variables cualitativas y ordinales, mientras que se ha optado por la interpolación bilineal y cúbica para variables continuas.
- **Datos vectoriales:** Este tipo de datos también puede ser abordado desde GRASS y PostGIS gracias a las PROJ4, donde las pruebas realizadas hasta el momento para vectoriales de tipo punto, línea y polígono han resultado ser satisfactorias en cuanto a la exactitud posicional, consistencia lógica y compleción.



Figura 4: Diferencias observadas en la transformación de ETRS89 a ED50. El desplazamiento medio observado entre b) y c) es de 8,8m NE-SO.

Una vez implementadas las herramientas, el proceso de transformación ha sido automatizado a partir de scripts con GRASS, de forma que por muy grandes que resulten ser los datos (como la ortoimagen, en el caso de la figura anterior con una resolución de 0,4m), es ahora cuando es viable este tipo de trabajo, incrementado con la puesta en funcionamiento del cluster "GERION".

FUTUROS TRABAJOS

Una vez implementado el Sistema de Información Geográfica, se pretende continuar con el proyecto a partir de dos líneas de actuación en función de la naturaleza de los trabajos a acometer:

- **Mantenimiento de la estructura del Sistema y gestión** de los datos mediante a) *Introducción* y b) *depuración* de la información mediante automatización de protocolos de trabajo con scripts, así como el mantenimiento de la plataforma. La automatización de tareas ha resultado ser una de las grandes ventajas para este Sistema, ya que la orientación modular de gran parte de las aplicaciones de análisis SIG y su integración total sobre Linux propicia la aplicación de este tipo de procesos por lote (normalmente ejecutados sobre Bash y Awk).
- **Desarrollo de sistemas de computación** de gran potencia mediante la implementación de un cluster compuesto inicialmente por un nodo maestro y de dos nodos de cómputo, formando un conjunto de 12 procesadores. Este sistema cluster utiliza el sistema de colas denominado TORQUE OpenPBS, un administrador de recursos de código abierto (OpenSource) que provee control sobre tareas por lotes (batch) y nodos de cómputo [13].

AGRADECIMIENTOS

El desarrollo de este trabajo ha sido posible gracias al Proyecto de Investigación denominado "*Laboratorio de SIG y teledetección para el estudio de recursos hídricos y procesos hidrológicos*" financiado por la Fundación Instituto Euromediterráneo del Agua (IEA), dentro del convenio específico de colaboración entre el Instituto del Agua y Medio Ambiente (INUAMA) de la Universidad de Murcia y el IEA para la realización de actividades conjuntas de investigación en recursos hídricos.

REFERENCIAS

- ♦ HARDER, C. (1999), "*Enterprise GIS for Energy Companies Environmental Systems Research Institute*". Relans C.A.
- ♦ VON MEYER, N.L.; OPPMAN, R.S. (1999), "*Enterprise GIS Urban and Regional Information Systems Association*". Park Ridge, IL.

III Jornadas de SIG Libre

- ◆ PARLAMENTO EUROPEO (2007), "*Directiva 2007/2/EC sobre el establecimiento de la Infraestructura de Datos Espaciales en la CE*". Boletín Oficial de las Comunidades Europeas.
- ◆ BOE (2007), "Real Decreto 1071/2007, de 27 de Julio, por el que se regula el sistema geodésico de referencia oficial en España". *BOE N°207*.
- ◆ OGC (2001), "Web Map Service Implementation Specification". de. Jeff de La Beaujardire.
- ◆ GOMARIZ, F.J.; ALONSO, F.; LÓPEZ, F. (2006), "Diseño de un Sistema de Información Geográfica con interfaz Web en el Campo Experimental de El Ardal (cuenca de Mula, Murcia)". *XII Congreso Nacional de la Información Geográfica: El acceso a la información espacial y las nuevas tecnologías geográficas*, Vol.2, pp.867-881. AGE y U. de Granada.
- ◆ CHEN, P. (1976), "Entity-Relationship Model: Toward a Unified View of Data". *Transactions on Database Systems*.
- ◆ PADRÓN, D.J.; PRADO, E.; CHUVIECO, E. (2004): "Empleo de servidores cartográficos en Internet para la gestión y manejo de desastres". *Jornadas Técnicas de la IDE en España*. Universidad de Zaragoza.
- ◆ NETELER, M.; MITASOVA, H. (2002), "Open Source GIS: A GRASS GIS Approach". Kluwer Academic Press. Boston. pp.464
- ◆ IGN (2007), Análisis de los diferentes sistemas de cambio.
- ◆ BRIGGS, I.C. (1974), "Machine contouring minimum curvature". *Geophysics*.
- ◆ EVENDEN, G.I. (1990), "Cartographic Projection Procedures for the UNIX Environment-A User's Manual". USGS (revised 2003). pp.68.
- ◆ ROLON, J. (2008), "*Guía de inicio rápido globos toolkit 4.0*". Proyecto de fin de maestría, U. Distrital Francisco José de Caldas.