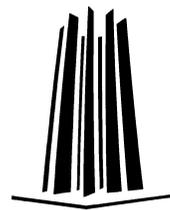




UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES "ARAGÓN"

**"IMPLEMENTACIÓN DE UN PORTAL GEOESPACIAL CON UNA PERSPECTIVA DE
INFRAESTRUCTURA DE DATOS ESPACIALES"**

TRABAJO DE TITULACIÓN BAJO LA MODALIDAD DE
DESARROLLO DE UN CASO PRÁCTICO QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

INGENIERA EN COMPUTACIÓN

PRESENTA:

VERÓNICA TOTOLHUA RAMÍREZ

DIRECTOR DE TESIS: M. en I. ELIO VEGA MUNGUÍA



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Agradecimientos

“No se puede defender lo que no se ama y no se puede amar lo que no se conoce” -Wikipedia-

*A mi madre Beatriz por enseñarme la fortaleza de una mujer
A mis hermanas Julia, Silvia y sus familias por compartirme sus vidas
A mi padre por enseñarme el claroscuro de la vida
A Marco por su lealtad y autenticidad
A Jess por su entrañable amistad
A Lili por compartir mi identidad cultural
A doña Isabel (q.e.d) por apoyarme en mi infancia
Al creador (a), por el rayito de luz, esperanza y amor.*

A la UNAM, en especial a la DGSCA y la FES Aragón, por apoyar mi formación.

Al CENAPRED por que en él aprendí que tenemos la capacidad, la diferencia es la actitud. Al trabajo colaborativo, en su momento, con el Ing. Oscar Zepeda.

A mi México multicultural; la tierra de mis antepasados, de mis padres y la que será de mis hijos (as).

A la paciencia y motivación de mi asesor M. en I. Elío Vega

*Amis sinodales:
Ing. Juan Gastaldí Pérez
M. en C. Marcelo Pérez Medel
M. en I. Arcelia Bernal Díaz
M. en C. Jesús Hernández Cabrera*

A todos gracias.

Imagen de fondo tomada del Códice Cuauhtlanzinco, Puebla.

IN KAAJAL MI PUEBLO

Índice

	Página
1. Introducción	
1.1 Los desastres en México.....	2
1.2 La etapa de prevención y mitigación de desastres en la protección civil mexicana.....	4
1.3 Estrategia de Prevención.....	12
1.4 Visión del Riesgo.....	14
1.5 Conceptualización del Atlas Nacional de Riesgos.....	17
2. Antecedentes	
2.1 Representación de la Geografía.....	22
2.2 GPS (Global Position System).....	28
2.3 Percepción Remota.....	32
2.4 Metadato Geoespacial.....	36
2.4.1 Niveles de Metadatos.....	36
2.4.2 Catálogo de Metadatos.....	38
2.4.3 Beneficios de los Metadatos.....	38
2.5 Sistema de Información Geográfica.....	39
2.6 Estándares empleados en una Infraestructura de Datos Espaciales.....	44
2.6.1 Organizaciones que desarrollan estándares.....	45
2.6.2 Tipos de Estándares.....	47
3. Infraestructura de Datos Espaciales	
3.1 Hacia una Infraestructura de Datos Espaciales.....	54
3.1.1 Infraestructura Nacional de Datos Espaciales (INDE).....	56
3.1.2 Factores de éxito en la implementación de una INDE.....	61
3.1.3 La Infraestructura de Datos Espaciales de México (IdeMex).....	63
3.1.4 Infraestructura de Datos Espaciales a nivel local y estatal.....	66
3.1.5 Infraestructura de Datos Espaciales a nivel Regional (IDER).....	69
3.1.6 Infraestructura de Datos Espaciales a nivel Global (GSDI).....	75
3.2 Marco de Datos Espaciales.....	79
3.2.1 Fuentes de datos Geoespaciales.....	84
3.2.2 Beneficios con el uso de un Marco de Datos Geoespaciales.....	85
3.3 Arquitectura IDE.....	86
3.3.1 Interoperabilidad entre Sistemas Distribuidos.....	90
3.3.2 Bases de Datos Geoespaciales.....	92
3.3.3 Almacen de datos geoespaciales.....	97
3.3.4 Internet.....	101
3.3.5 La Web.....	109
3.3.6 Centro Distribuidor de Metadatos Geoespaciales (Clearinghouse).....	112
3.3.7 Sistema de Almacenamiento.....	114
3.3.8 Centro de Servicios de Datos Geoespaciales.....	115

4. Portal de Información Geoespacial

4.1 Arquitectura de un Portal de Información Geoespacial.....	119
4.2 Servicios de un Portal de Información Geoespacial.....	122
4.3 Funciones de un Portal de Información Geoespacial.....	127
4.4 Tipos de Portales de Información Geoespacial.....	128
4.5 El Portal del ANR-Siiride.....	130
4.6 Tecnología de la Información y Comunicación detrás del Portal del ANR-Siiride.....	137

Conclusiones.....	142
--------------------------	------------

Fuentes de Consulta.....	145
---------------------------------	------------

Anexos

Anexo I Referencia Espacial

Anexo II Descripción de algunos estándares

Anexo III Factores Culturales y las Tecnologías de Información y Comunicación.

Anexo IV Clasificación de Software de Información Geográfica.

Prólogo

Como en varias Áreas de las actividades humanas, el uso de las Tecnologías de la Información y Comunicación se encuentra inmersa, en la prevención de desastres no es la excepción; con un escenario ante posibles eventos por causas naturales y por actividades humanas es posible la reducción de pérdidas económicas, pero sobre todo de la preservación de la vida humana y su ambiente. Si bien existen mecanismos gubernamentales para hacer frente a estos siniestros, como es el FONDEN (Fondo de Desastres Naturales) y FOPREDEN (Fondo de Prevención de Desastres) con reglas de operación bien definidas para la inyección de recursos económicos en zonas con riesgo de ocurrencia y/o efecto de algún peligro natural o antropógeno, el apoyo tecnológico tiene un papel ya imprescindible para la toma de decisiones.

En el caso particular, de este trabajo, me enfoco hacia la disseminación de información sobre Riesgo a todos los niveles: municipal, estatal y nacional, como apoyo hacia la toma de decisiones de los distintos programas de Protección Civil aplicados en cada nivel dentro del país. Como parte del proyecto director Atlas Nacional de Riesgos, el portal de Atlas Nacional de Riesgos, tiene el fin de ser un punto de encuentro entre las distintas instituciones generadoras de información sobre Riesgo.

El contenido está compuesto de cuatro capítulos: *Introducción, Antecedentes, Infraestructura de Datos Espaciales y el Portal de Información Geoespacial*. En el primero, abordo los aspectos históricos de los desastres en México y los distintos instrumentos de apoyo tecnológico en materia realizados hasta el momento, así como la descripción del proyecto del Atlas Nacional de Riesgos desde un punto de vista conceptual.

En el segundo capítulo, *Antecedentes*, trato de describir de una forma general como se hace la representación de la información geográfica, su adquisición, documentación y su explotación en Sistemas de Información Geográfica; de esta forma se da el siguiente paso, de una Infraestructura Geográfica hacia una Infraestructura de Datos Espaciales; esta evolución por la aparición de lo que llamo “Internet Social”.

Ahora son entidades intercomunicadas que generan el conocimiento entre todas, en nuestro caso orientada hacia la información sobre Riesgo.

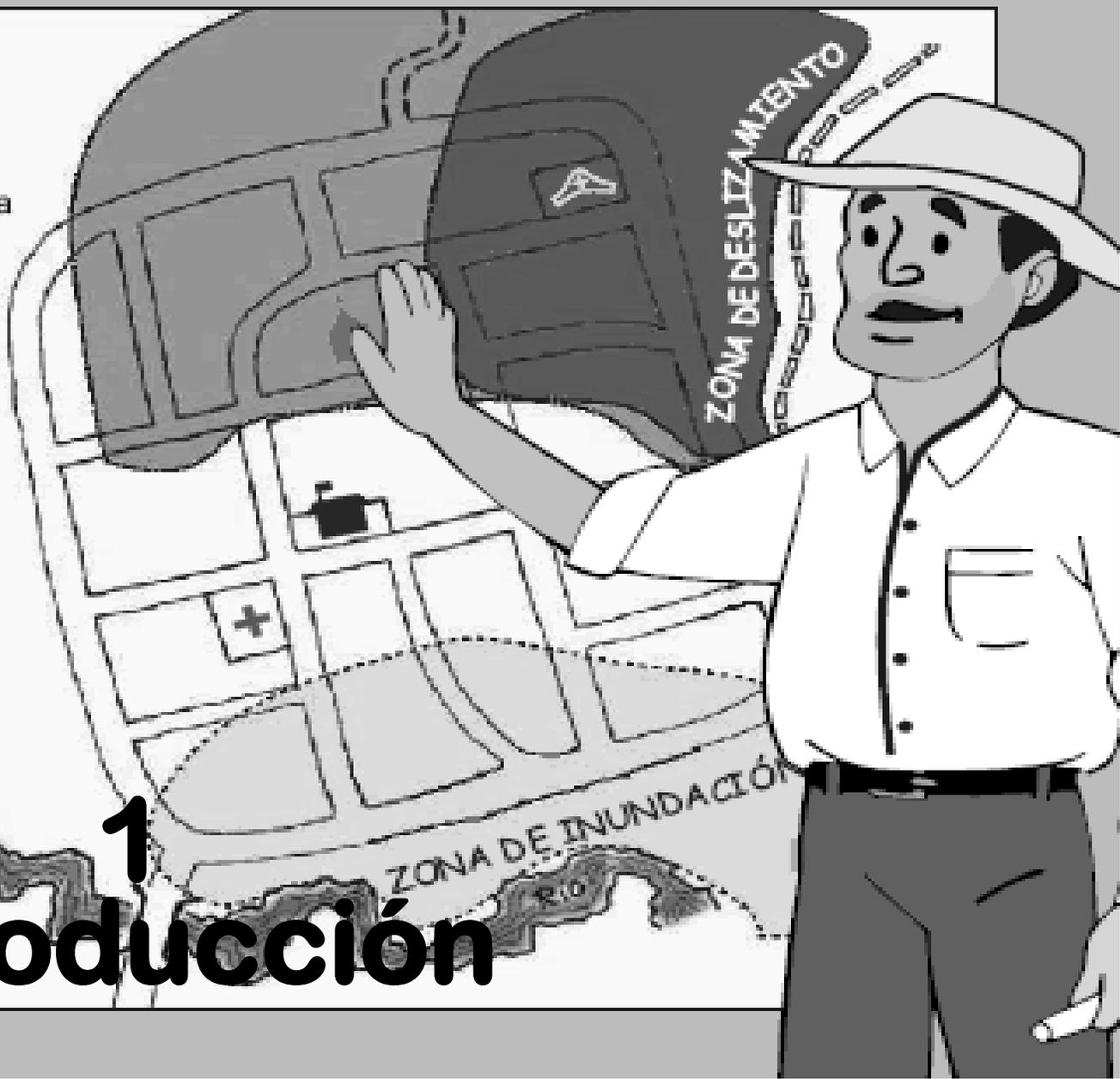
En el tercer capítulo “Infraestructura de Datos Espaciales -IDE-”, describió la definición de esta, en sus distintos niveles de operación: local, nacional, regional y mundial; las iniciativas a nivel mundial; sus componentes: **políticas** como reglas de funcionamiento entre los distintos actores (instituciones públicas, privadas, no gubernamentales, etc.), la **tecnología** para la búsqueda de mecanismos informáticos, el **factor humano** en la creación de un ambiente armonizados acorde a sus factores culturales, el **marco de datos geospaciales** dirigido por alguna institución y los estándares útiles para el intercambio de información geoespacial sobre Riesgo. La arquitectura IDE en términos tecnológicos orquestado por un Centro de Servicios de Datos Geospaciales

En el cuarto capítulo, “Portal de Información Geoespacial”, describió como la especificación (en discusión) Arquitectura de Referencia de un Portal de Información Geoespacial fue una guía para el diseño y construcción del Portal mencionado. Esta metodología planteada por un organismo internacional (OpenGIS Consortium) se tropicalizó y armonizó de esta forma con los requerimientos del Centro Nacional de Prevención de Desastres y el Atlas Nacional de Riesgos. El Portal enmarcado dentro de la estrategia de Infraestructura de Datos Espaciales de México.

Finalmente, cabe mencionar los anexos. El primero trata acerca de la Referencia Espacial, esta es una característica que debe ser entendida por quien desee entrar al mundo de la información geoespacial. El anexo II, considera algunos estándares empleados en procesos dentro de las IDE, como los metadatos, la calidad de información geoespacial, servicios proporcionados, entre otros. El anexo III, aborda los factores culturales sobre la adopción de la tecnología de la Información y Comunicación, en especial con el uso de la información Geoespacial. De mi experiencia con el proyecto y en especial con la estrategia IDE, puedo mencionar que por si sola la tecnología no resolverá los problemas encomendados, puede existir una excelente solución técnica pero poco entendible por los usuarios; en mi criterio debería realizarse siempre un estudio a nivel social del uso de las TICs y su papel dentro del proyecto a fin de generar

las adecuadas directrices para la implementación de soluciones tecnológicas y que estas impacten hacia formas efectivas en los distintos actores del mismo, es por ello que decidí incluir estas consideraciones generales de los indicadores culturales de Hofstede. El último de los anexos es una tabla descriptiva del software empleado en el gran proceso de adquisición, análisis, generación, publicación y documentación de la información geoespacial, dicho proceso definido por el término “Geomática” por algunos autores y “Geoinformática” por otros. En esta parte agradezco el apoyo del maestro Miguel A. Backoff para determinar que esta discrepancia, se trata más bien de distintas perspectivas empleadas en este nuestro país multicultural, hacia una misma tecnología.

-  Iglesia
-  Escuela
-  Cruz Roja
-  Hospital



1 Introducción

Este capítulo trata sobre los desastres en México, las acciones en la etapa de prevención y mitigación hecha por algunos organismos institucionales en respuesta mediante mecanismos para la minimización del Riesgo como el Atlas Nacional de Riesgo-Siiride.



1.1 Los desastres en México

México es proclive a los efectos de fenómenos naturales: es parte del Cinturón de fuego del Pacífico, y como tal, tiene concentrado el 6% de la actividad sísmica mundial, actividad sísmica derivada del contacto de 5 placas tectónicas: Cocos, Pacífico, Norteamérica, Caribe y Rivera; 16 volcanes se consideran activos, la mayoría localizados en la Faja Volcánica Mexicana; su ubicación en una región intertropical favorece la llegada de huracanes y sus consecuentes efectos como las lluvias, marejadas, inundaciones y deslaves en más del 70% del territorio; caso contrario la ausencia de lluvia provoca sequías e incendios forestales en algunas regiones. Aunado a esto, los desastres antrópicos o tecnológicos por el acelerado desarrollo industrial y comercial propician accidentes por el manejo, transporte y disposición de productos peligrosos (figura 1.1).

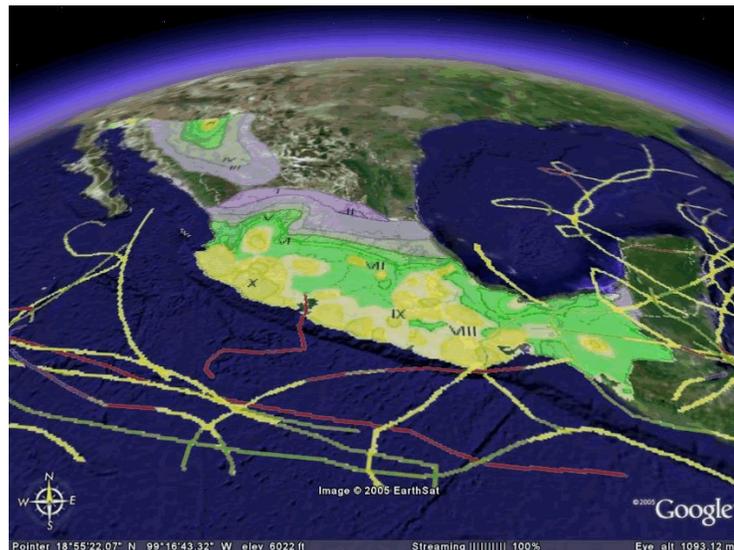


Figura 1.1 Imagen de la regionalización sísmica en México y algunas trayectorias de huracanes. Fuente: Google Earth y CENAPRED

Algunos desastres registrados en la historia mexicana, y con importantes efectos son: el sismo de 1469, la destrucción del poblado de Cuicuilco por la erupción del volcán Xitle; y a causa de los huracanes hubo derrumbes, inundaciones y epidemias. En tiempos más recientes, la erupción del Parícutín en 1943 y el huracán Janet en 1957. En la Ciudad de México, ocurrieron inundaciones en el periodo de 1930 a 1940 y un terremoto en 1985. En la

Sonda de Campeche, en 1979, 3.1 millones de barriles de petróleo se derramaron en el Golfo de México. La erupción del volcán Chichón en el estado de Chiapas, el 4 de abril de 1982. Una explosión por gases de hidrocarburos en la Ciudad de Guadalajara, en abril de 1992; y otra más en San Juan Ixhuatepec en el Estado de México. El huracán Gilberto recorrió las costas del Golfo de México el 14 de septiembre de 1988. La temporada de incendios más crítica fue en 1998.

En México como en los países de Latinoamérica, el impacto de los desastres es incrementado por una vulnerabilidad debida a la insuficiencia de medidas preventivas y mitigación en regiones vulnerables (figura 1.2), carencia de asentamientos humanos seguros, manejo ineficiente de cuencas hidrográficas e inexistente o ineficaz operación de los sistemas de alerta temprana, entre otros¹.



Figura 1.2 México es proclive a los efectos de fenómenos naturales.

¹ Allan Lavell. "Estado, sociedad y gestión de los desastres en América Latina". Capítulo 6. Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina 1996 p. 5.

1.2 La etapa de prevención y mitigación en la Protección Civil Mexicana

A nivel mundial, la protección civil, nace derivado del Protocolo 2 adicional al Tratado de Ginebra “Protección a las víctimas de los conflictos armados internacionales”, el 12 de agosto de 1949; con ello se auxilia la labor de la Cruz Roja. La principal función de esta norma establece el cumplimiento de las tareas humanitarias destinadas a proteger a la población contra los peligros de las hostilidades y de las catástrofes, y ayudarla a recuperarse de sus efectos inmediatos, así como a facilitar las condiciones necesarias para su supervivencia. En el artículo número 66 establece: “El signo distintivo internacional de protección civil en un triángulo equilátero azul sobre un fondo color naranja (figura 1.3), cuando se utilice por los organismos de protección civil, de su personal, sus edificios y su material o para la protección de refugios civiles”. Es hasta junio de 1977 cuando se adopta en Ginebra. En México, este protocolo es promulgado el 22 de diciembre de 1983.

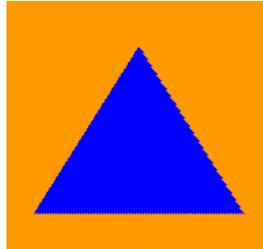


Figura 1.3 Símbolo representativo de Protección Civil. El triángulo en color azul representa a la energía protectora. El cuadro anaranjado representa el DURANTE, y el estado de alerta en las personas.

Los inicios de la Protección Civil en México, son claros desde la época prehispánica y colonial, en la construcción de obras hidráulicas; por ejemplo en la antigua Tenochtitlan con el fin de evitar inundaciones. En las bases de organización para el Gobierno de la República, en 1841, aparecen responsabilidades comprometidas con la Protección Civil: “policía de salubridad...juntas de Sanidad, Hospitales, Hospicios, Epidemias, Vacuna, Casas de Beneficencia, y desagüe de Huehuetoca”. Poco a poco, se fueron puntualizando estas tareas en atribuciones de la Secretaría del Estado y Gobernación en un decreto del 17 de mayo de 1853.

En las políticas de atención de desastres, la mayoría de las iniciativas han surgido en el ámbito federal, y a grandes rasgos ha sido la definición de responsabilidades y entorno de acción específico para cada instancia gubernamental. Entre las más destacadas podemos referirnos a la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Comisión Nacional del Agua, La Secretaría de Salud, la Secretaría de Desarrollo Social, La Secretaría de Comunicaciones y Transportes, la Secretaría de la Defensa Nacional con el plan DN-III-E y el plan de Emergencia SMA de la Secretaría de Marina.

En 1977, es aprobado un Programa Nacional de Prevención y Atención de Emergencias Urbanas, la planeación del desarrollo constituía una forma de mitigación ante los desastres, a su vez recomendaba medidas preventivas en función de los riesgos y la vulnerabilidad de cada una de las entidades federativas y zonas prioritarias del territorio nacional. Establecía una imagen de seguridad ideal para el año 2000 por medio de programas, obras, acciones y servicios, asimismo indicaba los instrumentos de ejecución necesarios. Su vigencia terminó en 1989².

Los sismos del 19 y 20 de septiembre de 1985 y sus terribles consecuencias, fueron el detonante para la conformación del Sistema Nacional de Protección Civil en el mes de octubre de 1986. El marco conceptual que rige al Sistema es el diagnóstico de los desastres ocurridos en México, contenido en el documento constitutivo. Sus tres componentes principales son: la estructura institucional, el marco conceptual y de planeación, y los métodos y procedimientos. La estructura institucional esta conformada por las dependencias y entidades de la Administración Pública, por los organismos de coordinación entre la Federación y los Estados y Municipios y por la representación de los grupos sociales y privados que participan en las actividades de protección civil. A su vez, la estructura institucional esta apoyada en un marco conceptual y de planeación; y de sus interrelaciones con el Plan Nacional de Desarrollo y del Sistema Nacional de Planeación conjugados en un Programa de Protección Civil subdivididos en programas de prevención, auxilios y apoyo de acuerdo por el tipo de acciones efectuadas dentro de ellas. Y por último, este Sistema

² Allan Lavell. Op. Cit. p. 5.

comprende todos los métodos y procedimientos que permiten su operación en acciones de prevención y auxilio, permitiendo la retroalimentación y evaluación del mismo.

En las Bases del Sistema Nacional de Protección Civil (SNPC), se plantea la elaboración de subprogramas de acción preventiva por importancia del tipo de fenómeno destructivo: geológico, hidrometeorológico, químico, sanitario y socio-organizativo; pretendiendo con esto un análisis de origen, las causas, la estructura, la dinámica, los efectos y regulación de distintos tipos de desastres como base en la toma de decisiones orientadas a la disminución de los *riesgos*. Así un objetivo del Subprograma de Prevención es la determinación espacial o regional de los riesgos junto con su grado de vulnerabilidad.

En el apartado acerca de la ***Evaluación de daños***, las bases del SNPC, exponen la necesidad de “mecanismos previsores de la dimensión física y social de una catástrofe, la estimación de las pérdidas humanas y bienes materiales, efectos o daños secundarios de posibles riesgos y las posibles necesidades en una actividad de emergencia; elementos básicos en la evaluación de una adecuada utilización de recursos por parte de los organismos y cuerpos de emergencia”³. Hasta ese momento, ningún organismo gubernamental tenía claramente asignada la tarea de la evaluación de una catástrofe, aunque algunas de ellas, realizaban algún estudio como la Secretaría de Marina, la Secretaría de la Defensa Nacional, la Secretaría de Salud, y la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

En respuesta, tres iniciativas: el Gobierno Federal en el marco del establecimiento del Sistema Nacional de Protección Civil (SINAPROC); el Gobierno de Japón, a través de su Agencia de Cooperación Internacional (JICA), con su apoyo tecnológico y científico en relación a la prevención de desastres sísmicos y la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) colaborando con la aportación de personal académico dedicado a actividades de investigación y desarrollo en *prevención de desastres*; crearon al Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) el 19 de Septiembre de 1988 -figura 1.4-.

³ “Bases para el Establecimiento del Sistema Nacional de Protección Civil”. Cap 2. Diario Oficial de la Federación 6 de mayo de 1986. p 127

Con el principal objetivo de *“promover la aplicación de las tecnologías para la prevención y mitigación de desastres; impartir capacitación profesional y técnica sobre la materia, y difundir medidas de preparación y autoprotección entre la sociedad mexicana expuesta a la contingencia de un desastre*⁴.



Figura 1.4 Logo representativo del Centro Nacional de Prevención de Desastres.

En 1988, al incorporarse la Subsecretaría de Protección Civil y Readaptación Social a la Secretaría de Gobernación, entre otras funciones se estableció su papel promotor e integrador de la Dirección General de Protección Civil por la conformación del Atlas Nacional de Riesgos con los Atlas Estatales y Municipales.

Hacia el año de 1990, la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología y La Organización de Estados Americanos establecen políticas generales para la prevención y mitigación de desastres. Este, pretendía la elaboración de un inventario cuidadoso de las características de cada ciudad, de los factores de riesgo y de la infraestructura existente, y con ello la creación de políticas y estrategias que previnieran y mitigaran los efectos de los desastres. Sin embargo, sólo se elaboraron dos ciudades: Lázaro Cárdenas, Michoacán y Ciudad Guzmán, Jalisco.

De acuerdo al Plan Nacional de Protección Civil del 1990; la Secretaría de Gobernación integra un documento, en 1991, con información de los más importantes riesgos geológicos, hidrometeorológico, químico, sanitario y socio-organizativo en un compendio llamado Atlas Nacional de Riesgos como base y apoyo para la elaboración de los Atlas de Riesgos de los

⁴ <http://www.cenapred.unam.mx>

estados y municipios del país. En él, se describen los fenómenos, su ubicación geográfica por medio de la representación gráfica de mapas de peligro y la afectabilidad de los sistemas expuestos a ellos. Además de presentar estadísticas sobre variables socioeconómicas.

Otro proyecto relativo al tema es Programa de 100 ciudades, Prevención y Mitigación de Desastres a través de la regulación del uso del suelo en 1992; así Campeche, Querétaro, San Luís Potosí, Colima y Oaxaca fueron las ciudades piloto donde se identificaron la ocurrencia de los fenómenos naturales más peligrosos, así como los componentes urbanos propensos a la destrucción, esto es, la vivienda, infraestructura, equipamiento, servicios de vialidad y transporte. Este programa, a su vez contempla el desarrollo de un sistema de información geográfico con la delimitación de los centros de población, fenómenos “perturbadores”, área de impacto y componentes del equipamiento urbano. El proyecto lo llevaron a efecto la Secretaría de Desarrollo Social y la Secretaría de Gobernación, por medio de la Dirección General de Protección Civil (DGPC).

Una tarea planteada en el programa de Protección Civil 1995-2000, se encontraba “equipar y poner en operación el Sistema Nacional de Información para la Protección Civil, actualizar el Inventario Nacional de Recursos Humanos y Materiales para la Atención de Emergencias y el Atlas de Riesgos⁵”. Así en 1998, el SINAPROC, publica una guía cartográfica para el levantamiento de riesgos a nivel municipal, en ella se busca proporcionar una actualización de tecnologías empleadas en la elaboración y transmisión de los mapas de riesgo; sentando las bases técnicas en la elaboración de mapas municipales de riesgos, la homogeneidad en métodos, cartografía y lenguaje de representación; de esta manera, robustecer al Atlas de Riesgos. En un sentido conceptual, este documento sugiere una red nacional de comunicaciones que permitiría el acceso a la información de mapas de riesgo digitalizada.

En el año 2000, es decretada la Ley General de Protección Civil, esta establece las bases de coordinación en materia de Protección Civil en un ámbito federal, estatal y municipal. Entre los artículos que tocan el tema de la concentración de la información sobre riesgo de

⁵ SINAPROC, “Guía Cartográfica para el levantamiento de Riesgos a nivel municipal”. Cap 1. Secretaría de Gobernación. p 9-10

desastre y su difusión se encuentran: artículo 10, fracción III refiere “la formulación y promoción de campañas de difusión masiva y de comunicación social, con temas específicos y relativos a cada ámbito geográfico al que vayan dirigidos...”; la fracción V nos cita “la constitución de los acervos de información técnica y científica sobre fenómenos perturbadores que afecten o puedan afectar a la población, y que permitan a esta un conocimiento más concreto y profundo...”. En el artículo 12, fracción IV, motiva la conceptualización de una herramienta de análisis: “Investigar, estudiar, y evaluar riesgos y daños provenientes de elementos, agentes naturales o humanos que puedan dar lugar a los desastres, integrando y ampliando los conocimientos de tales acontecimientos en coordinación con las dependencias responsables”. En un sentido ideal, en la fracción VII, insta a la instrumentación, operación de redes de detección, monitoreo, pronóstico y medición de riesgos, acorde al fenómeno de estudio. Y en específico, la fracción XVII, otorga al Sistema Nacional de Protección Civil la responsabilidad de desarrollar y actualizar el Atlas Nacional de Riesgos. De acuerdo a la posición del CENAPRED, este organismo coordina la realización, y según sea el caso, el desarrollo de las metodologías para la identificación y evaluación del peligro, vulnerabilidad y riesgo ante desastres.

En el 2001, por medio del CENAPRED, se publica un compendio impreso llamado Diagnóstico de Peligros e Identificación de Riesgos de Desastres en México (figura 1.5), Atlas Nacional de Riesgos de la República Mexicana, una versión mejorada y actualizada de la publicación hecha por la Secretaria de Gobernación en 1991. Esta publicación, continua con la clasificación de desastres en base al agente perturbador: riesgos geológicos, riesgos hidrometeorológico, riesgo químicos, riesgos de origen sanitario y riesgos socio-organizativos, además de puntualizar la importancia del empleo de tecnologías en el estudio de riesgo: cartografía digital, el modelo digital de elevación, imágenes satelitales, sistemas de posicionamiento global, sistemas de información geográfica, bases de datos geográficas, entre otras. Una de estas tecnologías importantes, subraya el Diagnostico en el capítulo de microzonificación sísmica, es la telecomunicación como un medio de transmisión y difusión de información digital, en especial la red de redes: Internet, muy propicia en la construcción de ambientes colaborativos en estudios de riesgo de desastres.



Figura 1.5 Portada del Diagnóstico de Peligro e Identificación de Riesgos de Desastres en México 2001, CENAPRED.

Otros trabajos realizados en la materia son:

- El Sistema *Desinventar* promovido por La organización Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina, en él se vierten los métodos y conceptos sobre varios tipos de desastres y sus magnitudes en diversos entornos: locales, regionales y nacionales. A grandes rasgos es un Sistema de Inventarios, con registros sobre características y efectos de diversos tipos de desastres en los países de América Latina. Esta herramienta de consulta, facilita el análisis y la representación espacio - temporal de amenazas, vulnerabilidades y riesgos, con el objetivo de proporcionar una visión retrospectiva y prospectiva en actividades relacionadas con la prevención, mitigación, atención y recuperación ante situaciones de riesgo. Su actualización y la generación de proyecto relacionados ha sido extensivo desde 1999 hasta nuestros días.
- El programa *Hábitat* (figura 1.6) a cargo de La Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL), donde realiza acciones de mejoramiento de infraestructura, equipamiento de las zonas urbano marginadas y prevención de desastres desde el 2003. Para ello, ha publicado un Sistema de Información Geográfica llamado “Polígonos Hábitat”, donde organiza en primer lugar, las zonas de concentración de la pobreza en ciudades y áreas metropolitanas en una sección llamada “Zonas de Atención Prioritaria”. Una de las ocho

modalidades de acción del programa Hábitat es el Ordenamiento del Territorio y Mejoramiento Ambiental que “apoya las acciones dirigidas a mejorar el entorno ecológico de las zonas urbanas, a fortalecer las tareas de ordenamiento territorial y a reducir la vulnerabilidad de la población en situación de pobreza patrimonial asentada en zonas e inmuebles de riesgo frente a las amenazas de origen natural”⁶.



Figura 1.6 Imagen del Sitio web del programa Hábitat implementado por la SEDESOL. Fuente www.sedesol.gob.mx

- El sistema *SERVIR* (figura 1.7), es un proyecto regional de visualización y monitoreo para los toma de decisiones ambientales en Mesoamérica, integra imágenes satelitales y otros datos geospaciales, con ello los usuarios pueden hacer uso de ellos. Las áreas que cubre el Sistema son nueve, con un sentido social, basados en el criterio de Sistemas de Observación Global de la Tierra (GEOSS): son desastres, ecosistemas, biodiversidad, tiempo, clima, océanos, salud, agricultura y energía. La sede central de *SERVIR* es el Centro del Agua del Trópico Húmedo para América Latina y el Caribe (CATHALAC) en el país de Panamá. Algunas de las agencias

⁶ <http://www.sedesol.gob.mx/subsecretarias/desarrollourbano/presentacion.htm>

participantes son la NASA⁷, la USAID⁸, CCAD (Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo), el Banco Mundial, Conservación Natural, UNEP-ROLAC⁹ e IAGT¹⁰.

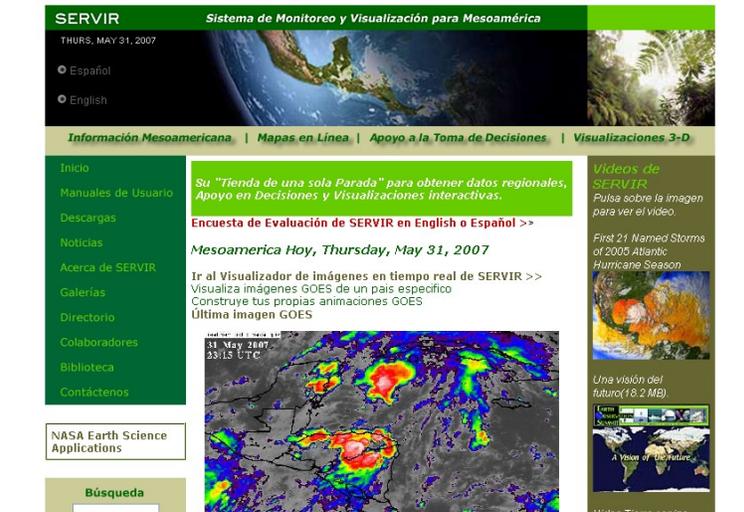


Figura 1.7 Imagen del portal del proyecto SERVIR. Fuente: <http://servir.nasa.cathalac.org>

1.3 Estrategia de Prevención

El ciclo de la prevención de desastres (figura 1.9) consta de 5 etapas consecutivas¹¹:

- i) Identificación de Riesgos permite el conocimiento de peligros y amenazas, con la identificación de dónde, cuándo y cómo afectan los fenómenos perturbadores, a distintos niveles de escala. El riesgo es el producto del peligro (agente perturbador), la vulnerabilidad (propensión de afectación) y la exposición (el valor del sistema afectable).

⁷ Acrónimo en inglés de **National Aeronautics and Space Administration**.

⁸ Acrónimo en inglés de **United States Agency for International Development**.

⁹ Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.

¹⁰ Acrónimo en inglés de **The Institute for the Application of Geospatial Technology**.

¹¹ CENAPRED, “Guía básica para la elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligro y Riesgo”. Cap 1. Secretaría de Gobernación 2004 p.18-19

- ii) La mitigación y prevención diseña acciones y programas para mitigar y reducir el impacto de los desastres previos a su ocurrencia. Por ejemplo, en la implementación de medidas estructurales y no estructurales, planeación del uso de suelo, aplicación de códigos de construcción, obras de protección, educación y capacitación en materia de protección civil a la población, elaboración de planes operativos de protección civil, manuales de procedimientos, implementación de sistemas de monitoreo y de alerta temprana, investigación y desarrollo de nuevas tecnologías de mitigación, entre otras. Todas ellas encaminadas a la reducción de la vulnerabilidad o intensidad de impacto de un fenómeno en particular.

- iii) La atención de emergencias con las acciones realizadas a largo del acontecer de un desastre: antes, durante y después de este: minimización de pérdidas humanas, de bienes, planta productiva; preservación de servicios públicos y del medio ambiente; y la atención prioritaria y apoyo a los damnificados.

- iv) La recuperación y reconstrucción de la infraestructura y servicios destruidos puestos en marcha nuevamente, así como el mejoramiento de los mismos mitigando los daños en futuras contingencias.

- v) En la evaluación del impacto e incorporación de la experiencia, tras la valoración del impacto económico y social, determina: las capacidades gubernamentales en tareas de reconstrucción, el establecimiento de prioridades, la determinación de los requerimientos de apoyo y financiamiento, la retroalimentación del diagnóstico de riesgos orientado al cálculo de la relación costo-beneficio de inversión en acciones de mitigación.

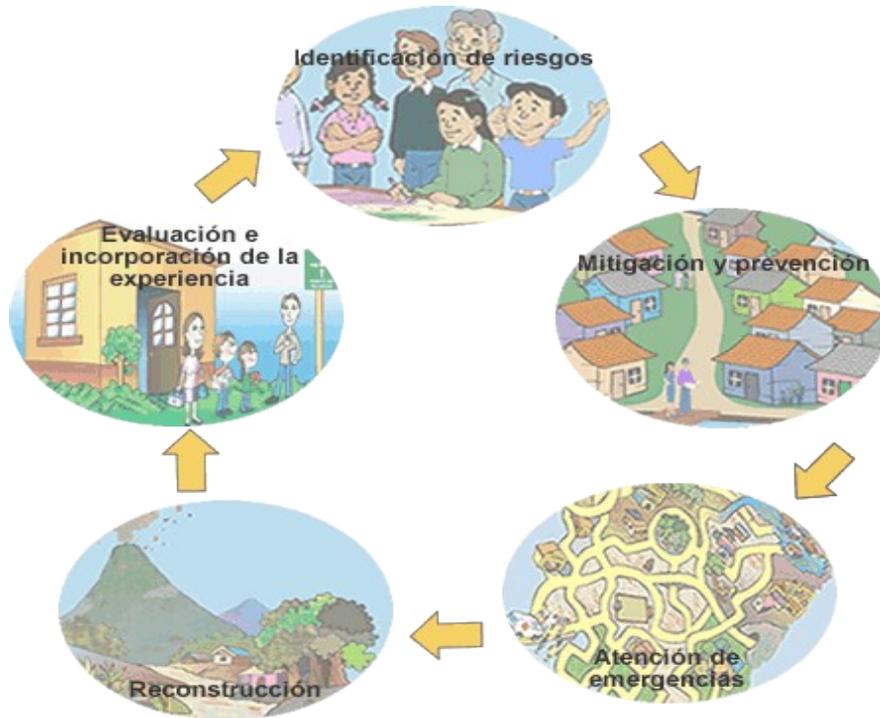


Figura 1.9 Ciclo de prevención. Imágenes tomadas del sitio web Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres, América Latina y el Caribe.

1.4 Visión del Riesgo

Anteriormente se concebía a los fenómenos físico-naturales como agentes causales y en otra visión se proponía en un contexto social-económico responsabilizando al crecimiento poblacional, la pobreza, la desigualdad social, el mal uso del suelo, los avances tecnológicos, la renta y tenencia de la tierra como la causa de los desastres. Allan Lavell (1996) incorpora una visión global en el entendimiento del riesgo, define a las amenazas en cuatro tipos: natural, socio-natural, antrópicas y tecnológicas; el factor social tiene un valor decisivo en el impacto de los fenómenos aunado a su vulnerabilidad intrínseca.

Elizabeth Mansilla¹² (2000) puntualiza que “los estilos de los procesos productivos, las formas de utilización de la tecnología de organización social, económica y política que operan en forma anárquica bajo la lógica de la valorización capitalista, han producido un incremento en el número y en la intensidad de las amenazas y han generado serios desajustes en los ecosistemas. Sin embargo, estos cambios no han sido acompañados por un mejoramiento de las capacidades de la sociedad para resistir el impacto de esas amenazas, ni para recuperarse de ellas, cuando éstas se han manifestado. Por el contrario, los niveles de vulnerabilidad de la sociedad en su conjunto se han elevado sustancialmente. Hoy no sólo ocurren mayor número de desastres, sino que su impacto es cada vez mayor, así como mayor es también el tiempo que tardan las zonas afectadas en recuperarse de ellos”. Es notable, el riesgo involucra a un agente perturbador (fenómeno natural o generado por el hombre), el cual ocasiona daños de gran magnitud a un llamado sistema afectable constituido por asentamientos humanos, infraestructura, planta productiva, entre otros; esta asociado a las actividades humanas y su medición, ocurre en dos vertientes, cualitativa por la probabilidad de ocurrencia de desastres y en un sentido cuantitativo como función de tres factores: el peligro, la vulnerabilidad y el valor de bienes expuestos (Exposición). Donde el peligro es la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno potencialmente dañino de cierta intensidad, durante un cierto periodo y en un sitio dado. A su vez los fenómenos perturbadores son cuantificados por su magnitud e intensidad; siendo la primera la medida del tamaño del fenómeno, de su potencial destructivo y de la energía que libera, la definición del segundo parámetro es la medida de la fuerza con que se manifiesta el fenómeno en un sitio dado. En construcción de escenarios de peligro se considera más la intensidad del fenómeno en estudio.

La vulnerabilidad es la susceptibilidad o propensión de los sistemas expuestos a ser afectados o dañados por el efecto de un fenómeno perturbador, o bien el grado de pérdidas esperadas. Se clasifica en vulnerabilidad física, cuantificable en aspectos materiales, y en vulnerabilidad social, medible en factores económicos, culturales, educativos y de preparación civil ante los desastres. En el caso de la vulnerabilidad física es expresada como la probabilidad de daño de un sistema expuesto mediante la matriz de

¹² Elizabeth Mansilla, “Riesgo y Ciudad”, Facultad de Arquitectura División de Posgrado, UNAM 2000. <http://www.desenredando.org.mx>

vulnerabilidad con valores entre cero y uno; donde cero implica un daño sufrido por un evento igual a nulo, y con valor uno cuando el daño es igual al del valor del bien expuesto.

El grado de exposición es la cantidad de personas, bienes y sistemas que se encuentran en el área de estudio y factibles de daño. Las unidades de medida son monetarias aunque, por ejemplo, en ocasiones se expresen como porcentajes de ciertos tipos de construcción o número de personas susceptibles de daños. Este parámetro es dinámico y variable con el tiempo, el crecimiento y desarrollo de la población y la infraestructura.

El lapso promedio de ocurrencia de un fenómeno con determinada intensidad es llamado periodo de retorno o de recurrencia. Su inverso es la tasa de excedencia, definida como el número de veces, en que por unidad de tiempo, ocurre un evento que exceda cierta intensidad. Cuando la información sobre un fenómeno en estudio es insuficiente se recurre a escalas cualitativas con representaciones comunes (figura 1.10).

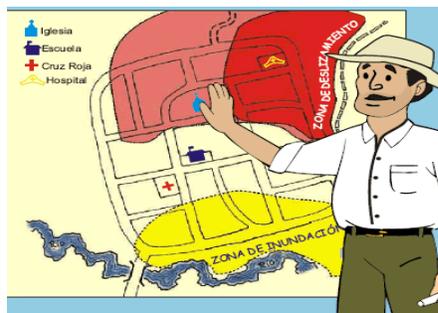


Figura 1.10 Caricatura de un mapa de riesgo comunitario, indicando las posibles zonas afectadas de una localidad por una inundación, donde se incentiva a la población a la elaboración de estos, por medio de la publicación “Guía de trabajo para la elaboración de los mapas de riesgos comunales”, Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres.

1.5 Conceptualización del Atlas Nacional de Riesgos

El dinamismo del crecimiento urbano y la necesaria maleabilidad de las variables de espacio y tiempo en un escenario de riesgo, hizo necesaria la propuesta del desarrollo de un Sistema Integral de información sobre Riesgo de Desastres (Siiride) que tendrá como objetivo final: "la evaluación del riesgo mediante el análisis temporal y espacial de las amenazas, la vulnerabilidad y el grado de exposición, así como la estimación de pérdidas, entre otros". Entre otras características previstas por este sistema, la interactividad con el usuario, le permitirá el uso de herramientas de análisis y visualización de información urbana, municipal, estatal y nacional; en lo posible, con un mínimo tiempo de procesamiento del equipo de cómputo. También debe otorgar la integración de información en tiempo real contenida en bases de datos, con políticas de seguridad y acceso a la información de la población en general, gobiernos, sectores sociales y privados.

Así, el ANR-Siiride (figura 1.8) está integrado por siete subsistemas¹³:

- Subsistema de Información Geográfica, integrado por insumos cartográficos, mapas y capas de información geo-referenciada y programas de aplicación orientados al manejo y análisis de información geo-referenciada espacial (mapas, fotografías e imágenes de satélite).
- Subsistema de Bases de Datos, con repositorios de las características, períodos de retorno, efectos de los fenómenos perturbadores, vulnerabilidad social, vulnerabilidad física de elementos.
- Subsistema de Simulación de Peligros, sus fuentes de información son las bases de datos y las redes de alertamiento y monitoreo propicio en la construcción y evaluación de escenarios de amenazas por medio de programas de cómputo.

¹³ Alcocer S., Bitrán D., Zepeda O. "Propuesta Atlas Nacional de Riesgos. Sistema Virtual de Identificación de Riesgos de Desastres en México". CENAPRED 2001. p 1-10

- Subsistema de Evaluación de la Vulnerabilidad Física, integrado por módulos de traducción de algoritmos matemáticos de intensidad de un fenómeno a niveles de daño probables en una región, también haciendo uso de la información proporcionada por la red de monitoreo y alertamiento del país.
- Subsistema de Evaluación del Riesgo, otro módulo con algoritmos matemáticos, en este caso, orientado a la amenaza y al nivel de vulnerabilidad del sistema afectable, y cómo ocurre con los módulos anteriores permitirá el análisis de escenarios de riesgo.
- Subsistema de Modelación de Pérdida por Desastres, los resultados proporcionados por este, implican la traducción de niveles de daño producidos por un fenómeno en pérdidas probables en pesos o en vidas.
- Subsistema de Redes de Alertamiento y Equipo de Campos, los datos capturados por las redes de monitoreo de distintas instituciones académicas, gubernamentales y privadas, serán enviados a la bases de datos, lo que permitirá el análisis y simulación de peligros, y la modelación de pérdidas comprendido en módulos anteriores. Con esto, se actualiza en forma continua el acervo de fuentes históricas.

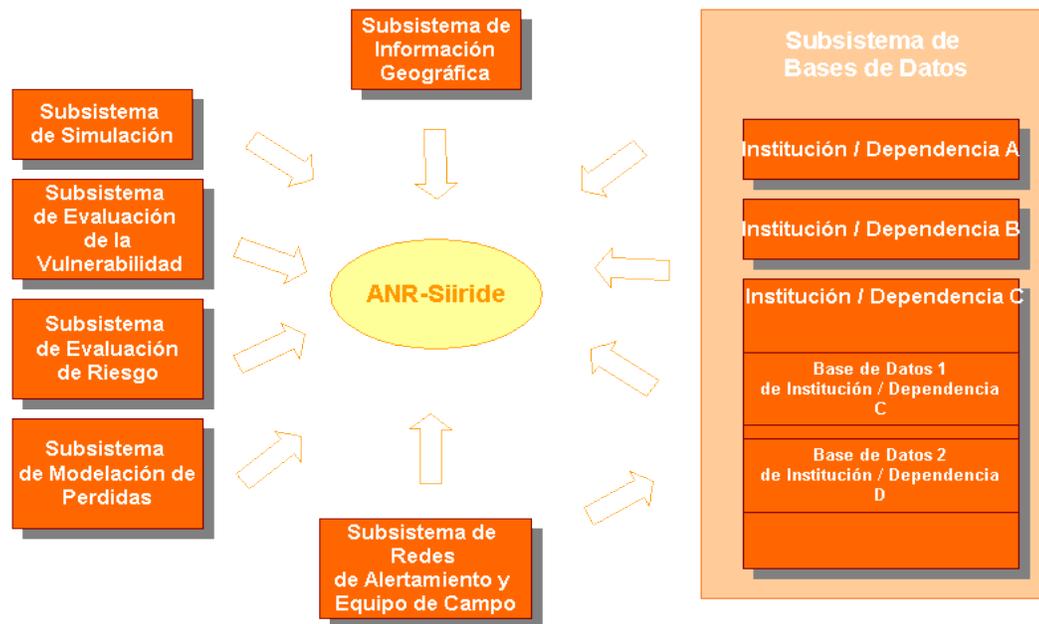
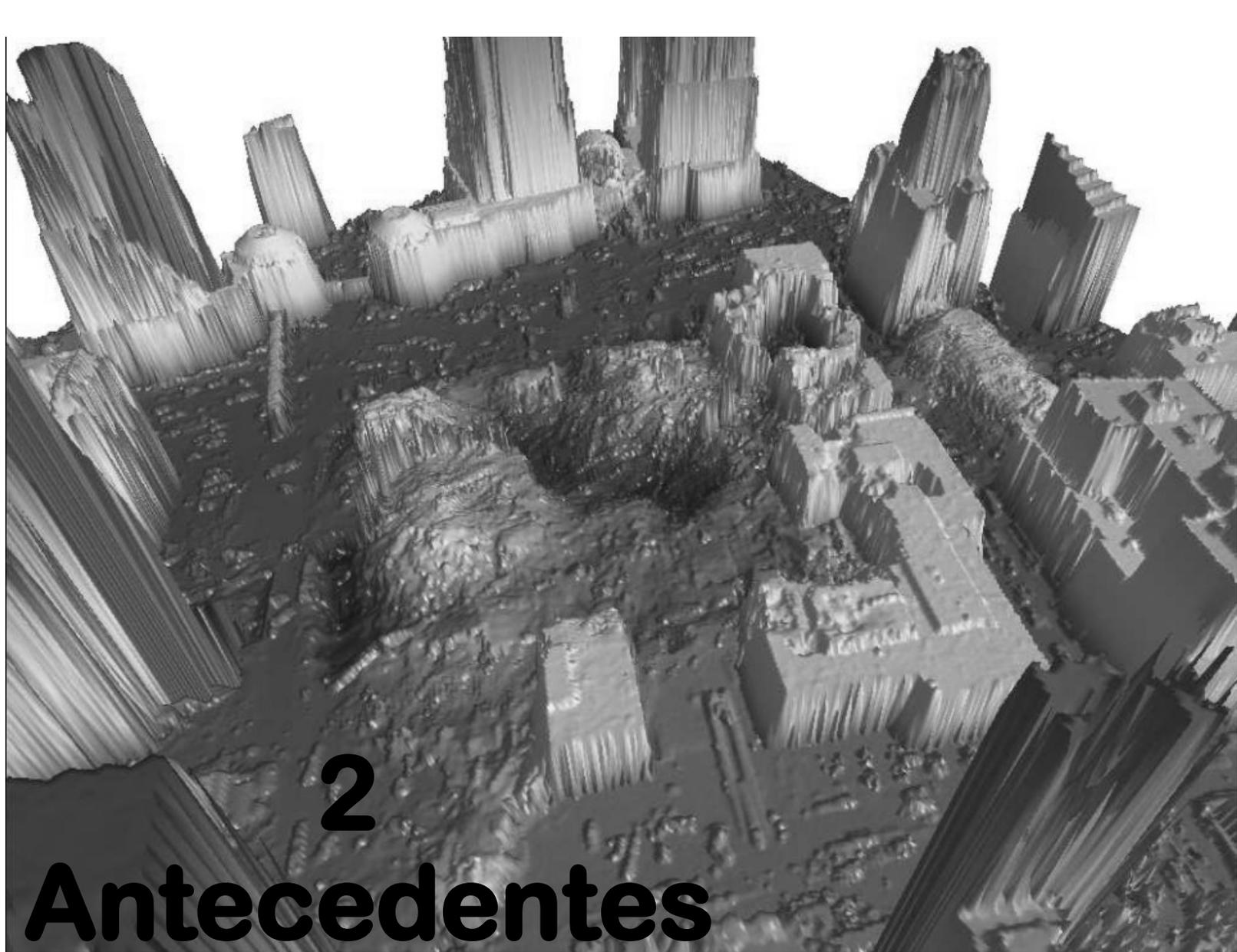


Figura 1.8 Diagrama conceptual del funcionamiento del Atlas Nacional de Riesgos – Sistema de Información Integral sobre Riesgo de Desastres en México.

Lo siguientes productos muestran los resultados esperados del ANR-Siiride, de acuerdo a su concepción:

1. Mapas de peligro por fenómeno, que identifiquen las zonas en donde afectan los fenómenos con diferentes intensidades.
2. Mapas de vulnerabilidad de población, escuelas, hospitales, y otros, en los cuales se señalen las zonas en donde el potencial de daño es mayor.
3. Mapas que desplieguen el tamaño de los sistemas afectables.
4. Mapas de riesgo que identifiquen las zonas en donde para un fenómeno con intensidad dada, las consecuencias del daño son máximas, medias o mínimas.
5. Mapas de afectación ante la ocurrencia y efecto de los fenómenos perturbadores.
6. Costo de los desastres.
7. Costo esperado de la ocurrencia de un fenómeno.
8. Uso de sistemas de datos geo-referenciados a cualquier usuario con aplicaciones web basados en GIS con funciones específicas para la generación automatizada de mapas.

El siguiente trabajo, muestra una estrategia y la obtención de un producto, como resultado de un esfuerzo integral sin la pretensión de cubrir las metas del proyecto ANR-Siiride, enfocado a la diseminación de información geoespacial sobre Riesgos.



2 Antecedentes

Este capítulo explica los principios básicos de los Sistemas de Información Geográfica, algunos sistemas de adquisición de datos geospaciales y como Internet transformó estos sistemas en Infraestructuras de Datos Espaciales.



2.1 Representación de la Geografía

Un mapa es un transmisor de conocimiento hacia un sistema de información geográfica (SIG), como representación gráfica y métrica de una porción de territorio sobre una superficie bidimensional, generalmente plana, pero también esférica¹; su uso se remonta en la historia de la humanidad, generalmente soportado en medios físicos.

De esta forma un mapa es un medio entre los datos geográficos y nuestra percepción, con ello construimos una abstracción para un uso particular. Los rasgos geográficos de la Tierra, por ejemplo: ríos, vegetación, montañas, edificios, entre otros, se representan por elementos geométricos básicos.

La representación y manejo de distintos elementos del mundo real es conocido como *cartografía*, algunos de ellos como contornos, superficies, ángulos, clasificaciones de rasgos, etiquetas de identificación, forma de la superficie terrestre, movimiento de recursos o bienes, etc.

La utilidad de un mapa implica la identificación de distribuciones, relaciones y tendencias; integración de datos de fuentes distintas en uno solo con referencia común. Las aplicaciones van desde estudios agrícolas, económicos, demográficos, defensa e inteligencia, ecología y conservación, electricidad y gas, seguridad pública, atención a emergencias, e-gobierno, salud, educación, geociencias, construcción, sensado remoto, telecomunicaciones, transporte, distribución de agua, entre otros.

Así, en la construcción de modelos de las representaciones geográficas se manejan dos enfoques en el diseño de estos. El *enfoque basado en las entidades*, donde se consideran fenómenos geográficos individualizables, discretos y con límites definidos: un río, un camino, un edificio, es decir, cada entidad posee un conjunto de atributos que representa sus propiedades de interés y un objeto geométrico con las características geoespaciales (forma, dimensiones y posición). A su vez, las entidades están agrupadas en

¹ <http://es.wikipedia.org/wiki/Mapa>

clases indicando fenómenos de la misma naturaleza. En el segundo tipo, es el **enfoque basado en campos**, los fenómenos por sus propiedades del territorio y el comportamiento espacial de la variable asociada a cada uno de ellos, distinguen dos tipos:

1. *Los valores de campos continuos*: tiene valores graduales entre dos puntos próximos, definiendo superficies continuas, y necesariamente tiene que tratarse de variables numéricas.
2. *Los valores de campos discretos*: tienen valores constantes dentro del intervalo y cambian bruscamente en zonas adyacentes.

La representación de la información geoespacial en un computadora esta definida de acuerdo a tres modelos:

- **El modelo vectorial** emplea a los datos geoespaciales donde los objetos geométricos representan fenómenos geográficos y su posición mediante las coordenadas de los puntos con un sistema de referencia vinculado a la Tierra, esto es, un punto (dimensión cero representada con un par de coordenadas x, y), secuencia de puntos (dimensión uno representada por objetos lineales, un conjunto de coordenadas x, y) y una secuencia de puntos cerrada (dimensión dos representada por un conjunto de coordenadas que envuelven un área). A su vez, este tipo de representación tiene dos categorías: lista de coordenadas y diccionario de puntos.
- **El modelo raster y matricial**, registra una parte de los datos de posición y los demás son codificados en base a la ordenación numérica. La base es una cuadrícula regular en un espacio de coordenadas definido por un sistema de referencia. Cada celda se asocia con el valor de una variable temática enlazada con el fenómeno geográfico. Su estructura de datos es más sencilla que la vectorial y ordena los datos en una forma celular o de celdas.

- **El modelo tabular**, es una estructura de filas y columnas, cada una define un dato, cuya representación esta sujeta al lugar que ocupa en la estructura. El mismo principio es el empleado por las bases de datos relacionales.

Los datos geográficos manejan dos componentes: la información geoespacial y la información de los atributos. El primero indica la localización del objeto geográfico; y la información de los atributos, la caracterización del mismo.

En el ámbito de un Sistema de Información Geográfica, se manejan los siguientes elementos para la representación de los fenómenos:

- **Rasgo (feature)**: objetos discretos sobre un mapa, representados por un punto, una línea o un polígono -figura 2.1-.

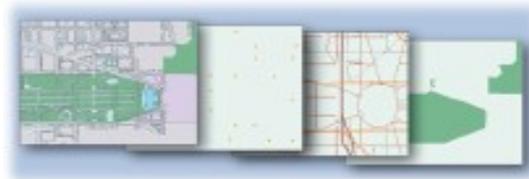


Figura 2.1 Representación de un rasgo. Fuente biblioteca ESRI Inc.

- **Relaciones espaciales:**

Red (network) -figura 2.2- es conjunto de rasgos que participan en un sistema lineal como una red carretera. Otro uso es el análisis de trayectorias.

Es la topología empleada en el manejo común de límites de un rasgo, manejo de reglas de integridad de datos, soporte y consulta topológica. La topología como rama de la geometría, estudia algunas de las propiedades de las figuras del espacio.

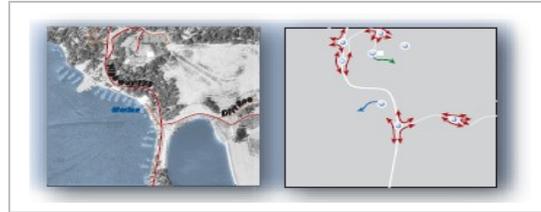


Figura 2.2 Representación de una red. Fuente biblioteca ESRI Inc.

- *Superficie (surface)*: representación de la superficie como redes de triángulos irregulares (*TIN*), con valores de elevación sobre celdas en un raster o con líneas de contorno.
- *Localización* -figura 2.3-: son valores de direcciones, ubicaciones x-y, códigos postales, y rutas. Estos contienen información para la creación de rasgos.

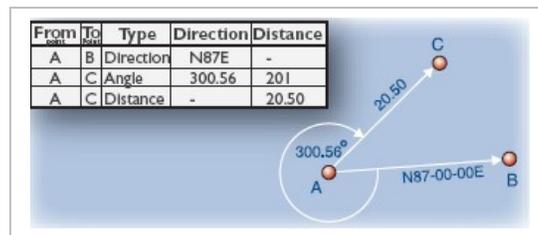


Figura 2.3 Representación de las tablas con valores de dirección, tipo y distancia. Fuente biblioteca ESRI Inc.

- *Imágenes* -figura 2.4-: tecnología raster con la captura de grandes cantidades de imágenes, los cuales proporcionan información de fondo bajo las capas (*layers*) de rasgos en un mapa. Estas representan, fenómenos continuos como la elevación, vegetación, dispersión de contaminantes, temperatura, entre otros.



Figura 2.4 Representación de una imagen raster por medio de celdas. Fuente biblioteca ESRI Inc.

- *Atributos descriptivos (figura 2.5)*; los datos GIS incluyen atributos tabulares que describen a los objetos geográficos. Las tablas son ligadas a los objetos geográficos mediante un campo clave. Estos *datos no geográficos* o atributos son clasificados en nominales o categóricos, ordinales, intervalos y reales o de razón.

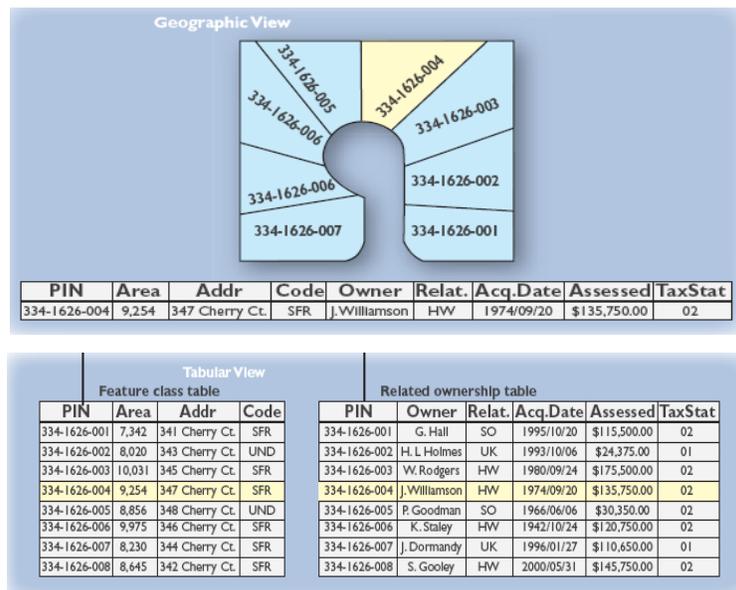


Figura 2.5 Representación de la asociación de los objetos geográficos y sus atributos empleando tablas. Fuente biblioteca ESRI Inc.

Los datos geoespaciales y los atributos deberían considerar características que posibilitan consultas y operaciones de análisis óptimas respondiendo a los resultados. Las cualidades más relevantes son²:

- *Linaje*: descripción de las fuentes de procedencia de los datos, y de los métodos empleados en su obtención, incluyendo cualquier transformación que se les haya aplicado.

² Francisco J. García Lázaro, “Formación Geográfica. Definiciones, Historia y Componentes, Manual curso de IDE’s”, Departamento de Ingeniería Topográfica y Cartográfica, Universidad Politécnica de Madrid 2006 p. 9.

- *Exactitud posicional*: máxima desviación de la posición atribuida a un dato en relación con la verdadera, en un sistema de referencia específico.
- *Exactitud temática*: con datos numéricos, máxima desviación del valor asignado a un atributo con respecto al verdadero; con datos categóricos, veracidad del valor asignado a un atributo.
- *Consistencia lógica*: valora el grado de sujeción a las reglas estructurales propias de un conjunto de datos, y describe la compatibilidad de cada uno de los datos con los demás (Por ejemplo, la suma de las superficies de los departamentos de un estado, debe coincidir con la superficie total del estado). La verificación de la consistencia lógica de los datos se fundamenta en múltiples teorías y modelos matemáticos (métricos, topológicos, etc).
- *Integridad*: presencia de todos los datos relevantes para la aplicación en curso; las consultas efectuadas sobre un conjunto de datos que carezca de esta calidad llevan irremisiblemente a datos erróneos.

Por último, otro elemento importante en la representación cartográfica es la *escala* del mapa, la cual, definirá el nivel de detalle de la información y del tipo de entidad representativa de los elementos geográficos. Existen tres tipos de escalas: la *escala natural* (ejemplo 1:1) donde el tamaño físico coincide con la realidad, la *escala de reducción* (ejemplo 1:5000) cuando el tamaño físico del plano es menor a la realidad y la *escala de ampliación* (ejemplo 10:1), cuando el plano de los elementos muy pequeños es aumentado. En un rango de escalas de reducción, sólo los elementos centrales de un mapa mantienen la equivalencia de la escala, y aquellos que se encuentren en los límites tendrán deformaciones, estas directamente relacionadas con el tipo de *referencia espacial*.

Las escalas más utilizadas en México son:

Escala de la tabla	Nombre de la carta	1 cm corresponde a	1 cm ² en la carta corresponde a	1 km real corresponde a	Dist. Mínima real observ.
1:1,000	mil	10 m	0.0001km ² = 0.01 ha	100 cm	0.25 m
1:5,000	5 mil	50 m	0.0025 km ² = 0.25 ha	20 cm	1.25 m
1:10,000	10 mil	100 m	0.0100 km ² = 1.00 ha	10 cm	2.50 m
1:20,000	20 mil	200 m	0.0400 km ² = 4.00 ha	5 cm	5 m
1:50,000	50 mil	500 m	0.25 km ² = 25 ha	2 cm	12.5 m
1:200,000	200 mil	2 km	4 km ² = 400 ha	5 mm	50 m
1:250,000	250 mil	2.5 km	6.25 km ² = 625 ha	4 mm	62.5 m
1:1,000,000	millón	10 km	100 km ² = 10,000 ha	1 mm	250 m

Tabla 2.1 Escalas de cartografía utilizadas en México³

La información geoespacial debe ser utilizable en un SIG (Sistema de Información Geográfica); por lo regular las formas de adquisición son por levantamientos topográficos (como el tacheometry y levelling⁴), levantamientos fotogramétricos, imágenes de satélite, medidas GPS y similares, medidas de sensores con características de territorio (temperatura, humedad, presión, conductividad, etc); y mediante informes escritos, tablas y listas.

2.2 GPS (Global Position System)

En la segunda guerra Mundial se dio un auge de los sistemas de navegación y posicionamiento. DECCA (Reino Unido) y Loran-A (Estado Unidos de América) fueron los primeros sistemas de posicionamiento y navegación con una cobertura amplia. En 1956, los EUA, lanzaron el primer satélite posicional, este determinaba la posición de los lugares en

³ Oscar Zepeda Ramos, “Metodologías para la elaboración de atlas de riesgos estatales y municipales”, CENAPRED, Capítulo II. Aspectos Geográficos y Tecnológicos, CENAPRED México 2006, p. 45

⁴ Por su nombres en inglés.

el mundo con una precisión homogénea. Hacia finales de 1970, lanzó el primer satélite con un Sistema de Posición Global NAVSTAR⁵.

El Sistema de Posicionamiento Global (GPS) permite calcular las coordenadas desde cualquier punto de la superficie terrestre a partir de la recepción de señales emitidas desde una constelación de satélites en órbita. Transmite información de alta precisión acerca de las orbitas y del registro del tiempo, esto permite el cálculo de la distancia entre satélites y un receptor, y con ello las coordenadas geográficas de este último.

La exactitud de un servicio GPS a los civiles era de 100 metros en horizontal y 150 metros en altura. Es mejorable, aunque los errores conocidos como Disponibilidad Selectiva (SA), fueron introducidos por razones de seguridad militar. Así, el Servicio de Posicionamiento Preciso (PPS) estaba disponible sólo para la comunidad militar con una exactitud de 10 metros. Cabe mencionar, que dada la importancia comercial, desde el año del 2001, se eliminó esta fuente de error. En caso de un conflicto bélico el servicio será encriptado.

Actualmente 24 satélites GPS se encuentran operando. Los satélites GPS orbitan alrededor de la Tierra a una altura de 20 000 Km, se encuentran sincronizados por relojes atómicos estables, y correcciones hechas por estaciones terrestres distribuidas alrededor del mundo. Todos los relojes trabajan simultáneamente y los satélites pueden identificarse por la transmisión de mensajes de navegación. El Sistema de Posicionamiento Global (GPS) no es único, la Unión Europea también tiene su propio sistema llamado *Galileo*. La contrapartida rusa es *GLONASS* (Sistema Global de Navegación por Satélite). Un sistema de apoyo al GPS es el sistema *EGNOS*, que a su vez es compatible con *WAAS* de Estados Unidos de América, *MSAS* de Japón y *GAGAN* de la India⁶. Los datos obtenidos por un GPS están determinados en latitud y longitud WGS84, aunque algunos receptores los transforman a otros datum (ver ANEXO I Referencia Espacial).

⁵ Acrónimo de la palabra en inglés Navigation Satellite Timing and Ranging

⁶ http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_posicionamiento_Galileo

Dentro del sistema GPS, se cuentan con tres secciones o subsistemas: espacial, de control y de usuario:

1. La sección espacial esta constituido por los 24 satélites (más 4 de reserva) de la constelación NAVSTAR que soportan el sistema y las señales de radio. Distribuidos en 6 órbitas elípticas, cada una con 55° de inclinación respecto del Ecuador. La configuración de la constelación asegura, con bastante confiabilidad, que mínimo cuatro satélites sean visibles desde cualquier punto de la Tierra.
2. La sección de control son las infraestructuras necesarias, distribuidas en la Tierra (figura 2.6), para el control de la constelación satelital. Se encuentran en Hawai, Ascensión, Diego García, Kwajalein y Colorado Springs, esta última es la estación principal.



Figura 2.6 Estaciones de control GPS. Fuente <http://www.gabrielortiz.com/>

Cada estación de control rastrea los satélites GPS mediante radiotelescopios y envía la información hacia la estación maestra, en esta se realizan cálculos para determinar las efemérides⁷ precisas de cada satélite y el error del reloj correspondiente. La estación maestra actualiza la información de navegación de cada satélite, y la retransmite, a su vez ellos la retransmiten a los usuarios como parte de su mensaje de navegación.

En México, el INEGI establece la Red Geodésica Nacional Activa que conforma a 16 estaciones fijas con coordenadas ITRF-92 época 1988.0 conocidas (latitud, longitud y altura elipsoidal), con estas los equipos GPS posicionan estaciones GPS de referencia. Cubren una radio de 500 Km por estación.

3. La sección del usuario es el equipo receptor del usuario y las aplicaciones necesarias para la recepción y procesamiento de la señal de satélite. Los receptores obtienen información del subsistema satelitario por medio de mensajes de navegación como el archivo de almanaque. Este se actualiza cada vez que el receptor se enciende y capta la señal (mínimo de un satélite).

Cuando la exactitud no es requerida, un GPS simple de bajo costo es el indicado, que considera entre 3 metros y 10 metros en tiempo real. Esto lleva a la ubicación de objetos geográficos en una escala 1:50 000 o menores. No obstante, estudios con mayor precisión, el GPS Diferencial es requerido, con valores menores a un metro.

Una clasificación de GPS los divide en receptores geodésicos (figura 2.7) para mediciones mayores a 500 Km; los receptores cartográficos utilizados en escalas menores a escala 1:20 000; y los navegadores empleados en la obtención de valores de navegación como el tiempo, la velocidad, el rumbo, entre otros.

⁷ Predicciones de las órbitas de los satélites para el futuro



Figura 2.7 Imagen de un receptor GPS geodésico. Fuente: www.agroads.com.ar

2.3 Percepción Remota

La *percepción remota* es una técnica para la obtención de información entre objetos distintos sin un contacto directo. La información obtenida se debe al reflejo del objeto con el uso de sensores que reaccionan a la radiación electromagnética. La interpretación de las imágenes da lugar a la detección, reconocimiento y clasificación de objetos.

Los *componentes de la percepción remota* (figura 2.8) son: la **fuerza de iluminación**, está puede ser la externa o la propia, un ejemplo de la primera es la radiación solar y en el caso de la iluminación propia se encuentra la luz ultravioleta, infrarroja, etc. El **paisaje** son todos los entes físicos (objetos) presentes en un territorio. La **escena** es una sección o superficie del paisaje, dependiente del tipo de sensor. El **sensor remoto** es el medio que captura la luz reflejada en una escena, donde se obtiene una representación visual de está. La **plataforma** es el medio donde se coloca el sensor remoto, desde donde se captará una visión de conjunto de la escena. El **Sistema de procesamiento** es un mecanismo de procesamiento cualitativo y cuantitativo de las imágenes de una escena, para su análisis e

interpretación. El *apoyo en campo* permite la ratificación de algunos puntos de la escena, permitiendo con ello, la evaluación de los resultados obtenidos.

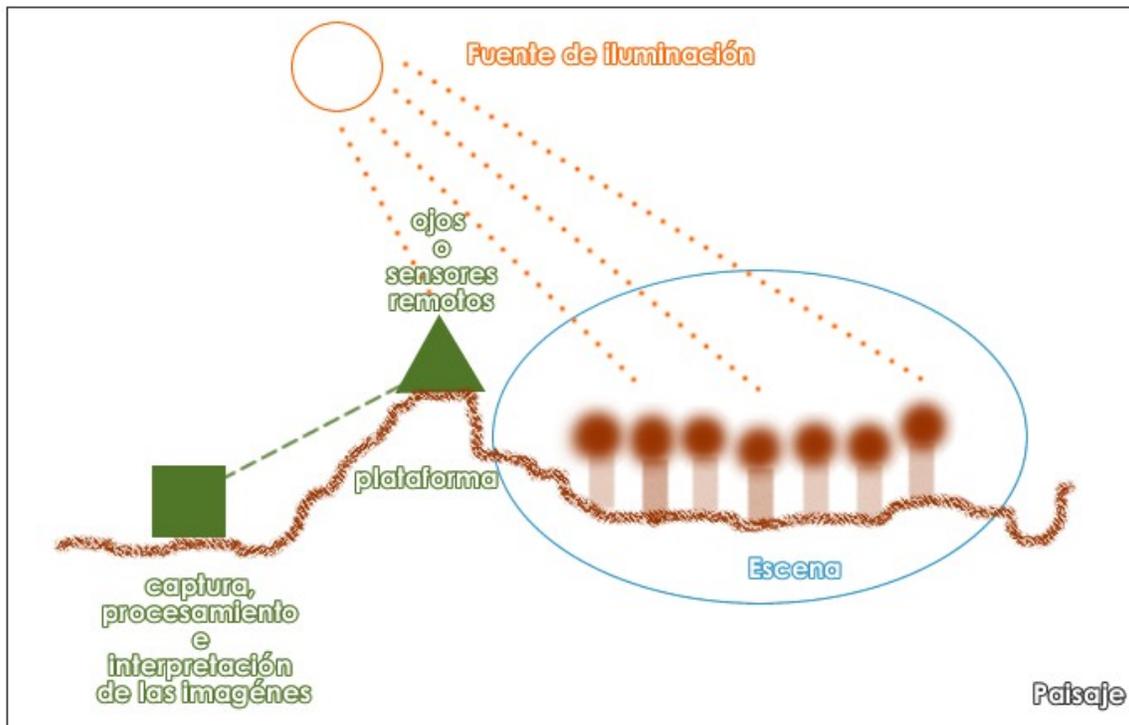


Figura 2.8 Principios del sensor remoto

Se utilizan plataformas a gran distancia de la escena para la definición de objetos por medio de sensores remotos de alta resolución⁸. De esta forma, la percepción remota, permite el estudio del suelo, cuerpos de agua y recursos naturales en general. Otras plataformas se encuentran girando a varios cientos de kilómetros sobre la superficie terrestre, a bordo de un vehículo orbital, con sistemas de energía solar, sistemas de control y telecomunicación automatizado: los satélites. Ellos, posibilitan la obtención de una cobertura regular y repetitiva de la superficie terrestre. Las características, aplicaciones y productos de los satélites son diversos. Entre los principales satélites se encuentran Ikonos, Orbview 3, Terrsar x, Eros a, Landsat 7, Cartosat 1, Resourcesat 1 y SPOT 5. En México, por

⁸ Información mínima registrada por un sensor remoto en términos de tiempo, espacio o energía electromagnética. Son cuatro tipos: resolución espacial, resolución espectral, resolución radiométrica y resolución temporal.

ejemplo, la Comisión Nacional de Biodiversidad (CONABIO) proporciona imágenes del sensor MODIS a través de su sitio en Internet⁹.

Una aplicación especial del sensado remoto, es la *fotogrametría*. En esta, dos imágenes diferentes son tomadas desde distintas estaciones de vista. Un modelo en tres dimensiones es reconstruido en base a las medidas exactas de los objetos basados en las imágenes, por ejemplo un Modelo Digital de Elevación¹⁰. La plataforma de los sensores son las naves de vuelo (figura 2.9). Estas permiten la obtención de una cobertura del terreno con traslapes regulares y restitución de imágenes; junto con un Sistema de navegación GPS se realiza la compensación de los errores en las imágenes. La escala de las imágenes obtenidas varía de escala 1:3 000 a escala 1: 130 000.

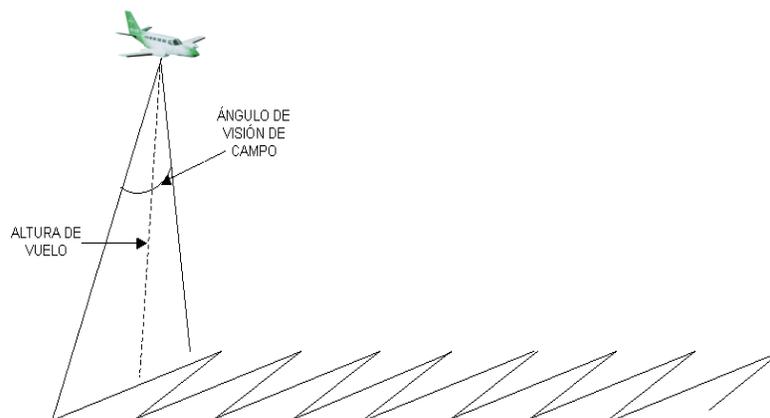


Figura 2.9 Imagen de una aeronave que hace sensado remoto con una cámara aérea. Fuente INEGI.

Los radares, se han desarrollado, porque la calidad de sus imágenes es mejor que los sensores ópticos sensitivos a regiones visibles e infrarrojas del espectro electromagnético, pero no en zonas infrarrojas térmicas como un cielo nublado. El sensado remoto de las microondas, donde la radiación solar es pasiva, se lleva a cabo por un sistema de radar que genera energía con una longitud de onda de pocos centímetros (X-band 3cm) transmitida al terreno en forma de pulso; la doble acción de transmisión - recepción de la antena recibe

⁹ www.conabio.gob.mx

¹⁰ Malla rectangular basada en un sistema de referencia y una proyección de mapa específica.

la señal de “rebote”. La duración de los pulsos posibilita el conocimiento de la resolución y la diferencia entre la transmisión y recepción del pulso: la distancia.

Una tecnología más en el campo de los sensores remotos es el *Sistema Láser Aerotransportado* (LIDAR - acrónimo en inglés de Ligth Detection and Ranking). Por medio de un telémetro láser de alta precisión realiza un barrido en una escena con la pulsación de rayos láser. El tamaño del barrido esta sujeto a la altura de vuelo de la aeronave y el ángulo de apertura del telémetro. De la misma forma que ocurre con el radar, el rebote de los ratos emitidos sobre los objetos en el terreno (figura 2.10) permite la determinación de la distancia combinando elementos de la velocidad de barrido, el ángulo de barrido, valores del GPS aerotransportado y el Sistema de Referencia Inercial en un procesamiento posterior al vuelo. La exactitud vertical de un sistema comercial LIDAR es de ± 15 cm a 50 cm, aunque en algunos casos es más fina, del orden de ± 5 cm.

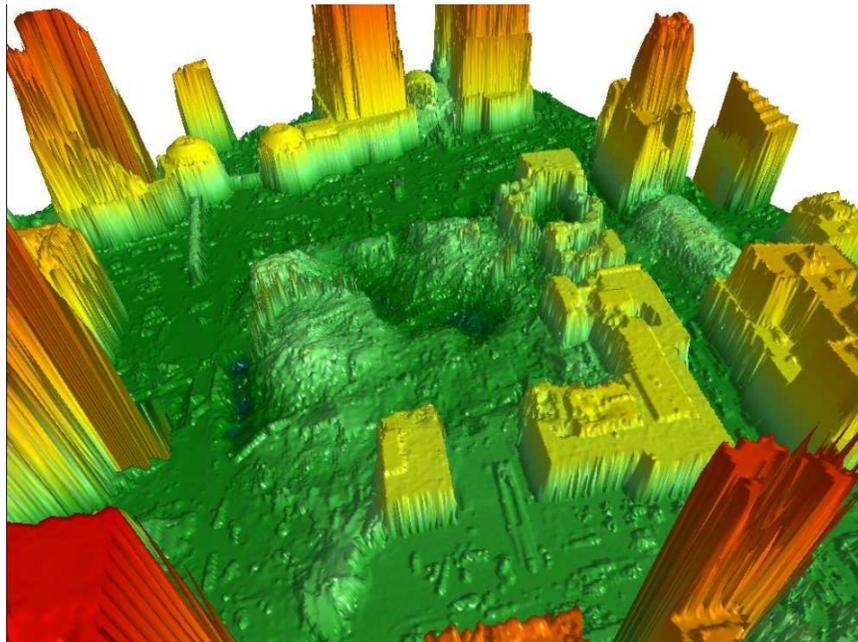


Figura 2.10 Imagen de la zona 0 en Nueva York, Estados Unidos de América, sensada con la tecnología LIDAR. Fuente INEGI.

2.4 Metadato Geoespacial

Los metadatos geoespaciales son datos de datos. En general, un metadato geoespacial refleja tres características de la información:

- El **contenido**, acerca de lo que es la información, intrínseco a un elemento de información.
- El **contexto**, indican el “que”, “quien”, “por que”, “como”, “cuando” y el énfasis de la componente geoespacial “donde”. Es extrínseco a la información.
- La **estructura**, es un conjunto formal de asociaciones dentro o entre los elementos individuales de la información. Su naturaleza es intrínseca o extrínseca.

Los metadatos geoespaciales son críticos para el manejo de la información porque identifica y describe los elementos de información, documentan el comportamiento, su función, empleo, las relaciones con otros elementos y su forma de manejo.

En un mapa impreso, un metadato geoespacial esta inmerso en la descripción marginal, donde se ubica la escala, la proyección, la cuadrícula, el sistema de referencia, la institución productora, fecha de edición, entre otros. En un ambiente digital, un metadato esta codificado en un archivo.

2.5 Niveles de los metadatos geoespaciales

Los niveles de metadatos geoespaciales se dan en función del uso genérico:

- *Metadatos geoespaciales de descubrimiento*, responden a la pregunta: ¿Qué conjunto de datos contienen la clase de datos que estoy interesado? Con ello, las organizaciones dan a conocer y publicitan su información. Son un mínimo de información necesaria para la transmisión de la naturaleza y el contenido de la fuente de datos: título, descripción, razones para la colección, uso, cuando fueron creados, actualización, origen, coordenadas o extensión geográfica, como fueron creados y como se llega a ellos.
- *Metadatos geoespaciales de exploración*, responden a la pregunta: ¿Contienen suficiente información los conjuntos de datos como para permitir hacer un análisis sensato para mis propósitos? Esta documentación proveen información para asegurarse de que otros los usan correctamente. Dan suficiente información para permitir al usuario estar seguro de que los datos existen para un propósito dado, valorar sus propiedades y hacer referencia a algún punto de contacto para obtener más información.
- *Metadatos geoespaciales de explotación*, responden a la pregunta: ¿Cuál es el proceso por medio del cual se obtienen y utilizan los datos que se requieren? Enfocado a usuarios finales y a organizaciones proveedoras en la utilización, mantenimiento, almacenamiento con efectividad. Incluyen aquellas propiedades necesarias para el acceso, transferencia, carga, interpretación y uso de datos en una aplicación final, en donde serán explorados. Esta clase incluye detalles de un diccionario de datos, organización, proyección y características geométricas y otros parámetros útiles al usuario y los sistemas de información para el uso apropiado de datos geoespaciales.

En otra perspectiva, el nivel de detalle está dividido por el propósito del metadato. Para un uso interno, los “*metadatos geoespaciales locales*” contienen información detallada; y para uso externo, los “*metadatos geoespaciales globales*” contienen una corta descripción

de los datos geospaciales, se encuentran publicados en servidor de metadatos, lo que permite a estos usuarios realizar búsquedas amigables y rápidas.

2.6 Catálogo de Metadatos Geospaciales

El soporte de acceso y descubrimiento de los servicios de metadatos geospaciales para la información geoespacial es conocido como:

- Catálogo de servicios (OpenGIS Consortium)
- Directorio de datos geospaciales (Infraestructura de datos espaciales de Australia)
- Clearinghouse y/o Geospatial One-Stop Portal (U.S. FGDC¹¹)

Un catálogo y su interface de usuario permiten la consulta de colecciones distribuidas de información geoespacial a través de la descripción de metadatos y hasta la interacción con los datos geospaciales disponibles. Algunas herramientas de estas son el *thesauri* para la organización y recuperación de la información que despliega una jerarquía orientados al usuario como clasificador de los temas que lo conducirán a su búsqueda y el *diccionario geográfico (gazetteer)* que contiene lugares predefinidos con su correspondiente ubicación geográfica ligada al campo correspondiente dentro del metadato.

2.7 Beneficios de los Metadatos Geospaciales

Los metadatos geospaciales le dan un valor agregado a los datos geospaciales, entre algunos beneficios se encuentran la organización en la generación de los datos geospaciales, el desarrollo coordinado de esfuerzos conforme a estándares, la

¹¹ Por su Acrónimo en inglés, Federal Geographic Data Committee.

búsqueda ágil de información, mejora en los procedimientos de manejo y administración de datos geoespaciales, mayor disponibilidad y difusión de los mismos.

2. 8 Sistema de Información Geográfica¹² (SIG)

Un Sistema de Información Geográfica es un conjunto de elementos interdependientes que contribuyen a obtener y gestionar información geográfica; estos elementos combinados, están clasificados en factores humanos e institucionales, tecnológicos a un nivel físico (hardware) y a un nivel lógico (software), datos geoespaciales y descriptivos, además de los métodos de análisis de la información geográfica.

Los roles de las personas relacionadas en un SIG varía de acuerdo a su nivel de participación, esto es¹³:

- *Usuario de mapas* es el consumidor final de los mapas, es quien consulta los mapas generales o de uso específico.
- *Constructor de mapas* crea estos, desde distintas fuentes y agrega datos para realizar un mapa personalizado.
- *Publicador de mapas* es quien esta dedicado a la publicación de mapas con alta calidad cartográfica.

¹² En inglés se conoce como GIS (Geographic Information System)

¹³ Michael Zeiler, Op. Cit. págs 30-32, u Ob. Cit.

- *El analista de datos geoespaciales* resuelve problemas geográficos, por ejemplo en la búsqueda de rutas de evacuación en presencia de determinado fenómeno.
- *El creador de datos geoespaciales* ingresa datos geográficos al SIG con distintas técnicas de edición, conversión y acceso de datos.
- *El administrador de bases de datos* gestiona las bases de datos geográficas o geobase de datos y monitorea en funcionamiento confiable del SIG.
- *El diseñador de bases de datos* construye los modelos lógicos e implementa estos a un nivel físico en la geobase de datos.
- *El desarrollador* personaliza el software GIS de acuerdo a necesidades especiales de las reglas del negocio.

Otra clasificación en un sentido general divide a los usuarios en expertos, especialistas y usuarios finales. Los primeros diseñan y mantienen el SIG, los usuarios especialistas introducen datos geoespaciales, realizan consultas y análisis de ellos; y los usuarios finales sólo consultan la información geográfica.

Los procesos o funciones que desempeña un SIG permiten incorporar, almacenar, manejar, consultar, analizar y representar o visualizar información estadística y geográfica o geoespacial. De acuerdo a la representación de la información geográfica, un SIG soporta varias vistas de trabajo (figura 2.11):

1.- *Vista de la base de datos geoespacial*: una base de datos geoespacial, la cual contiene conjunto de datos que representan información geográfica en términos de un modelo de datos SIG genérico (rasgos, raster, topologías, redes, entre otros).

2.- *La visualización*: mediante un mapa inteligente y otras vistas que muestran rasgos y relaciones con la superficie de la Tierra. Varias vistas de mapas subyacentes son contruidos y usados como “ventanas en la base de datos” con soporte de consultas, análisis y edición de la información.

3.- *Geoprocesamiento*: las herramientas de transformación derivadas de nuevos conjunto de datos de los ya existentes. Estas funciones de geoprocesamiento toman información de datos existentes, aplicando funciones analíticas y escribiendo sus resultados en nuevos datos derivados.

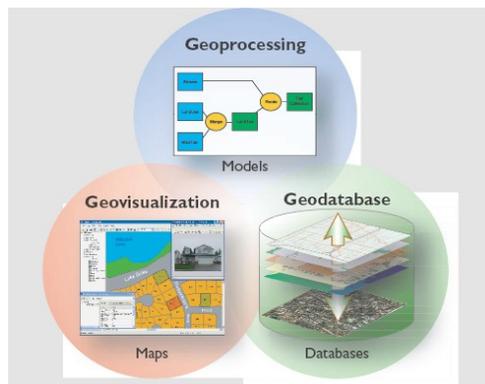


Figura 2.11 Vista de un GIS de acuerdo a ESRI Inc.©

Con un SIG es posible analizar los patrones y tendencias de los elementos geográficos y su evolución en un escenario específico. Este análisis esta condicionado por el modelo de datos empleado en la construcción de la información geoespacial. Es aconsejable determinar un repositorio de datos geoespaciales con un desempeño confiable e integral. El análisis espacial es un amplio conjunto de procedimientos de estudio de datos geográficos, tomando en cuenta características espaciales con sustento en la estadística espacial, la cual a su vez asemeja características de la estadística descriptiva e inferencial.

En general, las herramientas de análisis empleadas son para el *análisis de proximidad* empleado en la determinación de distancias entre elementos; *el análisis de superposición (overlay)* con varias estratos de información, en algunos casos de integración

y uso de operaciones matemáticas y lógicas (suma, resta, multiplicación, división, exponencial, y, o, ni, no, etc); **el análisis de conglomerados** deriva del análisis de proximidad, realiza agrupaciones de objetos próximos por cercanía o similitud de atributos; **el análisis de redes y rutas** más cortas es la determinación de una trayectoria alternativas en el desplazamiento de un punto a otro; y por último, **el análisis del terreno** que mide las pendientes, calcula las elevaciones y marca límites basadas en las características topográficas -valores x, y, z-.

Un sistema moderno de información geoespacial (imagen 2.12) esta basado en tecnologías alternativas proporcionadas por la Geomatica¹⁴. Este emplea hardware y software en la entrada, manipulación y almacenamiento de la información geoespacial. En el caso de la salida de datos se utilizan diversos productos de información geoespacial. Los datos geoespaciales son el elemento más importante y con mayor costo. Se utiliza el término “información geoespacial” por su contexto dentro de una Infraestructura de Datos Espaciales, gracias al nuevo paradigma propuesto por Internet, donde los SIG ya no son entes aislados, sino entidades que generan conocimiento geográfico en forma colectiva, en vez del uso del término “información geográfica”. Otro elemento importante es la administración cuya función permite coordinar los esfuerzos encaminados al buen funcionamiento del Sistema. De acuerdo a Dangermond, los tres principales componentes de un Sistema de Información Geográfica, el porcentaje de esfuerzos estaría dividido así: 10 % en el hardware y software, 80% los datos geoespaciales y 10% la administración.

¹⁴ Conjunto de técnicas en las cuales se integran los medios para la captura, tratamiento, análisis, interpretación, difusión y almacenamiento de información geográfica.

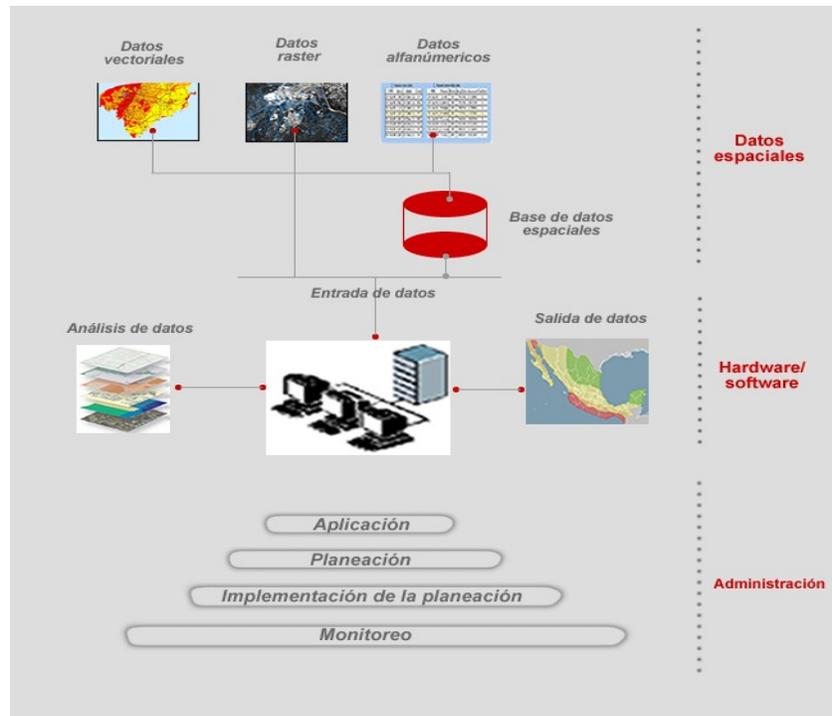


Imagen 2.12 Componentes de un SIG moderno.

Los aspectos de hardware y algunos de software, los trataré más adelante en el contexto de los elementos tecnológicos de una Infraestructura de Datos Espaciales (IDE).

Así, los métodos de cartografía siguen empleándose en los SIG, independientes del medio de entrada y salida, por medio de archivos digitales; la evolución en el manejo de la información geográfica está muy ligada con los avances de las tecnologías de la información y comunicación. Por ejemplo, la creación de bases de datos geográficas proporcionó un vasto manejo de formatos multipropósitos desde distintas fuentes, así como su migración a otras bases de datos; primero desde un diseño relacional hasta seguir con las propuestas de modelado orientado a objetos (*POO*), funcionando de este modo las características de ambos paradigmas. El acceso a esta tecnología abrió nuevas oportunidades de análisis espacial.

Las tareas enfocadas a la adquisición, manipulación, procesamiento y distribución de la información geográfica motivó a nuevas formas de reutilización de la información para

reducir costos asociados por la duplicación de esfuerzos. Una de las primeras aplicaciones fue en la planeación urbana, se deseaba enviar datos geoespaciales a una gran variedad de fuentes, editarlos sobre un mapa topográfico base, para obtener la expansión urbana potencial¹⁵.

El reporte “*Toward a Coordinated Infrastructure for the Nation*” realizado por la *U.S. Mapping Sciences Committee* (MSC) puntualiza una visión de unidades funcionales (información geográfica) adaptables a distintos sistemas. Bajo esta premisa, Internet le dio nuevas posibilidades a la disseminación de la información geográfica desde distintas fuentes, ya no sólo dentro de la misma área geográfica sino en todo el mundo; el uso de las múltiples tecnologías de bases de datos, plataformas, arquitecturas y comunicación. Otra tecnología que proporcione un auge fue el uso de Sistemas de Posicionamiento Global (*GPS*) con la obtención de ubicaciones en tiempo real.

Algunas tendencias sugieren que las tecnologías de la información y comunicación progresaran, en el caso particular, orientado hacia la información geográfica le dan un nuevo sentido, Dagermond lo explica: “Una Infraestructura de Datos Espaciales (IDE) es un paso natural en la evolución del uso de Sistemas de Información Geográfica (GIS), junto con la Información Geográfica, para el soporte de la toma de decisiones, conducirán hacia el nacimiento de una sociedad GIS, que influenciarán en las vidas de las personas. Es inevitable que los GIS sean vistos como una infraestructura fundamental”¹⁶. Para muestra, tenemos a Google Earth: sus múltiples aplicaciones de búsqueda de direcciones, localización de sitios turísticos, entre otros al alcance de los millones de usuarios en Internet; con ello, posiblemente creando lo que será un Atlas Global.

2.9 Estándares empleados en una Infraestructura de Datos Espaciales

¹⁵ Ian Masser, “GIS World Creating Spatial Data Infrastructures”, ESRI Press 2005, Estados Unidos de Norteamérica, p. 5.

¹⁶ Dagermond, “Data ownership is the biggest challenge”, Geospatial Today Special issue on GSDI: Blueprint for development 2/5:13, 2004.

Si bien, los estándares auxilian en la interoperabilidad de los datos geoespaciales en entornos distribuidos, conformando con ello un ambiente “interoperable”, donde el intercambio de información es una constante; su implementación en las distintas etapas de desarrollo de una IDE y en los elementos que la conforman, implican una buena practica de las partes posibilitadas para ello.

Ejemplos de la ineffectividad del uso de los estándares son la dificultad de comunicación en las redes de computadoras, sistemas sin una completa visión a largo plazo acerca de los requerimientos para el intercambio de datos geoespaciales, en esquemas básicos de integración de datos geoespaciales desde fuentes distintas, en la documentación de la calidad, características y disponibilidad de datos geoespaciales en bases de datos, así como en el diseño de la misma, en los métodos de recolección y su simbología; por mencionar de algunas de las posibles situaciones presentadas por la ausencia de estándares. Se resuelven situaciones particulares, como las antes mencionadas, siempre y cuando, quienes los utilicen realicen las cosas de la misma forma. En el caso de los datos, los estándares ayudan a la creación y mantenimiento de los datos en un nivel de calidad y consistencia, mejorando de está forma la toma de decisiones. De acuerdo a la Infraestructura Global de Datos Espaciales (GSDI -por su siglas en inglés-), los estándares relacionados con el acceso de datos geoespaciales aún son inmaduros.

Los estándares en tecnologías de la información tienen tres premisas: la portabilidad, la interoperabilidad y el mantenimiento¹⁷.

2.9.1 Organizaciones que desarrollan estándares

Los estándares con relación en las implementaciones GIS son clasificados en *independientes* y de *facto*. Los primeros son aprobados por organismos reconocidos a través del consenso, en el que intervienen múltiples participantes. Ejemplo de ello, son los organismos gubernamentales y los organismos independientes que producen estándares y

¹⁷ Richard Groot and john McLaughlin, Op.Cit. p. 58, u Ob. Cit.

especificaciones directrices de una implementación, como ANSI y FGDC. Los *estándares de facto* son aceptados por su popularidad y uso, sin contar con una aprobación formal, proporcionando especificaciones técnicas en una implementación. Y en la mayoría de los casos provienen de la industria de TIC (Tecnología de Información y Comunicación), por ejemplo el formato KML/KMZ empleado por el programa Google Earth de la compañía Google Inc. aceptado por una gran parte de la comunidad y la industria. Los grupos Nacionales y las comunidades también juegan un papel importante por sus sugerencias de las practicas comunes, los contenidos y las relaciones entre ellos.

Organismos Nacionales

- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI)
- Comité de Informática de la administración Estatal y Municipal A.C (CIAPEM)
- Asociación Mexicana de Estándares para el comercio electrónico (AMECE)

Organismos de estándares independientes

- American National Standard Institute (ANSI)
- Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE)
- International Telecommunications Union (ITU)
- The International Organization for Standardization (ISO)
- Electric Industries Association (EIA)
- American Congress on Surveying and Mapping (ACSM)
- European Committee for Standardization (CEN)
- Digital Geographic Information Working Group (DGIWG)
- European Petroleum Survey Group (EPSG)
- Global Spatial Data Infrastructure Association (GSDI)
- International Hydrographic Organization (IHO)
- Organization for the Advancement of Structured Informations Standard (OASIS)

Asociaciones y Consorcios Industriales

- Open Group (Formalmente X/Open)
- Object Management Group (OMG)
- OpenGIS Consortium (OGC)

Organizaciones Profesionales

- Urban and Regional Information Systems Association (URISA)
- International Association of Assessing Officers (IAAO)
- Association for Computing Machinery (ACM)
- International Organization for Standardization (ISO) por medio del Geographic Information/Geomatics Committee (TC 211, TC 204 y JTC-1)
- World Wide Web Consortium (W3C)
- Internet Engineering Task Force (IETF)
- Federal Geographic Data Committee (FGDC)
- Organization for the Advancement of Structured Information Standards (OASIS)
- Open Mobile Alliance (OMA)
- Spatial Technologies Industry Association (STIA)
- Wireless Location Industry Association (WLIA)

Otra clasificación de los estándares es por tipo de **bajo nivel** y **alto nivel**. En el primer caso de acuerdo a detalles técnicos con categorías: conexión física y hardware, administración y comunicación de redes de computadoras y sistemas operativos, que tienen como objetivo la interoperabilidad de sistemas mediante una infraestructura de Tecnologías de Comunicación e Información. En los estándares de alto nivel se encuentran los relacionados con el diseño de geobase de datos, el intercambio de datos, desarrollo de aplicaciones y las representaciones de estas, entre las principales están los estándares de interfaces del usuario, intercambio de datos, formato de datos, desarrollo y programación de aplicaciones, y diseños de usuario.

2.9.2 Tipos de estándares

Categoría: Conexiones físicas y hardware

- Cableado y conectores: Estándares aprobados por la EIA, IEEE y la ISO.
- Interfaces eléctricas: Estándares de voltaje y frecuencia para la línea de comunicación de datos. Participan la EIA, IEEE y la ISO.
- Diseño de hardware: Enfocado a la arquitectura de las computadoras (procesadores, memoria, bus, monitor), desarrollados por las compañías de computadoras como Intel e IBM.
- Formato de almacenamiento: Indica el almacenamiento físico sobre cintas, medios magnéticos y ópticos: DAT, QIC, CD-ROM, DVD, RAID (Redundant Array of Independent disk).

Categoría: Administración y comunicaciones de redes

- Protocolos de redes locales: soporte de la comunicación en distintas velocidades (Ethernet, Fast Ethernet, Asynchronous Transfer Mode, Gigabit Ethernet). En su mayoría aprobados por la ISO y la ANSI.
- Protocolos de redes amplias: soportan la comunicación entre dispositivos ubicados en distintos lugares geográficos (Frame Relay, Asynchronous Transfer Mode).
- Comunicación de datos wireless: comunicación por medio de ondas de aire (radiofrecuencias, microondas). Por ejemplo, el protocolo GSM hace un *roaming* internacional en los teléfonos celulares.
- Protocolos de alto nivel: permiten la comunicación de servicios de alto nivel como la transferencia de archivos, correo electrónico, encriptación de archivos, entre otros.

- Modelos y suites de protocolos de comunicación: son los protocolos TCP/IP y el Modelo de Interconexión de Sistemas Abiertos de la ISO.

Categoría: Sistemas Operativos y Software

- Sistemas Operativos: permite la flexibilidad en la interconexión y de distintas aplicaciones sin configuraciones complejas sobre distintas plataformas (Estandarización de UNIX mediante Open Group y los estándares comerciales Windows 95 y Windows NT).
- Administración distribuida de redes: proporcionan un monitoreo y administración de redes. Son citables en este sentido, Desktop Management Interface Profile, X.500 directory service, Common Management Information Protocol (CMIP) y el Simple Network Management Protocol (SNMP).
- Arquitecturas de administración de objetos: útil en la administración de objetos y comunicación, entre los que están Common Object Request Broker Architecture (CORBA), Distributed Common Object Model (DCOM), el Simple Feature Implementation Specification for OLE/COM de OpenGIS, entre otros.

Categoría: Interfaz del usuario

- Interfaces gráficas del usuario: estos estándares están “vinculados” con el Sistema Operativo; MOTIF para UNIX, Gnome para Linux y Microsoft Windows.
- Diseño de aplicaciones personalizadas: permite a las organizaciones consistencia en las interfaces “look and feel”.

Categoría: Formatos de datos

- *Formato de datos geoespaciales tipo vector y su intercambio:* algunos estándares comerciales y gubernamentales son SIF, SHP, DXF, KML, KMZ, ISIF, GeoRSS etc. Algunos formatos intermedios para el intercambio de datos

geoespaciales vectoriales son Spatial Data Transfer Standard (SDTS) y Digital Geographic Exchange Standard (DIGEST).

- *Formato de datos geoespaciales tipo raster y su intercambio:* formatos de archivos estándar para imágenes tipo raster son TIFF, CCITT, JPEG, GIF, PNG. El formato de intercambio de datos geoespaciales raster es SDTS.
- *Acceso e intercambio de atributos:* permite el intercambio de datos entre sistemas distintos y de acceso interactivo como ODBC (Open Database Connectivity) y SQL (Structured Query Language).
- *Interoperabilidad y acceso a datos geoespaciales en forma transparente:* soportado por la interoperabilidad definida en las especificaciones de OpenGIS: Web Coverage Service(WCS), Web Feature Service (WFS), Web Map Service (WMS), etc. Y el soporte de los manejadores de bases de datos para productos de Sistemas de Información Geográfica como PostGIS, Oracle Spatial, Oracle Spatial cumplen el estándar *Simple Feature Specification for SQL*.
- *Tecnologías XML:* protocolos de mensajes y operaciones tipo Web Service con Web Services en distintos ambientes: Description Language (WDSL), Universal Description, Discovery and Integration (UDDI), Simple Object Access Protocol (SOAP), DAML-based Web Service Ontology (DAML-S), Business Process Execution Language for Web Services (BPEL4WS).
- *Modelo de Referencia para la interoperabilidad de la OGC (figura 2.13).* Este marco precisa el trabajo de la Open Gis Consortium, sus especificaciones y la interoperabilidad de sus soluciones y aplicaciones, datos y servicios geoespaciales¹⁸. La figura muestra la arquitectura en capas llamada pila de estándares (standards stack), sobre los cuales los servicios web son implementados y utilizados.

¹⁸ http://en.wikipedia.org/wiki/OGC_Reference_Model

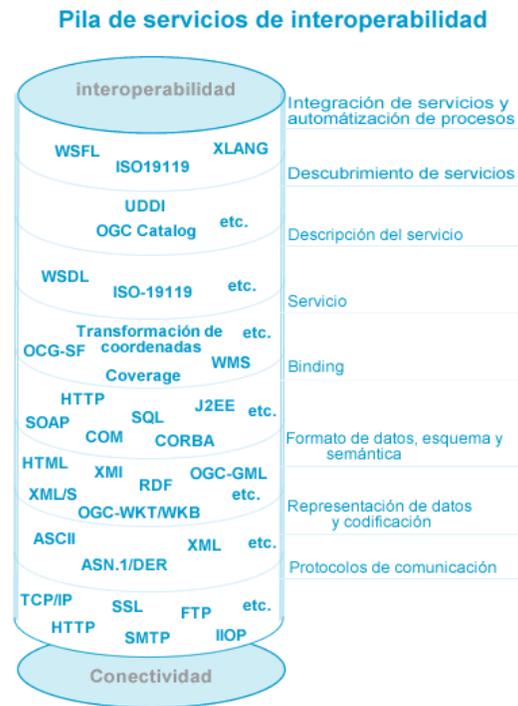


Figura 2.13 Modelo de interoperabilidad propuesto por el OpenGIS Consortium.

Categoría: Desarrollo de aplicaciones y programación

- *Herramientas de desarrollo de aplicaciones abiertas:* Aquellos proporcionadas por la industria para el acceso de las funciones de los Sistemas de Información Geográfica. Ejemplos son Visual Basic .NET, Delphi, Eclipse, NetBeans, MapObjects de ESRI, etc.
- *Extensiones geoespaciales de SQL:* definido en el estándar Spatial SQL/MM .
- *Internet y WWW:* Utiliza el uso de Internet en la consulta de datos geoespaciales, el análisis, y distribución de datos (PHP, JSP, Java, MapScript, AJAX, etc).

Categoría: Diseños del usuario

- *Esquemas de bases de datos:* parámetros de los atributos como tamaño de los campos, etc. El estándar del formato de las direcciones del US Census Bureau.
- *Clasificación y la codificación de datos geoespaciales:* de acuerdo a los datos proporcionando referencias para los usuarios, ejemplo, los códigos postales y el uso de suelo.
- *Metadatos geoespaciales:* describen formatos para la descripción de datos geoespaciales. Los principales The Federal Geographic Data Committee (FGDC) y la ISO 19115.
- *Diseño de mapas:* referido a la selección de rasgos(feature) por cada capa, anotaciones, uso de símbolos, líneas, sombreado y color.
- *Exactitud de un mapa:* la exactitud de puntos de control cartográfico en posiciones horizontal y vertical. Ejemplo los Subcomités de la FGDC. Otra forma de llamarlo son los estándares de exactitud geoposicional.
- *Representación de mapas:* Cada organización tiene ciertas características para la representación de sus mapas respecto a la simbología, color, anotaciones, etc. Entre las organizaciones con estándares en sus disciplinas son los mapas topográficos de la USGS, mapas de cuerpos de agua de la Asociación de Plantas de Tratamiento de Agua, mapas de parcelas de la Asociación Internacional de Impuestos (State Agencies and the International Association of Assessing Officers) y los mapas de ingeniería del Departamento de Transporte.
- *Implementación de estándares basados en Portales Geoespaciales:* este documento aún se encuentra en etapa de discusión, aun así aporta una guía importante en la Arquitectura de referencia de un Portal Geoespacial por la OGC.

Se recomienda la elaboración de un catálogo de estándares empleados en cada fase de implementación en un proyecto que maneje información geoespacial.



3 Infraestructura de Datos Espaciales

En este capítulo se abordará los conceptos que abarca una Infraestructura de Datos Espaciales a distintos niveles, así como la importancia del Marco de Datos Espaciales y las Tecnologías de Información y Comunicación asociadas.



3. 1 Hacia una Infraestructura de Datos Espaciales (IDE)

Hoftman (1999) sugiere: “una infraestructura espacial -datos, información, conocimiento y experiencia- debe ser más que una infraestructura de información geográfica; es una componente de integración espacial para un sistema social de información como elemento de interoperabilidad.”

Ian Masser tomando como base la definición de la Global Spatial Data Infrastructure (GSDI) proporciona un concepto agregado: “Una Infraestructura de Datos Espaciales Global provee un acceso activo a la información geográfica, mediante las acciones coordinadas de las naciones y organizaciones que promueven la concientización e implementación de políticas, estándares comunes y un efectivo mecanismo de desarrollo de los datos geoespaciales y las tecnologías en el soporte de decisiones a todas las escalas para múltiples propósitos. Estas acciones abarcan las políticas, mandatos organizacionales, datos, tecnologías, estándares, mecanismos de entrega y recursos financieros y humanos, necesarios en el aseguramiento de su funcionamiento a escala nacional y regional, tratando que esto no sea un impedimento en la obtención de resultados”.¹

Los objetivos de una IDE, en términos generales, están enfocados en la maximización del uso de información geográfica mediante servicios de acceso, estos apoyados por directivos del sector público y privado. Hacia el soporte de la toma de decisiones en distintos niveles; todo esto dentro las acciones coordinadas gubernamentales.

Chan y Williamson (1999) exponen una jerarquía de Infraestructura de datos espaciales con diferentes políticas y niveles administrativos (figura 3.1):

1. Infraestructura de datos espaciales Global.
2. Infraestructura de datos espaciales Regional.
3. Infraestructura de datos espaciales Nacional.

¹ Ian Masser ,”GIS World Creating Spatial Data Infrastructures”, ESRI Press 2005, p. 16.

4. Infraestructura de datos espaciales Estatal.
5. Infraestructura de datos espaciales Local.
6. Infraestructura de datos espaciales Corporativa.



Figura 3.1 Clasificación de las Infraestructura de datos geoespaciales de acuerdo a INEGI.

Rhind² destaca a los principales actores en el área de la infraestructura de datos geoespaciales y el uso de la información geográfica: organismos gubernamentales a nivel nacional y a nivel local, sector comercial, organizaciones civiles o sin fines de lucro, la academia y los ciudadanos.

Las actividades relacionadas en la implementación de una IDE compromete a: los datos geoespaciales, las tecnologías, los estándares, los mecanismos de entrega, la responsabilidad organizacional, las políticas de información; y a la disponibilidad de recursos humanos y financieros. De acuerdo a la infraestructura de datos geoespaciales de España, sus cuatro principios comunes en el establecimiento de una IDE³ son:

- ⊙ **Marco de datos geoespaciales Institucional:** indica un establecimiento de acuerdos, entre los productores de información geográfica para generar y

² Rhind, D., “Geospatial Data Infrastructure: Concepts, cases, and good practices, Funding an NGDI”, Oxford University Press, 2005.

³ Infraestructura de Datos Espaciales de España, http://www.idee.es/show.do?to=pideep_principios_IDE.ES.

mantener los datos geospaciales fundamentales (“marco de datos geospaciales⁴”). Este es empleado en la mayoría de aplicaciones basadas en los Sistemas de Información Geográfica.

- ⊙ **Estándares:** establecimiento de norma a las que se deberá ajustar la información geográfica, los establecimientos de esta y la interoperación de los sistemas que manejan.
- ⊙ **Tecnología:** el establecimiento de la red y mecanismos informáticos que permitan: buscar, consultar, encontrar, acceder, suministrar y usar los datos geospaciales o geográficos. Como por ejemplo permitir incorporar los metadatos organizados en catálogos y ofrecerlos en la red a través de servidores.
- ⊙ **Política de datos:** El establecimiento de las políticas, alianzas y acuerdos de colaboración necesarios para aumentar la disponibilidad de datos geospaciales y compartir los desarrollos tecnológicos.

Así el desarrollo de una IDE proporciona un ambiente adecuado, donde los usuarios y productores de la información geoespacial que cooperan entre si con el fin de lograr sus objetivos. Se sugiere que una IDE comprenda cuatro elementos básicos además de un componente adicional: “el factor humano”.⁵

3.1.1 Infraestructura Nacional de Datos Espaciales (INDE)

En el caso de las Infraestructuras de Datos Espaciales a nivel nacional sus elementos comunes son: su naturaleza nacional, se refieren a la **información geográfica** como **datos geospaciales** o **datos geoespaciales** y el uso de los términos como **infraestructuras**, **estrategias**, **sistemas** o **framework** implican mecanismos de coordinación para formular políticas y objetivos de implementación⁶.

⁴ Framework Data

⁵ Abbas Rajabifard, “The Nature of Regional Spatial Data Infrastructures”, The 27th Annual Conference of AURISA Fairmont Resort, Melbourne Australia 1999.

⁶ Ian Masser, Op. Cit. p. 9. u Ob. Cit.

La FGDC (**Federal Geographic Data Committee**) en 1997 definió a la Infraestructura de Datos Espaciales (IDE) como una jerarquía de reglas, estándares y procedimientos mediante los cuales las organizaciones, por medio de la tecnología, administran, utilizan, transfieren y producen datos geoespaciales.

Por su parte, la ANZLIC (**Australian and New Zeland Land Information Council**) en 1998 define una IDE Nacional como una arquitectura con cuatro componentes esenciales: un esquema institucional, estándares técnicos, datos geoespaciales fundamentales y una red de nodos de metadatos (clearinghouse). El esquema institucional define a las políticas y acuerdos administrativos para la construcción, mantenimiento, acceso y aplicación de estándares; y uso de los datos geoespaciales. Los estándares técnicos definen características fundamentales de los datos geoespaciales producidos dentro de un esquema institucional. La red de nodos de metadatos es el medio de acceso a los datos geoespaciales por la comunidad, de acuerdo a las políticas internas definidas en el esquema institucional y a los criterios de los estándares.

Evolución de las INDE⁷

Las INDE han tenido etapas de evolución; la primera inició hace 20 años con el establecimiento de la Australian Land Information Council (1986), la siguiente etapa fue propiciada por la publicación de un reporte de la *British Government Comitté of Enquiry on Handling Geographic Information (1987)* donde se manifiesta el manejo de la información geográfica poniendo de relieve dos elementos importantes: al usuario responsable y a la disponibilidad de datos geoespaciales digitales apropiados a sus necesidades particulares; se considero el advenimiento de un Sistema de Información Geográfico como un gran paso hacia el manejo de la información geográfica desde la invención de los mapas porque permitía la captura, almacenamiento, verificación, integración, manipulación, análisis y despliegue de los datos que están referenciados espacialmente sobre la Tierra.

⁷ Ian Masser, “The future of spatial data infrastructures”, ISPR Workshop on Service and Application of Spatial Data Infrastructure, XXXVI(4/W6), Oct. 14-16, Hangzhou, China.

La tercera etapa fue iniciada por la *United States Office of Management and Budget (OMB)*, la cual, constituyó al *Federal Geographic Data Committee (FGDC)*, organismo encargado del desarrollo, uso, intercambio y divulgación de los procesos propios (análisis, mapping, etc.) de los datos geoespaciales. Esta etapa es culminada por las ideas de John McLaughlin, misma que fueron maduras y difundidas por la *United States National Research Council Mapping Science Comité (1993)*. En él se refleja el paralelismo de los objetivos entre un SIG y los desarrollos de manipulación de mapas; critica a un modelo descendiente, donde las instituciones se encontraban en la parte más alta, por lo que recomendaba un flujo multidireccional; indica la influencia de la tecnología en la transformación de los procedimientos administrativos también en el sector privado; por ejemplo, las autoridades encargadas del catastro empleaban computadoras en el manejo de registros estadísticos y/o textuales y su ubicación en mapas de papel separados; con el uso de los SIG estas autoridades integraron datos textuales, estadísticos y mapas en un solo sistema. Este reporte propone recomendaciones de políticas nacionales efectivas, estrategias y estructuras organizacionales indispensables en la integración, uso y distribución de datos geoespaciales o geográficos a nivel federal. El uso extendido de los SIG fue comparado con las moléculas de agua y en una forma agregada a los fluidos de las corrientes, donde la información tiene un valor agregado que puede convertirse en un producto comercial fuera de su contexto, necesidad o aplicación por la cual fue concebida.

La última generación de las INDE fue impulsada por la *EUROGI (European Umbrella Organisation for Geographic Information)* a través de disponibilidad de los recursos geográficos a toda la comunidad europea; planteando por primera vez, el alcance de una infraestructura a nivel continental alimentado por los niveles nacionales y a su vez integrante de un nivel internacional. Estas características generan la responsabilidad de una cooperación efectiva.

Otro suceso trascendente en la evolución del concepto de IDE, es el mandato del presidente de los Estados Unidos, *Bill Clinton*, llamado "*Coordinating Geographic Data*

Acquisition and Access: the National Spatial Data Infrastructure”, mediante el cual, establece un gateway de metadatos geográficos a nivel nacional o clearinghouse y un marco de información geoespacial nacional. El organismo encargado de la coordinación de actividades involucradas en la Infraestructura de datos geoespaciales en cada institución federal es el *FGDC*. Cada representante institucional participa en las políticas relevantes en cada nivel de acción.

El recuento hecho por *Ian Masser* (1999) describe al menos 11 INDE en operación hasta 1996, los principales objetivos incluyen términos conocidos como los datos geoespaciales, información geográfica e información catastral y ahora también infraestructura, sistema y framework.

Un estudio posterior, hecho por la *National Spatial Data Infrastructure (NSDI)* muestra un aumento en los proyectos nacionales (figura 3.2) relativos a este propósito, en el periodo del año 1998 al año 2000: 21 países de América, 14 de Europa, 13 de Asia y el Pacífico y uno en África.

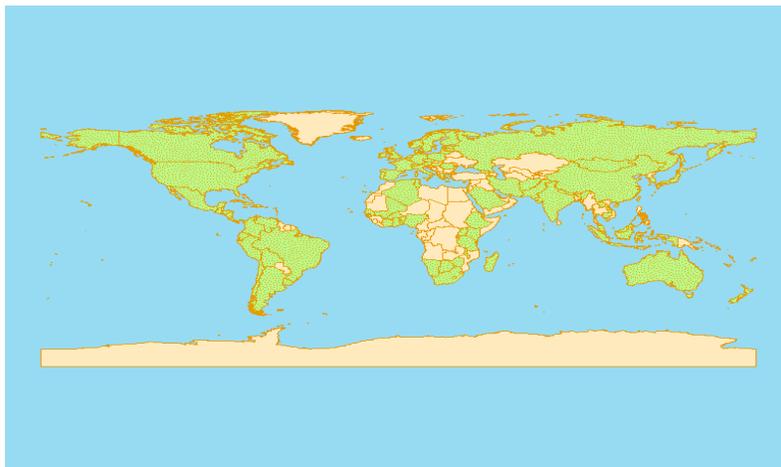


Figura 3.2 Mapa con iniciativas INDE en el mundo⁸, con sombreado de puntos, a la fecha.

La mayoría de las iniciativas tienen visiones comunes, tales como la promoción del desarrollo económico, un mejor gobierno y el aumento de la sustentabilidad ambiental.

⁸ Proyecto Centroamericano de Información Geográfica, <http://www.procig.org/esp/inde-pm1.htm>

Otro tipo de objetivos perseguidos por varias naciones son la modernización gubernamental, administración ambiental y los servicios de gobierno electrónicos (e-gobierno)⁹.

3.1.2 Primeros Implementadores

Entre las características comunes de la mayoría de los países tiene un nivel per cápita alto, de acuerdo al listado del Banco Mundial. Indonesia es calificado como de bajo ingreso per cápita y Malasia con un nivel medio. Y aunque cinco países (Australia, Canadá, Indonesia, Malasia y Estados Unidos) tienen alguna forma de gobierno federal. En su mayoría, las responsabilidades acerca de la información geográfica son centralizadas¹⁰.

	<i>Nombre de la iniciativa</i>	<i>Población al 2001 (millones)</i>	<i>Territorio kms²</i>	<i>Ingreso per cápita en el 2001</i>	<i>Estatus dado por el Banco Mundial de acuerdo a su ingreso per cápita</i>
Australia	Australian Spatial Data Infrastructure	19	7741	19900	ALTO
Canadá	Canadian Geospatial Data Infrastructure	31	9971	21930	ALTO
Indonesia	National Geographic Information System	209	1905	690	BAJO
Japón	National Spatial Data Infrastructure	127	378	35610	ALTO
Korea	National Geographic Information System	47	99	9460	ALTO
Malasia	National Infrastructure for Land Information Systems	24	330	3330	MEDIO
Netherlands	National Geographical Information Infrastructure	16	42	24330	ALTO

⁹ Cabe mencionar que la principal motivación en la implementación de la INDE de Japón tiene metas parecidas dentro de un plan de mejoramiento a los servicios de emergencia y subsanamiento de problemas como los alcanzados en el terremoto de Kobe; con el Sistema Nacional de Protección Civil en México, como el sismo ocurrido en la Ciudad de México en 1985, entre otros.

¹⁰ Ian Masser, Ibidem, p. 39

Portugal	National System for Geographic Information	10	92	10900	ALTO
Qatar	National Geographic Information System	menor a 1 millón			ALTO
Reino Unido	National Geospatial Data Framework	59	243	25120	ALTO
Estados Unidos	National Spatial Data Infrastructure	285	9629	34280	ALTO

Tabla 3.1 Tabla que muestra una evaluación comparativa de las iniciativas INDE¹¹

3.1.2 Factores de éxito en la implementación INDE

Las siguientes son recomendaciones, consideradas como factores de éxito en la implementación de una INDE.

- 1) Creación de una apropiada estructura gubernamental, con la comprensión y consenso de todos los responsables en cada nivel jerárquico de acción, es decir, la creación de una estructura funcional a nivel nacional, estatal y local. Un factor de éxito a largo plazo, es la inclusividad tanto como sea posible, de todos los involucrados en la iniciativa; buscando con ello una visión y consideraciones comunes porque la colaboración mejora el progreso de la INDE. Aunque, al principio estas actividades parezcan ralentizar el progreso de las metas a corto plazo, esta servirán de bases en colaboraciones futuras. Un caso de éxito, por ejemplo, es la operación de la estructura funcional australiana.
- 2) Uno de los problemas enfrentados por los usuarios es la escasez de fuentes de información con criterios de búsqueda adecuados a las necesidades de los usuarios. Este hecho hace necesario el desarrollo de servicios de metadatos, estos permiten la difusión de la información geográfica a gran escala. En el caso de los servicios de búsqueda Web tiene gran disponibilidad de acceso. La US Federal Data Committe

¹¹ Ian Masser, Op. Cit., p.39. Ob.Cit.

Clearinghouse Registry referencia a cerca de 300 nodos de metadatos a nivel mundial (<http://registry.gsdi.org/server/status>). Adicionalmente, el desarrollo de portales de información geoespacial abren nuevas posibilidades funcionales a los servicios de metadatos y sus aplicaciones convirtiéndose en un intermediario de los recursos de información geográfica: acceso a los recursos, búsquedas amigables y ayuda en línea a usuarios en cualquier parte del mundo, propiciando con ello el intercambio de información geográfica y creación de consensos.

- 3) Una INDE, permite el empleo de la información geográfica a nivel global, nacional y local, con ello incrementar su uso en situaciones donde existe la capacidad de explotación. Lo anterior, implica un cambio en los paradigmas organizacionales y sus habilidades en el manejo de información geográfica. La construcción de capacidades debiera desarrollarse en paralelo al progreso de las actividades orientadas en la INDE.
- 4) La generación de datos interoperables dependen, fuertemente, del contexto institucional de cada país. Una INDE involucra más que la creación de bases de datos geográficas. Así, la generación de una base de datos geográfica con rasgos topográficos a nivel nacional sería una actividad costosa y realizable en un periodo de tiempo relativamente largo; es recomendable explotar fuentes de datos geoespaciales alternativas como camino alternativo al inevitable uso de las geobases de datos.

3.1.3 La Infraestructura de Datos Espaciales de México (IDEMex)

Rogers¹² hace una clasificación de los cinco tipos de categorías de implementación de las INDE: innovadores, adoptadores, mayoría temprana, mayoría tardía y los rezagados.

¹² Rogers, S, "Diffusion of innovations", New York: Free Press.

En este caso México se encuentra en la categoría de mayoría temprana. En especial, en el continente Americano, las 21 iniciativas registradas al año 2000 se dividen aquellas en que se tiene un formato gubernamental formal (sólo 6) y aquellas naciones quienes carecen de esta.

En la mayoría de las iniciativas, una institución liderea los trabajos; como en el caso de México, se trata del *Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI)*; el cual en el marco de los *Sistemas Nacionales Estadístico y de Información Geográfica (SNEIG)* lleva a cabo las acciones necesarias para coordinar la conceptualización, desarrollo e implementación de la *IDEMex*¹³ (Figura 3.3). Aunque en la actual fase esta enfocada al sector gubernamental como *dependencias y entidades de la Administración Pública Federal (APF)* y los poderes *Legislativo y Judicial de la Federación* por medio de los *comités Técnicos Consultivos, Sectoriales y Especiales de Información Geográfica*; las entidades federativas participan por medio de los *comités Técnicos Regionales*.

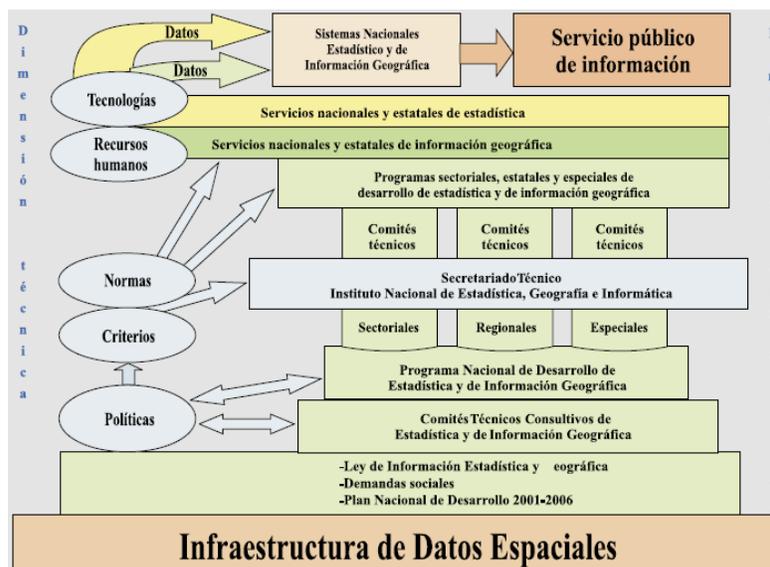


Figura 3.3 Dimensión técnica y organizativa de la IDEMex¹⁴

¹³ www.inegi.gob.mx

¹⁴ Programa Nacional de Desarrollo de Estadística e Información Geográfica, <http://www.inegi.gob.mx/inegi/contenidos/espanol/pronadeig/pronadeig.pdf>

Así la IDEMex se define como el conjunto de recursos, normas, tecnologías, políticas, marcos legales, administrativo y organizacionales necesarios, para la efectiva creación, recopilación, manejo, acceso compartido, distribución y uso de datos geoespaciales¹⁵.

Los componentes esenciales de la Infraestructura de Datos Espaciales de México¹⁶ son:

- ⊙ Políticas.
- ⊙ Productores.
- ⊙ Fuentes de los datos.
- ⊙ Conjunto de datos y los denominados datos fundamentales.
- ⊙ Bases de datos y las redes de datos.
- ⊙ Metadatos.
- ⊙ Normas.
- ⊙ Tecnologías de recopilación, acceso, manejo, transferencia y representación de la información geográfica.
- ⊙ Aspectos legales asociados a los datos.
- ⊙ Aspectos administrativos y financieros involucrados.
- ⊙ Esquemas de organización.
- ⊙ Niveles de acceso de la información.
- ⊙ Usuarios de la información.

Respecto a sus indicadores tiene diferencias con los innovadores, en cuanto a su estatus económico, compartiéndolo con su grupo de *mayoría cercana*; Ian Masser lo considera importante por los recursos asignados a la implementación de sus respectivas IDEs. Además de que México, como su grupo, adopta ideas de acuerdo a los criterios del promedio de sus miembros del sistema social.

		<i>Población al 2005</i>	<i>Territorio kms²</i>	<i>Ingreso pér</i>	<i>Estatus dado</i>
--	--	--------------------------	-----------------------------------	--------------------	---------------------

¹⁵ Jesus Olvera Ramirez, "La Infraestructura de Datos Espaciales de México", Convención de Geografía 2005, Colima México.

¹⁶Mario Alberto Reyes, "La IDEMex", Revista Política Digital número 15, febrero del 2005.

	<i>Nombre de la iniciativa</i>	<i>(millones)</i>		<i>capita en el 2001</i>	<i>por el Banco Mundial de acuerdo a su ingreso per capita MEDIO</i>
México	Infraestructura de datos geoespaciales de México (IDEMex)	103	1958	5530	

Tabla 3.2 Características de México, de acuerdo al Banco Mundial.

Avances de la IDEMEX

Se encuentran avances principalmente en los siguientes rubros¹⁷:

- ⊙ Diseño conceptual de la *IDEMEX*
- ⊙ *Programa Nacional de Desarrollo de Estadística y de Información Geográfica (PRONADEIG)*.
- ⊙ Establecimiento del *Programa de Desarrollo de Normas (PRONEDOR)*.
- ⊙ Participación en los Comités de Estadística y de Información Geográfica.
- ⊙ Modelo de Normas de la *IDEMEX*.
- ⊙ Aprobación de normas técnicas por parte del *Comité Técnico Consultivo de Información Geográfica*.
- ⊙ Organización de foros
- ⊙ Nodos de metadatos mexicanos:
 - Estatales (*Guanajuato, Tabasco y Jalisco*).
 - Sectoriales (*INEGI, SEMARNAT, CENAPRED y SGM*)
- ⊙ Acervo de datos y productos digitales, entre ellos, las series de recursos naturales y topográficas.
- ⊙ Soluciones geomáticas como el Atlas Nacional Interactivo de México (*ANIM*).

¹⁷ Folleto Infraestructura de Datos Espaciales de México, Información Geográfica, Geografía, INEGI 2006.

3.1.4 Infraestructura de Datos Espaciales a nivel local y estatal

La FGDC, en su momento, realizó esfuerzos por promover y fortalecer iniciativas a nivel local y estatal. Las propuestas de *GeoData Alliance* e *Implementation Alliance* orientadas al manejo y mantenimiento de la información geográfica en su caso, participaron en un proyecto llamado *METROGIS*, el cual, agrupa a siete estados, beneficia a 8 millones de habitantes, un área de 3000 millas cuadradas, involucra a 187 ciudades y poblados, 59 distritos escolares, 7 condados y 39 vertientes de agua. *METROGIS* es una iniciativa de participación múltiple y datos geospaciales colaborativos entre las organizaciones del área metropolitana de *Minneapolis-St. Paul*. A su vez soporta la iniciativa INDE de Estados Unidos.

Los últimos avances de *METROGIS* han sido¹⁸:

- ⊙ Mejoramiento de la toma de decisiones a través de datos accesibles.
- ⊙ Un nodo de metadatos *-DataFinder-* registrado en el *National Geospatial Clearinghouse*.
- ⊙ Un reconocimiento profesional por su labor, en el 2002, por *the Urban and Regional Information Systems Association's Exemplary System in Government (URISA)*.
- ⊙ A partir del 2003, están interesados en la preparación de información útil en la respuesta ante emergencias (figura 3.4) por la comunidad *METROGIS*.

¹⁸ <http://www.metrogis.org>

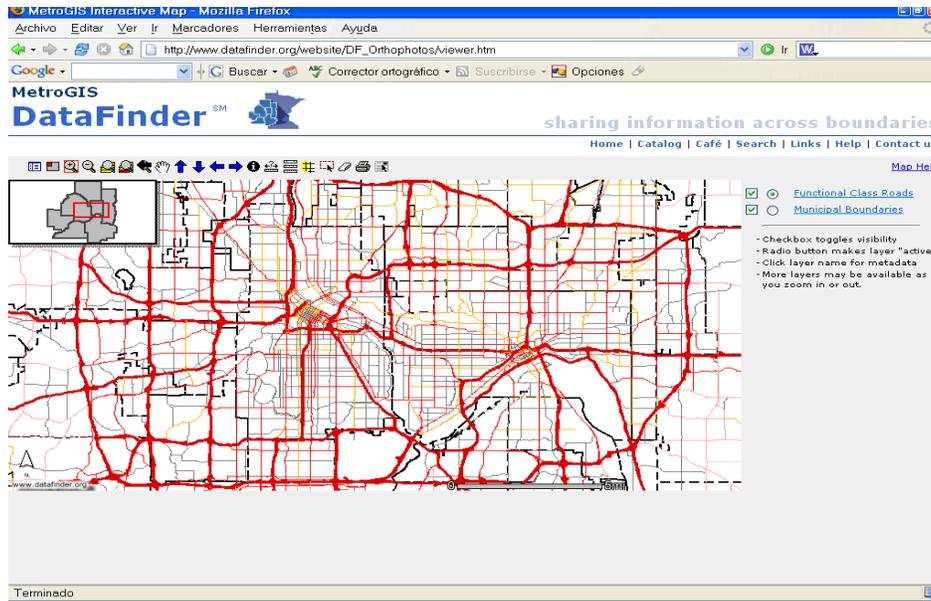


Figura 3.4 Imagen del datafinder-MetroGIS en Internet. Fuente www.metrogis.org

Por otra parte, en el marco conceptual de la *IDEMex* con una estructura “piramidal”, agrupando a iniciativas nacional, estatales, municipales e institucionales, se forman con ello redes de colaboración, un caso de estudio es: La *IDEMich*, surge en respuesta a las necesidades del estado de Michoacán de Ocampo, para disponer de una plataforma de Sistemas de Información Geográfica con fines de planeación, operación y seguimiento de diferentes programas gubernamentales¹⁹.

La *IDEMich* (figura 3.5) es un usuario de los insumos y generador de información original, de difusión, canal de utilización y retroalimentación en un sentido bidireccional con las dependencias del gobierno de Michoacán. Por lo anterior, su conceptualización a partir de la definición de *IDEMich* es: “concepto sistémico de los recursos orientados a la generación (y uso) de información geográfica del Estado de Michoacán”.²⁰

¹⁹ Carlos Mondragón Álvarez, “Datos Espaciales sobre el suelo michoacano”, Política Digital, junio 2006.

²⁰ Martin Levenson, “IDEMICH”, Congreso de Geografía 2005, Colima México 2006.

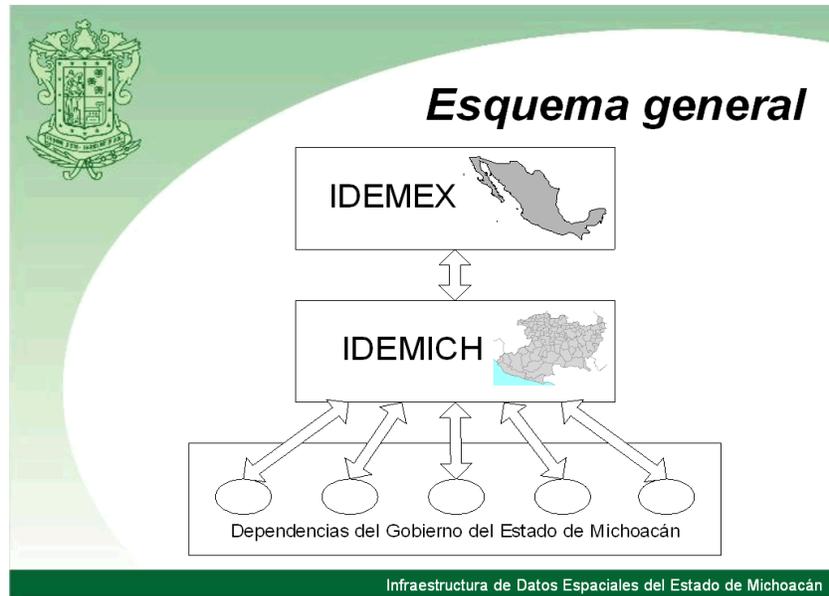


Figura 3.5 Esquema del funcionamiento conceptual de la IDEMICH.

Otras implementaciones a nivel local y estatal se encuentran en Australia y Canadá. En el primer caso, ocho estados y dos territorios tienen sus propios mecanismos de desarrollo a nivel estatal. En el estado de Victoria, dentro del *Departamento de Sustentabilidad y Ambiente (DSE)*, existe una dirección llamada Infraestructura de Información Espacial siendo esta entidad un facilitador de las estrategias de información espacial de la entidad. Dos trabajos, resultado de sus estrategias de soporte en el programa *Land Exchange* son proyectos como: *Electronic Conveyancing (EC)* y el *Streamlined Planning through Electronic Applications and Referrals (SPEARS)*; y el segundo es *Property Information Project (PIP)* enfocándose al establecimiento de una infraestructura espacial entre el gobierno local y estatal basado en el mapa base catastral.

En el caso de Canadá, en el año 2000, un estudio realizado por la consultoría *KPMG* auxilió en la definición de una política de la *Infraestructura de datos geospaciales de Canadá (CGDI)*. Los resultados indican un fuerte tendencia hacia los datos temáticos y fundamentales de los organismos institucionales; se han realizado avances en la administración y distribución de datos catastrales y de levantamiento, en algunos casos como *AltaLis* en *Alberta* y *Teranet* en *Ontario* han invertido en la comercialización de sus

datos, mientras que otros como *Manitoba Department of Conservation* y *Service Nova Scotia y Municipal Affairs* operan con una política “libre” .

3.1.5 Infraestructura de Datos Espaciales a nivel Regional (IDER)

Una infraestructura de datos geoespaciales a nivel regional tiene objetivos bien definidos: un modelo multiusuario, atención a intereses regionales y a la consistencia e integridad y confiabilidad de los servicios de acceso a la información.

Una *IDER* reduce la gran cantidad de canales necesarios en la comunicación entre todos los usuarios de una región impactando, a su vez, en las relaciones bilaterales y multilaterales de los países; y en su caso puede proporcionar lineamientos institucionales, políticos y tecnológicos acorde a las necesidades contextuales de un desarrollo sustentable.

El uso de un formato de datos fundamentales geoespaciales y no geoespaciales estandarizado, posibilitan a un comité regional a su recopilación y mantenimiento tanto en un enfoque a nivel regional como nacional.

La promoción de los participantes e información promoverá a las economías nacionales, propiciando con ello, los beneficios entre los habitantes de los países integrantes de aquellos sin una participación previa.

Entre los beneficios a largo plazo se encuentran:

- Reducción de los costos de producción y la eliminación de esfuerzos duplicados.
- Desarrollo de aplicaciones más rápidas utilizando los datos existentes y estandarizados.
- Disponibilidad de datos geoespaciales con calidad para la toma de decisiones.
- La posibilidad de análisis, toma de decisiones y operaciones en áreas de distinta jurisdicción.



- Expansión de mercados potenciales y fondos de inversión a través del reconocimiento y credibilidad como participante de una IDER.
- Promoción de productos por sus resultados técnicos.

Las entidades responsables de una *IDER* tienen la responsabilidad de concienciar la diferencia, ventajas y desventajas de una Infraestructura Geográfica y una Infraestructura de Datos Espaciales, en especial aquellos involucrados como los directivos y el personal técnico.

Componentes de una IDER

El comité permanente sobre la Infraestructura *GIS* para Asia y el Pacífico (*PCGIAP*) y la European Umbrella Organization for Geographic Information (*EUROGI*) son dos organizaciones que buscan el desarrollo de una *IDER* para sus respectivas regiones. Cada una tiene un modelo desarrollado para sus *IDER*. Los dos modelos son similares en la constitución de cuatro componentes principales. Estos modelos proporcionan una contribución valorable y formarán las bases de un modelo conceptual para una *IDER* (figura 3.6).

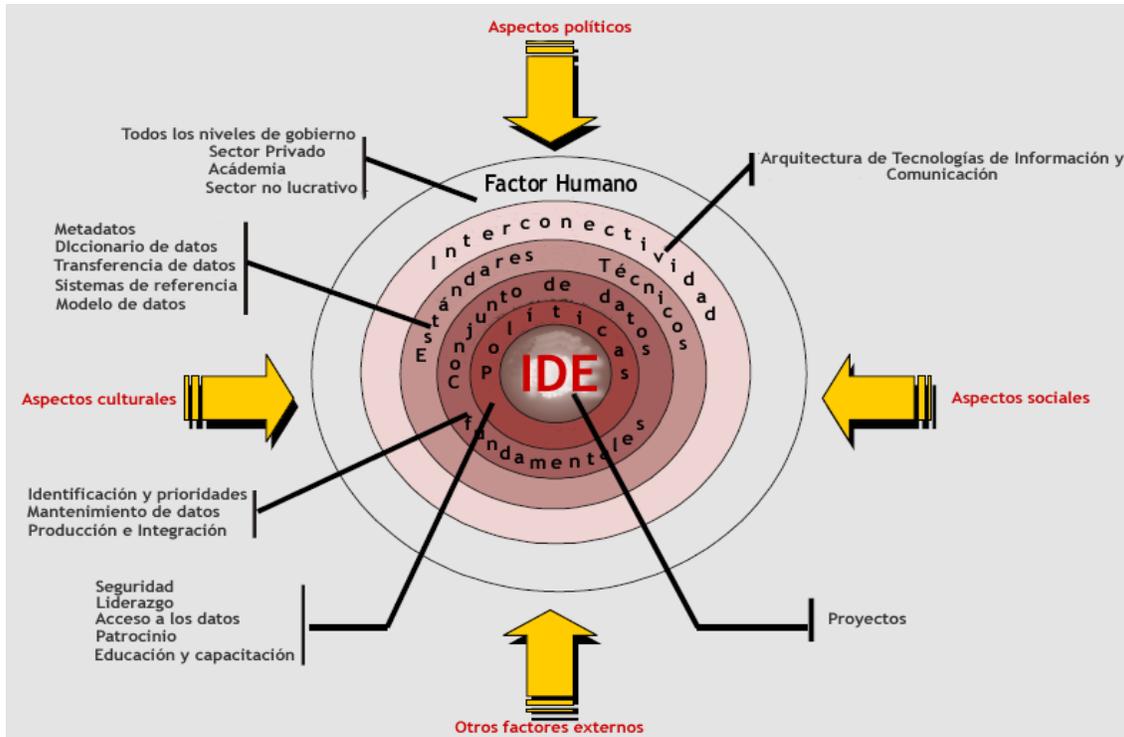


Figura 3.6 Componentes de una IDER²¹

Los organismos regionales preocupados por la creación de Infraestructuras de Datos Espaciales a nivel Regional en los distintos continentes son: *European Umbrella Organisation for Geographic Information (EUROGI)*, *Permanent Committee on Geographic Information for Asia and the Pacific (PC GIAP)*, *Permanent Committee for the Americas (PC IDEA)* y *el United Nations Economic Commission for Africa Committee on Development Information (CODI-GEO)*. El objetivo compartido de los comités es el obtener el mejor de los beneficios con el uso de la información geográfica (IG). Las principales diferencias radican en la naturaleza de su funcionamiento. *PCGIAP* y *PC IDEA* tienen una cercana relación con la *United Nations Regional Cartographic Conferences* y limitan a sus miembros a los representantes de instituciones gubernamentales involucrada con el manejo de la información geográfica en cada país.

El modelo de *EUROGI* (figura 3.7) cambia ampliamente; convoca a los miembros de la *Comunidad Europea (CE)* en una estructura “sombrija”, representando con ello los

²¹ Abbas Rajabifard, Op. Cit. U Ob. Cit.

intereses propios de la CE. Así, *EUROGI* es independiente de cualquier organismo nacional o intergubernamental. Sus orígenes se remontan al año de 1991 cuando la *Directorate General XIII* de la CR promovió un estudio de la conveniencia y factibilidad del establecimiento de una Asociación Europea propicia en el manejo y difusión de la información geográfica a nivel Europeo.



Figura 3.7 Modelo IDE de “sombriila” propuesto por la EUROGI²²

Los cinco objetivos estratégicos de la EUROGI son:

- ⊙ Fortalecer el uso de la información geográfica en Europa.
- ⊙ Aumentar la concientización del uso de la información geográfica y su tecnología asociada.
- ⊙ Promover el desarrollo de asociaciones de Información Geográfica robustas.
- ⊙ Mejoramiento de la Infraestructura de Información Geográfica de Europa.
- ⊙ Representar los intereses europeos en la Infraestructura de Datos Espaciales Global.

Una iniciativa, en específico, impulsada por *EUROGI* es la *Infrastructure for Spatial Information in Europe (INSPIRE)* con el objetivo de “hacer disponible la información

²² Ibidem.

geográfica armonizada y con calidad de acuerdo a la formulación, implementación, monitoreo y evaluación de las políticas territoriales o su impacto”²³.

En América, además de la *PC IDEA* dedicadas al fomento y desarrollo de la información geográfica (o información geoespacial en el ámbito de una IDE) como el *Instituto Panamericano de Geografía e Historia (IPGH)* a nivel regional, y a nivel subregional al *Programa Centroamericano de Información Geográfica (PROCIG)*, la *Alianza Geoespacial para Mesoamérica y el Caribe (MACGA)* y la *Infraestructura de Datos Espaciales para la región de los Países Andinos (IDE ANDINA)* que integra a los países de Colombia, Venezuela, Ecuador, Perú y Bolivia.

El Comité Permanente de las Américas (*CP IDEA*)²⁴ nació por la resolución número 3 de la *Sexta Conferencia Cartográfica Regional de las Naciones Unidas para las Américas (CCRNUA)*, en Nueva York en 1997. La *CP IDEA* (figura 3.8) se define como el conjunto de datos geoespaciales fundamentales, los estándares que permitan su integración, los mecanismos que facilitan su acceso y uso, las políticas asociadas, y los principios que aseguran su compatibilidad entre los países afiliados al Comité Permanente²⁵.

Los países afiliados actualmente son: Argentina, Brasil, Colombia, República Dominicana, Guatemala, Jamaica, Panamá, Estados Unidos de América, Belice, Canadá, Costa Rica, El Salvador, Guyana, México, Paraguay, Uruguay, Bolivia, Chile, Cuba, Ecuador, Honduras, Nicaragua, Perú y Venezuela.

En la tercera reunión, en el marco de la *5ª Conferencia de la Infraestructura Global de Datos Espaciales (GSDI5)*, se incremento la membresía, se aprobaron los estatutos y reglamentos internos y se establecieron los siguientes grupos de trabajo con sus subgrupos en el caso del grupo de Asuntos Técnicos.

²³ INSPIRE, <http://www.inspire.jrc.it>

²⁴ Por sus siglas en español.

²⁵ Mario Alberto Reyes Ibarra, “Administración de la Información Espacial en las Américas”, Foro Especial Interregional de las Naciones Unidas, FIG y PC IDEA, Aguascalientes, México 26-27 de octubre de 2004.

Entre los principales logros se encuentran la instrumentación de centros distribuidores de metadatos o *Clearinghouse* varios países como: Argentina, Canadá, Costa Rica, El Salvador, México, Trinidad y Tobago, Venezuela, Barbados, Chile, Dominicana, Guatemala, Nicaragua, Estados Unidos de América, Bolivia, Colombia, República Dominicana, Honduras, Perú y Uruguay. Además del enlace con la *clase A del Comité Técnico 211 de Información Geográfica y Geomática de la Organización Internacional de Estandarización ISO TC/211*.

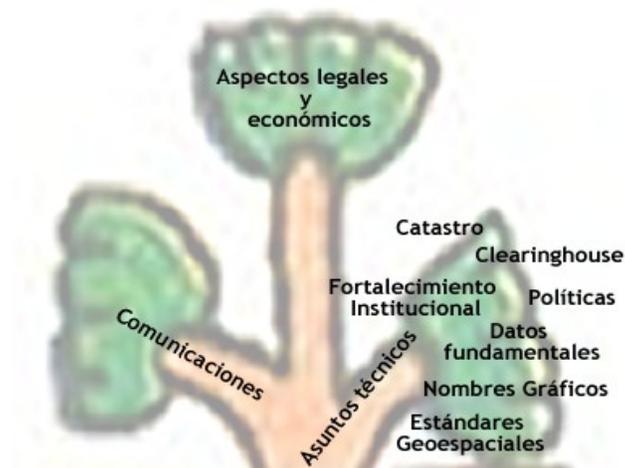


Figura 3.8 Grupos y subgrupos de trabajo de la CP IDEA.

En especial, se espera fortalecer los vínculos y relaciones con las organizaciones espaciales en esta materia: Asociación de la Infraestructura Global de Datos Espaciales (GSDI), el Comité Permanente de la Infraestructura de Sistemas de Información Geográfica para la Región de Asia-Pacífico (PCGIAP), la CODI-GEO, la Organización Europea para la información Geográfica (EUROGI), el Consorcio Geoespacial Abierto (OGC), el IPGH, el FGDC, ISO TC/211, La Asociación Cartográfica Internacional (ICA), el Comité Directivo Internacional para el Mapa Global (ISCGM), la ONU, entre otras.

3.1.6 Infraestructura de Datos Espaciales a nivel Global (GSDI)²⁶

²⁶ Acrónimo en inglés de Global Spatial Data Infrastructure.

A nivel global se pretende dar el soporte de un acceso mundial a la información geoespacial con la acción coordinada de las naciones y las organizaciones en el marco de estándares institucionales, implementación de políticas de acceso y uso, recursos tecnológicos y humanos necesarios en el soporte del intercambio de información geoespacial y la toma de decisiones en cualquier nivel, desde varias fuentes, temas, escalas, historicidad y coberturas.

Un grupo de trabajo a nivel mundial, con la promoción del desarrollo interinstitucional, orientan iniciativas como el programa *Global Map* e iniciativas de investigación ambiental, por ejemplo el programa *Geosphere-Biosphere*. Aunque no se trata de una Infraestructura de Datos Espaciales a nivel Global. Con el fin de unificar directrices hacia las estrategias del uso de la Información Geográfica a nivel Global, se estableció la *Asociación GSDI*.

La GSDI es una organización de organizaciones, agencias cartográficas, empresas e individuos de todo el mundo. Su objetivo es promover la cooperación internacional y la colaboración en la ayuda al desarrollo de las Infraestructuras de Datos Espaciales de ámbito local, nacional e internacional que empujen a las naciones a mejorar sus recursos sociales, económicos y medioambientales.

Su definición a partir de la 5ª Conferencia GSDI, indica: "La infraestructura de Datos Espaciales Global es el conjunto de acciones coordinadas de naciones y organizaciones que fomentan el conocimiento y puesta en práctica de políticas complementarias, estándares comunes y mecanismos eficaces para el desarrollo y la disponibilidad de datos geográficos digitales interoperables y las tecnologías para apoyar la toma de decisiones a todas las escalas para múltiples propósitos"²⁷.

La Lista de Conferencias GSDI (tabla 3.3) realizadas, en donde se ha llegado a consensos, han sido:

²⁷ Business Plan, ISO/TC 211, http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=10594

GSDI 1	Bonn, Germany	<i>Septiembre de 1996</i>
GSDI 2	Chapel Hill, North Carolina	<i>Octubre 1997</i>
GSDI 3	Canberra, Australia	<i>Noviembre 1998</i>
GSDI 4	Capetown, Sudáfrica	<i>Marzo del 2000</i>
GSDI 5	Cartagena, Colombia	<i>Mayo del 2001</i>
GSDI 6	Budapest, Hungría	<i>Septiembre del 2002</i>
GSDI 7	Bangalore, India	<i>Febrero del 2004</i>
GSDI 8	Cairo, Egipto	<i>Abril del 2005</i>
GSDI 9	Santiago, Chile	<i>Octubre del 2006</i>

Tabla 3.3 Las nueve conferencias de la GSDI.

La misión de la Asociación es:

- ⊙ Servir como punto de contacto y como portavoz para aquéllos de la comunidad global implicados en el desarrollo, implementación y avance de los conceptos IDE.
- ⊙ Fomentar las infraestructuras de datos espaciales que apoyen los sistemas sociales, económicos y ambientales sostenibles integrados desde las escalas locales a las escalas globales.
- ⊙ Promover el uso informado y responsable de la información geográfica y las tecnologías geoespaciales en beneficio de la sociedad.

Entre las principales acciones emprendidas por la GSDI ha realizado estatutos, un Comité ejecutivo, una Junta Directiva, Seis comisiones permanentes (la Técnica, Económica y Legal, Comunicaciones, Socios, Proyectos y Conferencias). Por lo que ha emitido boletines relacionados con África, América Latina y el Caribe, Asia y el Pacífico, FGDC, EUROGI, GSDI entre otros; listas de noticias, listas de distribución; accesos a catálogos de datos y mapas, búsquedas de literatura y colecciones URL; información de eventos como conferencias y reuniones, publicación de trabajos y la financiación de proyectos con cargo a programas.

En cuanto a las tendencias de las IDEs, está relacionado con el cambio del paradigma tecnológico de la Internet y el World Wide Web; son el modelo orientado a los procesos con una especialización a los usuarios, distribución de los datos y estructuras descentralizadas;

y en la implementación regida por un gobierno, donde la participación sea multinivel y se cree nuevas estructuras organizacionales.

Aunque existen varios modelos en la implementación de la IDE, en el manejo multinivel, el modelo descendente hace énfasis en la estandarización y armonización y el modelo ascendente dando relevancia en la heterogeneidad. Ian Masser recomienda encontrar el “punto medio” que lleve hacia la armonización de la estandarización con las necesidades particulares de los integrantes. Ello implica el cambio de paradigmas organizacionales entre ellos el “consenso de aspectos técnicos e institucionales de recolección, estructuración, análisis, presentación, diseminación, integración y mantenimiento de los datos geoespaciales”²⁸. Siempre en el medio en el cual se encuentre ubicada la IDE, para niveles globales y regionales, por ejemplo, se diseminan mejores prácticas y desarrollos a niveles inferiores; ambos respondiendo en todo momento a las necesidades de información que lo precede o antecede.

Otra actividad importante es la construcción de capacidades que abarque el desarrollo de recursos humanos, cambio organizacional y la transformación social, más allá de una capacitación técnica, tomando en cuenta a la administración del entorno y sus cambios, la resolución de conflictos, el manejo organizacional, la coordinación, el fomento de la comunicación y el aseguramiento de los datos y la información; fortaleciendo, en la medida de lo posible, antes que generar nuevas capacidades, aquellas capacidades humanas e institucionales existentes y/o la recuperación de regeneración de capacidades “diminuidas”²⁹. Considerando las capacidades receptoras con mayores o menores posibilidades sin tratar de controlar sus procesos.

Por último, si una IDE es la evolución de un Sistema de Información Geográfica, su implementación representa retos en la etapa de transición; uno de ellos es la consideración de factores culturales en su adopción como componente de éxito dentro de la organización.

²⁸ Onsrud, H., and G. Rushton, “Sharing geographic information”, Piscataway N. J. Centre for Policy Research, Rutgers University.

²⁹ Capacidades disminuidas entendidas como aquellas que fueron utilizadas y con el tiempo has sido olvidadas.

Como se ha descrito, la información tiene una importancia dinamizadora en el desarrollo económico y social, en especial el conocimiento. Algunas recomendaciones acerca del manejo de la información hecha por el banco Mundial son³⁰:

- ⊙ Formalizar políticas que fomenten la información para disminuir la brecha digital que separa a los países desarrollo y en vías de desarrollo.
- ⊙ Fortalecimiento de las instituciones encargadas de solucionar los problemas provenientes de la falta de información.
- ⊙ La información Geográfica (IG) en un recurso estratégico.
- ⊙ Generar estructuras de información que potencien la distribución de la Información Geográfica.
- ⊙ Externalizar la Información Geográfica para poder combinar la información procedente de diversas fuentes acumuladas gracias al conocimiento global.
- ⊙ Toma de decisiones en base al mejor conocimiento sobre el territorio:
 - Planes de Desarrollo y Ordenación Territorial
 - Planes para la prevención y atención de desastres
 - Gestión de Recursos Naturales
 - Seguridad y Defensa
- ⊙ La Información Geográfica facilita la integración de mucha información en base a la localización.

³⁰ Miguel A. Bernabé, “La razón de ser de las IDEs”, (Grupo de Investigación Mercator, UPM), Curso de IDEs, España 2006.

3.2 Marco de Datos Geoespaciales

Los datos geoespaciales se encuentran definidos por cuatro componentes, es decir, su geometría y su tiempo respecto de la tierra, este tipo de información es utilizada en Topografía, Hidrografía, Ciencias atmosféricas y de la Tierra, manejo de recursos forestales y petroleros, catastro, uso de datos económicos y sociales como son los índices de población, trabajo, ingreso y gasto, entre otros.

En la mayoría de los casos, de acuerdo a Richard Groot y John McLaughlin, el tipo de información requerida por los usuarios, se divide en tres tipos de datos geoespaciales:

- **Fundamentales:** cubren una necesidad básica; son un conjunto de datos geoespaciales que constituyen el fundamento para la generación de información básica y de valor agregado, desarrollo de aplicaciones y otros datos que deben ser creados, distribuidos y accesibles bajo estándares aceptados. El grupo de datos definido por la Dirección de Geografía del INEGI son:
 - Referencias geodésicas.
 - Fotografía aérea e imágenes de satélite.
 - Datos del relieve, y los modelos digitales de elevación.
 - Redes hidrográficas.
 - Redes de transporte y detalles planimétricos.
 - Límites internacionales, estatales y municipales, inclusive límites marinos.
 - Datos catastrales.
 - Nombres Geográficos.
- **Básicos:** son la llamada infraestructura de datos de cobertura nacional; complementa a los datos fundamentales hasta formar agregaciones de datos e información integrada en alguna plataforma, que a su vez tendrá un tema específico. INEGI los clasifica en los siguientes grupos:

- Datos geoestadísticos.
- Datos de recursos naturales y medio ambiente.

La compilación y generación de los datos fundamentales son responsabilidad del INEGI, a excepción de imágenes de satélite, catastro urbano y límites.

- **Valor agregado:** son una estructura específica de datos (adicional a los fundamentales y básicos), cubren un interés específico. Estos, se encuentran conformados por datos fundamentales, datos básicos y aquellos datos con un propósito como la educación, el turismo, los desastres naturales, la capacidad de uso de suelo, entre otros.

En México, la generación de datos se encuentra en dependencias federales, organismos e instituciones, gobiernos estatales y municipales, sector académico y la industria privada.

El Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI) clasifica a los datos geoespaciales como se muestra en la figura 3.9



Figura 3.9 Datos Geoespaciales categorizados por el INEGI.

El recetario de la Infraestructura de Datos Espaciales Global (Global Spatial Data Infrastructure) define las características genéricas de los datos geoespaciales requeridas por la mayoría de los gobiernos de la siguiente forma:

- Catastro (escalas de 1:100 a 1:5000)
- Mapas topográficos para planeación urbana y desarrollo (escalas desde 1:5000 a 1:20000)
- Mapas básicos a nivel nacional (escalas de 1:20000 a 1:100000)
- Mapas de escala pequeña (escala 1:100000)

El tipo de usuario de datos geoespaciales es heterogéneo, así como las perspectivas de clasificación empleada por ellos, llamándolos datos fundamentales, datos base, datos de referencia, datos nucleo (core), entre otros. En el caso de los cartógrafos hacen énfasis en los niveles físicos y geodésicos ligados a un sistema coordinado llamado template topográfico, en cambio para los usuarios de los Sistemas de Información Geográfica (Geographic Information System) realizan la referencia de elementos geoespaciales con los objetos del mundo real, sean carreteras, poblados o ligados a la abstracción humana como la descripción de un diccionario postal. Este enfoque describe a un conjunto de variables estandarizadas, de uso común en un dominio de interés, puede incluir un template topográfico, imágenes, uso del suelo, vías de comunicación y catastro.

El Centro Nacional de Prevención de Desastres maneja la siguiente clasificación básica en su información geoespacial (figura 3.10):

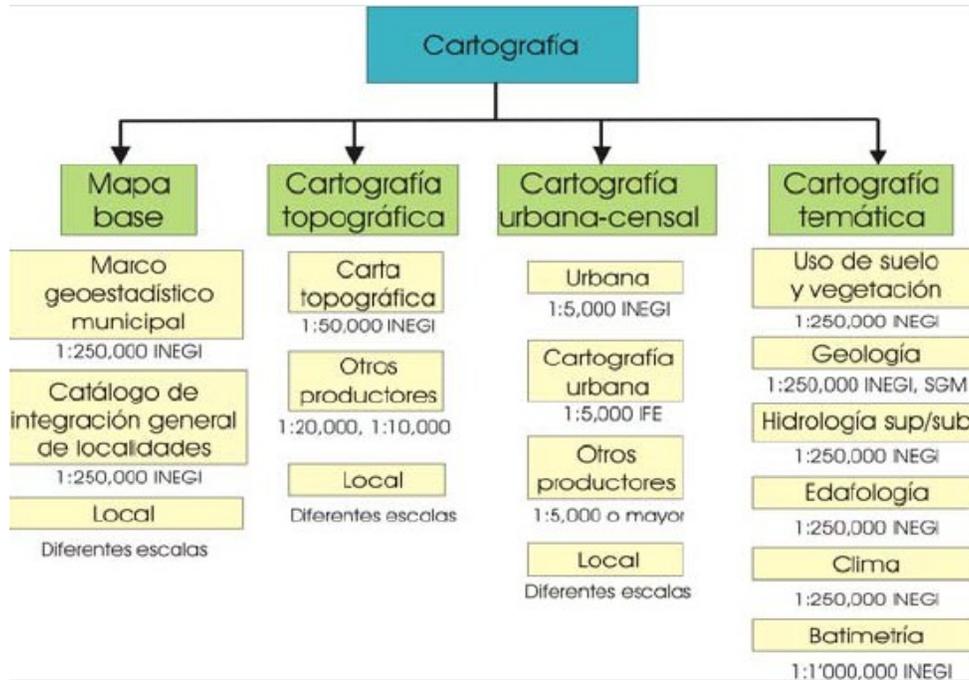


Figura 3.10 Clasificación de la Información Geoespacial manejada en CENAPRED. Fuente ANR.

De acuerdo al contexto nacional, la forma de nombrar a los datos geoespaciales comunes es variable; en los Estados Unidos de América se le llama Marco de Datos Geoespaciales (“Framework Data”), en Australia es datos “fundamentales”, aunque de acuerdo a un consenso de la Infraestructura de Datos Espaciales Global (GSDI), se considera a los datos fundamentales como “un conjunto de datos geoespaciales necesarios para el uso óptimo de las aplicaciones de Sistemas de Información Geográfica, como elemento suficiente de referencia en la mayoría de ellos”; con esta visión, los datos fundamentales forman parte de un Marco de Datos Geoespaciales (MDG).

El Comité Federal de Datos Geográficos en Estados Unidos (Federal Geographic Data Committee -FGDC-) ha definido el contenido del Marco de Datos Geoespaciales así:

- Control Geodésico
- Ortoimágenes
- Datos geoespaciales de elevación
- Transporte

- Hidrografía
- Geografía de las Unidades gubernamentales
- Catastro público
- Nombre geográficos

En un sentido más amplio, una clasificación más simple está dada por la siguiente figura 3.11:

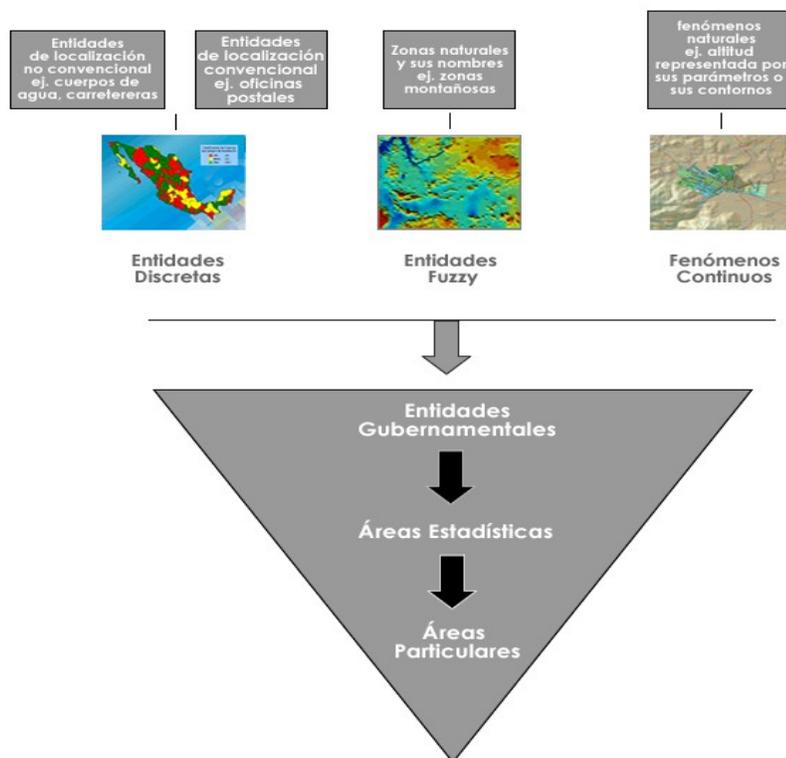


Figura 3.11 Marco de datos geoespaciales básico y su manejo en una organización.

Un Marco de Datos Geoespaciales (MDG) debería considerar las siguientes características sobre el dominio de interés:

1. Las medidas de los fenómenos son formalmente definidos y aplicados universalmente.



2. Las técnicas de medición, registro y transformación sean consistentes, como sea posible, descrita y disponibles por medio de los metadatos.
3. Las organizaciones involucradas en la recolección y soporte de los datos deben definir los estándares de exactitud, consistencia, resolución. Los acuerdos formales difundidos entre los usuarios.
4. Almacenamiento de datos geoespaciales con una alta resolución para que cualquier aplicación pueda emplearlos.
5. La actualización constante, es un factor crucial; así como la definición de reglas de las organizaciones involucradas. Idealmente, las versiones históricas de un Marco de Datos Espaciales deben encontrarse disponibles.
6. Por ultimo, permitir el enlace con otros datos, además los conjuntos de datos deberían ser capaces de “conectarse” entre si, logrando maximizar el potencial en conjunto.

3.2.2 Fuentes de datos geoespaciales

Entre las fuentes de datos geoespaciales en México, a nivel gubernamental, se encuentran el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática; la Secretaría de la Defensa Nacional, la Secretaría de Marina, Petróleos Mexicanos, Comisión Federal de Electricidad, la Secretaría del Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca, la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, otras instituciones a nivel federal como el Centro Nacional de Prevención de Desastres, el Servicio Geológico Mexicano, entre otros; los gobiernos de los Estados; las instituciones educativas como la Universidad Nacional Autónoma de México, el Instituto Politécnico

Nacional y la Universidad de las Américas de Puebla, la Universidad Veracruzana, etc. A nivel privada, la empresa Sistemas de Información Geográfica S.A.

3.2.3 Beneficios con el uso de un Marco de Datos Geoespaciales

Los beneficios determinados por el uso de un marco de datos geoespaciales, ofrecen nuevas oportunidades en la reducción de los costos, mejoramiento de operaciones y facilidad en la toma de decisiones. La figura nos muestra como los beneficios se incrementan de acuerdo al nivel de uso: uso interno del GIS, compartir datos geográficos y la participación en un marco a un nivel mayor.

Algunas de las tareas beneficiadas son la creación de mapas, acceso de datos, manipulación de datos, análisis, herramientas GIS y los procedimientos de manejo avanzado de información geográfica. Al reducir la cantidad de esfuerzos, esto es, tiempo, dinero y esfuerzo; que repercute en la inversión de datos y sus aplicaciones; implica el control de calidad, administración de los datos y la colección de ellos.

Un marco también proporciona una red de comunicación de usuarios de datos geográficos nacionales, siguiendo a los estándares y lineamientos con un template que se usa y expande de acuerdo a las necesidades; este ambiente fomenta a los participantes a la obtención, contribución y registro de datos.

El alcance y tamaño si se aporta datos al Marco de Datos Geoespaciales involucra algún costo a los productores, sin embargo, abrir el acceso a los datos ofrecen una oportunidad de costear algo que en otro caso no serían accesible, sirviendo esto de base para otras aplicaciones en el área de interés y/o requerimientos.

Así, el MDG consiste de datos y practicas ya utilizadas en muchos GIS y esfuerzos de desarrollos de datos geográficos, con ello proporciona un esqueleto o base, en la cual, los usuarios agregan elementos únicos.

En la Infraestructura de Datos Espaciales Nacional en Estados Unidos (National Spatial Data Infrastructure) considera como elemento esencial a un marco de datos geoespaciales, donde se realizan esfuerzos colaborativos de todos los sectores de la comunidad de datos geoespaciales.

3.3 Arquitectura Tecnológica de una Infraestructura de Datos Espaciales

A raíz de los desastres acontecidos por el paso de los huracanes Stan y Wilma, en octubre del 2005, por el territorio mexicano, se integró un Grupo de Reconstrucción de Sistemas Geográficos, Estadísticos y de Riesgos (GT-SIGER). Uno de los principales objetivos de este Grupo, era “coordinar esfuerzos interinstitucionales de carácter multidisciplinario de integración de información geográfica, estadística y fotográfica, y análisis para crear mapas de peligro y de riesgo de las zonas dañadas por los huracanes Stan y Wilma en el sureste de México y con ellos apoyar los trabajos de reconstrucción de la infraestructura y la vivienda en zonas seguras”¹.

Los subgrupos de trabajo estaban divididos en: Información Geográfica, Estadística y de Riesgo, Comunicaciones y Transporte, Infraestructura Educativa, Infraestructura de Salud, Infraestructura Hidráulica, Infraestructura de Servicios Urbanos e Infraestructura de Energía.

Las instituciones participantes del grupo eran: La Secretaría de Marina (SEMAR), la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL), la Secretaría de Economía (SE), la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP), la Secretaría de la Defensa Nacional (SEDENA), la Secretaría de Educación Pública (SEP), la Secretaría de Salud, la Secretaría de Gobernación, el Sistema Nacional de Protección Civil, el Centro Nacional de Prevención de Desastres, el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, la Comisión Nacional del Agua

¹ Oscar Zepeda Ramos, “Reunión del Grupo de trabajo de Sistemas de Información Geográfica, Estadística y de Riesgo”, Gabinete de Reconstrucción, México octubre del 2005.

(CONAGUA); Secretaría de Agricultura, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), la Secretaría del Trabajo y Previsión Social (STPS), la Secretaría de Comunicaciones y Transporte, la Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas (CDI) y la Comisión Nacional de Fomento a la Vivienda (CONAFOVI).

El programa de trabajo se dividió en 8 etapas: Integración del grupo de trabajo, selección de la plataforma de trabajo, implementación de un sitio colaborativo, integración de información sobre STAN y WILMA, integración de información sobre el impacto de los fenómenos, integración de un mapa preliminar de riesgos, diseminación del mapa preliminar de riesgos a todos los sectores y la integración de información sobre el proceso de reconstrucción.

El Marco de Datos Geospaciales básicos y temáticos (ortofotos, fotografía aérea, videos, cartografía digital) se integró en un servidor de información, un Sitio colaborativo para el intercambio y control de documentos (Ceeti) y la plataforma de trabajo estándar era el Sistema de Información Geográfica IRIS desarrollado por INEGI.

El esquema para el manejo e intercambio de información en el GT- SIGER funcionaba de la siguiente forma (figura 3.12):

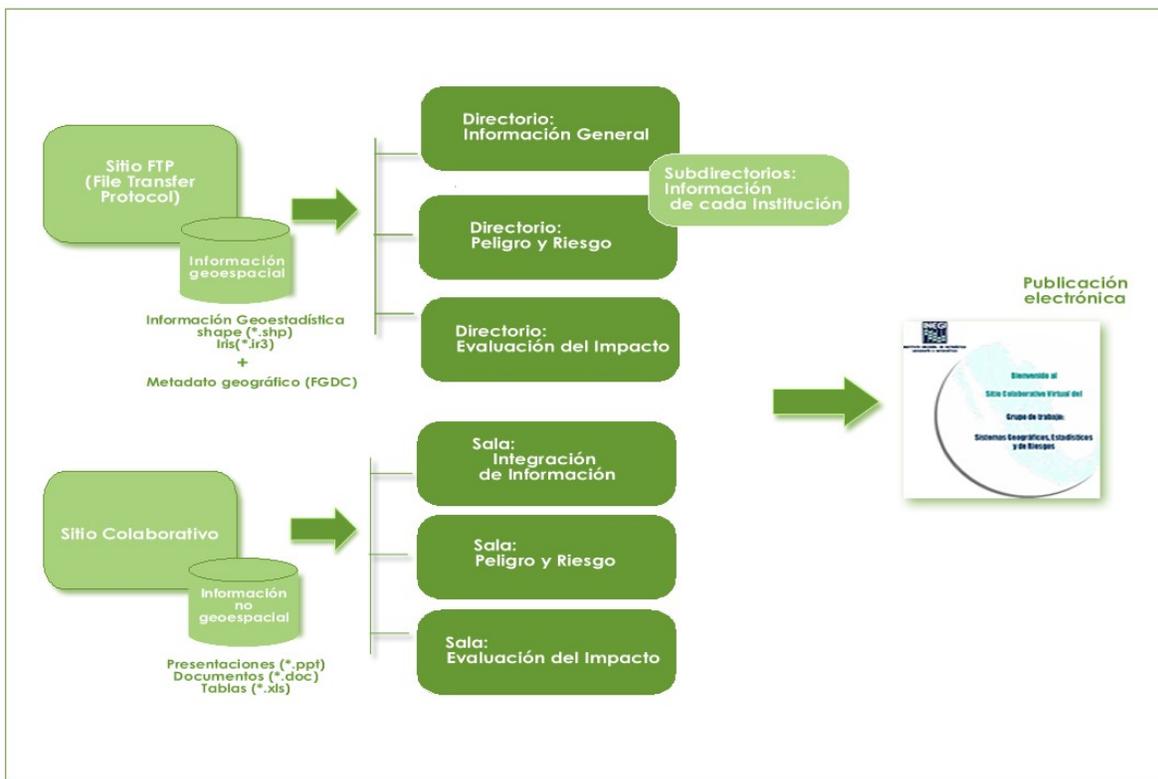


Figura 3.12 Esquema de funcionamiento del Gabinete de Reconstrucción al paso de Stan y Wilma en 2005.

Los representantes de cada institución, ingresan a un sitio FTP, donde suben información de tipo geoespacial, esto es, archivos con formatos shape e iris, principalmente, junto con su correspondiente metadato. La información esta clasificada en directorios generales: información general, peligro y riesgo; y evaluación del impacto. En el caso de la información no geoespacial, en archivos tipo presentación, documentos y tablas, esta asociada en salas correspondientes a su equivalente en la información no geoespacial. El acceso de los usuarios es a través de un recurso de Internet.

En este escenario, notamos el empleo de las tecnologías de la Información y Comunicación, sin una estrategia de Infraestructura de Datos Espaciales. De algún modo cada organismo, tuvo que realizar la recopilación de su información y transformarla a un formato determinado, en este caso, archivos tipo shape e iris; implicando con ello una mayor inversión de tiempo y planeación. En el acceso al sitio correspondiente no es posible

realizar manipulación alguna de la información geoespacial sólo descargandola a una máquina cliente desde un repositorio central.

El escenario propuesto, con la aplicación de la estrategia de Infraestructura de Datos Espaciales, podría vislumbrar el manejo de la información geoespacial de la siguiente forma:

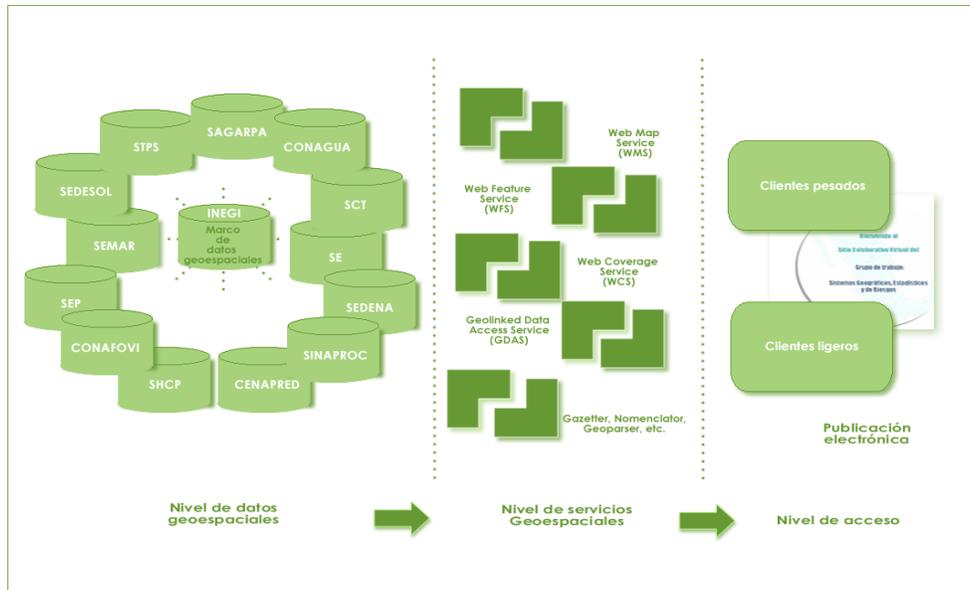


Figura 3.13 Esquema de funcionamiento propuesto con una perspectiva IDE.

En un primer nivel, las distintas bases de datos con distintas tecnologías, pueden realizar la interoperabilidad a este nivel, gestionado por el manejador, donde el INEGI proporciona el marco de datos geoespaciales necesarios, de ahí las distintas instituciones transforman estos, dándole el valor agregado de acuerdo a sus áreas de jurisdicción. La siguiente etapa corresponde al nivel de servicios geoespaciales, como una alternativa con mayor especialización en el manejo de la información a través de Internet, entre ellos se encuentran el Servicio de Mapas Web (WMS) para obtener imágenes, el Servicio de Rasgos Web (WFS), útil para la manipulación de la información geoespacial desde la red; el Web Coverage Service (WCS), especializado en información tipo raster, entre otros. La última fase contempla el consumo de los servicios por medio de clientes, aquellos que son descargados a una computadora y otros por medio de un navegador.

El escenario contempla una arquitectura tecnológica heterogénea y distribuida que permita el intercambio de datos, aplicaciones y otros recursos; donde el proveedor proporciona la información geoespacial para su evaluación, solicitud, acceso transparente y uso a los usuarios. Para ello, se hace necesaria una gran red de comunicación, bases de datos y servicios interconectados y administrados por Centros de Servicios de Datos Geoespaciales (CSDG).

3.3.2 Interoperabilidad entre sistemas distribuidos

Un sistema distribuido comprende una colección de usuarios, datos, software y hardware, en tres niveles de especificación: red física, servicios y software de aplicación. Los servicios interrelacionados de almacenamiento, de acceso de datos, servicios de representación para facilidades de despliegue e interfaces del usuario final proporcionadas al usuario.

La arquitectura *cliente-servidor* nos proporciona la funcionalidad de un sistema multiusuario distribuido a través de una red de computadoras. Los principales conceptos del modelo son:

- Servidor: elementos de una aplicación, los cuales, proporcionan servicios en respuesta a las solicitudes enviadas por los clientes.
- Cliente: elementos de una aplicación, los cuales, envían solicitudes a los servidores y reciben los resultados de servicios devueltos por el servidor.

Así, la *interoperabilidad*, entendida como la habilidad de un sistema o componentes de un sistema para proporcionar información compartida y el control de procesos cooperativa entre aplicaciones se maneja bajo el modelo cliente-servidor, aunque como desventaja se tiene la diversidad de estándares aplicados desde la transmisión de datos hasta la representación lógica de estos. La interoperabilidad sintáctica debería garantizar

la conexión técnica, y la interoperabilidad semántica, un contenido entendible en ambos sentidos.

Otro tipo de interoperabilidad, además de la técnica, se trata de la institucional para el establecimiento de acuerdo entre los productores, integradores y usuarios de datos geoespaciales. Lo anterior conlleva a la estructuración del término “Interoperabilidad Geoespacial o Geográfica³¹” definida como una habilidad de los sistemas de información para:

1. El intercambio libre de toda tipo de información geoespacial sobre la Tierra y sobre los fenómenos en, encima de, y debajo de la Tierra; y
2. De manera cooperativa, por encima de las redes, ejecutar software capaz de la manipulación de dicha información.

En la interoperabilidad institucional, los elementos de una arquitectura de Infraestructura de Datos Espaciales debe contemplar a las tecnologías, a la estructura organizacional y a la toma de decisiones a distintos niveles, por ejemplo el nivel local, regional y nacional. Esta arquitectura propone dos tipos de bases de datos: las bases de datos locales con los datos básicos requeridos en distintos niveles y las bases de datos de toma de decisiones requeridos por distintos niveles (figura 3.14).

Un *servidor local* es el medio entre las bases de datos locales y el servidor regional del siguiente nivel. Este servidor gestionará la información temática como catastro, transporte, riesgo, entre otros de información agregada o parte del marco de datos geoespacial; es decir, el acceso y recuperación de la información de cada base de datos local participante. Los servicios al usuarios son el acceso a metadatos locales, acceso a la base de datos geoespacial y no geoespacial; y la transmisión en línea de información geoespacial y no geoespacial.

³¹ Paloma Abad Power , “Estándares y Recomendaciones del OGC y CSG, Interoperabilidad y Ejemplos de interoperabilidad”, Curso de IDEs 2006, Instituto Geográfico Nacional de España, 2006.

El **servidor regional** contiene un esquema federado, soporta a sus servidores clientes, recibe los datos geospaciales desde servidores locales, transformación a un formato adecuado, controla transacciones, mantenimiento de la descripción de la información.

El **servidor nacional** enlaza distintos niveles (nacional, regional y local), estableciendo la retroalimentación correspondiente, esto es, información, conocimiento y toma de decisiones necesaria en las actividades; por ello requiere un control de la comunicación de usuarios, acceso y recuperación de la correspondiente Base de Datos.

Otro componente al margen, de cada servidor por nivel es el servicio de búsqueda de metadatos (o clearinghouse), este sistema es útil en el descubrimiento, evaluación y descarga de metadatos geospaciales. Este servicio funcionará en cada equipo servidor.

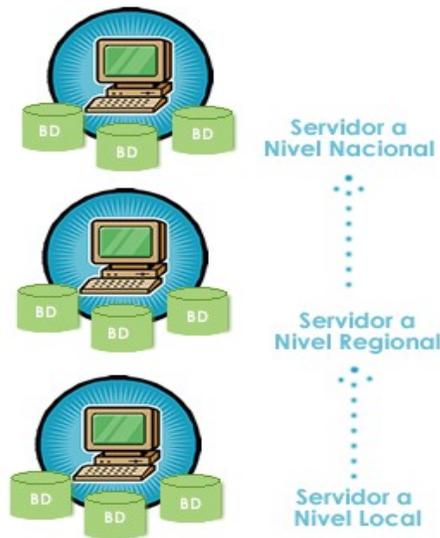


Figura 3.14 Arquitectura IDE con un sistema de toma de decisiones en tres niveles.

3.3.3 Bases de datos geospaciales

En cuanto a la cantidad de datos geospaciales empleados por una IDE, estos se encuentran distribuidos en distintos lugares geográficos. Además de un sistema de comunicación eficiente, que permita el intercambio de datos geospaciales; se requiere además de un soporte en el repositorio de los datos, esto es, una **Base de Datos** y un **Sistema Manejador de Bases de Datos** (DBMS). El primero es definido como una colección de archivos relacionados que almacenan tanto una representación abstracta del dominio de un problema del mundo real, cuyo manejo resulta del interés de una organización, como los datos correspondientes a la información acerca del mismo. Tanto la representación como los datos están sujetos a una serie de restricciones, las cuales forman parte del dominio del problema y cuya descripción esta también almacenada en estos archivos. El DBMS es un software útil en la construcción y mantenimiento de las bases de datos.

Algunas características que proporcionan ventajas de una sistema de bases de datos son: versatilidad para la representación de la información, persistencia, administración del almacenamiento, recuperación de datos, control de la concurrencia, integridad, soporte y seguridad.

Arquitectura de una base de datos

Propuesta por el Grupo de Estudio en el Sistema de Administración de Bases de Datos ANSI/SPARC en 1978. Esta se encuentra dividida en tres niveles: física, conceptual y nivel externo.

- *La visión externa* es aquella que tienen los usuarios finales, dentro del dominio de su actividad. Esas visiones son proporcionadas por los procedimientos o programas de aplicación que sólo manejan parte de de la información en la base de datos.

- *La visión conceptual* es la representación abstracta del problema tal y como se presenta en el mundo real; en un principio es independiente de su tratamiento, de las visiones externas y/o su almacenamiento.
- *La visión física* de una base de datos es la representación de cómo la información es almacenada en los dispositivos de almacenamiento; describiendo las estructuras u organizaciones físicas, dispositivos, volúmenes, archivos, tipos de datos o unidades entendibles por el sistema.

Las vistas son definidas por esquemas usando un lenguaje de definición de datos (DDL), basado en un determinado modelo de datos que permite la representación lógica de los datos. Este encuentra conformado, a su vez, por dos subcomponentes: el lenguaje de definición de almacenamiento de datos (DSDL) y el lenguaje de control de datos (DCL) para el control de acceso a la información, privilegios, tipo de acceso, así como la seguridad.

El lenguaje de manipulación de datos (DML) es utilizado para describir el procesamiento de los objetos de la base de datos, con dos funciones de gestión de datos: definición del nivel externo o usuario de datos y manipulación de los datos, es decir, inserción, borrado, modificación y recuperación de datos almacenados en la base de datos.

Modelos de datos

Los modelos de datos son organizados alrededor de modelos de percepción de la realidad y se clasifican en modelos de datos conceptual, lógico y físico. El modelo conceptual describe a los objetos del mundo real, a sus atributos o propiedades y de las relaciones entre los objetos; este modelo también es conocido como modelo Entidad - Relación, este modelo es enviado a un modelo lógico, donde se describen los objetos, así como las relaciones existentes entre los objetos lógicos, identificando los atributos por los

cuales estos objetos pueden identificarse; en la implementación de un manejador de bases de datos, este realiza la descripción de los objetos físicos. La estructura y relaciones de los objetos son representadas de forma adecuada para su almacenamiento, recuperación y tratamiento.

E.F. Codd propuso las bases del modelo relacional, también sentó las bases del lenguaje algebraico para la manipulación de los datos denominado SQUARE. El mejoramiento de este lenguaje, se le llamo en 1976 SQL (o lenguaje de consultas estructurado), se convirtió en un estándar de la ANSI en 1986 (ANSI x3.135) y en el caso de la ISO, lo convirtió en 1987. La siguiente versión aprobada se le llamó SQL2 (SQL92), la siguiente versión SQL (SQL3) está próxima a completarse. Hoy en día es soportado por una gran cantidad de DBMS.

Aunque las aplicaciones tradicionales de las Bases de Datos incluyen administración de personal, inventario, reservaciones, bancos; un nuevo tipo de aplicaciones han emergido en los últimos 15 años, entre ellas las bases de datos geoespaciales, imágenes, diseño asistido por computadora y manufactura (CAD/CAM), bases de datos textuales, ingeniería de software y bioinformática.

En el caso del manejo de datos geoespaciales, los DBMS requieren la representación y manipulación de información geométrica con los tipos de datos tradicionales a nivel lógico y un soporte eficiente a nivel físico del almacenamiento y procesamiento de la información.

Entre las características extendidas se encuentran:

- La representación de datos lógicos debe extenderse a datos geométricos con su correspondiente independencia de datos, de la visión del usuario.

- El lenguaje de consulta de los datos debe integrar nuevas funciones como proyección temática, selección, unión, overlay (sobreposición), selección geométrica, merge, operaciones topológicas, inter/extrapolación, localización (locate) y asignación (allocation).
- Una representación física eficiente de datos geoespaciales.
- El acceso de datos eficiente es esencial para las bases de datos geoespaciales, tal y como se maneja en DBMS clásicos. Es posible, que los índices de recuperación de datos (B-trees) no son tan apropiados para el acceso de datos geoespaciales, requiriendo de una nueva estructura de datos.
- El modelo relacional es “pobre” en la representación y manipulación de datos geoespaciales, por lo que el mejoramiento de algoritmos, tipo join, que aunque importantes en el campo de las consultas de procesamiento relacional, no pueden utilizarse en bases de datos geoespaciales.
- Manejo de nuevo tipos de datos geoespaciales (punto, línea y polígono) a los ya existentes, como los tipos de datos básicos.

Finalmente, cabe destacar que las bases de datos geoespaciales de una IDE están distribuidas en varias organizaciones e instituciones, por ende su diseño considera, no sólo al diseño físico, lógico y conceptual sino también al concepto distribuido descendente (top-down) y ascendente (bottom-up). Otros conceptos involucrados son la transparencia de la distribución, fragmentación y replicación.

En el caso de la integración de bases de datos geospaciales para una aplicación de alto nivel, un tipo especial de arquitectura de distribución es manejada, las bases de datos federadas (figura 3.15).

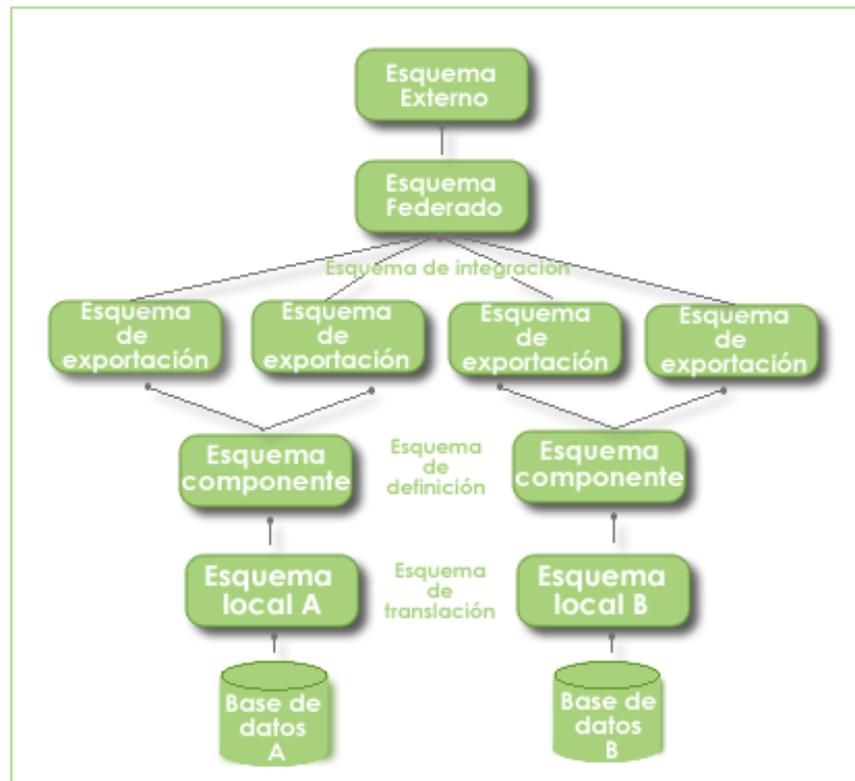


Figura 3.15 Diseño de una Base de datos federada

3.3.4 Almacenes de datos geospaciales (Spatial Data Warehouse)

Entre los objetivos de una IDE, se encuentra el soporte de decisiones a todas las escalas posibles, es por ello, que se considera el uso de esta tecnología en el cumplimiento de tal objetivo.

Un almacén de datos geospaciales o Spatial Data Warehouse (por su nombre en inglés), es una “gran” base de datos que habilita espacial e históricamente la información

generada por una organización, con una perspectiva holística orientada a las áreas estratégicas, como sustento de la toma de decisiones. Las aplicaciones Spatial Data Warehouse son basadas sobre bases de datos de alto rendimiento que usa una arquitectura cliente-servidor en la integración de tipos de datos en tiempo real. Esto implica un conjunto de herramientas y procedimientos empleados a partir de los sistemas transaccionales actuales, la transformación, estandarización, fijación del valor temporal, habilitación geoespacial de los datos, así como la consulta, el análisis en línea, más aun de análisis detallado por medio de técnicas de minería de datos³² (datamining).

Las bases de datos están diseñadas para la operación y no para el análisis de los datos. En cambio, un almacén de datos reúne los elementos de datos apropiados desde diversas fuentes, en un ambiente integral descentralizado, simplifica el problema de acceso a la información y en consecuencia, acelera el proceso de análisis, consultas y un menor uso de la información.

Un almacén de datos geoespaciales se crea a partir de la extracción de datos desde una o más bases de datos operacionales. Los datos extraídos son transformados para eliminar consistencias y resumir, de ser necesario, antes de ser cargadas en el Spatial Datawarehouse. El proceso de transformar, crear el detalle de tiempo variante, resumir y combinar los extractos de datos, ayudan a crear el ambiente de acceso a la información institucional. Este enfoque, ayuda a las personas, en todos los niveles de la empresa, a efectuar su toma de decisiones con mayores elementos.

Algunas diferencias básicas entre una base de datos geoespacial y un almacén de datos geoespacial se muestran en la tabla (tabla 3.4):

³² Actividad de extracción cuyo objetivo es descubrir hechos contenidos en las bases de datos y que además tiene un conjunto de herramientas para la extracción de patrones, modelos, relaciones, regularidades, tendencias, etc, que producen conocimiento.

Bases de Datos Operacional	Spatial Data WareHouse
Datos operacionales	Datos del negocio
Orientado a la aplicación	Orientado al tema
Actual	Actual + histórico
Detallada	Detallada + agregada
Cambia continuamente	Estable

Tabla 3.4 Diferencias BD Operacional y Datawarehouse.

Así un almacén de datos geoespaciales es una colección de datos orientada a temas, integrada, variante en el tiempo, no volátil, que añade geografía al dato en la base del análisis para el apoyo en la toma de decisiones.

1. *La orientación al tema*, se refiere a que la información se clasifica con base en los aspectos a que el organismo se dedica y son de relevancia; por temas y no por aplicación. La información esta desnormalizada, es decir con redundancia, duplicidad de los datos y que la información esta dimensionada sólo para consultas enfocadas por vectores o variables que permitan localizar los datos de manera rápida y eficaz.
2. *Integración* se refiere a que la información esta almacenada en un área temática, tanto en dominio como en significado (definición de métricas y de dimensiones homologadas), políticas, protocolos de acceso, plataformas, y estándares de desarrollo. Esto implica que los datos de diversos sistemas transaccionales (OLPT) producidos por distintas secciones y aplicaciones, son unidos en una instancia. También conocido como Proceso de Extracción, Transformación y Carga de los datos (ETL).

3. *Variable en el tiempo* implica que los datos son almacenados con sus respectivos históricos, garantizando el desarrollo de análisis de la dinámica de los mismos, ya que se almacena instantáneas de los datos, que representa un periodo de tiempo. La información representa un horizonte largo en el tiempo; por lo regular las claves primarias de los datos almacenados incluyen la dimensión del tiempo; la información es persistente, una vez registrada correctamente, no puede ser actualizada.
4. *No volátil* porque la información útil para el análisis y la toma de decisiones es aquella que es estable. En el caso de una base de datos, los datos operacionales son dinámicos. Esta propiedad, la no volatilidad, nos permite analizar las fotografías de los datos en el momento en que fueron tomadas y poder compararlas con otras, tomadas previas o posteriormente. En un Datawarehouse no existe el borrado ni la actualización de registros únicamente existen las operaciones de consulta e inserción. Para ello son importante, los metadatos al nivel de la identificación de los contenidos del Spatial Data Warehouse.

La arquitectura del almacén es como una estructura de capas donde se encuentran elementos como datos, comunicaciones, procesamiento y presentación de la información. Estas capas son: datos operacionales, conceptual del almacén de datos, almacenamiento de datos, redundancia de datos y de negocio.

La componente geoespacial, es tratada como una dimensión o variable en la tecnología de la información, de esta forma se permite la modelación de los temas de interes por medio de herramientas de procesamiento analítico en línea (OLAP), no sólo en la explotación de las estructuras multidimensionales definidas en una base de datos si no que adicionalmente se puedan visualizar y analizar espacialmente los resultados.

La imagen (figura 3.16) muestra un esquema de un almacén de datos geoespaciales:

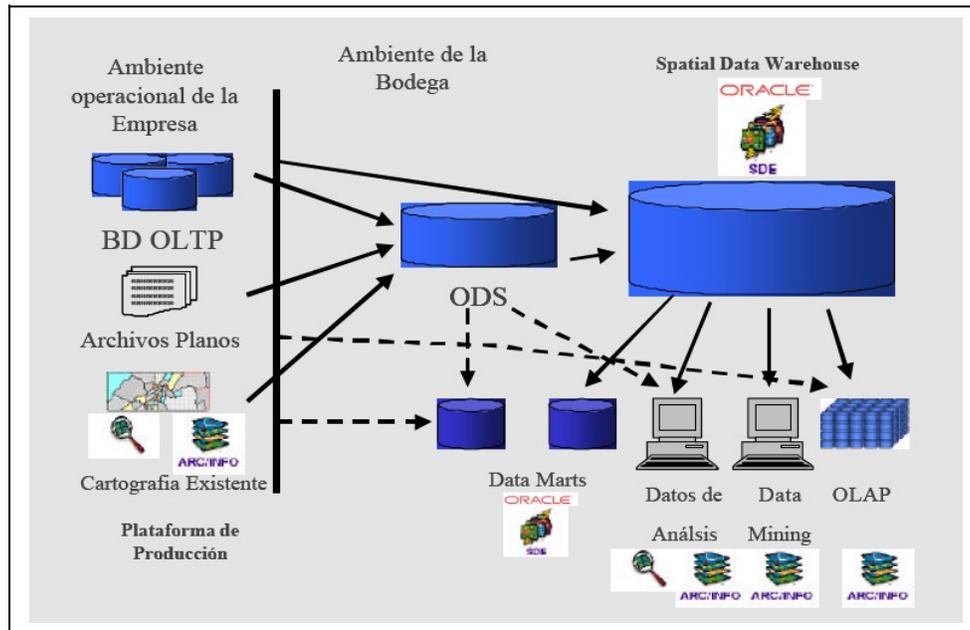


Figura 3.16 Esquema del funcionamiento de una almacén de datos geoespaciales empleando tecnología de ESRI Inc.

3.3.5 Internet

Su origen se remonta en la década de los 60's con un proyecto de interconexión de computadoras en el Departamento de Proyectos e Investigaciones Avanzadas para la Defensa de E.U.A. En el año de 1969 se interconectan la UCLA (Universidad de California de Los Ángeles) y el Instituto de Investigación de Stanford, su evolución fue llamada ARPANET. El crecimiento de esta red implicó problemas de protocolos y esquemas de direccionamiento. En respuesta, el documento RFC 760 da origen a un protocolo robusto llamado TCP/IP.

El objetivo de una red de datos es el intercambio de información y trabajo colaborativo, aunado a la compartición de recursos como esta previsto en su concepción. Esta tecnología es indispensable en la implementación de una IDE.

Las redes de datos son clasificadas de acuerdo a su relación, a su distribución geográfica y a su accesibilidad.

- La clasificación por la relación de los equipos interconectados: Host a terminal, punto a punto (peer to peer) y el cliente servidor.
- La clasificación por su distribución geográfica: LAN (Local Area Network), CAN (Campus Area Network), MAN (Metropolitan Area Network), WAN (Wide Area Network). Estas dos últimas, las telecomunicaciones son arrendadas.
- La clasificación de acuerdo a su accesibilidad en: redes privadas, redes públicas y redes privadas virtuales.

Las redes de datos tienen un conjunto de reglas de comunicación para la sincronización de esta, llamada “protocolo”. En tópicos como la velocidad de comunicación, características eléctricas, recursos compartidos, longitud de mensajes, entre otros. Así, una arquitectura de red de datos contempla dos modelos de referencia: ISO/OSI y el TCP/IP.

El modelo de referencia OSI

En 1977, la Organización de Estándares Internacionales (ISO) desarrolló un modelo de referencia Sistema de Interconexión Abierto (OSI). Este modelo enfocado en el desarrollo de software, sin dependencia del hardware, para la armonización de un Sistema abierto, respetando estándares.

EL modelo OSI consta de siete niveles (tabla 3.5):

7	Aplicación
6	Presentación
5	Sesión
4	Transporte
3	Red
2	Enlace de Datos
1	Físico

Tabla 3.5 Capas del Modelo OSI

Nivel Físico: Su objetivo es poner un flujo de bits en un medio físico expulsándolo del sistema. Este nivel se implementa básicamente a nivel de hardware e incluye los cables y conectores las técnicas específicas de modulación y voltajes, el ancho de banda y la topología física de la red.

Nivel de Enlace de Datos: Define el concepto de paquete o trama y permite a una computadora enviar tramas a otras computadoras conectadas al mismo cable o medio. Define también los mecanismos para controlar el acceso de la red. Este nivel se implementa típicamente con una combinación de hardware y software.

Nivel de Red: Permite que dos sistemas se envíen información a través de una serie de redes interconectadas, estableciendo las funciones de switcheo y ruteo de información así como la regulación del tráfico.

Nivel de Transporte: Se encarga de garantizar la transmisión fiable de datos a través de una red. Esta capa define la forma en que las conexiones son establecidas y liberadas.

Nivel de Sesión: En este nivel se lleva un control del estado de la comunicación entre dos nodos, o sea, se establece el concepto de sesión para guardar información sobre el intercambio de datos.

Nivel de Presentación: Se encarga de traducir los datos entre distintos formatos y sintaxis usados entre los niveles inferiores y las aplicaciones del nivel superior. Independiza el formato de los datos de la aplicación del formato utilizado para su transmisión.

Nivel de Aplicación: Son donde se definen las aplicaciones de red que soportan a las aplicaciones del usuario final.

Modelo DARPA

Modelo desarrollado por DARPA (Defense Advance Research and Projects Authority), es una simplificación del modelo OSI, donde se disminuyó la cantidad de capas, pero siguiendo la estandarización y la estructura de capas. De esta manera TCP/IP es construido en base a este modelo (Tabla 3.6):

7	Aplicación	4	Aplicación
6	Presentación		
5	Sesión		
4	Transporte	3	Transporte
3	Red	2	Internet
2	Enlace de Datos	1	Interfaz de Red
1	Físico		

Tabla 3.6 Modelo OSI y DARPA

- La capa de Interfaz de Red, son los protocolos de tipo LAN, ejemplo de ello son Ethernet, FDI, Token Ring; protocolos WAN como PPP, X.25, Frame Relay, ATM o BGP.
- La capa de Red describe protocolos IP (Internet Protocol), ICMP (Internet Control Message Protocol), IGMP (Internet Group Management Protocol) e IPV6.

- La capa de Transporte formada por los protocolos UDP (User Datagram Protocol) y TCP (Transmission Control Protocol).
- La capa de Aplicación, con una gran variedad de protocolos como DNS (Domain Name Server), SMTP (Simple Mail Transfer Protocol), DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol), http (HiperText Transfer Protocol), entre otros.

Medios de Transmisión

En una Red de Datos tipo LAN (Local Area Network), los equipos están conectados en distintas formas y por diversos medios, entre los principales se encuentran:

Par trenzado (Twisted Pair) -tabla 3.7-: son cuatro pares de cables de cobre entrelazados cubiertos de plástico. Algunos de ellos con capa de blindaje (STP) o sin ella (UTP). El conector utilizado es RJ-45 para datos y RJ-11 para voz.

Categoría	Tipo de cable	Aplicación
CAT1	UTP	Voz Analógica
CAT2	UTP	Voz Dígital, Datos hasta 1 Mbps
CAT3	UTP, STP	Datos hasta 16 Mbps
CAT4	UTP, STP	Datos hasta 20 Mbps
CAT5	UTP, STP	Datos hasta 100 Mbps
Nivel 6	UTP, STP	Datos hasta 155 Mbps
Nivel 7	UTP, STP	Datos hasta 1 Gbps

Tabla 3.7 tipos de cable par trenzado

Cable Coaxial: en un cable central de cobre rodeado por una capa aislante, una malla de cobre y un recubrimiento plástico. Su clasificación es de acuerdo a su grosor (RG), la resistencia es medida en ohms y su conector se llama BNC.

Fibra Óptica: es un cable hecho de vidrio flexible o de plástico que transmite la información a través de fotones en lugar de electrones. Soporta grandes distancias. Existen dos tipos de fibra, la multimodo, para múltiples señales, alcanza distancias máximas de 2 Km, y la monomodo, con una sola transmisión pero alcanza distancias hasta de 40 km, sin repetición de la señal.

Por último, en las redes inalámbricas, el medio de transmisión es por aire, y aunque su rendimiento es menor a las soluciones por otros medios físicos; son flexibles y ofrecen gran movilidad e ideales para áreas abiertas y líneas de vista libres. Las principales señales son de radio, infrarrojo y el láser.

Topología y Protocolos de Redes de Datos tipo LAN

En cuanto a la topología de una LAN, solo mencionare que existen de acuerdo a una vista en forma de plano arquitectónico; a la topología en estrella, bus lineal, árbol, malla y anillo.

Los protocolos de comunicación empleados en una LAN estan: el Ethernet (10 mbps), Fast Ethernet (100 Mbps), Ethernet II, Gigabit Ethernet (10 x FastEthernet) varia de acuerdo a la trama utilizada, la velocidad, la cantidad de equipos conectados y el medio de transmisión.

Otro protocolo empleado es el Fiber Distributed Data Interface (FDDI), basado en un anillo con un paso de testigo para velocidades de 100 Mbps y capacidad de grandes distancias, además del uso de la fibra óptica como medio de transmisión.

La familia de estándar 802.11, permite trabajar sobre un medio inalámbrico por medio de señales de Radio. La banda 2.4 Ghz proporciona anchos de banda de 1 o 2 Mbps con la tecnología de transmisión FHSS (Frecuency Hope Spread Spectrum) y el DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum). En el caso del estándar 802.11^a en la banda de 5 Ghz con la

tecnología de transmisión OFDM (Orthogonal Frequency División Multiplexing). El estándar 802.11b (Wifi), su ancho de banda de 11 Mbps utiliza sólo la tecnología de transmisión sobre la banda de 2.4 Ghz. Y el estándar 802.11g opera como el 802.11b pero sobre 2.4 Ghz y utiliza el DSSS.

Es conveniente mencionar que otro estándar es Bluetooth, enfocado a la intercomunicación de computadoras, PDAs, teléfonos y equipos periféricos. Así se crea el concepto de *Personal Area Network* (PAN) con un ancho de banda asimétrico variable desde los 57.6 Kbps hasta 721 Kbps, según el modo de transmisión.

Topología y Protocolos de Redes de Datos tipo WAN (Wide Area Network)

Una Red de Datos WAN formada por dos o más Redes LAN dispersas geográficamente, esto hace que sus enlaces sean rentados por compañías de telecomunicaciones, conocida como “carrier”. Por su naturaleza, se transporta los protocolos a nivel local de una red LAN a otra, empleando para ello, distintos protocolos y tecnologías.

Las formas de interconectar a redes WAN son:

- *Enlaces Punto a Punto*, es una conexión única, preestablecida y dedicada, conecta dos y solo dos nodos. Se conoce también como enlace dedicado.
- *Enlaces Conmutados*, con dos tipos de enlaces:
 - *La conmutación de circuitos*, la cual, transfiere información desde un punto a otro de una red WAN; parecida a la forma en que trabajan las líneas telefónicas tradicionales.
 - *La conmutación de paquetes*, en esta, los medios físicos son compartidos entre varios clientes, estableciéndose rutas por las que un paquete de

información es llevado desde su origen hasta su destino. Aquí cabe, el ATM (Modo de Transferencia Asíncrona), Frame Relay e IP (Internet Protocol).

En cuanto a los protocolos, manejados por una Red de Datos WAN son:

- *SLIP* (Serial Line Internet Protocol) empleado en el encapsulamiento sobre enlaces punto a punto, está hecho para transportar datagramas IP.
- *PPP* (Point to Point Protocol) afronta las desventajas de SLIP, ofrece servicios parecidos a los del encapsulado de LAN como la delimitación de tramas, identificación de protocolo e integridad a nivel de bit.
- *X.25* es un protocolo antiguo, sentó las bases de muchos protocolos, en el establecimiento de una red pública de conmutación de paquetes. Fue creado con protección en medio de transmisión sin mucha fiabilidad.
- *Frame Relay* es muy parecido a X.25 pero sin tanta sobrecarga, trabaja sobre enlaces con mayor integridad, su fiabilidad la encarga a protocolos de capas superiores como TCP.
- *ATM* conocido como Cell Rely, al igual que Frame Relay es un servicio no fiable orientado a la conexión. Define tramas de tamaño fijo de 53 bytes, 48 de datos (PDU) y 5 de cabecera llamado celda. Los paquetes de niveles superiores se fragmentan en el conmutador ATM de salida y se reensamblan en el conmutador de destino.

Tendencias

La evolución de las Redes sugiere la desaparición de diferencias entre las redes LAN y WAN. “Todo” es un dato. Ello sugiere a las tecnologías 10 Gigabit Ethernet (10 G), MetroEthernet, 3G y WiMAX; como la siguiente generación tecnológica en comunicaciones.

3.3.6 La Web

Otro desarrollo importante de Internet, con gran impacto en la filosofía IDE, es la WWW (World Wide Web). Este sistema cliente-servidor inicio en el Centro Europeo para la investigación nuclear (CERN), en donde varios científicos compartían documentos de varios tipos ubicados en distintos países. Una versión de este sistema en texto, es el programa *lynx* y el primer sistema gráfico es *Mosaic* liberado en 1993. El lenguaje de marcación diseñado para estructurar formatos estándar en forma de hipertexto es el HTML (HyperText Markup Language). Actualmente son conocidos como navegadores (Web Browser) y existen varias opciones, aunque varían de acuerdo al soporte de otras tecnologías que enriquecen su funcionalidad. Entre los navegadores tenemos a Internet Explorer, Mozilla Firefox, Netscape, Opera, Konqueror, Galeon, entre otros. Estos establecen conexiones TCP con los servidores Web.

Los equipos dedicados a “servir” las páginas Web son conocidos como Servidores Web; con el protocolo HTTP (Hypertext Transfer Protocol) maneja las solicitudes de los clientes (Browser), de ellos se puede citar a HTTP Apache, IIS (Internet Information System), Jakarta Tomcat, etc.

Una página Web tiene una dirección llamada URL (Uniform Resource Locator), utilizada para nombrar recursos de Internet como documentos e imágenes en internet. Este conformado de tres partes: el nombre del protocolo (http), el nombre del servidor donde residen las páginas (por ejemplo, www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx) y el nombre del documento (por ejemplo, [metadataexplorer.html](http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/metadataexplorer.html)).

De las tecnologías empleadas en una página Web, con las cuales se maneja la funcionalidad e integración a otras aplicaciones como la conexión a bases de datos

geoespaciales, por ejemplo CFM (ColdFusion Markup Language), DHTML (Dynamic HTML), PHP (PHP Hypertext Pre-processor), ASP (Active Server Pages), CGI (Common Gateway Interface), JSP (Java Server Page), C# ,.NET, Macromedia Flash, XML (eXtended Markup Language), etc.

El Consorcio WWW (World Wide Web) fue establecido en 1994, encargado de la promoción del desarrollo de la Web. Así, el concepto original de la Web, es llamada Web 1.0 caracterizada por páginas estáticas HTML. El advenimiento de la Web con mayor dinamismo del contenido de las páginas, creadas al vuelo con una estética visual se le conoció como Web 1.5.

La siguiente versión Web es la 2.0, término acuñado por O'Really Media en el 2004, esta generación esta basada en comunidades de usuarios con una gama especial de servicios, tal es el caso de las redes sociales, blogs, wikis o floccsonomías, que fomentan una colaboración e intercambio ágil de información entre usuarios³³.

Actualmente, la Web 2.0 entiende cadenas alfanuméricas, pero no significados; en complemento a ello surge la Web Semántica. El proyecto pretende crear un medio universal para el intercambio de información mediante un repositorio de archivos susceptibles de ser procesados por máquinas, en cualquier idioma, con ello agilizar el procesamiento de información por las personas publicadas en el Web.

Un usuario podrá encontrar respuesta a sus preguntas, en vez de una gran cantidad de páginas relacionadas con los parámetros de búsqueda, encontrará resultados en términos de su semántica. Para lograr esto, la *Web semántica* esta basada en los metadatos para informar a los buscadores sobre los contenidos de una página Web.

En el contexto de una IDE, su objetivo es proporcionar al usuario información geoespacial junto con sus características; las respuestas con mayor refinamiento requieren

³³ http://es.wikipedia.org/wiki/Web_2.0

de herramientas especializadas en la recuperación del conocimiento, para ello recurre a Nomenclátor, Listas controladas, Tesoros y Ontologías.

1. *Catálogo de metadatos*: Es el servicio que permite localizar y acceder información geoespacial a través de sus metadatos. También es conocido como servicio de catálogo, Directorio de Datos Espaciales y Clearinghouse.
2. *Nomenclátor*: son sistemas de referencia de la información geoespacial basados en Identificadores Geográficos unívocos de localizaciones geográficas (la norma ISO19112 los define). Cada una de sus instancias comprende un identificador geoespacial, una descripción de su extensión geográfica, el nombre de la organización responsable de su definición y las coordenadas de un punto representativo.
3. *Listas controladas*: son listados de palabras únicos para los usuarios utilizables en un cierto entorno. La norma ISO19115 define 23 tipos de listas controladas para la información geoespacial.
4. *Tesoros*: son una lista estructurada de descriptores o términos propios de un ámbito, estableciéndose relaciones jerárquicas, equivalencia y asociativas. En términos geoespaciales, muestra un conjunto de términos que representan conceptos geográficos clasificados en áreas temáticas con sus jerarquías, asociaciones y equivalencias.
5. *Ontologías*: es la especificación de una conceptualización, o un marco común o una estructura conceptual sistematizada, útil para el almacenamiento, la búsqueda y recuperación de la información. Las estructuras de conocimiento formalizado (las ontologías) referencian a los datos (metadatos) bajo un esquema común normalizado, por medio del cual, se pretende convertir la información en conocimiento. Las búsquedas en Internet harán inferencias automáticas porque

comparten los esquemas de anotaciones Web y agentes de software. Más que información se comparte “conocimiento” con esta tecnología.

La siguiente imagen (figura) muestra la evolución hacia las ontologías³⁴

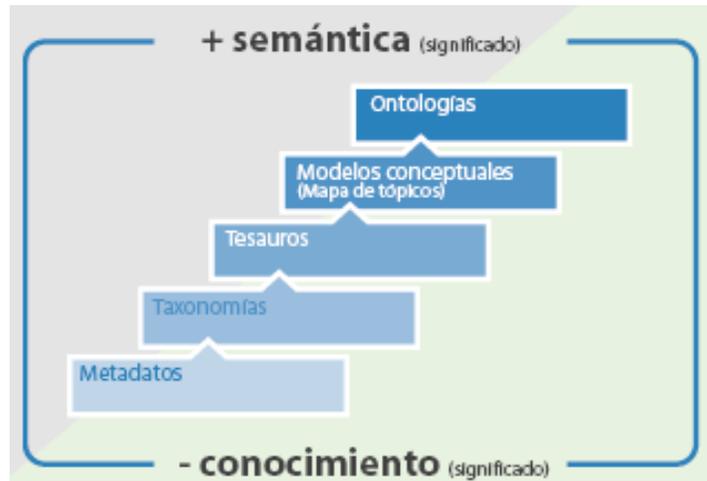


Figura 3.17 Herramientas de la Web semántica. Fuente Webbuilder de Infotec.

3.3.7 Centro Distribuidor de Metadatos Geoespaciales (Clearinghouse)

El Comité Federal de Datos Geográficos en Estados Unidos (FGDC) define a un Centro Distribuidor de metadatos geoespaciales como un sistema facilitador del descubrimiento, evaluación y descarga de los datos geoespaciales. Un número de servidores con información geoespacial se encuentran conectados en la Internet. Desde un punto de vista institucional son personas y una infraestructura que facilitan la búsqueda de quiénes tienen cuál información. Sus componentes son: los metadatos (documentación de los datos geoespaciales), Red (Internet), servidor de software de búsqueda y acceso, protocolo de búsqueda y recuperación z.39.50, la Web (World Wide Web)³⁵. El Centro Distribuidor (figura 3.18) tiene una arquitectura cliente-servidor, en el servidor se concentran los metadatos; las solicitudes de los clientes en los nodos (servidores) de metadatos es hecha a través de

³⁴ Web semántica, http://www.webbuilder.org.mx/OS/wb/COSWB/art_semanticweb

³⁵ Metadatos Geoespaciales, <http://mapserver.inegi.gob.mx/geografia/espanol/normatividad/metadatos/CompMetadatos.cfm#15>

un navegador Web, en un caso ideal los metadatos proporcionan el enlace a los datos geoespaciales. La relación entre nodos de metadatos es punto a punto.

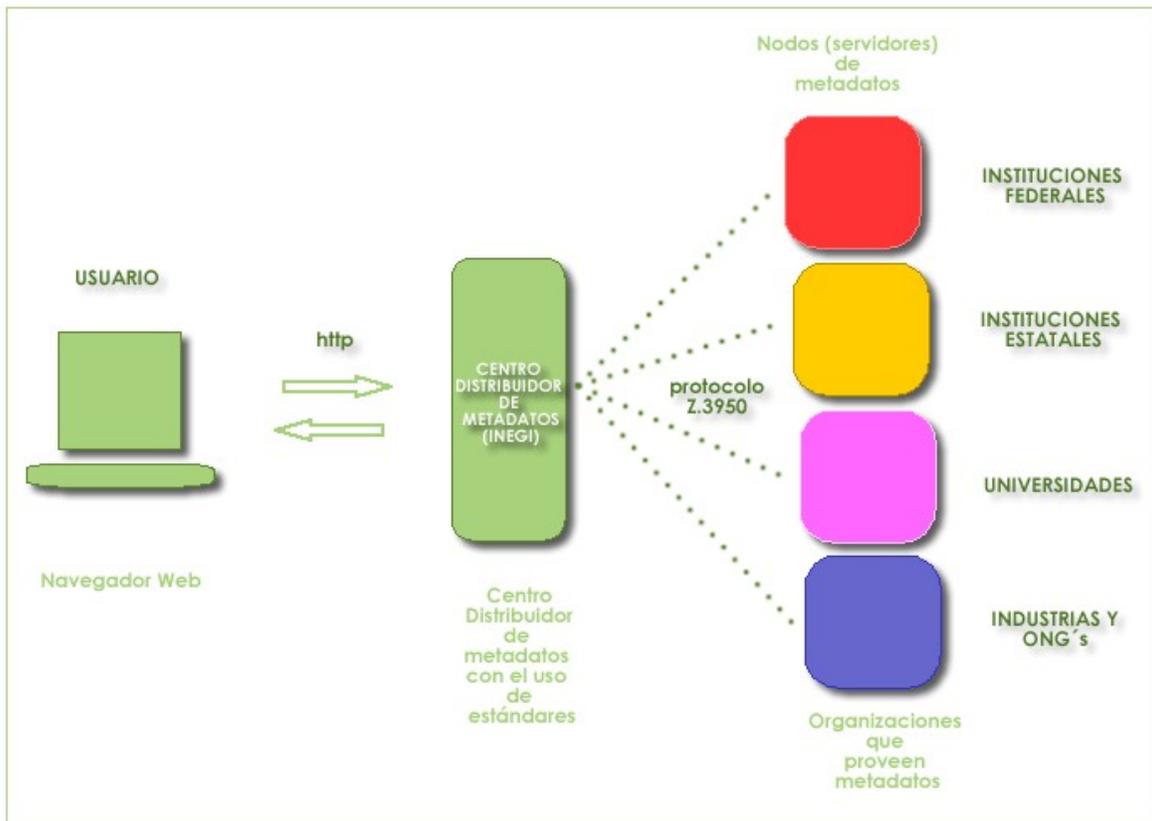


Figura 3.18 Diagrama del funcionamiento del Centro Distribuidor de metadatos de INEGI

3.3.8 Sistema de Almacenamiento

Debido al rápido crecimiento de las aplicaciones, el uso de Internet y otras herramientas que generan mucha información, además de la disponibilidad de los servicios proporcionados por una Infraestructura de Datos Geoespaciales con elementos ya mencionados, referida por el tiempo de un recurso disponible con el tiempo total en que debería estar. Una alta disponibilidad tiende el máximo tiempo posible en los servicios que son críticos.

Un Sistema de Almacenamiento permite el desarrollo de capacidades para el diseño y administración de los sistemas, la optimización de las operaciones de la empresa, detección automática en casos de fallas y recuperación automática en cuestiones relacionadas con el almacenamiento de los datos geoespaciales.

Existen distintos tipos de Sistemas de Almacenamiento:

1. *Almacenamiento de Acceso Directo* (Direct Attached Storage -DAS-) son dispositivos de almacenamiento conectados directamente al sistema que sirven. Este, extiende la capacidad de los servidores por medio de servicios de almacenamiento con discos duros con uno más controladores, ofreciendo una tolerancia a fallas con el control de redundancia y de almacenamiento conocido como RAID (Redundat Arrays of Inexpensive drives). La interfaz hecha con el servidor es realizada por un adaptador tipo Bus (Host Bus Adapter -HBA-).
2. *Almacenamiento de Acceso en Red* (Network Attached Storage -NAS-) es un sistema de almacenamiento con una dirección de red propia a la LAN, se accede desde los equipos clientes a través de protocolos de red (normalmente TCP/IP). Las peticiones de archivos se mapena desde un servidor principal a los servicios de archivos NAS. En relación con un Sistema DAS permite la optimización del almacenamiento y la distribución de archivos heterogéneos, aunque generan mucho tráfico de red en entornos de mucha demanda. De está forma, la NAS provee la funcionalidad de una unidad de almacenamiento de datos, acceso de datos y la administración de estas funcionalidades.

La imagen (figura 3.19) muestra un diagrama de los dispositivos de almacenamiento:

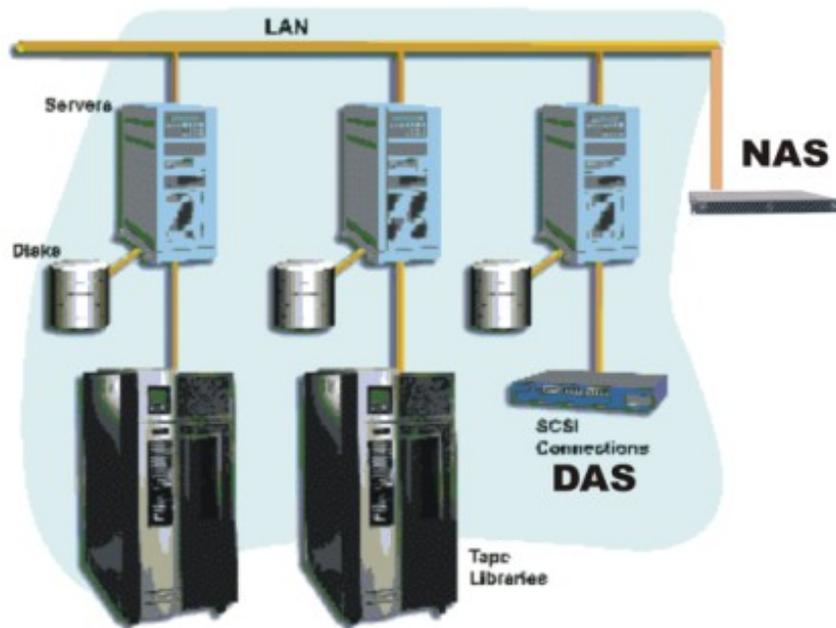


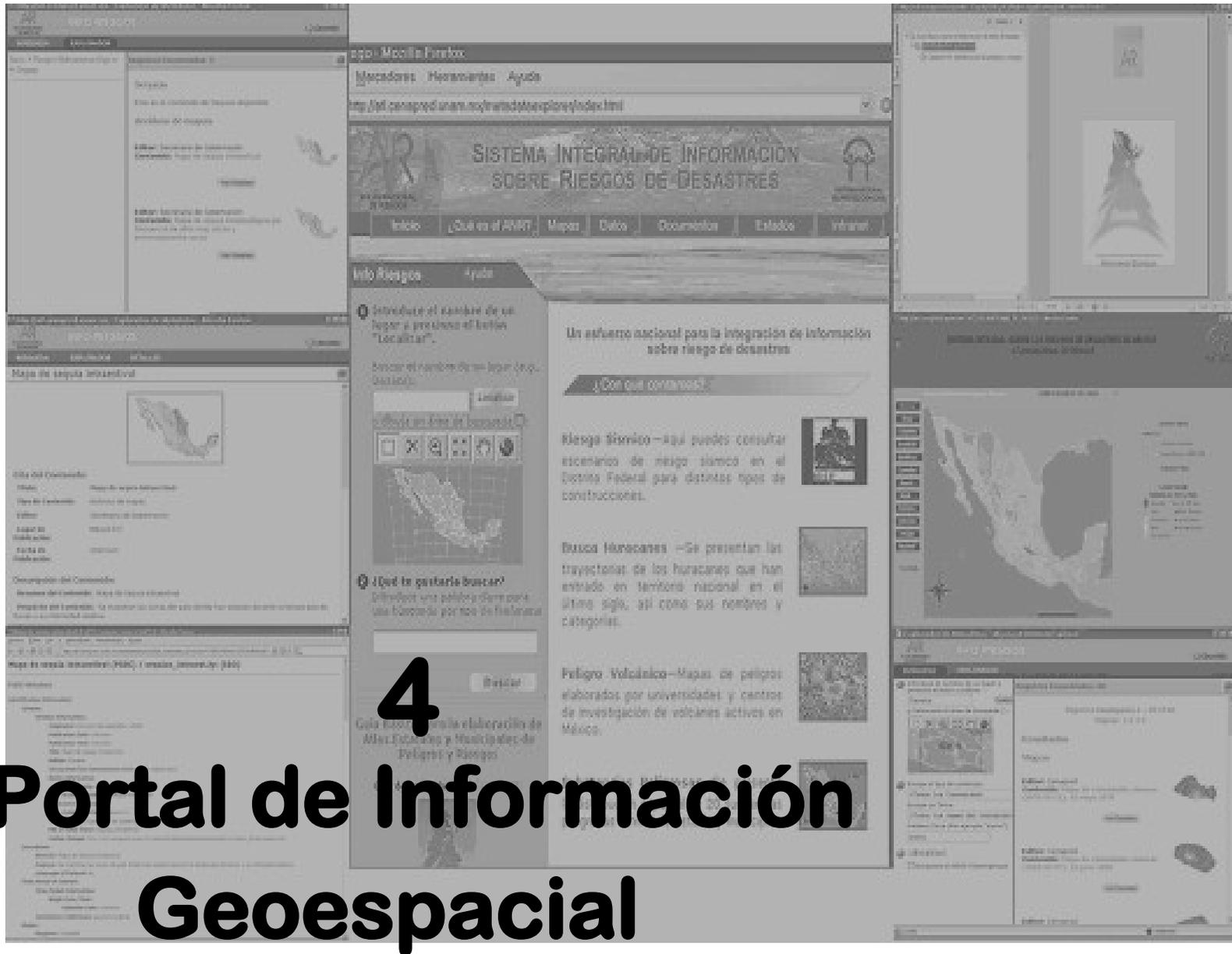
Figura 3.19 Diagrama de funcionamiento de un sistema de almacenamiento Directo y en red. Fuente Dot Hill Inc.

3.3.9 Centro de Servicios de Datos Geoespaciales

Por último, la entidad encargada de todas las actividades involucradas en la funcionalidad de los servicios y manejo de datos geoespaciales en los servidores en cada nivel, en el mejor de los casos, sería un centro de servicios de datos espaciales (CSDE), definido como: “un facilitador u organización intermediaria entre los usuarios de datos geoespaciales y los proveedores de las aplicaciones dentro del ámbito de la organización. Este, suministra la integridad del acceso a los datos geoespaciales requeridos por medio del fortalecimiento de los servicios técnicos tanto como los servicios administrativos, la seguridad de los datos, y los servicios financieros necesarios en las políticas enmarcadas de la IDE. A su vez, facilitará y supervisará las actividades de estandarización, asegurando el óptimo intercambio de datos geoespaciales”³⁶.

³⁶ Richard Groot and John Mc Laughlin, Op. Cit. p. 5. u Ob. Cit.





Portal de Información Geoespacial

En este capítulo se explican los distintos elementos que componen a un Portal de Información Geoespacial sobre Riesgo y sus servicios; así como la descripción del Portal ANR-Siiride desde su perspectiva tecnológica.



4 Portal de Información Geoespacial sobre Riesgo

A raíz de estudios hechos por diversos países (Canadá, Reino Unido, Estados Unidos de América, Alemania, Australia y Nueva Zelanda), donde se refleja la necesidad de integración, intercambio y coordinación a causa de la diversidad y fragmentación de los datos y servicios geográficos.

Los primeros esfuerzos colaborativos, se concentraron en la creación de nodos de metadatos -Clearinghouse-, los organismos colectaron y concentraron sus catálogos de metadatos. Estos facilitaron la búsqueda de información en Internet y sentaron un precedente de los trabajos futuros. Uno de ellos fue el lanzamiento del proyecto de la Infraestructura Global de Datos Geoespaciales (GSDI¹) en 1996.

La implementación de las IDE, se dio desde 1990. Los organismos notaron que empleaban la misma información geoespacial en algunos procesos de sus actividades. Las IDE's surgen de la necesidad de "compartir" estos recursos.

Jack Dangermon, describe a una IDE como "la base de la diseminación de la información geoespacial sobre Internet". La atención de las necesidades de los distintos actores involucrados, han hecho que los portales de información geoespacial ofrecen servicios bidireccionales, en cuanto al procesamiento de datos y modelos analíticos geoespaciales crudos. Respecto a la colaboración y factibilidad del "intercambio" de la información geoespacial, el uso de estándares otorgan este valor agregado a la información: la "interoperabilidad".

Un portal de información geoespacial (PIG), es visto como un resultado exitoso del desarrollo de una Infraestructura de Datos Espaciales (IDE), de acuerdo al punto de vista de

¹ Siglas en Inglés del acrónimo Global Spatial Data Infrastructure

lan Masser². Un portal de este tipo, es el intermediario de los recursos de información geoespacial, servicios y aplicaciones.

La palabra portal tiene su origen en el latín *porta* que significa puerta. En el entorno Web, esto implica un sitio con una interfaz amigable, herramientas de búsqueda, contenido y servicios. Esta “entidad” proporciona el enlace entre los proveedores de servicios (públicas, privadas, no gubernamentales) y los usuarios.

4.1 Arquitectura de un Portal de Información Geoespacial (APIG)

La Arquitectura de Referencia de un Portal de Información Geoespacial³ es una propuesta de acuerdos de interoperabilidad con el objetivo de compartir información geoespacial, en el contexto del diseño e implementación de las iniciativas IDE (Infraestructura de Datos Espaciales) desarrolladas en 50 países alrededor del mundo. Este marco de referencia organiza una colección de especificaciones y estándares abiertos que pueden implementarse en la creación de contenido geoespacial, es independiente de los componentes -fabricantes, lenguajes de programación, bases de datos geoespaciales, sistemas operativos, clientes, servidores-, por lo que su infraestructura tiene partes “conecte y use”⁴. El tipo de software -propietario, gubernamental, desarrollado, código abierto, shareware, donado, etc. - no implica una condicionante.

Este modelo se fundamenta en términos de Servicios orientados a la Arquitectura⁵ (SOA), en este caso basados en Web Services, los cuales proporcionan un modo de funcionalidad estandarizado en las interfaces. Los productores publican información en un registro de servicios, en donde los consumidores de servicios buscan aquellos que necesitan y recuperan la información de ellos, accediéndolos. Este paradigma de operación por medio de servicios es el método esencial de comunicación dentro del portal. La publicación u ofertación de un servicio es llamado exportación. El descubrimiento de un servicio ofertado

² Presidente de la Infraestructura Global de Datos Espaciales del periodo comprendido entre septiembre del 2002 y febrero del 2004.

³ Louis C. Rose, “Geospatial Portal Reference Architecture, A Community to implementing Standards- Based Geospatial Portals, NR OGC 04-039”, OpenGIS Discussion Paper, Open Geospatial Consortium Inc.

⁴ Por su nombre en inglés Plug and Play

⁵ Acrónimo del término en inglés Service Oriented Architecture.

es llamado importación y el enlace del cliente a un servicio descubierto se llama servicio de interacción⁶.

Los roles básicos en la interacción con los servicios son:

- **Broker** un rol que registra los servicios ofrecidos por los proveedores de servicios y regresan un servicio de respuesta a quien lo solicita, de acuerdo a un criterio de búsqueda.
- **Provider** un rol que registra los servicios ofrecidos con un rol “broker” y proporciona servicios a los clientes.
- **Requistor** es un rol que registra servicios ofrecidos, satisfaciendo criterios, del rol “broker” y enlaza los servicios descubiertos proporcionados por el rol “provider”.

Los servicios deben ser auto-descriptibles, es decir, proporcionar una descripción de su localización y habilidades; al registrarse en el portal se habilitan los servicios que son dinámicamente ejecutados sin otro requerimiento. En la mayoría de los casos, la descripción de los servicios es hecha con el lenguaje XML (eXtensible Markup Language)⁷.

Esto en términos de las relaciones entre el portal, los usuarios y los proveedores de servicios, lucen de la siguiente forma (figura 4.1):

⁶ La descripción detallada de los servicios se encuentra en el documento ISO/IEC 13235-1 y la especificación Object Management Group (OMG).

⁷ El estándar WSDL (Web Services Description Language) esta expresado en lenguaje XML.



Figura 4.1 La relación entre el Portal Geoespacial, usuarios y proveedores. Fuente www.esri.com⁸.

La Arquitectura de Referencia para un Portal Geoespacial sigue las recomendaciones de los siguientes organismos: del Modelo de Referencia OpenGIS (ORM)⁹, que facilita un marco conceptual para el procesamiento distribuido centrado en resultados al usuario; de la Arquitectura Empresarial Federal (FEA)¹⁰, esta es una colección de modelos referenciados que facilitan el análisis e identificación de huecos, inversiones duplicadas y oportunidades de colaboración; de la Infraestructura de información Espacial en Europa (INSPIRE)¹¹, impulsa la creación de contenido geoespacial fácilmente legible y útil para el desarrollo sustentable y el incremento a la protección del ambiente; de la Red de Información del Sector Público en Europa (ePSINet)¹², que apoya la adopción de la regulación, los estándares y los marco de información para el Sector público proporcionando acceso y directrices; y de la Arquitectura de Información Europea para la Administración Pública¹³, con el sistema InfoCitizen y sus componentes contiene los modelos y descripciones que han sido desarrollados completamente bajo los requerimiento en WP1 y en la integración de sistemas con procesos de negocios en las Administraciones Públicas Federales.

⁸ Servicios Distribuidos, <http://www.esri.com/software/arcgis/concepts/distributed.html>

⁹ Acrónimo en inglés de OpenGIS Referencia Model

¹⁰ Acrónimo en inglés de Federal Enterprise Architecture

¹¹ Acrónimo en inglés de Infrastructure for Spatial Information in Europe

¹² Acrónimo en inglés de European Public Sector Information Network

¹³ Acrónimo en inglés de European Information Architecture for Public Administration

Esta arquitectura (figura 4.2), basada en servicios entregables en la red, establece un avance hacia el e-gobierno, las IDE's y las comunidades de información.

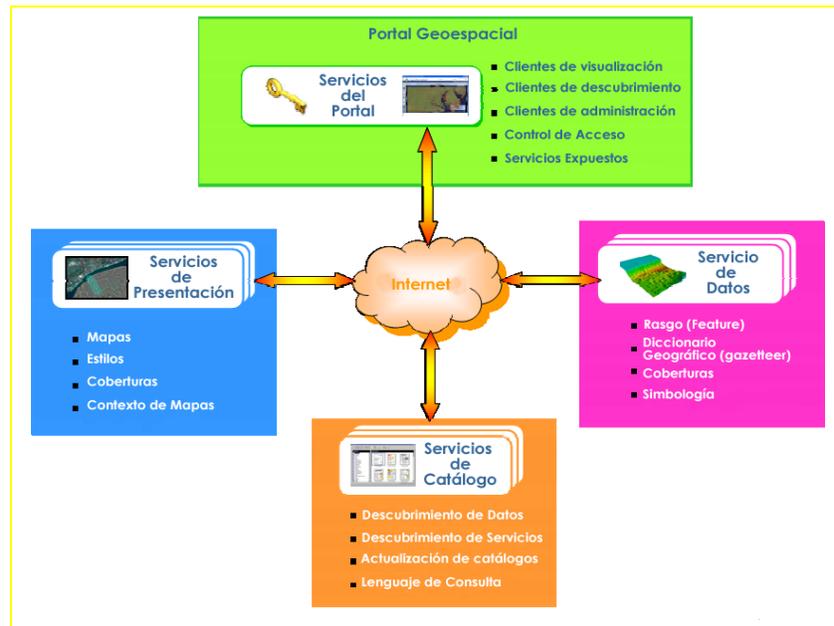


Figura 4.2 Arquitectura de Referencia de un Portal Geoespacial. Fuente OpenGIS.

4. 2 Servicios de un Portal de Información Geoespacial

La Arquitectura de un portal geoespacial consta de cuatro clases de servicios que soportan los requerimientos de un portal: servicios del portal, servicios de catálogo, servicios de presentación y servicios de datos. A excepción de los servicios del portal, la ejecución se efectúa de forma distribuida.

Los *servicios del portal* son un punto de acceso a la información geoespacial proporcionada. Los servicios accesibles a través de la plataforma del Portal Geoespacial soportados por servidores con una conectividad a Internet. Los requerimientos y diseño de las aplicaciones determinarán los tipos de servicios, a los que tiene acceso el usuario desde el portal geoespacial. Por ejemplo, en aplicaciones que corren en un servidor Web se puede

emplear un cliente ligero (navegador web) y las aplicaciones de escritorio con funcionalidades que exigen mayor cantidad de recursos. El objetivo principal es tomar las mayores ventajas de acceso que cumplen con las necesidades de una organización.

El portal geoespacial provee servicios a diversos tipos de clientes, de acuerdo al propósito cubierto por cada uno:

- *Cliente de Visualización (Viewer Client)*: proporciona una interfaz de visualización que permite el despliegue y navegación del contenido desde los servicios de presentación y de datos.
- *Cliente de Descubrimiento (Discovery Client)*: permite la búsqueda de contenido y servicios registrados, en base a un criterio de búsqueda, por lo tanto el usuario selecciona el contenido o servicio deseado, invocado para su presentación en el cliente visualizador.
- *Cliente de Publicación (publisher Client)*: autoriza a los usuarios el registro de fuentes primarias de información, reglas predefinidas de simbolización, entre otros. La información autorizada se hace disponible al Cliente de descubrimiento. Este cliente proporciona una administración de los usuarios con privilegios sobre la información contenida en el Portal.
- *Cliente del Diccionario Geográfico (Gazetteer Client)*: permite a los usuarios la habilidad de “navegación espacial” entre los rasgos (features) geográficos utilizando sus nombres comunes. Este cliente permite formular consultas que responden con los nombres de los rasgos. Es recomendable que la base de datos primaria de nombres de rasgos sea Sistema de Información de Nombres Geográficos USGS¹⁴.

¹⁴ Acrónimo en inglés de U.S. Geological Survey

- *Cliente de Extracción de Datos (Data Extraction Client)*: otorga al usuario la habilidad de extraer un contenido específico de los servicios de datos.
- *Cliente de Manipulación de Datos (Data Manipulation Client)*: otorga al usuario la habilidad de acceso, modificación, adición y borrado de contenido geoespacial almacenado en los proveedores de Servicios de Datos Remotos.
- *Cliente de Administración de Estilo y Símbolos*: permite a los usuarios navegar por los estilos disponibles de un servidor, obtenerlos y aplicarles un estilo predefinido a un rasgo (feature) en particular.

Los **servicios de catálogo** proporcionan un mecanismo de clasificación, registro, descripción, búsqueda, mantenimiento y acceso de la información acerca de los recursos geoespaciales disponibles. Estos servicios permiten la publicación, el descubrimiento y acceso por el tipo de recurso y rol asignado a cada usuario. Estos servicios permiten la publicación y búsqueda de las colecciones de metadatos, servicios y objetos de información relacionada. El documento que describe a estos servicios es el catálogo OpenGIS.

Los **servicios de presentación** procesan los datos geoespaciales y los preparan para presentarlos a los usuarios. Estos proporcionan características especializadas en la visualización de la información geoespacial. Estos servicios tienen componentes con una o más entradas produciendo salidas “redendereadas”, por ejemplo vistas de mapas, perspectivas del terreno, anotaciones, vistas dinámicas de los rasgos (feature) en el espacio y tiempo. Tiene cinco tipos de representaciones manejadas en los servicios:

- *Presentación del Mapa (Map Portrayal)*: El protocolo que permite a los clientes Web consumir mapas en formato de imágenes por Internet, es la especificación OpenGis Web Map Server (WMS). Un cliente consulta las características (capabilities) de un servicio de mapa, en un formato tipo XML, por medio de parámetros (Sistema de Referencia Espacial -SRS¹⁵- y las coordenadas del área de

¹⁵ Acrónimo de la palabra en ingles Spatial Reference System

interés, alto y ancho de la imagen de salida) se obtienen imágenes en formatos conocidos: png, gif, jpeg, tiff, visibles en un navegador o cliente de escritorio. WMS permite la definición de reglas de presentación de los rasgos geográficos. El control de los estilos de despliegue se define en la especificación de los descriptores de estilos para las capas (SLD¹⁶).

- *Referencia de Mapas en Cascada (Cascading Map Reference)*: caso especial del WMS, en el cual, un servidor de mapas en cascada, sirve como enlace a otros proveedores. Los datos geoespaciales de ellos, pueden cumplir o no especificaciones OGC, aun así su contenido es recuperable, ajustado y representado en una interface de servicio OpenGIS Web Mapping: solicitud de metadatos, solicitud de mapas, transformación de formatos de mapas, proyección de mapas y propiedades definidas en un apropiado estilo.
- *Servicio de administración de estilos y símbolos* es un sistema multicomponente que habilita la recuperación de mapas y estilos, incluyendo la creación, almacenamiento y la recuperación de estilos y símbolos, de acuerdo a requerimientos de los usuarios. La combinación de los elementos o información se encuentran en un mapa apropiadamente simbolizado. Los componentes incluyen un registro de estilo, un repositorio de estilo, un registro de símbolos y un repositorio de símbolos empleando una interface común.
- *Codificación del Contexto del Mapa*: Su descripción se encuentra en una especificación OpenGIS (Web Map Context), permite guardar representaciones multifuentes recuperables de los clientes.
- *Representación de Coberturas (Coverage Portrayal Service)*: habilita la producción de imágenes desde coberturas como Datos de Elevación Digital o Imágenes de la superficie terrestre. Su funcionamiento es parecido a WMS, sólo con un mayor número de parámetros.

¹⁶ Acrónimo de la palabra en ingles Styled Descriptor Specification

Los **servicios de datos** proporcionan acceso a las colecciones de contenido geoespacial localizado en los repositorios y bases de datos. La referencia a estos servicios por lo general utilizando un nombre. Los índices son ampliamente utilizados, por la velocidad mejorada de las búsquedas. Los servicios de datos están definidos en el Marco de datos geoespaciales (Framework) OpenGIS. Dentro de estos servicios se encuentran:

- **Servicio de Rasgos (Feature Services)**, es una especificación de Servicios de Rasgos Web (WFS¹⁷) que permite la consulta y descubrimiento de rasgos geográficos y sus atributos. Este servicio entrega un archivo GML (Lenguaje de Mercado Geográfico) con las representaciones de rasgos geoespaciales simples; un cliente accede a los datos de los rasgos por una solicitud generando una instancia WFS. La instancia es la encargada de la ejecución de operaciones y la respuesta de los resultados al cliente en formato GML.
- **Administración de símbolos (Symbology Management)**, es un sistema multicomponente que habilita la recuperación de mapas y contenido con la creación, almacenamiento y/o recuperación de estilos y símbolos desde fuentes distintas a un solo cliente.
- **Gazetteer¹⁸** es un diccionario geográfico, recupera uno o más rasgos. Sus filtros deben soportar valores de rasgos con nombre comunes. Los atributos de los rasgos son cualquier atributo que describa su tipo, nombre, autoridad, identificación. Cada instancia de un servicio Gazetteer tiene asociado un vocabulario de identificadores.
- **Servicios de cobertura¹⁹** soporta el intercambio de contenido geoespacial como una cobertura, con ello contiene valores y propiedades de las localizaciones geográficas.

¹⁷ Acrónimo de la palabra en inglés OpenGIS Web Feature Service Specification

¹⁸ Acrónimo de la palabra en inglés Gazeetteer Service Profile of a WFS

¹⁹ Acrónimo de la palabra en inglés OpenGIS Web Coverage Service Specification (WCS)

Suministra propiedades requeridas por clientes de rendero, coberturas multivalores, modelos científicos y otros visualizadores con características complejas.

Bajo este enfoque, un portal geoespacial es una puerta de acceso a múltiples recursos. Un ambiente Web que permite a las organizaciones o comunidades de información geoespacial, la **interoperabilidad** apoyada en estándares. Un portal geoespacial es seguro y personalizable; siendo una interfaz humana representa una colección de información geoespacial en línea (datos y servicios geoespaciales).

4.3 Funciones de un Portal de Información Geoespacial

La siguiente tabla (Tabla 4.1) describe cuatro principales tipos de servicios clasificados por Winnie Tang²⁰ :

SERVICIOS DE BÚSQUEDA	SERVICIOS DE INFORMACIÓN
Datos geoespaciales	Noticias / Foros de discusión
Búsqueda de metadatos	Estándares / Tutoriales
Interface estructurada	Diccionario geográfico (gazetteers/ thesauri)
SERVICIOS DE DESCUBRIMIENTO	ADMINISTRACIÓN
Visor de metadatos	Mantenimiento de catálogos
Visor de mapas	Harvesting
Ligas a recursos	Seguridad
Conexión a servicios	Administración de usuarios
Descarga de servicios	Soporte técnico (redes, hardware, etc.)

Tabla 4.1 Servicio proporcionados por un Portal de Información Geoespacial

Las funciones de búsqueda proporciona herramientas de visualización, exploración y descarga de servicios de información, aunque los usuarios pueden trabajar en línea con algunos de ellos, el portal proporciona la liga a otros recursos. En este ambiente, se trabaja con la información geoespacial distribuida en la Internet.

Las herramientas de manipulación básicas en un cliente de visualización son: mover, acercar, alejar e identificar; y otros tipos de funcionalidades personalizadas, incluso, realizan consultas y análisis espacial específico.

²⁰ Winnie Tang, "Spatial Portal Gateways to Geographic Information", ESRI Press, California E.U.A 2005.

Los tutoriales, documentación y foros permite la interacción en los usuarios y los proveedores de servicios, en el sentido de la descripción de las funcionalidades ofrecidas en el portal, por ejemplo el uso de estándares, la conexión con otros clientes, el consumo de servicios, etc.

En el caso de las herramientas de administración, permiten a los proveedores mejorar el rendimiento y respuesta de los servicios ofrecidos por el constante monitoreo y mantenimiento de las distintas aplicaciones, el seguimiento y control de usuarios y la colección de datos geoespaciales.

4.4 Tipos de portales de información geoespacial

Un portal de información geoespacial puede ser: de *catálogo*, de *aplicación* y *corporativo*. El primer tipo de **portal de catálogo de información geoespacial** crea y mantiene catálogos de metadatos. Los proveedores utilizan las capacidades de creación de metadatos o importación de estos; la estructura de la aplicación construye los catálogos de acuerdo a un control de acceso, previamente definido por un administrador. El catálogo es consultable por los usuarios con criterios de búsqueda adecuados. La actualización de los catálogos de metadatos constituyen un factor de éxito en este tipo de portal, ya sea en forma manual o automática, donde se colecta en un solo repositorio central las versiones de fuentes remotas (harvesting) o en un funcionamiento distribuido que redirecciona los parámetros de búsqueda a las aplicaciones que gestionan los catálogos de metadatos locales. Los estándares empleados en las técnicas de colección son z39.50 y OAI (Open Archive Initiative). La arquitectura de un portal geoespacial de catálogo consta de un Manejador de Bases de Datos (DBMS) que almacena el catálogo de metadatos y datos geoespaciales. Un Servidor de mapas es encargado de la creación de estos, las consultas espaciales, la administración de metadatos, geoprocesamiento y un servidor Web organiza y presenta la información en Internet. En cuanto tecnologías de la Información y

Comunicación (TIC) destacan en el acceso a Internet, con el protocolo http; la publicación de los servicios Web utilizan XML, SOAP y WSDL; y la publicación de los portales esta construida usando lenguajes de desarrollo como HTML, XML, JSP, ASP y .NET.

El **portal de aplicaciones de información geoespacial** (figura 4.3) ofrece servicios de aplicaciones específicas y servicios de datos además de servicios de geoprocesamiento. La implementación de ellos implica una coordinación y personalización compleja entre los proveedores. Por lo regular, la mayor funcionalidad de los servicios se encuentran dentro de redes locales o intranets. Su estructura es básicamente la misma que los portales geoespaciales de catálogo, sólo adicionan módulos de bases de datos geoespaciales locales y servidores de aplicaciones, de esta forma, soportan procesos de geoprocesamiento complejo en tecnologías de clientes ligeros o de escritorio.

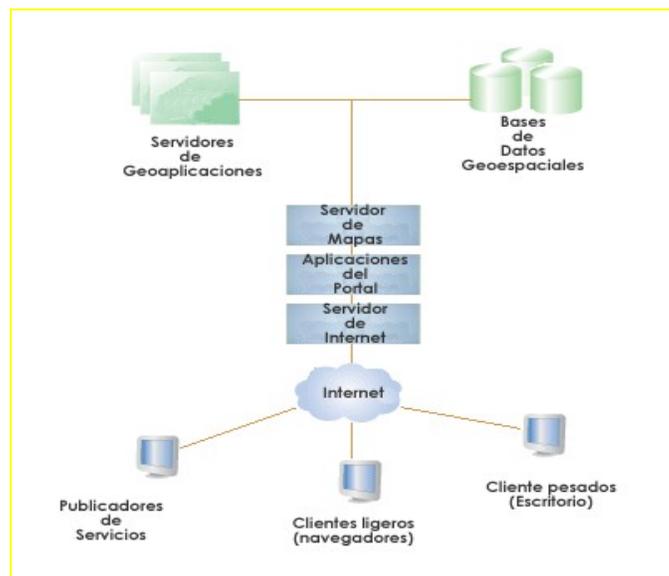


Figura 4.3 Estructura de un portal geoespacial de aplicación.

El tercer tipo de **portal es el corporativo de información geoespacial**, el cual, involucra la integración de datos geoespaciales con soluciones empresariales de negocios; estas surgen a finales de los años 1990, respondiendo a la necesidad del manejo de información administrativa en modo distribuido: labores de oficina, planeación de recursos, manejo de documentos, etc. Compañías como Oracle y SAP proporcionaron soluciones de

este tipo, aunque la componente espacial o geoespacial fue ignorada en sus inicios. Actualmente se proporcionan diversas soluciones con el manejo de varias vistas de datos - documentos, cartas, reportes, correos electrónicos, hojas de cálculo, imágenes, etc.- y sus enlaces con su relación espacial dentro de un único ambiente: un portal geoespacial corporativo.

4.5 El portal del ANR-Siiride

Los Desastres son un buen escenario del uso efectivo de las características de una Infraestructura de Datos Espaciales (IDE), en materia de prevención y atención de estos. En México, por ejemplo, la respuesta ante los desastres sería ampliamente complementada. En los planes de respuesta a emergencias, se construirían informes con daños, personas afectadas, medios de comunicación disponibles, albergues, zonas de evacuación, suministros, entre otros; al poco tiempo de ocurrido un evento. Un portal proporcionaría el mecanismo de acceso a los recursos distribuidos a nivel nacional e internacional: INEGI, CONAGUA, NOAA (National Oceanic & Atmospheric Administration), PEMEX, Salud Pública, el Servicio Meteorológico Nacional, Protección Civil, etc; así como su análisis, integración y difusión debido a las nuevas tecnologías -almacenamiento, automatización, redes inalámbricas, Web semántica, cómputo grid, etc-.

El Portal es un avance del proyecto del Atlas Nacional de Riesgos - Siiride (Sistema Integral sobre Riesgos de Desastres en México)²¹, como se mencionó anteriormente este proyecto tiene como objetivo “la evaluación del riesgo mediante el análisis temporal y espacial de las amenazas, la vulnerabilidad y el grado de exposición, así como la estimación de pérdidas, entre otros”²². El enfoque propuesto por este trabajo muestra que la combinación de experiencias recomendadas por los distintos organismos involucrados en el área, culminaron en una puerta de acceso a la información geoespacial sobre Peligro,

²¹ Su dirección electrónica es www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx

²² CENAPRED, Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos, Cap. I Lineamientos Generales, Primera Edición, México 2006.

Vulnerabilidad y Riesgo; producto de la investigación realizada en el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) y otras instituciones involucradas en el proyecto.

El Portal Geoespacial del Atlas Nacional de Riesgo-Siiride, consta de seis secciones principales, la siguiente imagen (figura 4.4) muestra su estructura:

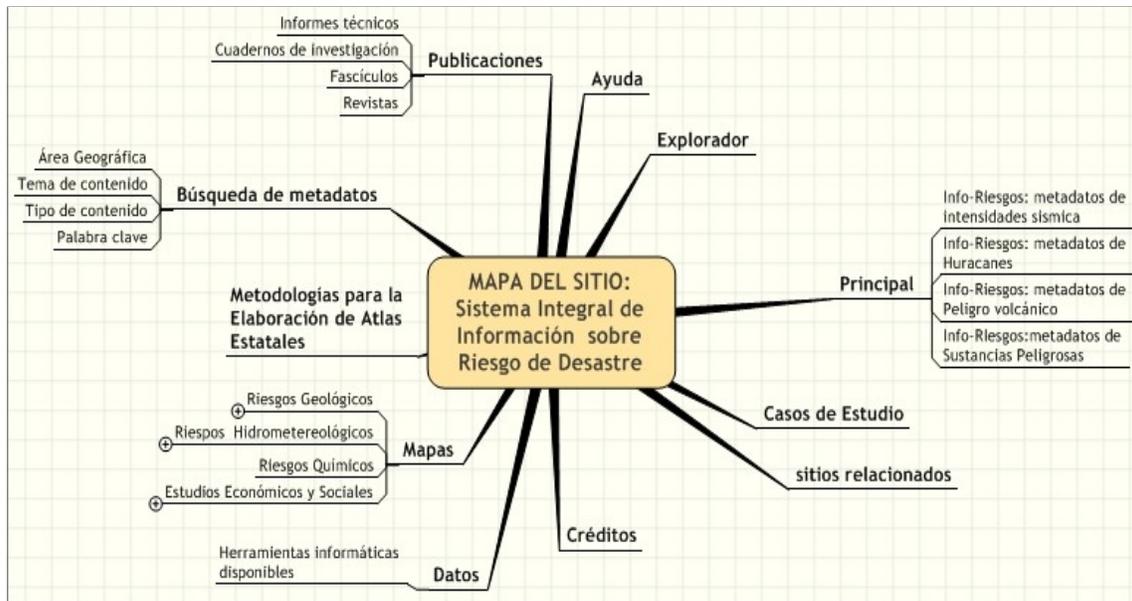


Figura 4.4 Estructura del Portal Geoespacial del ANR-Siiride.

En la **Sección de Inicio** se muestran los tópicos relevantes de cada área de estudio con su descripción: Riesgos Geológicos (color café), Riesgos Químico (color amarillo), Riesgos Hidrometeorológicos (color azul) y Estudios Económicos y Sociales (color verde). Es importante señalar la importancia de la asignación de un color que indica al tipo de fenómeno temático en estudio, propuesto por el CENAPRED.

La **sección de búsqueda de metadatos**, propone un tipo de búsqueda poco convencional para los usuarios no familiarizados con la información geoespacial, porque establece un esquema básico de la próxima generación Web: la Web semántica, por el uso de un diccionario geográfico, metadatos y modelos conceptuales. Como se ha descrito anteriormente las búsquedas siguen varios estándares: FGDC para el formato de la estructura de los metadatos, el cual es recomendado por el INEGI en México y el protocolo

z.3950 para la comunicación con el nodo de metadatos (clearinghouse). El descubrimiento de la información geoespacial se realiza en tres pasos opcionales: en el primer caso un usuario puede introducir un el nombre de un lugar, por ejemplo Oaxaca, y se ubica este en forma visual en un mapa de México, en el segundo paso se elige una palabra clave, por ejemplo sismo, de esta forma el motor de búsqueda realizará una búsqueda donde encuentre las coincidencias espacial del estado de Oaxaca donde hayan ocurrido sismos. La página de resultados muestra aquellos metadatos geográficos donde en sus campos se cumpla esa correspondencia. La siguiente imagen (figura 4.5) ejemplifica el hecho:



Figura 4.5 Resultados de una búsqueda de metadatos geográficos en una vista de descubrimiento.

Cabe mencionar que las vistas desplegadas por esta interfaz de búsqueda permite tres vistas del metadato: de descubrimiento, de exploración y de explotación. Además se tiene acceso hacia los datos geoespaciales con un visualizador en línea.

Por otra parte en la búsqueda alternativa de metadatos, nos ofrece una estructura jerárquica del contenido temático (thesauri), como se muestra en la imagen (figura 4.6):

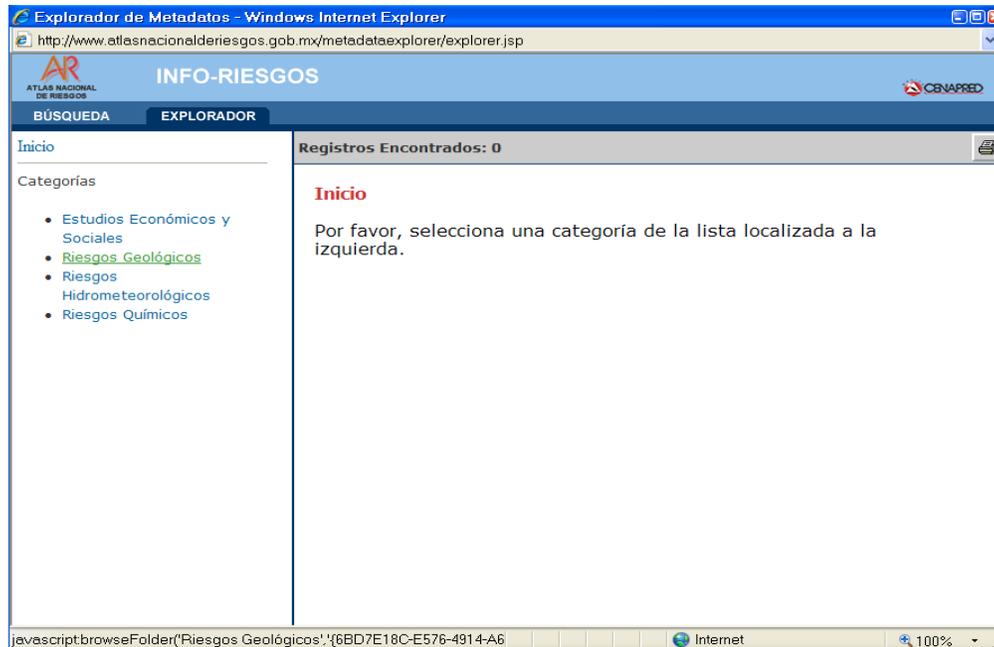


Figura 4.6 Categorías temáticas de los metadatos geográficos.

La sección *¿Qué es ANR?* tiene la descripción del proyecto, sus objetivos, sus componentes y productos esperados.

Dentro de la sección de *Mapas*²³, encontramos un gran cantidad de información geoespacial generada en el centro, ofrecida al usuario por medio de un visualizador en línea, con herramientas básicas de manipulación de la información: acercar, alejar, mapa completo, desplazamiento, identificación de atributos, búsqueda de campos, medición de unidades, selección de elementos vectoriales, limpieza del área e impresión. La siguiente tabla muestra un inventario de los mapas en línea.

Riesgos Geológicos	Riesgos Hidrometereológicos
Intensidades sísmicas	Trayectoria de Ciclones Tropicales
Peligro sísmico	Ciclones (Isidore y Kenna).
Indice de Riesgos para vivienda	Precipitación (Río Lerma, Guanajuato y Veracruz).
Riesgo sísmico en el Distrito Federal	Nevadas y Heladas
Tsunamis (Ensenada, Salina Cruz, Zihuatanejo).	
Volcanes (Cebóruco, Citlaltepec, Colima, Popocatépetl, San Martín, Tacaná y Tres Virgenes).	

²³ De acuerdo a la Guía Básica para la elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligro y Riesgos, CENAPRED, SEGOB, México 2006; la cartografía sobre Riesgo se divide en: mapas de amenazas y recursos, mapas de peligro y mapas de riesgo.

Riesgos Químicos	Estudios Económicos y Sociales
Almacenamiento de sustancias peligrosas	Declaratoria de desastres y emergencias
Indices de peligro para sustancias peligrosas	Indicadores socioeconómicos
Ductos y plantas de PEMEX	Muertes y pérdidas económicas

Tabla 4.2 con los servicios de mapas de cada Área de estudio, disponible a través del Portal ANR-Siiride

La imagen (figura 4.7) muestra la visualización de un mapa:

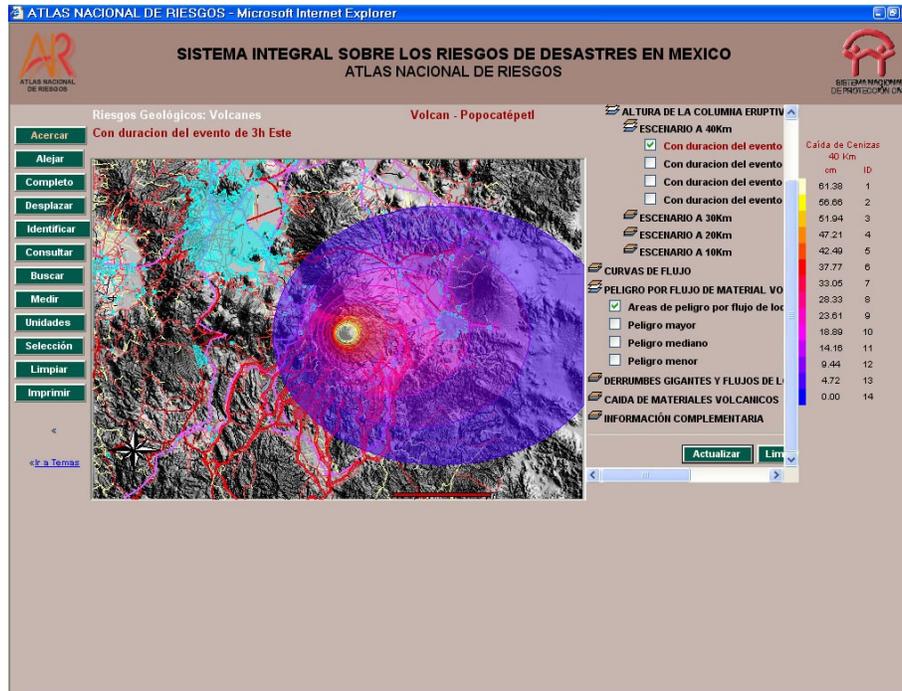


Figura 4.7 Consulta de un mapa de Peligro del volcán Popocatepetl.

La sección de *herramientas* contiene programas desarrollados en el centro con el interés de la generación de conocimiento, experiencias y tecnologías sobre peligro, riesgo y vulnerabilidad. Uno de ellos es el Busca Ciclones, desarrollado con tecnología ESRI Inc. La siguiente imagen muestra la interfaz gráfica de este programa (figura 4.8).

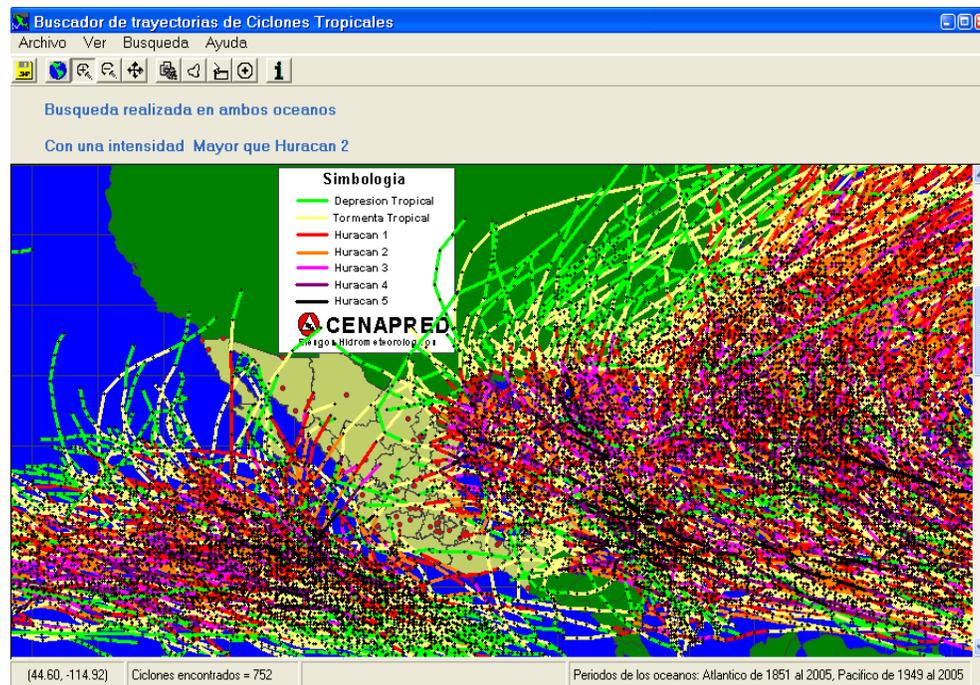


Figura 4.8 Interfaz gráfica del programa Busca Ciclones desarrollado en CENAPRED, donde se muestra el resultado de una búsqueda de huracanes tipo 2.

La sección de *documentos* contiene las presentaciones del encuentro de Protección Civil sobre Atlas de Riesgos²⁴, publicaciones relacionadas con el ANR y las metodologías para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligro y Riesgo.

La sección de *Estados* referencia hacia los servicios de mapas en Internet de las entidades de Protección Civil a nivel estatal, sólo dos organizaciones, hasta el momento, han publicado su información a nivel Web: Dirección General Estatal de Protección Civil del Estado de Michoacán y la Subsecretaría de Protección Civil del Estado de Veracruz (figura 4.9).

²⁴ En las fechas junio del 2005 y Agosto del 2006, celebrado en el CENAPRED.

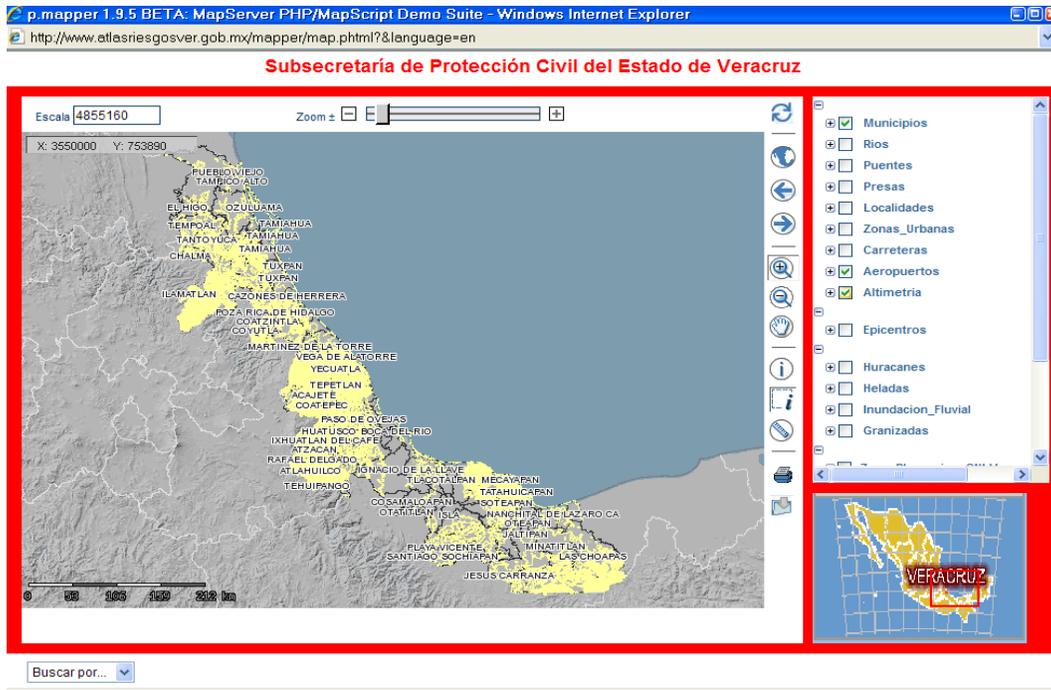


Figura 4.9 Imagen del visualizador de información geoespacial de la Subsecretaría de Protección Civil del Estado de Veracruz²⁵.

Además en esta sección se proporciona la ligas a los servicios de mapas (WMS) activados por el Centro: Servicio del Mapa Global de Intensidades y la Trayectoria de Ciclones Tropicales. Por medio de estos, es posible acceder con distintos clientes Web (Geonetwork, Mapbender, etc) o de escritorio (Udig, Qgis, ArcGIS, Google Earth, etc).

La sección de *noticias* proporciona mediante la sindicación de estas con el estándar RSS (Really Simple Syndication) la publicación de noticias relevantes en el aspecto de Atlas de Riesgo y avances generados por periódicos digitales.

Y finalmente, la sección de *Intranet* es el acceso a aplicaciones geoespaciales como el Sistema de Descargas del Continuo de Elevaciones Mexicano (INEGI), para usuarios de la red interna del CENAPRED.

²⁵ Su dirección electrónica es <http://www.atlasriesgosver.gob.mx>

4.6 Tecnologías de la Información y Comunicación detrás del portal del ANR-Siiride.

El *portal del ANR-Siiride* es de tipo de *catálogo* porque se encuentra basado en estándares de Internet, los usuarios acceden a él, por medio de las conexiones de Internet que siguen el protocolo de *http*. El portal funge como proveedor de servicios WMS. La aplicación esta construida con tecnología HTML, XML y JSP. Los metadatos e información espacial se encuentran localizados en sistemas de archivos y en una Base de Datos Geoespacial Relacional.

A nivel de hardware (figura 4.10), el equipo físico donde residen las aplicaciones son tres equipos Dell Power Edge 6600, un servidor Sun Blade 2000, y un Sistema de Almacenamiento con 1.4 Terabytes de capacidad y un controlador de redundancia RAID 5. Las plataformas son Solaris 9, Red Hat Enterprise Linux AS y Windows 2000 Server.

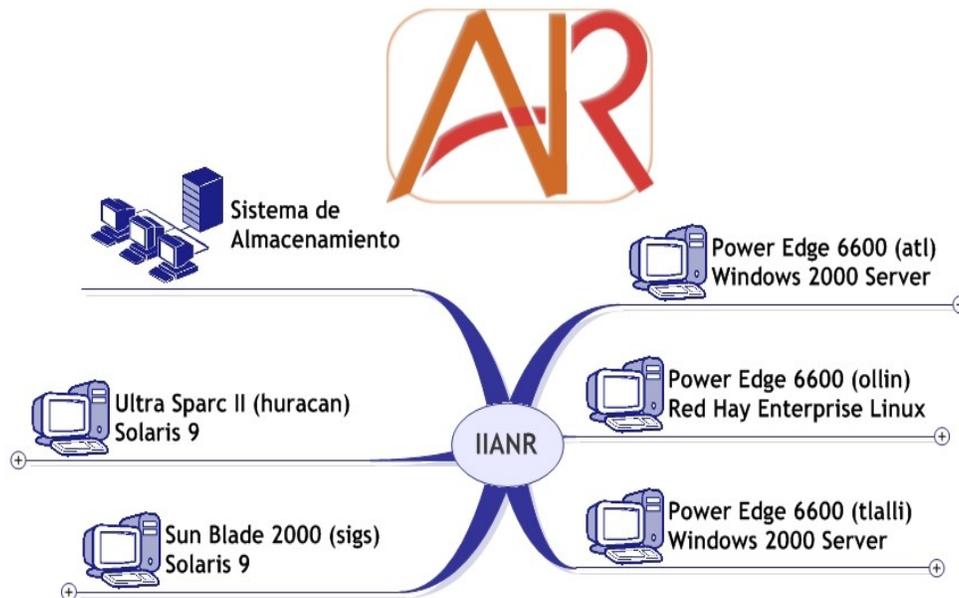


Figura 4.10 Hardware de soporte para el proyecto ANR-Siiride.

El servidor Web es Apache 2.0.48, el servidor de servlets es Apache Tomcat 4.0 y el Servidor de Mapas es ArcIMS 9.1 de ESRI Inc. con el módulo jk se realiza la transferencia de

l puerto 80 por default de Apache hacia el puerto de Tomcat. En el caso del servidor de mapas se manejan cuatro tipo de servicios: Feature Server, Metadata Server, Image Server e ImageServerArcMap. Se dividen así por el tipo de salida obtenida por el servidor espacial. En el caso de Feature Server regresa los datos vectoriales, el Metadata Server retorna metadatos geográficos y gazetteer, el Servidor de Imágenes envía una imagen (Gif, Jpg o Png) y el Servidor ImageArcMap también devuelve una imagen, aunque sus archivos de origen son archivos tipo Mxd de ArcGIS, con facilidades gráficas para el usuario. Los servicios en total manejados son 35. Estos servicios (figura 4.11), como mencionaba anteriormente, proporcionan el enlace a la imagen desde el cliente Web, además de la búsqueda de metadatos geográficos y búsquedas espaciales haciendo uso del diccionario geográfico (gazetteer).

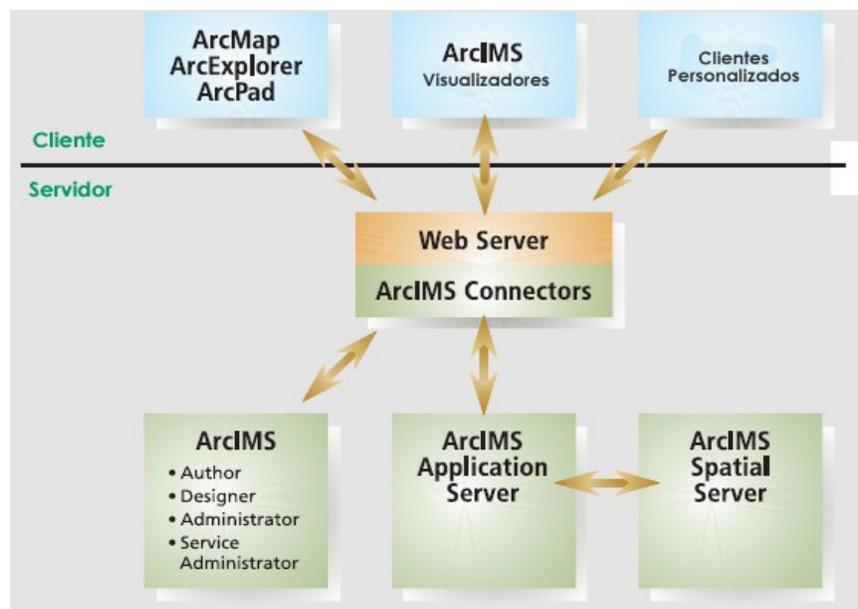
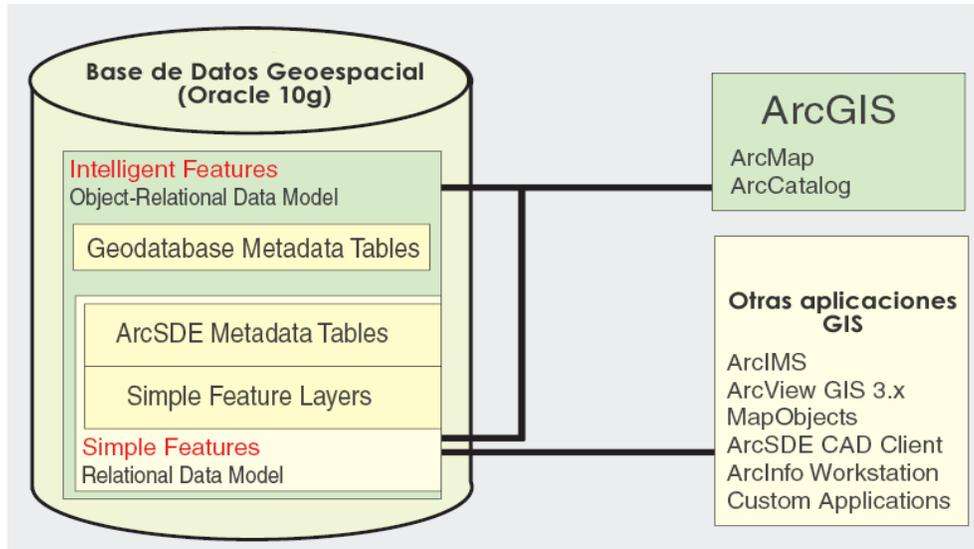


Figura 4.11 Diagrama de funcionamiento del servidor de Mapas ArcIMS de ESRI Inc. Fuente www.esri.com.

Los metadatos geoespaciales son gestionados por ArcIMS para su publicación Web y en el caso de su almacenamiento, se encuentra otro Sistema Gestor ArcSDE de ESRI Inc., que además permite el acceso a información geoespacial contenida desde el cliente ArcGIS. Para ello, es necesario la habilitación de una Base de Datos con características

geoespaciales, en este caso se utiliza el DBMS Oracle 10g Enterprise con el cartucho y características de locator. La figura 4.12 muestra esta relación.



4.12 Diagrama de la relación entre la base de datos y aplicaciones GIS. Fuente www.esri.com

Es así como con el cliente ArcCatalog (figura 4.13) realiza una conexión al servidor de mapas. Esta interfaz permite la edición, administración y manipulación de las características de los metadatos geográficos. A su vez, permite varias vistas de acuerdo a estándares (FGDC, ISO y XML), previo a su publicación en Internet. Además se manejan niveles de edición: usuario consultor, usuario publicador, usuario autor y usuario administrador (configuración hecha en el servidor de servlets).

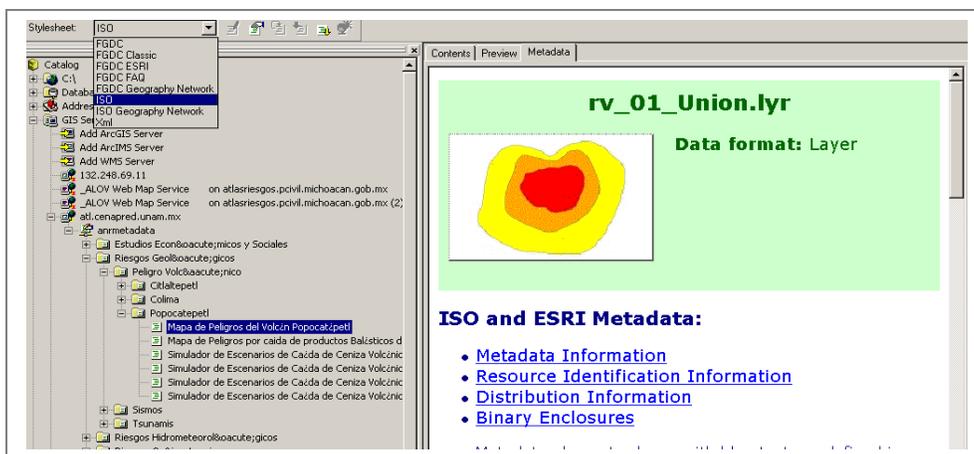


Figura 4.13. Imagen de la vista ISO de un metadato geográfico utilizando el programa ArcCatalog.

El nodo de metadatos proporciona el acceso hacia otros centros distribuidores de metadatos a nivel nacional²⁶ e internacional²⁷ por medio del protocolo z39.50 (figura 4.14), el cual es gestionado por un módulo del servidor de Mapas ArcIMS 9.1.

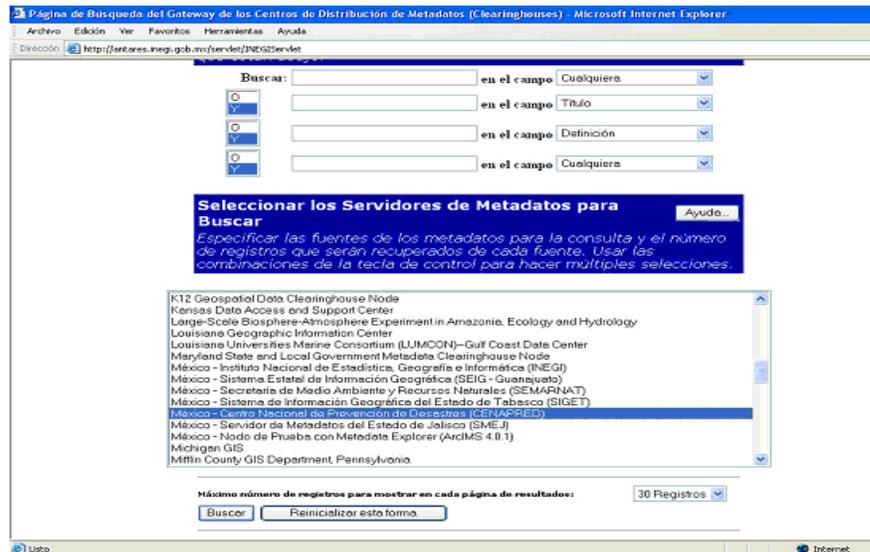


Figura 4.14 Centro Distribuidor de metadatos de INEGI, donde el CENAPRED tiene un nodo de metadatos geográficos.

Otra funcionalidad son los servicios de mapas (WMS), se encuentran configurados con otro módulo del servidor de mapas ArcIMS 9.1, con la adecuada configuración a las proyecciones del mapa (en lenguaje XML), este pueda consumirse en cualquier cliente con características de este tipo. Un recurso que describe este es:

http://www.atlasnacionalderiesgos.gov.mx/wmsconnector/com.esri.wms.Esrimap/anim_cenapred?REQUEST=GetCapabilities&SERVICE=WMS&VERSION=1.1.1

Respecto a las tecnologías de desarrollo para el Portal ANR-Siiride (www.atlasnacionalderiesgos.gov.mx -figura 4.15-) se emplea Java Server Page, JavaScript, HTML, XML y Flash Macromedia. Estas nos permiten el manejo de todo el contenido descrito vía Web; el empleo de ellas nos permitió el seguimiento de Estándares de contenido,

²⁶ Dirección electrónica <http://www.inegi.gob.mx>

²⁷ Dirección electrónica <http://registry.fgdc.gov/serverstatus/>



comunicación, Web, diseño, funcionalidad, entre otras, de acuerdo a organismos como ISO y Open GIS Consortium.

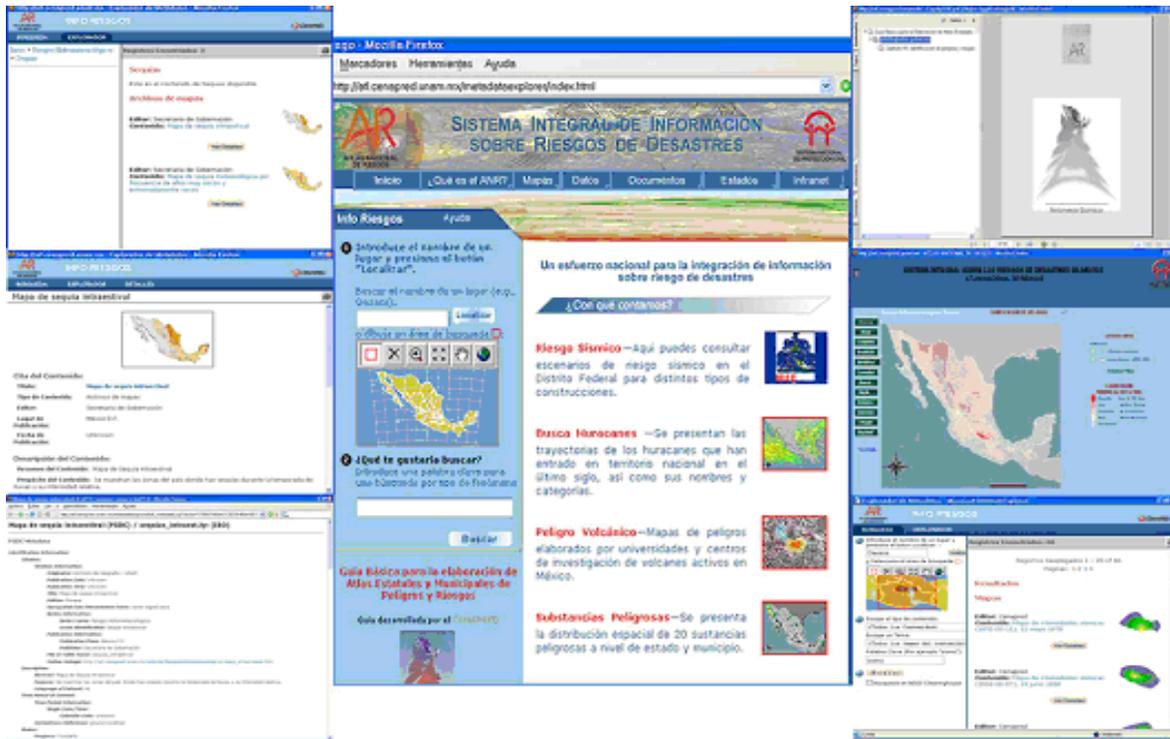


Figura 4.15 Imagen del Portal del ANR-Siiride.

Conclusiones

En México, las iniciativas de una Infraestructura de Datos Espaciales a nivel estatal y municipal dentro de la Administración Pública Federal, aun son pocas; si bien existen muchos desarrollos en materia de Sistemas de Información Geográfica que han incorporado muchas de las tendencias a nivel internacional como los Servicios de Mapas en Web (WMS, WFS, WCS) no se ha logrado la “interoperabilidad”, no solo tecnológica sino institucional, causado más que a factores tecnológicos debido a factores políticos, con ello el objetivo de las IDE’s aun carece de viabilidad. La iniciativa del Atlas de México es una buena iniciativa dentro de la Infraestructura de Datos Espaciales de México (IDEMEX) y la infraestructura de Datos Espaciales de Michoacán (IDEMich); más aun, es loable el esfuerzo hecho en otros ámbitos como el marco de datos geoespaciales fundamentales, metadatos, normas, tecnologías de recopilación, aspectos organizacionales, financieros y administrativos además de los aspectos políticos que también forman parte de esta iniciativa.

Tras el lanzamiento de los servicios de Google Earth en el mercado, aun se cuestiona ¿Cuál es el sentido de los estándares Web?, cuando Google Inc. ha demostrado que un sentido pragmático en cuestiones de información geográfica (o geoespacial en un contexto IDE) popularizó a esta, en vez del sentido teórico propuesto por los estándares, pero que sin lugar a dudas propone un marco de referencia, y se demuestra, por su flexibilidad por la incorporación de información geoespacial estandarizada a este tipo de productos comerciales, y esto se debe a que el propio lenguaje empleado por los productos de Google Inc., derivan del estándar GML. En este sentido, considero que la diseminación de información geoespacial y su comercialización debería considerar el nuevo estándar de facto establecido por Google Inc., ya que la generación de productos con formatos poco empleados o sólo conocidos a nivel local “aislan” a esa información. Los estándares no son la solución a todas las situaciones de “interoperabilidad”, existe información geoespacial que por su naturaleza sería una tarea exhaustiva y poco redituable, de acuerdo a los alcances de interoperabilidad de un proyecto, recomiendo considere la implementación de estándares.

En específico, con el proyecto del Atlas Nacional de Riesgos - Sistema Integral de Información sobre Desastre, el portal es una buena intención de la implementación de una Infraestructura de Datos Espaciales sobre Riesgos cumple con gran cantidad de recomendaciones nacionales e internacionales, aunque tiene un enfoque hacia usuarios doctos en el área, sin embargo considero que está parte debería reforzarse con la generación de mayores servicios geoespacial hacia usuarios avanzados en el área de desastres.

En materia tecnológica, recomiendo la integración de bases de datos geoespaciales a gran escala, como capa base de los demás módulos conceptuales e integrantes del ANR-Siiride (simulación, evaluación de la vulnerabilidad, evaluación del Riesgo, modelación de pérdidas, redes de alertamiento y sistemas de Información Geográfica), y como una evolución natural hacia un gran almacén de datos geoespaciales o conocido como SpatialWare House, con herramientas de transacciones en línea; a este nivel se generarían gran parte del conocimiento geoespacial hacia los usuarios especializados por medio de las técnicas de Minería de Datos. A partir de esta plataforma tecnológica, los demás Sistemas de Información, desarrollados en otra capa conceptual superior, permiten un apoyo tecnológico en las etapas del ciclo de la prevención de desastres: en la identificación de riesgos, mitigación y prevención, atención de emergencias, reconstrucción y la incorporación de la experiencia. Por ejemplo en la diseminación de la información, versiones ligeras con interfaces “amigables” sin demasiadas herramientas geoespaciales es suficiente; en el caso de la reconstrucción y la incorporación de experiencias, ya mencionaba en la parte tecnológica dentro de una IDE, que una estrategia de este tipo (Infraestructura de Datos Espaciales) permitiría mayores elementos a los tomadores de decisiones y en el caso de la atención y mitigación de emergencias con los nuevos adelantos tecnológicos como Google Maps, pero con funcionamiento en México sería de gran utilidad a organismos de Protección Civil y Emergencias.

La construcción de capacidades es un requisito para el buen mantenimiento y continuidad de los avances logrados en el marco de una IDE, porque la generación de conocimiento colectivo con unidades distribuidas funcionales e interdependientes, permite optimizar los alcances y resultados dentro de un proyecto de esta naturaleza;

situación muy parecida a lo que ocurre con las comunidades virtuales, por ejemplo aquellas que desarrollan Software Libre, donde los estándares abiertos les permiten compartir conocimiento dándoles un soporte legal, cultural y tecnológico al mismo tiempo. Otro ejemplo, es con las redes de alertamiento, consideremos a la Infraestructura de Datos Espaciales de Colombia usada en el monitoreo volcánico, por INGEOMINAS, con su herramienta Geosemántica han integrado información geoespacial y actividad volcánica en este país. Se generaran más estándares que esperan su evolución como WFS-T para actualización remota en unidades inalámbricas; la especificación OGC de Servicio de Acceso de Datos Geoenlazados (GDAS) para el manejo de atributos de los fenómenos y los Sensores en la Red (SWE) para el acceso en tiempo real tomados por estaciones pluviométricas, cámaras, sensores meteorológicos, entre otros. Es notorio, que una IDE, en su implementación cubrirá necesidades en varios rubros.

Por otra parte, incluí un poco de aspectos culturales que influyen en la adopción de tecnología, y como mencionaba anteriormente, en el mayor de los casos la tecnología solventa los objetivos requeridos, pero la resistencia a la tecnología, la poca confianza en el hecho de compartir información, incluso factores de distancia del poder (dimensiones de Hofstede) pueden influir en el tipo de resultados obtenidos en un proyecto, más aun, si este no tiene valores tangibles como sería el impacto social. Esto se resume en palabras de Douglas Colmes: “El equipo de nivel corporativo y de nivel personal necesita estar convencido de que el ciberespacio es algo más que un nuevo lugar para trabajar con las formas antiguas”, la explotación de las nuevas formas requiere a su vez, nuevos paradigmas de trabajo, en este caso, para la prevención de desastres.

Dentro de CENAPRED, aprendí que la prevención tiene un costo menor que la mitigación y atención de los desastres, es por ello que la inversión en materia tecnológica, como otras iniciativas en materia, requiere de una buena voluntad política de los involucrados, que a largo plazo redundará con un objetivo social dentro del país.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Capítulo I

CENAPRED, “Diagnóstico de Peligros e Identificación de Riesgos de Desastres en México”, Secretaría de Gobernación, Centro Nacional de Prevención de Desastres, México 2001.

<http://www.atlasnacionalderiesgo.gob.mx>

Capítulo II

ESRI ©, “What is ArcGIS”, GIS by ESRI ©, Estados Unidos de América 2001-2004.

David Arctur (otros), “Designing Geodatabases Cases Studies in GIS Data Modeling”, ESRI Press, EUA 1999-2004.

Michael Zeiler, “Modeling our World”, Cap. 1 Modeling Objects with GIS, The ESRI Guide to Geodatabase Design, ESRI Press 1999.

Miguel Ángel Backhoff Pohls, “Transporte y espacio geográfico, Una aproximación Geoinformática”, Colección Posgrado. UNAM-IMT 2005.

ESRI©, “What is ArcGIS”, GIS by ESRI, ESRI Press, EUA 2001-2004.

“Seminario - Taller: Captura, actualización, integración, consulta y análisis de información geográfica con Tecnología GPS”, Sistemas de Información Geográfica S.A de C.V, México 2003.

Oscar Zepeda R, “Metodologías para la Elaboración de Atlas de Riesgos municipales y estatales”, Aspectos Geográficos y Tecnológicos, Cap. 2, CENAPRED, SEGOB (México 2006).

Jorge Lira, “La percepción Remota Nuestros ojos desde el espacio”, Fondo de Cultura Económica, México 1987.

Richard Groot y John McLaughlin, “Geospatial Data Infrastructure: concepts, cases and good practice”, Oxford University Press, New York 2000.

Francisco A. Hansen Albites, “Metadatos e infraestructura de datos geoespaciales”, Boletín de los Sistemas Nacionales Estadísticos y de Información Geográfica, Vol. 2 num.1, Aguascalientes México 2005.

Douglas D. Nebert, “Developing Spatial Data Infrastructures, The SDI Cookbook”, Versión 2.0, Global Spatial Data Infrastructure, Enero 2004.

Francisco J. García, “Definiciones, Historia y Componentes”, Manual de Curso IDEs, Universidad Politécnica de Madrid, España 2006.

INEGI, “Taller de Técnicas para Levantamientos Catastrales”, Registro Nacional de Información Geográfica, Convención Nacional de Geografía 2007, Guadalajara 2007.

Douglas Nebert, “Las normas para la información y los Servicios Geográficos, estados de los estándares relacionados”, GSDI/FGDC.

Ron Lake, “Presentando KML”, Galdos System Inc, Geoplace, 2006.

Tomás Fdez. de Sevilla Rianza, “GML: El lenguaje XML para la ingeniería geográfica. Ventajas y aplicaciones”, <http://www.cartesia.org>, España 2004.

Emilio Lopez Romero, “GML (Geographic Markup Language)”, Manual del Curso IDEs, Ministerio de Vivienda, España 2006.

ESRI ©, “Support for ISO and OGC Standards”,
<http://www.esri.com/software/standards/support-iso-ogc.html>, 2007.

http://es.wikipedia.org/wiki/Escala_%28cartograf%C3%ADa%29

<http://mapserver.inegi.gob.mx/geografia/espanol/normatividad/infgeodesia/rgna/Presentacion.cfm?c=597>

Capítulo III

Ian Masser, “GIS Worlds Creating Spatial Data Infrastructures”, ESRI Press, EUA 2005.

Paul A. Longley, “Geographic Information System, Management Issues and Applications”, Volumen 2, Editorial Wiley, EUA 1999.

Francisco A. Hansen Albites, “Metadatos e infraestructura de datos espaciales”. Boletín de los Sistemas Nacionales Estadísticos y de Información Geográfica, Vol. 2 num.1, Aguascalientes, México 2005.

Federal Geographic Data Committee,
<http://www.fgdc.gov/framework>

Miguel A. Bernabé, “Las IDEs y la Globalización”, Manual Curso de IDEs. Grupo de Investigación Mercator, UPM, España 2006.

Miguel A. Bernabé, “Proyectos IDEs en el Mundo”, Manual Curso de IDEs. Grupo de Investigación Mercator, UPM, España 2006.

Tatiana Delgado Fernández, “Infraestructura de Datos Espaciales de la República de Cuba”, Comisión Nacional de la IDERC, UPM 2006.

Iván Alberto Lizarazu (otros), “Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales (ICDE)”, Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Colombia 1999.

Dr. Miguel Ángel Bernabé Poveda, “Introducción a la Web Semántica Introducción a las Infraestructuras de Datos Espaciales”, Universidad Politécnica de Madrid, España 2006.

Juan Ulises Bohórquez, “Aproximación Metodológica de una Spatial Data WareHouse”,

Bruno Alejandro González, “Minería de Datos y Datawarehouse”, Diplomado de Tecnologías de Información 2005, Centro Tecnológico FES Aragón. UNAM 2005.

Antonio Rodríguez Pascual (otros), “Nuevos roles en el nuevo paradigma IDE”. Instituto Geográfico Nacional de España, España 2005.

Miguel A. Bernabé, “Introducción a la Web Semántica”, Manual del curso IDEs, Universidad Politécnica de Madrid, España 2006.

Gabriel Carrion, “Introducción al Software Libre”, Manual de Curso IDEs, Consejería Infraestructuras y Transportes - GVA, España 2006.

Puneet Kishor, “What can GIS SDI learn from Open source”, University of Wisconsin-Madison, GSDI 9, Santiago de Chile 2006.

Chris Holmes (otros), “Towards a Free and Open Source Spatial Data Infrastructure”, FIG Working Week 2005 and GSDI 8, Cairo Egypto april 16-21, 2005.

Christiaan Lemmen, “Product Survey on Geodatabases”, Gim Internaional, Netherlands 2007.

Philippe Rigaux, “Spatial Databases with Application to GIS”, Morgan Kaufmann Publishers, EUA 2002.

Tyler Mitchell, “Web Mapping Illustrated”, O’ Really Media, EUA 2005.

Irene Luque Ruiz, “Bases de Datos Desde Chen hasta Codd con Oracle”, Alfaomega Rama, México 2002.

<http://mapserver.inegi.gob.mx/geografia/espanol/normatividad/metadatos/CompMetadatos.cfm#i5>

http://es.wikipedia.org/wiki/Network-attached_storage

Capítulo IV

Louis C. Rose , “Geospatial Portal Reference Architecture, A Community to implementing Standards- Based Geospatial Portals, NR OGC 04-039”, OpenGIS Discussion Paper, Open Geospatial Consortium Inc.

Anexo I

Traducción del Original

ESRI © , “Understanding Map Projection”, ArcGIS ESRI ©, Estados Unidos de América 2003-2004.

Anexo II

Antonio Rodríguez Pascual, “ISO19131 Especificaciones de producto”, Instituto Geográfico Nacional, España 2006.

CENAPRED, “explorador de metadatos”,

<http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/metadataexplorer>, México 2006.

INEGI, “Metadatos

Geoespaciales”, <http://mapserver.inegi.gob.mx/geografia/espanol/normatividad/metadatos/PresMetadatos.cfm#i7>, México 2006.

Anexo III

<http://www.geert-hofstede.com>

Anexo IV

Miguel Ángel Backhoff Pohls, “Transporte y espacio geográfico”, Instituto Mexicano del Transporte, UNAM Posgrado, México 2005.

Anexo I

I.1 Referencia Espacial

Un sistema coordinado geográfico (GCS por sus siglas en inglés) usa la superficie esférica de tres dimensiones de la tierra para la definición de las localizaciones. Un GCS incluye una unidad angular de medida, un meridiano principal, y un datum (basado en un esferoide).

Un punto esta referenciado por una latitud y longitud (Figura I.1), estos son ángulos medidos desde el centro de la tierra a un punto de la superficie de la tierra, con frecuencia expresados en grados.

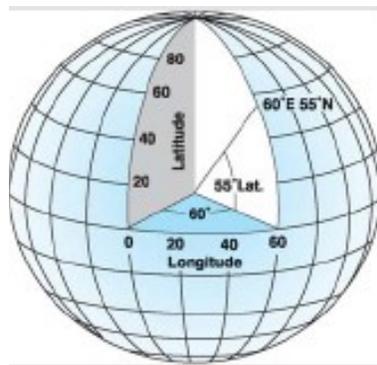


Figura I.1 Valores de la longitud y latitud del Globo Terráqueo.

En un sistema esférico, las líneas horizontales, o líneas este-oeste son líneas de igual latitud o *paralelos*. Las líneas verticales, o líneas norte-sur son líneas de igual longitud o *meridianos*. Estas líneas abarca a la tierra y forma una cuadrícula llamada graticula (figura I.2).

La línea media entre los polos es llamada *ecuador*. Esta define la línea de latitud cero. Esta se conoce como meridiano principal. En la mayoría de los sistemas coordinados geográficos, el meridiano principal es la longitud que pasa a través de Greenwich, England.

Otros países usan las líneas longitudinales que pasan en Bern, Bogotá y París como sus meridianos principales.

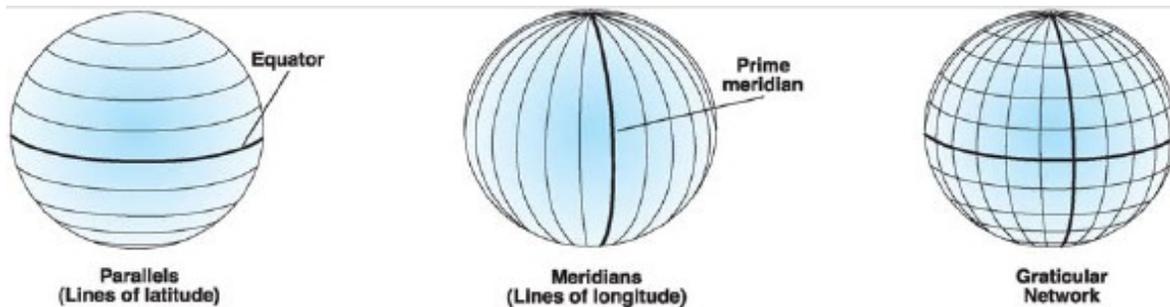


Figura I.2 Paralelo y meridiano que forman una graticula

El *origen* de la graticula $(0,0)$ es definido en donde el ecuador y el meridiano principal se intersecan. La tierra es dividida en cuatro cuadrantes geográficos basados en la orientación del centro.

La *latitud* y *longitud* son tradicionalmente medidos en grados decimales o grados, minutos y segundos (DMS). La latitud es medida respecto al ecuador y con un rango de -90° al polo sur hacia 90° al polo norte. La longitud esta medida de acuerdo al meridiano principal, desde los valores de -180° oeste a 180° este. Si el meridiano principal es el meridiano de Greenwich, entonces Australia, la cual se encuentra al sur del ecuador y al este del meridiano de Greenwich, tiene una longitud positiva y latitud negativa.

Aunque la latitud y longitud auxilian en la localización de posiciones exactas sobre la superficie de la tierra, no existen unidades de medida uniformes. Únicamente, a lo largo del ecuador la distancia representada por un grado de longitud es aproximadamente la distancia de un grado de latitud, porque el ecuador es el único paralelo del tamaño de un meridiano.

Hacia arriba y abajo del ecuador, los círculos definen a los paralelos, se hacen gradualmente más pequeños hacerse un punto en el Polo norte y Polo sur donde convergen

con los meridianos. Aquí la distancia representada por un grado de longitud decreciente a cero. En el Esferoide Clarke 1866, un grado de longitud en el ecuador es igual a 111.321 kilómetros, mientras que a una latitud de 60° es únicamente de 55.802 km. Así, desde que la longitud y latitud no tienen un tamaño estándar, la medición de las distancias y exactitud de estas no son fácilmente desplegadas en el monitor de una computadora.

Las coordenadas extremas que enmarcan a México (figura I.3) son¹:

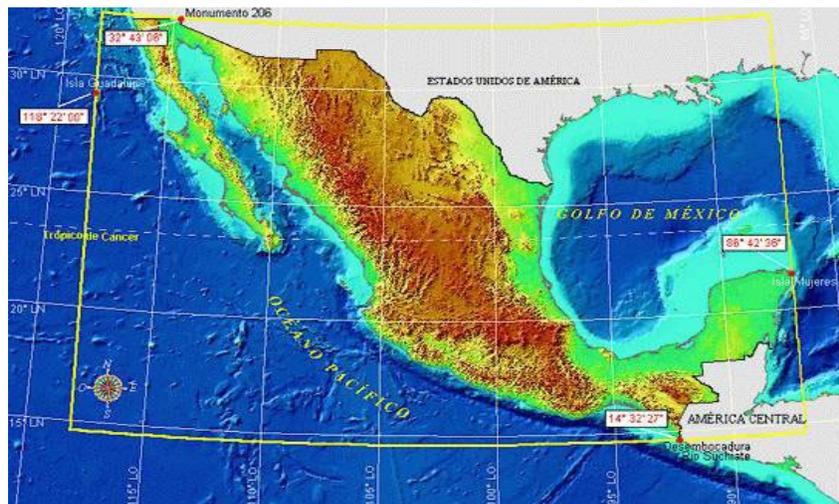


Figura I.3 Coordenadas extremas de México.

<p>Sur: 14° 32' 27'' latitud norte, en la desembocadura del río Suchiate, frontera con Guatemala.</p>	<p>Norte: 32° 43' 06'' latitud norte, en el Monumento 206, en la frontera con los Estados Unidos de América.</p>
<p>Este: 86° 42' 36'' longitud oeste, en el extremo sureste de la Isla Mujeres.</p>	<p>Oeste: 118° 22' 00'' longitud oeste, en la Roca Elefante de la Isla de Guadalupe, en el Océano Pacífico</p>

Tabla I.1 Coordenadas extremas Sur, Este, Norte y Oeste de México.

I.2 Esferoides y Esferas

¹ <http://mapserver.inegi.gob.mx/geografia/espanol/datosgeogra/acercamexico/mexmun.cfm?c=153>

El tamaño y forma de la superficie terrestre es definido por una esfera o esferoide, la tierra es tratada de esta forma por la facilidad de los cálculos matemáticos implicados. El supuesto de que la tierra es un esferoide es viable en mapas de pequeña escala (menores que 1:5,000,000). En esta escala, la diferencia entre esfera y esferoide no es detectable. Sin embargo para mantener la exactitud en mapas con una escala mayor (mayor o igual a 1:1,000,000), es necesario un *esferoide* (figura 1.4) en la representación de la tierra. Entre estas escalas, elegir el uso de una esfera o esferoide (*elipsoide*) depende de los propósitos del mapa y la exactitud de los datos.

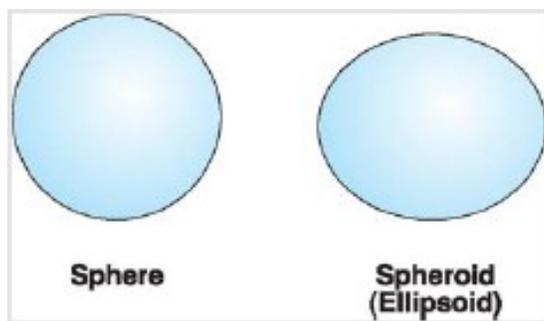


Figura 1.4 imagen de una esfera y esferoide.

Una esfera esta basado en un círculo, mientras un *esferoide* (o *elipsoide*) -figura 1.5- está basado en una elipse. La forma de un *elipsoide* esta basado por dos radios. El radio más grande es llamado *eje mayor* y el radio menor es el *eje menor*.



Figura 1.5 Elipsoide de Clark 1866 o GRS80 empleado en la Red Geodésica.

La rotación de la elipse a través del eje menor crea un esferoide, también conocido como elipsoide oblate de revolución. Otra definición es en base al eje mayor y el eje menor

o el eje mayor y la diferencia de la distancia de tamaño entre los dos ejes expresados como una fracción, esto es: $f = (a - b) / a$

El valor de “*flattening*” es un valor pequeño, usualmente una cantidad comprendida entre $1/f$. Los parámetros del esferoide para el World Geodetic System 1984 (WGS 1984 o WGS84) son:

$$a = 6378137.0 \text{ metros}$$

$$1/f = 298.257223563$$

Los rango del *flattening* oscilan de cero a uno. Un valor igual a cero indica que los dos ejes son iguales, resultando en una esfera. El *flattening* de la tierra es de aproximadamente 0.003353

Otra cantidad, que como el *flattening* describe la forma de un esferoide, es el cuadrado de la *excentricidad*, e^2 , esta es representada como:

$$e^2 = \frac{a^2 - b^2}{a^2}$$

I.3 Esferoides para la elaboración de mapas

La Tierra ha sido medida muchas veces, para auxiliar en el entendimiento de los rasgos de la superficie y sus peculiares irregularidades. Estas mediciones han resultado en varios esferoides que representan a la Tierra. Generalmente, un *esferoide* que ajuste en una región no será el mismo para otra región. Los datos de Norteamérica ajustan con el *esferoide* determinado por *Clarke 1866* in 1866. El *eje mayor* del esferoide *Clarke 1866* es de 6,378,206.4 metros y el *eje menor* es de 6,356,583.8 metros.

En el cambio del *esferoide* del sistema coordenado también cambian los ejes y los valores implicados.

I.4 Datum

Mientras un *esferoide* es la aproximación a la forma de la Tierra, un *datum* define la posición del esferoide respecto del centro de la Tierra. Un *datum* proporciona un marco de referencia para la medición de localizaciones sobre la superficie terrestre. Definiendo el origen y la orientación de la longitud y la latitud.

Siempre que se cambia el *datum*, o más correctamente, el *sistema coordenado geográfico*, las coordenadas también cambiarán. Por ejemplo, las coordenadas en grados, minutos y segundos de un punto de control en Redlands, California sobre el *Datum de North América de 1983 (NAD 1983 o NAD83)* está definido:

-117 12 57.75961 34 01 43.77884

El mismo punto con el *Datum de North América de 1927 (NAD 1927 o NAD27)* se representa:

-117 12 54.61539 34 01 43.72995

Como es visible, la longitud difiere en tres segundos, mientras que la latitud alrededor de 0.05 segundos.

En los últimos 15 años, los datos de satélite han proporcionado nuevas medidas en la definición de un esferoide adecuado a la Tierra, la cual relaciona coordenadas del centro de la masa terrestre. Un datum geocéntrico usa el centro de la masa terrestre como origen. El datum más recientemente desarrollado y ampliamente usado es *WGS 1984*. Sirve como modelo de referencia para medidas globales.

Un *datum local* alinea su esferoide, ajustado a la superficie de la Tierra en un área en particular. Un punto sobre la superficie terrestre es encontrado en una particular posición, este punto es conocido como punto de origen del datum. Las coordenadas del punto de origen son flexibles, y todos los demás puntos son calculados a partir de este. El sistema coordinado de un datum local no se encuentra en el centro de la Tierra. El centro del esferoide de un datum local es trasladado desde el centro de la Tierra. NAD 1927 y el Datum Europeo de 1950 (ED 1950) son datum locales. NAD 1927 está diseñado para ajustarse, razonablemente bien, a Norte América; mientras que ED 1950 fue creado para usarse en Europa. Porque un Datum local alinea su esferoide cercano a un área en particular de la superficie de la Tierra, no esta disponible fuera del área en la cual fue diseñada.

I.4.1 Datum de Norteamérica

Los dos datum horizontales exclusivos en Norte América son: NAD 1927 y NAD 1983.

I.4.1.1 NAD 1927

Utiliza el esferoide 1866 para representar la superficie de la Tierra, el origen de este datum es un punto conocido como *Rancho Meades en Kansas*, varios puntos de control fueron calculados de las observaciones hechas en 1800. Estos cálculos fueron hechos manualmente durante muchos años. Por lo que tiene errores por la medición hecha de estación en estación.

I.4.1.2 NAD 1983

Muchos avances de la tecnología en la medición y geodesia -theodolites electrónicos, sistemas de posicionamiento global (*GPS*), interferometría de largo alcance y sistemas *doppler* - descubrieron las debilidades de los existentes redes de control de puntos.

Este datum esta basado en observaciones satelitales y terrestres, usando el esferoide GRS 1980. El origen de este datum es el centro de la masa terrestre. Esto afecta la localización de todos los valores de latitud y longitud, alrededor de 500 pies. Este esfuerzo multinacional, llevo 10 años, en la construcción de un control de puntos en Estados Unidos de América, Canadá, México, GreenLand, América Central y el Caribe.

I.5 Sistemas Coordenados Proyectados

En un sistema coordenado proyectado, las localizaciones son identificadas por x, y sobre una cuadrícula, cada posición tiene dos valores que referencian a un punto de la ubicación central. Uno de ellos especifica su posición horizontal y la otra a la posición vertical. Los dos son llamados coordenadas x y y. Usando esta notación el origen de las coordenadas es $x=0$ y $y=0$.

Sobre una cuadrícula (figura I.6) con el mismo espacio para las líneas horizontales y verticales, las líneas horizontales en el centro es llamada el eje x y la línea vertical central es el eje y. Los valores respecto a la ubicación de centro y los ejes es:

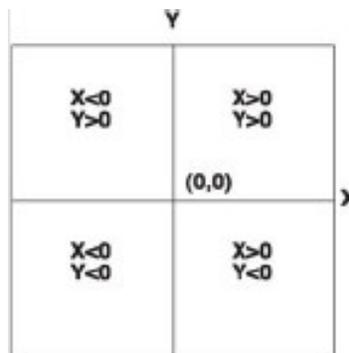


Figura I.6 Cuadrícula con eje vertical Y y eje vertical X.

I.6 ¿Qué es la proyección de un mapa?

Si la Tierra es manejada como una esfera o un esferoide, se tiene que transformar sus valores tridimensionales para crear un mapa plano. Esta transformación matemática es

comúnmente llamada como proyección del mapa. Una forma de entender como las proyecciones de los mapas alteran las propiedades espaciales es visualizar una luz encendida detrás de la tierra llamada superficie de proyección. La luz del centro de la Tierra proyectará una sombra de la graticula hacia la hoja de papel. Su forma será distinta de la vista sobre la Tierra. La proyección del mapa tiene una distorsión de la graticula. Un esferoide no puede ser trasladado a un plano porque sus formas tienden a rasgarse. La representación de la Tierra en dos dimensiones causa una distorsión de la forma, área, distancia o dirección de los datos.

Una proyección de un mapa causa distintos tipos de distorsión. Algunas proyecciones son diseñadas para reducir la distorsión de uno o más datos característicos. Una proyección no puede mantener el área de un rasgo sin alterar su forma. Las proyecciones de mapas son diseñadas para propósitos específicos. Una proyección de un mapa para escalas grandes es un área limitada esta es empleada, mientras se puede utilizar otra área a otro tipo de proyección. Las proyecciones de los mapas para escalas pequeñas son basadas en una esfera más que en un sistema geográfico coordenado esferoidal.

I.7 Tipos de proyecciones

Los mapas son planos, algunas de las proyecciones más simples son hechas con figuras geométricas, aplanadas sin estirar sus superficies llamadas superficies desarrollables; por ejemplo, conos, cilindros y planos. La proyección de un mapa, sistemáticamente, localiza un punto sobre la superficie de un esferoide o superficie plana, usando algoritmos matemáticos.

El primer paso de la proyección de una superficie a otra es la creación de uno o más puntos de contacto. Cada punto es llamado punto (o línea) tangencial. Los conos y cilindros tangenciales tocan a la esfera a través de una línea. Si la superficie de proyección intersecta con la esfera, en lugar de su superficie, la proyección resultante es una secante en vez de una tangente. Si el contacto es tangente o secante, los puntos o líneas de contacto son significativos porque definen la localización de la distorsión cero. Las líneas de

una escala verdadera son comúnmente llamadas, líneas estándar. En general, la distorsión incrementa la distancia de un punto de contacto.

Muchas de las proyecciones de mapas son clasificadas de acuerdo a la superficie de proyección empleada: *cónica*, *cilíndrica* o *plana*.

I.7.1 Proyecciones cónicas

La proyección más simple es la cónica (figura I.7), esta es tangente a una esfera a lo largo de la línea de latitud. Esta línea es llamada paralelo estándar. Los meridianos son proyectados dentro de una superficie cónica hasta prolongarlos a la cima del cono. Las líneas paralelas de la latitud son proyectadas dentro del cono como anillos. El cono es cortado, a lo largo, de cualquier meridiano para producir la proyección cónica final, con líneas convergentes a los meridianos y arcos circulares concéntricos para los paralelos. El meridiano opuesto a la línea de corte se convierte en el meridiano central.

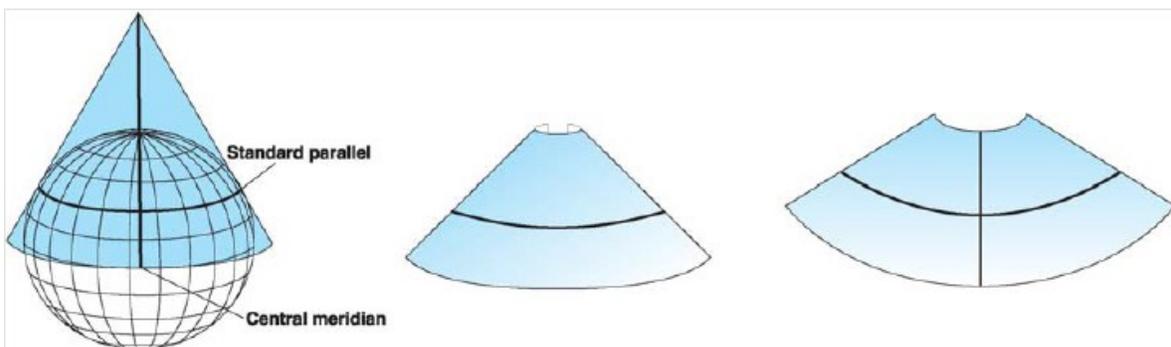


Figura I.7 Representación de una Proyección Cónica.

En general, con referencia al paralelo estándar, la distorsión se incrementa. Por lo tanto, cortar la punta del cono aumenta la exactitud de la proyección y no se recomienda el empleo de la región polar de los datos proyectados. Las proyecciones cónicas son usadas para zonas con latitud media que tienen una orientación este-oeste.

En proyecciones cónicas más complejas se contactan a dos puntos de la esfera con dos localidades de esta. Estas proyecciones son llamadas proyecciones secantes definidas por dos paralelos estándar. Es posible definir una proyección secante por un paralelo estándar y un factor de escala. El patrón de distorsión es distinto entre los paralelos estándar y aquellos abajo de ellos. Generalmente una proyección secante tiene menor distorsión total que una proyección tangencial. Todavía, en una o más proyecciones cónicas complejas, el eje del cono no tiene una alineación con el eje polar de una esfera. Estos tipos de proyecciones son llamadas *oblicuas*(figura 1.8).

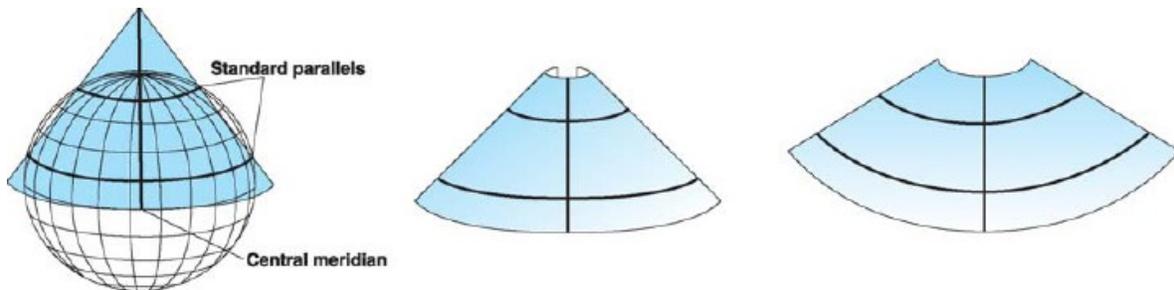


Figura 1.8 Representación de una Proyección oblicua.

La representación de los rasgos geográficos depende del espacio entre los paralelos. Cuando el espacio es igual, la proyección es equidistante norte-sur pero aun Conformal o de la misma área. Un ejemplo de este tipo de proyecciones es la *Proyección Equidistante Cónica*. Para áreas pequeñas, la distorsión total es mínima. Sobre la proyección *Cónica Conformal de Lambert*, los paralelos centrales tienen un espacio más cercano que los paralelos cerca del límite, y para formas geográficas pequeñas se mantienen ambas de escalas pequeñas y grandes. Sobre la Proyección de la misma área Albers, los paralelos cerca del norte y sur están más cercanos entre si que los paralelos centrales, así la proyección despliega áreas equivalentes.

1.7.2 Proyecciones cilíndricas

Como las proyecciones cónicas, las proyecciones cilíndricas pueden tener tangentes o secantes. La proyección *Mercator* es una de las más comunes, y el *Ecuador* es su línea de

tangencia. Los meridianos son geoméricamente proyectados dentro de la superficie cilíndrica y los paralelos son matemáticamente proyectados. Esto produce ángulos graticulares de 90 grados. El cilindro se corta en cualquier meridiano y producir la proyección cilíndrica final. Los meridianos están separados equitativamente, mientras el espacio entre las líneas paralelas de la latitud se incrementa hacia los polos. Esta proyección es *conformal* y despliega direcciones verdaderas a lo largo de las líneas. Sobre la proyección *Mercator*, las líneas *rhumb* cortan a todos los meridianos en un mismo ángulo.

En las proyecciones cilíndricas más complicadas se rota el cilindro, por lo que las tangentes o secantes cambian. Las proyecciones cilíndricas transversales son la *Transverse Mercator*, esta, usa un meridiano como contacto tangencial o líneas paralelas a los meridianos como líneas secantes. Las líneas estándar que corren de sur a norte, a través de la cual la escala es verdadera. Los cilindros oblicuos son rotados alrededor de un círculo localizado en cualquier parte entre el ecuador y el meridiano. En estas proyecciones complejas, la mayoría de los meridianos y líneas de latitud ya no son lineales.

En todas las proyecciones cilíndricas (figura 1.9), la línea de tangencia o líneas secantes no tienen distorsión y por lo tanto son líneas equidistantes.

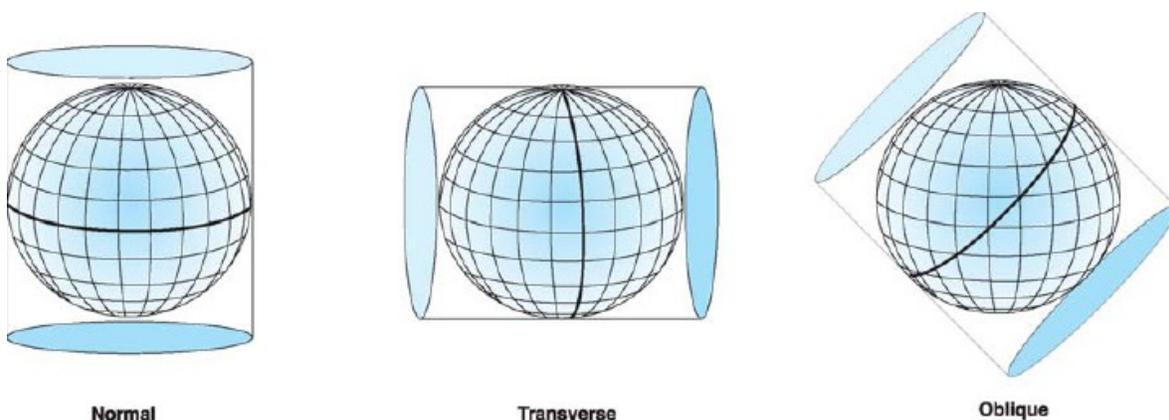


Figura 1.9 Representación de una Proyección Cilíndrica.

I.7.3 Proyecciones planas

Las proyecciones de mapa planas sólo tocan la esfera. Una proyección plana es también conocida como proyección *Azimuth* o proyección *Zenital*. Este tipo de proyecciones es tangente a un punto pero puede ser una secante también. El punto de contacto puede ser el polo norte, el polo sur, un punto del ecuador, o cualquier punto entre ellos. Este punto especifica el aspecto siendo el principal dentro de la proyección. El foco es identificado por una longitud central y una latitud central. Los posibles aspectos son polares, ecuatoriales y oblicuos.

Los aspectos polares son las formas más simples. Los paralelos son círculos concéntricos de un polo, y los meridianos son líneas rectas que intersecan con sus ángulos de orientación hacia el polo. En otros aspectos, las proyecciones planares tendrán ángulos graticulares de 90 grados al foco. Las direcciones desde el foco son exactas.

Los círculos más grandes que pasan a través del foco son representados por las líneas rectas; por lo tanto la distancia más corta del centro a cualquier otro punto del mapa, es una línea recta. La distorsión de los patrones en el área y la forma son circulares alrededor del centro. Por esta razón, las proyecciones *Azimuth* se acomodan en regiones circulares mejor que las regiones rectangulares. Las proyecciones planas son usadas frecuentemente en las regiones polares de un mapa.

Algunas proyecciones planares (figura I.10) ven a la superficie desde un punto en específico en el espacio. Esta vista determina como los datos esféricos son proyectados dentro de una superficie plana. La perspectiva de todas las localizaciones son variables por las diferentes proyecciones *Azimuth*. El punto de la perspectiva puede ser el centro de la Tierra, un punto de la superficie directamente opuesta al foco, o un punto externo al globo, como si se viera desde un satélite u otro planeta.



Figura I.10 Representación de las Proyecciones Planas.

Las proyecciones *Azimuth* (figura I.11) son clasificados en parte por el foco, si se aplica, por la perspectiva del punto. Las imágenes comparan tres proyecciones planares con aspectos polares pero de distintas proyecciones. La proyección *Gnomónica* ve a la superficie desde el centro de la Tierra. Mientras que la proyección *Estereográfica*, la ven de polo a polo. La proyección *ortográfica* ve a la Tierra desde un punto infinito, en un espacio profundo. Las distintas perspectivas determinan la cantidad de distorsión hacia el ecuador.

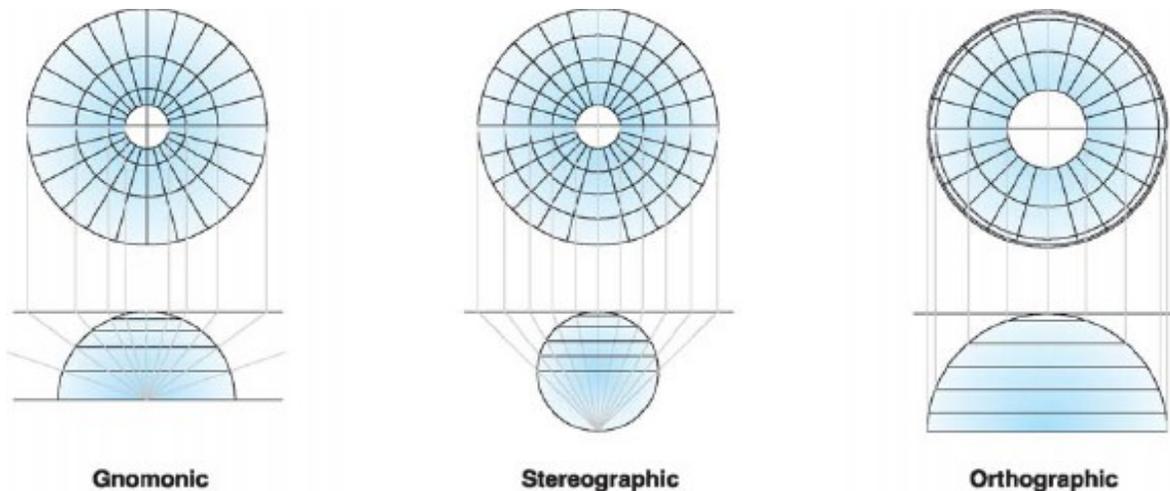


Figura I.11 Representación de las Proyecciones Azimuth.

I.7.4 Proyección Conformal

Preservan la forma local, preservan los ángulos individuales descritos en las relaciones espaciales, este tipo de proyección debe mostrar líneas perpendiculares a la graticula, intersectando en ángulos de 90 grados al mapa, mediante el mantenimiento de los ángulos. El área de distorsión está encerrada por una serie de arcos, que pueden distorsionarse en el proceso. Las proyecciones de los mapas no pueden preservar la forma de regiones grandes.

I.7.5 Proyección de la misma área

Estas proyecciones preservan el área de despliegue de los rasgos. Al hacer esto las otras propiedades -forma, ángulo y la escala- son distorsionados. En estas proyecciones, los meridianos y paralelos podrían no intersectar los ángulos hacia su derecha. En algunas instancias, especialmente los mapas de regiones pequeñas, sus formas no se distorsionan, y se distingue una proyección de la misma área de las proyecciones conformal.

I.7.6 Proyección equidistante

Los mapas equidistantes preservan la distancia entre ciertos puntos. La escala no se mantiene correctamente por cualquier proyección a través de un mapa entero; sin embargo en la mayoría de los casos, existen una o más líneas sobre el mapa junto con la escala que son mantenidas correctamente. La mayoría de las proyecciones equidistantes tienen una o más líneas del mismo tamaño sobre el mapa que sobre la esfera, a menos que sea más pequeña o más grande. Así una proyección equidistante no es para todos los puntos del mapa.

I.7.6 Proyección de dirección verdadera

El camino más corto entre dos puntos sobre una superficie curva como la Tierra es la equivalencia esférica de una línea recta o plano. Un área circular donde caen los puntos.

Una dirección verdadera, o Azimuth, es una proyección que mantiene algunos de los arcos del círculo, proporcionando la dirección o Azimuth de todos los puntos del mapa, correctamente, respecto del centro. Algunas proyecciones de dirección verdadera son también conformal, igual, o equidistante.

I.7.7 Otras proyecciones

Las discusiones discutidas previamente son conceptualmente creadas por la proyección de una forma geométrica (una esfera) sobre otra (un cono, un cilindro, o un plano). Muchas proyecciones no están relacionadas tan fácilmente a un cono, un cilindro o un plano.

Las proyecciones modificadas son versiones alteradas de otras proyecciones (*Space Oblique Mercator* es una modificación de la proyección *Mercator*). Estas modificaciones son hechas para reducir la distorsión, frecuentemente porque se incluyen líneas estándar o se cambian los patrones de distorsión.

Las pseudo-proyecciones tienen algunas características de otra clase de proyecciones. Por ejemplo, la *Sinoidal* es llamada proyección pseudocilíndrica porque todas las líneas de latitud son rectas y paralelas, y todos los meridianos tienen el mismo espacio; Sin embargo, no es una proyección cilíndrica verdadera porque todos los meridianos excepto el meridiano central son curvas. El resultado es un mapa de la Tierra con una forma oval en lugar de una forma rectangular. Otras proyecciones son asignadas para grupos especiales como un círculo o una estrella.

I.8 Parámetros de una proyección

Cada proyección de un mapa tiene una serie de parámetros definibles. Los parámetros especifican el origen y personalizan una proyección para un área de interés. Los parámetros angulares usan unidades de un sistema coordenado geográfico, mientras los parámetros lineales usan unidades de sistemas coordenados proyectados.

I.8.1 Parámetros lineales

Falso este.- un valor lineal aplicado al origen del eje X.

Falso norte.- un valor lineal aplicado al origen del eje Y.

Los valores del falso este y falso norte son, usualmente, empleados para que todos los valores X o Y sean positivos. Es posible también su uso, en la reducción del rango de los valores coordinados x, y. Por ejemplo, si se sabe que todos los valores Y son mayores de cinco millones de metros, aplica un falso norte de -5,000,000.

Altura (Height).- define el punto de la perspectiva arriba de una superficie de una esfera o esferoide para una proyección en perspectiva Vertical de lado derecho.

I.8.2 Parámetros angulares

Azimuth.- define la línea central de una proyección. La rotación del ángulo se mide de este a norte. Usado en los casos *Azimuth* de la proyección Mercator Oblicua Hotine.

Meridiano central.- define el origen del *eje X*.

Longitud del origen.- define el origen del *eje X*. El meridiano central y la longitud del parámetro de origen son sinónimos.

Paralelo central.- define el origen del *eje Y*.

Latitud del origen.- define el origen del *eje Y*. Este parámetro puede no encontrarse en el centro de la proyección. En particular, las proyecciones cónicas usan este parámetro para colocar el origen del eje Y abajo del área de interés. En esta instancia, no es necesario colocar el *falso norte* en el aseguramiento de los valores positivos del eje Y.

Longitud del centro.- usado con los casos del Centro Mercator Oblicuo de Hotine en la definición del origen del eje Y. Este es siempre el centro de la proyección.

Paralelo standard 1 y paralelo standard 2.- usado con las proyecciones cónicas, en la definición de la latitud, donde la escala es 1.0. Cuando se define una proyección Conica Conformant de Lambert con un paralelo estándar, el primer paralelo estándar define el origen del eje Y.

Para otros casos de cónicas. El origen del eje Y es definido por la latitud del parámetro de origen.

Longitud del primer punto

Latitud del primer punto

Longitud del segundo punto

Latitud del segundo punto

Los cuatro parámetros arriba son usados con las proyecciones de los *Puntos Equidistantes y Centro Mercator Oblicuo de Hotine*. Estos especifican dos puntos geográficos que definen el centro de un eje en proyección.

Pseudo paralelo estándar 1.- usado en la proyección *Krovak* en la definición del paralelo estándar de un cono oblicuo.

Rotación del plano XY.- define la orientación de la proyección *Krovak*, con los parámetros de escala X y escala Y.

I.8.3 Parámetros sin unidades

Factor de escala.- punto central o línea de la proyección de un mapa.

El factor de escala tiende ligeramente a un valor menor a uno. El sistema coordinado UTM, el cual usa la proyección *Transverse Mercator*, tiene un factor de escala de 0.9996. Más que un valor 1.0, la escala a lo largo del meridiano central de la proyección es 0.9996. Esto crea líneas casi paralelas, aproximadamente de 180 kilómetros, donde la escala es 1.0. El factor de escala reduce la distorsión de la proyección hacia un área de interés.

Escala X. - usado en la proyección *Krovak* en la orientación de los ejes.

Escala Y. - usado en la proyección *Krovak* en la orientación de los ejes.

Option. - Usado en las proyecciones Fuller y Cube. En la proyección Cube, las opciones definen la localización de las facetas polares. Una opción de 0 en la proyección Fuller desplegará las 20 facetas. Especificando un valor entre 1-20 desplegará un solo valor.

Traducción del Original

ESRI © , "Understanding Map Projection", ArcGIS ESRI ©, Estados Unidos de América 2003-2004.

Anexo II Estándares

II.1 Especificaciones de un producto ISO 19131

Las especificaciones de un producto se definen como una descripción detallada de un conjunto de datos acompañada de toda la información adicional necesaria para poder producirlo, suministrarlo y utilizarlo. Es, por así decirlo, una descripción tan completa y exhaustiva, que define con toda nitidez un conjunto de datos.

Las especificaciones describen lo que un conjunto de datos **debe ser**, se definen antes de su producción y no varían con el tiempo; los metadatos describen lo que un conjunto de datos **es**, se determinan después de su producción y varían con cada nueva versión o actualización del producto.

Especificaciones

- | | |
|--|----------|
| a) Introducción al Producto | Informal |
| - Definición, contenido, extensión, finalidad, fuentes, proceso de producción, descripción de los metadatos, definiciones, mantenimiento, principales características. | |
| b) Campo de aplicación de las Especificaciones | ISO19115 |
| -Extensión física/lógica (no tiene porqué ser todo el fichero, puede ser una capa, una zona o un conjunto de tipos de fenómeno). | |
| c) Identificación del Producto | ISO19115 |
| - Título, extensión, tema, escala, resumen, propósito, información suplementaria | |
| d) Contenido y estructura de los datos | |

1) Fichero vectorial

- Modelo de Aplicación ISO19109, ISO19137
- Catálogo de Fenómenos ISO19110

2) Fichero ráster

- Identificador
- Descripción
- Rango de valores del atributo(s)
- Extensión espacial y temporal
- Tipo de cobertura ISO19123

e) **Sistemas de Referencia**

- 1) SR por coordenadas ISO19111
- Identificador EPSG (www.epsg.org)

- 2) SR por Id. Geográficos ISO19112

- 3) SR Temporal ISO19108

f) **Calidad de datos**

- Exactitud posicional, temática, temporal, ISO19113, ISO19114
- Consistencia lógica, Compleción (omisión y comisión), Linaje, Propósito y Uso

g) **Captura de datos**

- Descripción literal de la fase de captura de datos y de los procesos posteriores de tratamiento y edición de los datos hasta conseguir el conjunto de datos tenga las propiedades requeridas. Esta descripción tiene que ser suficientemente clara y detallada como para que sirva para la producción del conjunto de datos.

La mejor manera de disponer de tal descripción, documentada con precisión y detalle, es implantar un Sistema de Gestión de la Calidad (QMS) en el que estén descritos todos los procesos y todos los controles de calidad.

h) Mantenimiento de los datos

- Frecuencia de mantenimiento, próxima fecha, ámbito, contacto ISO19115

i) Representación

- Catálogo de representación, con colores, grosores, símbolos puntuales, lineales y superficiales, tipos de letra,... ISO19117

j) Suministro del Producto

- Formato nativo, soportes y formatos disponibles. ISO19115

k) Información adicional

- Información no contemplada en otro apartado: ISO19115

+ Organización en hojas

- División, esquinas

- Nomenclatura de hojas

+ Transformación de coordenadas

+ Unidades

+ Nº de coordenadas

+ Cases

+ Coherencia con otros productos

+ Consistencia con otros productos

(MDT, ráster, ortofoto, ficheros otros países)

l) **Metadatos** a incluir como parte del Producto

- NEM Núcleo Español de Metadatos

ISO19115

II.2 Modelo de metadatos de la FGDC (Comité de datos geográficos de los Estados Unidos de América).

Este estándar es oficialmente denominado Content Standard for Digital Geographic Metadata V2 -Estándar de Contenidos de Metadatos de Datos Digitales Geográficos versión 2.0-.

Este se encuentra organizado en una serie de elementos que definen el contenido de la información de los metadatos para la documentación de datos geoespaciales. La siguiente imagen (figura II.1) muestra un diagrama de las principales secciones.



Figura II.1 Secciones de un metadato. Fuente INEGI.

En México, este es el estándar de facto, empleado por el INEGI así como en la mayoría de los organismos mexicanos, quienes documentan su información geoespacial.

En el aspecto del formato, un metadato está almacenado en varios tipos como archivos xml, sgml, txt y html. La siguiente imagen (figura II.2) muestra un archivo de metadato en formato html.

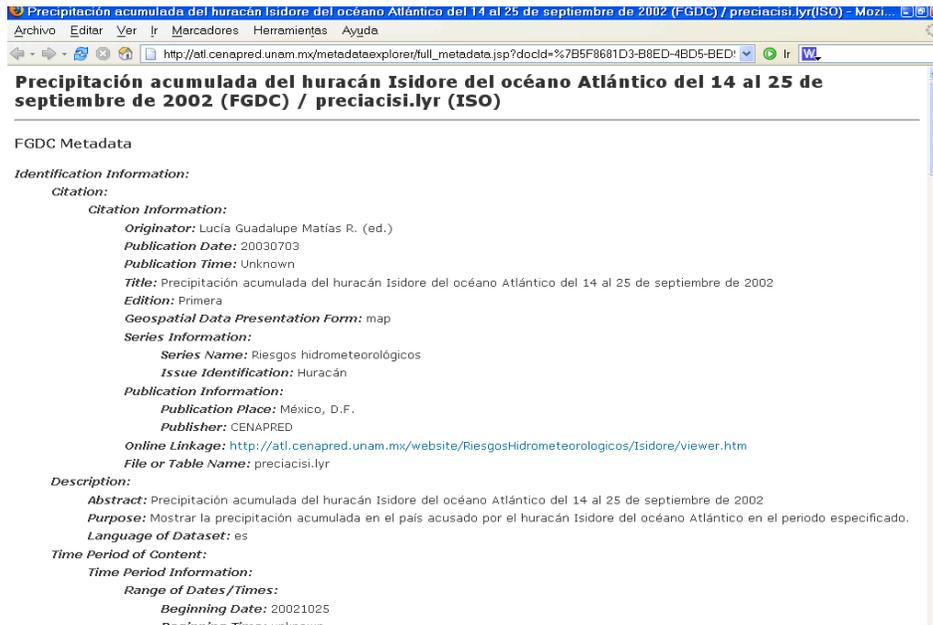


Figura II.2 Vista de un metadato completo consultado desde un navegador. Fuente www.atlasmnacionalderiesgos.gob.mx

Otros estándares empleados para el manejo de metadatos son:

- **Dublin Core Metadata (DC):** esta iniciativa es la norma ISO (ISO15936), empleada para la documentación de recursos, desde un libro hasta un servidor.
- **Núcleo Español de Metadatos:** se encuentra formada por la unión del núcleo ISO 19115 y elementos de Dublin Core.
- **Formato MARC 21:** este estándar de documentación de Biblioteconomía y Documentación definido por la Biblioteca del Congreso de Estados Unidos, pensado para documentos analógicos.

II. 3 Estándar de definición de servicios para el acceso y uso de Información Geoespacial ISO 19119

La descripción de este estándar está hacia la descripción de un entorno de trabajo en el desarrollo de software, permitiendo con ello el acceso y procesamiento de datos espaciales procedentes de diversas fuentes, por medio de interfaces genéricas dentro de un entorno tecnológico abierto. Con ello se permite la *interoperabilidad* entre productos.

Entre sus principales propósitos se encuentran:

- Proporcionar un entorno de trabajo para el desarrollo coordinado de servicios específicos.
- Permitir la interoperabilidad entre servicios a través del uso de estándares de interfaces.
- Facilitar el desarrollo de catálogos de servicios a través de la definición de metadatos de servicio.
- Permitir la separación de instancias de datos e instancias de servicios.
- Permitir el uso de un servicio de un proveedor con datos de otro proveedor.
- Definir un entorno de trabajo abstracto que pueda ser implementado de múltiples formas.

El ISO 19119 “Información Geográfica - Servicios” ha sido adoptada como parte del OGC Abstract Specification”, tema 12 “Arquitectura OGC”. La arquitectura (figura II.3) propuesta define un conjunto de componentes, conexiones y topologías desde varias perspectivas:

- *Computacional*, resalta los patrones de interacción entre componentes (servicios) del sistema.
- *Información*, compuesto por un modelo y procesos de información llamada RM-ODP.

- *Técnico*, con el diseño de aspectos orientados a la distribución, es decir, una infraestructura requerida para soportar está.
- *Tecnológico* describe el modelo, en términos de objetos tecnológicos como los componentes de hardware y software.

Un **servicio** se define como una parte distinguible de la funcionalidad proporcionada por una aplicación a través de sus interfaces.

Una **interfaz** es un conjunto de operaciones que caracterizan el comportamiento de una aplicación

Una **operación** es una especificación de una transformación o consulta que un objeto puede recibir para que ejecute

Los servicios son accedidos por un conjunto de interfaces; la suma de las interfaces que conforman la funcionalidad ofrecida a los usuarios o aplicaciones. La adición de operaciones en una interfaz y su definición permite la reusabilidad del software para distintos servicios por medio de sus operaciones.

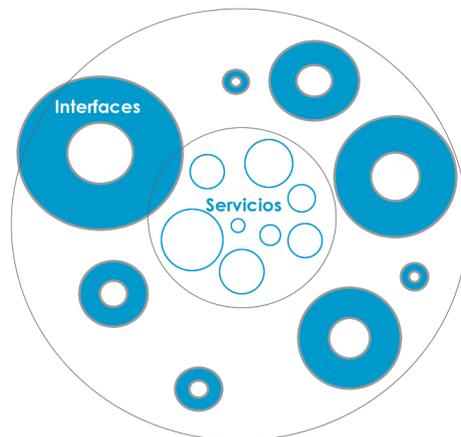


Figura II.3 Modelo conceptual de los servicios e interfaces y sus formas de operación que permiten la *reusabilidad*.

La clasificación de servicios geográficos organiza los servicios ofrecidos por un sistema. Estos son: servicios de interacción humana, servicios de gestión de modelos de Información geoespacial, servicios de gestión de tareas y flujos de trabajo, servicios de procesamiento espacial temático, servicios de procesamiento geoespacial temporal y servicios de comunicaciones.

II.4 Arquitectura de servicios

La arquitectura ISO 19119 está basada en un modelo lógico de cuatro capas adaptable a arquitecturas físicas con múltiples capas. La arquitectura lógica es un conjunto de servicios y sus interfaces representadas en el sistema. Su implementación es posible desde una aplicación monolítica a una arquitectura cliente servidor.

La imagen (figura II.4) muestra la arquitectura y su interacción con clientes ligeros y pesados.

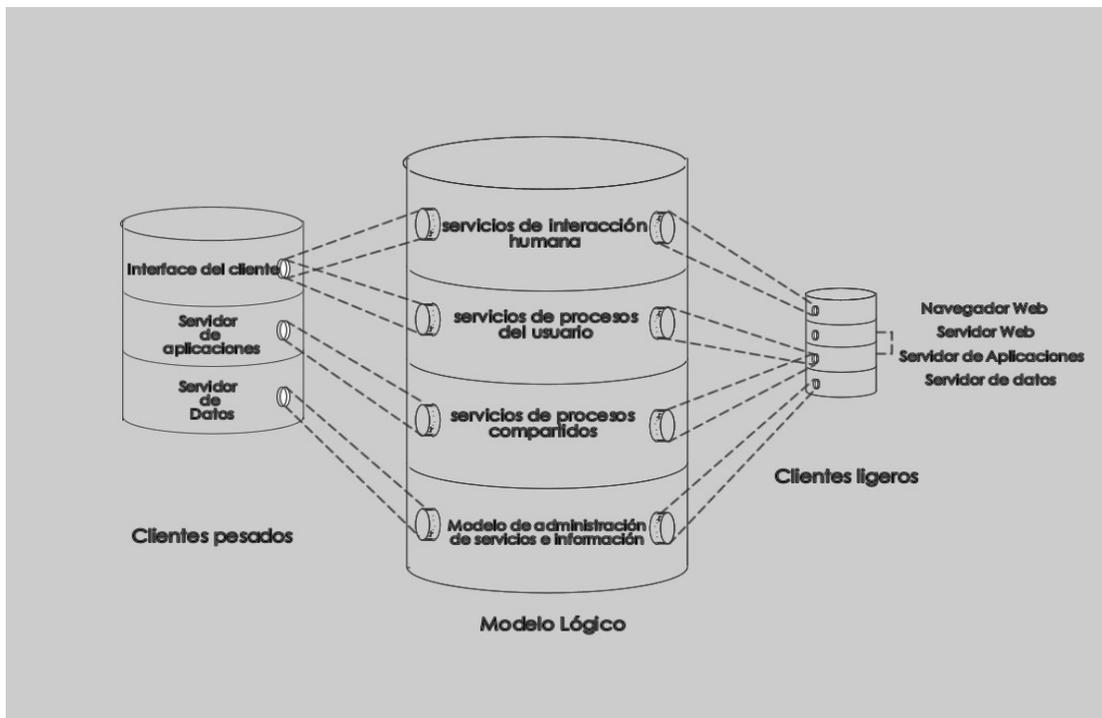


Figura II.4 La arquitectura de servicios ISO 19119.

II. 5 Estandard OpenGIS Geographic Markup Language (GML).

Geographic Markup Language es una gramática XML (eXtended Markup Language) para el modelado, transporte, y almacenamiento de información geográfica, por tanto constituye una capa semántica sobre XML para expresar fenómenos geográficos. Este proporciona un conjunto de clases de objetos para describir elementos geográficos como entidades, sistemas de referencia espaciales, geometrías, topologías, tiempo, unidades de medida y valores generales. GML se basa en el modelo geográfico abstracto desarrollado por el OGC (Open Gis Consortium). Este modelo describe el mundo en término de entidades geográficas llamadas fenómenos geográficos. En una forma simple o por medio de una serie de fenómenos complejos. Un fenómeno como un aeropuerto podría estar compuesto por otros fenómenos como un carril, un hangar, una terminal y una pista.

GML tiene una jerarquía de clases, su descripción en el lenguaje UML (Lenguaje de modelado Unificado), es como sigue (figura II.5):

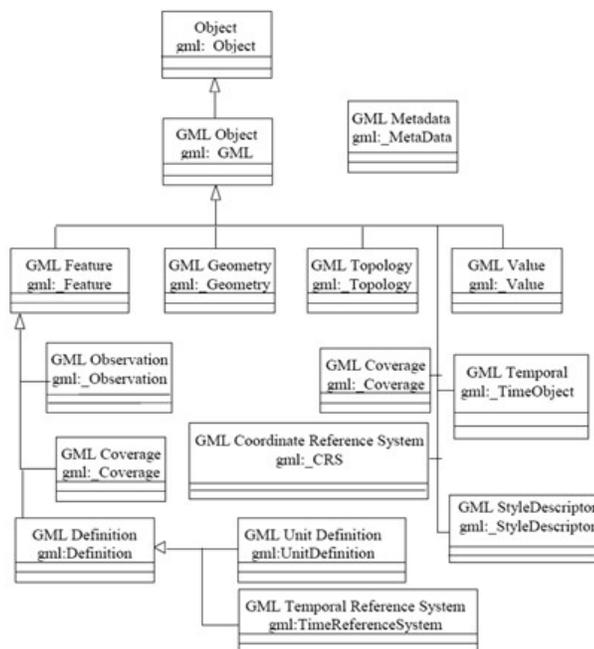


Figura II.5 Jerarquía de clases en GML. Fuente Open GIS Consortium.

En la actual versión del lenguaje se incorpora un sistema de referencia espacial que es extensible; este incorpora los principales marcos de referencia geocéntrica y proyecciones: European Petroleum Standards Group (EPSG), permitiendo con ello la definición de unidades y parámetros. Otra característica es el uso de la recomendación 1.0 del W3C, una colección de rasgos (FeatureCollection), una colección de propiedades y la lista opcional de definiciones de Sistemas de Referencia Espacial.

Xlink y *Xpointer* son las especificaciones que permiten la realización de aplicaciones complejas con GML, además de su transporte, interoperables entre distintos datos con un propósito distinto. Otras tecnologías enfocada a la presentación y formato de los datos es XSL (lenguaje extensible de hojas de estilo) y XSLT (Transformaciones XSL). XSL proporciona una cantidad vasta de patrones de emparejamiento y reemplazamiento; consultas y selecciones; llamada a otros lenguajes como java. XSLT auxilia en el manejo de cadena y operaciones aritméticas.

Un ejemplo de la descripción de la codificación es²:

```
<PhotoCollection xmlns="http://www.myphotos.org" xmlns:gml="http://www.opengis.net/gml"
xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance" xsi:schemaLocation="http://www.myphotos.org
MyGoodPhotos.xsd">
  <items>
    <Item>
      <name> Lynn Valley</name>
      <description>A shot of the falls from the suspension bridge</description>
      <where>North Vancouver</where>
      <position>
        <gml:Point srsDimension="2" srsName="urn:ogc:def:crs:EPSG:6.6:4326">
          <gml:pos>49.40 -123.26</gml:pos>
        </gml:Point>
      </position>
    </Item>
  </items>
</PhotoCollection>
```

² <http://geoweb.blog.com/278878/>

```
        </position>
    </Item>
</items>
</PhotoCollection>
```

GML representa información en forma de texto, como cualquier documento XML, lo cual permite la representación de información geoespacial; su representación gráfica varía de acuerdo a la herramienta de dibujo, entre ellas, W3C Scalable Vector Graphics (SVG), Microsoft Vector Markup Language (VML) y X3D.

El lenguaje es respaldado por la OpenGIS Consortium como un Grupo de trabajo, la actual versión es la 3.1.1, así como muchos organismos relacionados con la información geoespacial. Y la versión 3.2 será un borrador del estándar internacional (ISO 19136) de la ISO/TC 211.

II. 6 Keyhole Markup Language (KML) de Google Inc.

Es un lenguaje XML con un formato de archivo para la creación de modelos y almacenamiento de funciones geográficas como puntos, líneas, imágenes, polígonos y modelos despleables en Google Earth, el cual procesa los archivos KML de una forma similar a los navegadores procesan XML y HTML (Hiper Text Markup Language), por lo cual, KML tiene una estructura basada en etiquetas con nombres y atributos. Un archivo KMZ es una versión comprimida KML.

El código KML de un punto luce así:

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<kml xmlns="http://earth.google.com/kml/2.1">
  <Placemark>
    <name>Indicador simple</name>
    <description>Indicación de lugares a cierto nivel de terreno
```

```

</description>
  <Point>
    <coordinates>-122.0822035425683,37.42228990140251,0</coordinates>
  </Point>
</Placemark>
</kml>

```

El diagrama de clases de los elementos KML (figura II.6) es:

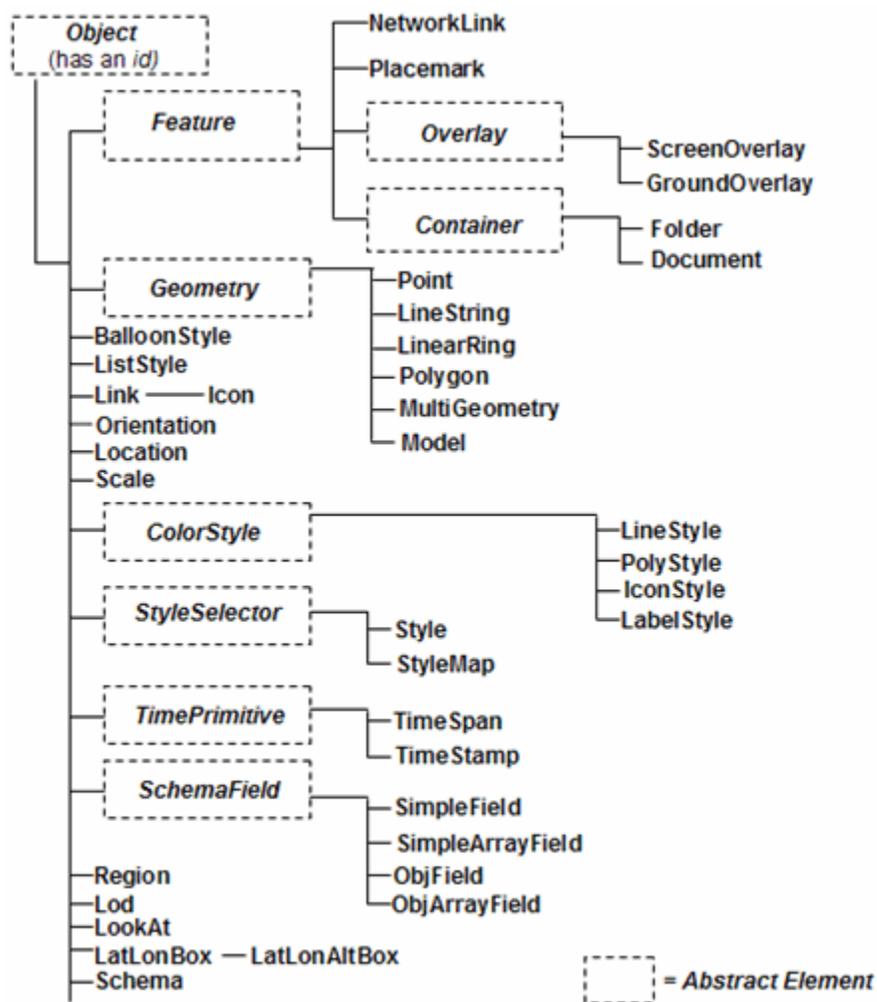


Figura II.6 Diagrama de clases del lenguaje KML. Fuente Google Inc.

KML está basado en GML, es sintácticamente idéntico a un subgrupo del modelo de geometría de GML. Ambos utilizan esquemas en la definición de objetos porque no se

encuentran definidos en forma nativa, GML hace uso del esquema W3C XML y KML utiliza su propia definición.

Anteriormente se ha comentado que GML hace uso de otras tecnologías y estándares para la representación gráfica, como SVG, VML, HTML, etc. Por lo que no está enfocado hacia el uso de una herramienta de visualización determinada. La forma en que describe las entidades geográficas permite el intercambio de datos, la descripción de mensajes en servicios geospaciales Web y transacciones a servidores geospaciales. Ron Lake, presidente de Galdos System Inc., menciona que KML es limitado en la descripción de entidades geográficas en la aplicación Google Earth.

Ron Lake, considera que la conjunción de GML y Google Earth marcaron un importante hito en la creación de la red geoespacial web (GeoWEB), con un acceso en tiempo real en forma distribuida a nivel mundial, para los distintos tipos de información geoespacial disponible.

Este formato tiene muchas características parecidas a GML, aunque KML aun no es un estándar como tal.

II. 7 Otros estándares

Interoperabilidad OGC

- Web Mapping Service (WMS)
- Web Map Context (WCS)
- Style Layer Descriptor
- Web Feature Service (WFS)
- Web Coverage Service (WCS)
- Catálogo de servicios z39.50

- Catálogo de servicios Web (CSW)
- Simple Features
- OpenGIS Location-Based Services (OpenLS): Core Services (Parte1 –Directorio de servicios, gateway de servicios, Parte 3 -servicio de la utilidad de localización [Geocoder/Reverse Geocoder], parte 4 – Presentación del servicio, parte 5 – Servicio de ruta.

Estándares Internacionales ISO/TC 211

- ISO 19106:2004 -Profiles
- ISO 19107:2003 -Spatial Schema
- ISO 19108:2003 -Temporal Schema
- ISO 19109:2005 -Rules for application schema
- ISO 19110:2005 -Methodology for Feature Cataloging
- ISO 19111:2003 -Spatial Referencing by Coordinates
- ISO 19112:2003 -Spatial Referencing by Geographic Identifiers
- ISO 19113:2002 -Quality Principles
- ISO 19114:2003 -Quality Evaluation Procedures
- ISO 19115:2003 -Metadata
- ISO 19118:2005 -Encoding
- ISO 19119:2004 -Services
- ISO 19123:2005 -Schema for coverage geometry
- ISO 19125:2004 -Simple Feature Access-Parts 1-2

Anexo III

Factores Culturales y la Tecnología de Información y Comunicación

La cultura es el elemento de adopción social para la tecnología de la información y la comunicación (TIC). Se encuentra conformada por las respuestas aprendidas a un grupo de problemas, por su efectividad son transmitidas a los miembros de un grupo, a nuevos miembros y posteriores generaciones. La forma de respuesta a los problemas, en una persona, es condicionado por su cultura definiendo con ello, características de las sociedades: las sociedades “activas” buscan oportunidades en su ambiente por el mejoramiento de sus condiciones, deseo de éxito y responsabilidad; las sociedades “pasivas” buscan mantener su estado actual, obediencia hacia procesos naturales, cambios sociales u otras sociedades y/o personas activas.

III.1 Modelo Hofstede

En un estudio realizado a empleados de la compañía IBM, el prof. Geert Hofstede, determinó un esquema con ciclo clases o dimensiones de perspectivas a la resolución de problemas básicos afrontados por cada sociedad. En una primera etapa considero a más de 70 países; de este estudio se desprenden cuatro dimensiones:

- ⊙ Distancia del poder (*PDI*)
- ⊙ Individualismo (*IDV*)
- ⊙ Masculinidad (*MAS*)
- ⊙ Evitación a la incertidumbre (*UAI*)

Posterior a un estudio realizado con empleados y administradores chinos, Hofstede, agregó una quinta dimensión basada en el dinamismo confuciano: Orientación a largo plazo (*LTO*).

Así, se sugiere a la cultura como un componente influyente en el desenvolvimiento de los entornos organizacionales y de sus patrones de administración. Y aunque al interior de un país, se han observado diferencias culturales entre las áreas rurales con sus tradiciones y las áreas urbanas con sus modernas instituciones y sofisticada tecnología, el mismo principio es aplicado al funcionamiento de las organizaciones con distintas culturas. Sin embargo, son dos los factores de interrelación involucrados con el uso de la tecnología de información geográfica: los estilos de la burocracia y la toma de decisiones; su aceptación depende en gran medida del beneficio asociado con las respuestas culturales y a las facilidades propias para su ejecución.

La tabla III.2 muestra los principales rasgos de las dimensiones Hofstede dentro de una sociedad.

En el rubro de la administración y uso de las tecnologías de la información, las características observadas en base a las dimensiones Hofstede son:

- a) *Distancia del poder (PD)*: Una distancia amplia implica poca participación en la dirección con un poder centralizado, las redes de computadoras tienen una configuración centralizada; la participación del usuario es limitada, así como la interacción entre el personal de sistemas de información y la dirección estratégica.
- b) *Evitación de la incertidumbre (UA)*: Un valor alto implica tendencias centralizadas, desarrollo de políticas y procedimientos formales. El modo de influencia de este factor es potenciando el rol de la tecnología de la información operacional dentro de la organización más que estratégica. Las tecnologías tradicionales son preferidas, de tal manera que la adquisición de nuevas tecnologías es examinada con escrutinio.
- c) *Masculinidad versus Femenidad (MAS)*: El éxito del uso de la tecnología de la información es un factor ampliamente considerado; en sociedades masculinas se

enfatisa el éxito personal causado por el rendimiento, deseo de superación y la competencia. Los resultados tangibles son favorecidos. Esta dimensión influye en los recursos asignados al personal del área de sistemas.

- d) *Individualidad versus colectividad (IDV)*: Propone la visión del éxito de un sistema de información porque confluye con el nivel de participación en su desarrollo y planeación. Este indicador impacta directamente en el liderazgo y la administración en el funcionamiento de la organización y por consiguiente en el funcionamiento de las tecnologías de la información.

Las propiedades funcionales inherentes de un Sistema de Información Geográfica (SIG) con la Tecnologías de la Información son: comunicación e intercambio de datos e información, planeación estratégica, gestión y planeación organizacional; y monitoreo y evaluación.

Grover³ nos ofrece una descripción (tabla III.1) más detallada orientada al impacto cultural en el manejo de los Sistemas de Información Geográfica siendo los indicadores de Hofstede un marco de referencia.

	Alto	Bajo
Evitación de la incertidumbre	Es positivo si está enfocado a la aceptación del control y conservación de las propiedades funcionales de los SIG. Ya que tienen una fuerte necesidad de seguridad y estabilidad, si una tecnología y/o metodología les aporta esto, lo adoptan; así como la necesidad de una estructura organizacional y prácticas eficaces de administración.	Su respuesta es reactiva mas que preventiva, si están lo suficientemente preparados para tomar los riesgos y la aplicación de la tecnología en nuevas situaciones tomaran las ventajas proporcionadas por un SIG.

³ Groot Richard, Op.Cit. p. 100 u Ob. Cit.

Masculinidad versus Feminidad (MAS)	La predominancia masculina es fuerte, buscando en la tecnología GIS, la obtención de la visibilidad de resultados facilitando con ello una administración, planeación, monitoreo y evaluación ecléctica. Aunque se reserven las potencialidades de un SIG que conlleven causas de fallas.	La predominancia femenina enmarca un ambiente laboral encaminado en la construcción de capacidades de un SIG. Tal vez no sea una prioridad primaria la funcionalidad estratégica sin embargo la comunicación y adaptación, mejorar la planeación, monitoreo y evaluación. Quizás en el futuro esta cualidad, la solidaridad, sea un factor de éxito.
Individualidad versus colectividad (IDV)	X	X

Tabla III.1 Características de los indicadores de Hofstede en el manejo de una SIG.

En reserva de un tipo de estudio con base en la influencia de los indicadores Hofstede hacia la adopción de la tecnología de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) en México (figura 3.1), y en especial de aquellas que intervienen en una Infraestructura de Datos Espaciales, fuera del alcance de este trabajo; se muestran las tendencias de los indicadores Hofstede para la cultura mexicana⁴.

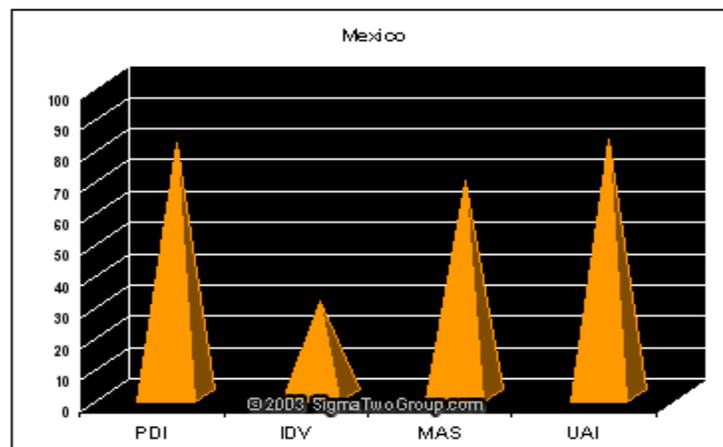


Figura III.1 Indicadores Hofstede para la cultura mexicana.

⁴ http://www.geert-hofstede.com/hofstede_mexico.shtml

México comparte con los países de Latinoamérica, el valor de *índice de evitación de la incertidumbre (UIA)* con un valor de 82, esto sugiere a una sociedad con una baja tolerancia a la incertidumbre. Su ajuste a un valor más bajo promueve el establecimiento de reglas, leyes, políticas y regulaciones. El principal objetivo en nuestra sociedad, es controlar “todo” con el fin de evitar o suprimir la desconfianza; también es suspicaz con los cambios y riesgos.

En el *individualismo (IDV = 30)* tiene un valor ligeramente mayor a otros países de Latinoamérica ($IDV = 21$), esto indica a un país con un arraigo colectivo, notorio en los compromisos personales hechos con amigos y familiares, por ejemplo, el fomento de su duración. Otro valor apreciado es la lealtad llevada más allá de las reglas sociales.

El *índice de diferencia de género (MAS = 69)* muestra dominio masculino en la estructura de poder y sociedad, este hecho propicia a mujeres asertivas y competitivas, aunque por debajo de la población masculina.

En referencia a la mayoría de los países latinos, México muestra once puntos más en la dimensión de *la distancia del poder (PDI = 81)*, esto señala un alto nivel de desigualdad en la distribución del poder y la riqueza, la población esta descontenta pero “tolera” su situación.

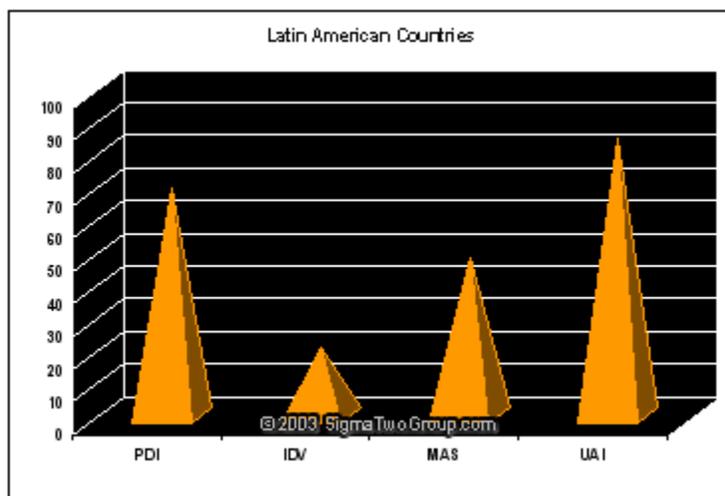


Figura III.2 Indicadores Hofstede para las culturas Latinoamericanas.

Por último, en América Latina, la religión católica es predominante. Este ingrediente, además de sus rasgos culturales, refuerzan el culto de una verdad absoluta y por ende una baja tolerancia a la ambigüedad (figura III.3).

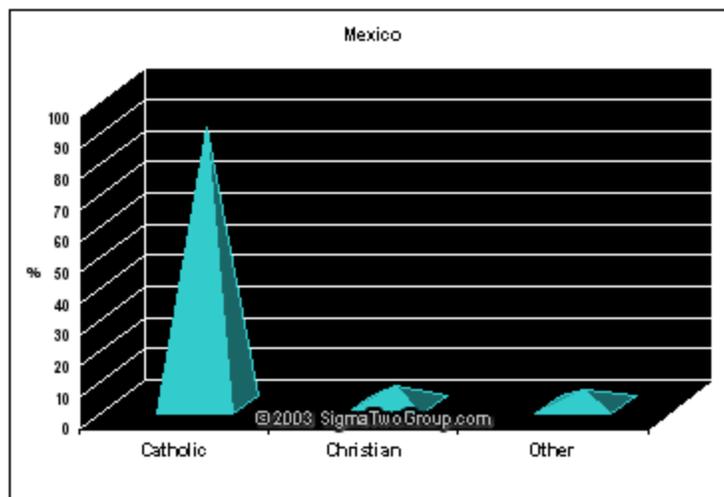


Figura III.3 Porcentaje de las principales religiones en México.

En un estudio realizado por Joep Crompvoets y Harm Kossen⁵ acerca del impacto cultural en la implementación de un conjunto de servidores de computadora sobre la Internet con el objetivo de compartir metadatos geográficos (Clearinghouse) concluye que la riqueza (ingreso per cápita) de un país, no determina la calidad de este. Por el contrario existen casos de éxito como el Salvador, Nicaragua y Uruguay con un óptimo medio de intercambio de datos geoespaciales. En general, de acuerdo a este estudio, las dimensiones culturales de Hofstede no son concluyente en las causas de un impacto en la calidad del clearinghouse; aunque reconocen que el uso de mapas en búsqueda geoespaciales como un resultado tangible y de éxito buscado en países con una predominancia masculina.

Por último cabe mencionar al *Sistema Nacional e-México* y su experiencia dentro del contexto del impacto cultural en la adopción de tecnologías de la información y comunicación (TICs). E-México es un instrumento de la sociedad mexicana para llevarla a la

⁵ Joep Crompvoets y Harm Kossen , “The impact of culture on National Spatial Data Clearinghouses”, Wageningen UR, Centre for Geo-Information, The Netherlands 2006.

sociedad de la información, mediante la transformación de los servicios digitales de aprendizaje, que incluyen educación para la vida y el trabajo, de salud en todos sus ámbitos; de promoción económica a las pequeñas y medianas empresas; y de un gobierno más transparente y cercano al ciudadano⁶.

Este sistema opera bajo un modelo distribuido que opera en Canadá y Estados Unidos; por medio de los Centros Comunitarios Digitales (CCDs) haciendo llegar el acceso a Internet a las comunidades de México, ofreciendo toda una gama de contenidos y sistemas. Los CCDs pueden encontrarse en una escuela, una biblioteca, un hospital, palacio municipal o una oficina de correo. Por medio de ellos se pretende realizar la apropiación de la tecnología junto con un personaje fundamental, en el funcionamiento de este: el promotor. Él es capacitado en cuestiones técnicas y de administración con el fin de crear cadenas de promotores que repliquen el conocimiento adquirido. El formato de capacitación, metodología de adopción tecnológica y metas varía respecto de la dependencia a quien corresponda, esto es, Secretaría de Educación Pública (SEP), Instituto Nacional de Educación para Adultos (INEA), Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL), Secretaría de Salud (SSA), IMSS Programa Oportunidades, Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal (INAFEM), Secretaría de Comunicaciones y Transporte(SCT), Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas, CONACULTA y e-Hidalgo. Un ejemplo de un caso de éxito es el INEA con el establecimiento de un esquema de plaza comunitaria con los elementos de un aula tradicional, material de apoyo desarrollado por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y el Instituto Latinoamericano de la Comunicación Educativa (ILCE), contenidos desarrollados por el Consejo Nacional de Educación para la Vida y el Trabajo (CONEVyT) enfocados en material de apoyo a primaria y secundaria; entre otros temas útiles en la vida cotidiana. Caso contrario es INAFEM donde las metas aun no están claramente establecidas en sus CCDs.

En el estudio Diagnóstico Social de la Penetración e Impacto de las Tecnologías de la Información en México⁷, se menciona a los promotores como pieza clave en los objetivos de

⁶ Javier Perez Mazatán, “El sistema Nacional e-México”, Política Digital, Febrero 2005.

⁷ Estudio realizado por la Universidad Iberoamericana y el Instituto para la Tecnología de la Información y la Cultura de la Universidad de Wayne

un centro comunitario, su función va más allá de la administración del centro, pues deberá contar con la sensibilidad de los problemas de la población y la utilidad de las TICs en su solución. Es importante, de acuerdo a estas metas, que un promotor pertenezca a la comunidad.

En otro sentido, *la Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas(CDI)* elaboró una metodología para el Uso de TICs para el desarrollo local: apropiación comunitaria de telecentros o CCDs⁸; en el taller se plantea la participación conjunta de la comunidad, más que de acuerdo a los criterios propios del promotor; por medio de un facilitador llegan a consensos con la descripción del telecentro, su funcionamiento, la importancia de la comunicación, proyectos y necesidades de la comunidad, herramientas del telecentro, la incorporación de las TICs a los proyectos y necesidades de la comunidad, planeación participativa del telecentro (horarios, cursos, etc) y finalmente los acuerdos comunitarios para el monitoreo, evaluación y seguimiento de los mismos.

Existen respuestas encontradas acerca de la efectividad de Sistema Nacional e-México y los CCDs, solo basta recordar que la tecnología es un medio no un fin en si mismo, hacia el cumplimiento de objetivos; así que deberían considerarse no sólo factores de adquisición de equipos de cómputo o programas de computadoras, sino también otros aspectos como los factores culturales y la tropicalización de modelos y metodologías en la región donde se adoptará la tecnología.

⁸ Comisión Nacional de Desarrollo de Pueblos Indígenas, <http://innovacion.cdi.gob.mx/cdi-ti>.

Dimensión	Manifestación dentro de una sociedad	Índice alto	Índice bajo
1 Distancia del poder (PD)	Igualdad entre los miembros.	Culturas jerárquicas, autoritarias, elitistas en el sentido de la acumulación de cosas materiales en los niveles altos de la estructura. Parecido a un sistema de castas donde no es permitido una <u>movilidad ascendente significativa.</u>	Organizaciones horizontales, la participación e igualdad para todos sus participantes es enfatizada. Además de la distribución significativa de las cosas “malas” y “buenas” en la vida.
2 Evitación de la incertidumbre (UA)	Tolerancia a la incertidumbre y ambigüedad.	Baja toma de riesgos, con pocas innovaciones y planificación rigurosa.	Innovadoras y creativas, mayor tolerancia a la variedad de opiniones, para estas culturas el riesgo y el entusiasmo son valores que garantizan la estabilidad y seguridad. <u>Adoptan los cambios incrementales y tienen pocos escenarios de contingencia.</u>
3 Masculinidad versus feminidad (MAS)	Valores masculinos y femeninos	Gran diferenciación sexual. El hombre domina una significativa porción de la sociedad y su estructura de poder. Culturas enfocadas a los logros y éxitos, son agresivas, con mentalidad del <u>todo o nada, en donde se anima al éxito tangible.</u>	Culturas afectivas, enfatizan la calidad de vida, la agrupación y las relaciones interpersonales como valores sociales. Favorecen la igualdad social y la compasión, así las mujeres son tratadas equitativamente a los hombres en todos los aspectos de la sociedad.
4 Individualismo versus colectivismo (IDV)	Logros colectivos y relaciones interpersonales.	Comprende intereses personales: que es esto para mí, soy dueño de mi vida; en general visiones individualistas porque las grupales son inaceptables. Sus ciudadanos tienden a formar un <u>mayor número de relaciones disfuncionales.</u>	Los valores de grupo son dominantes: el sentido de la vida es derivado del bien común y puntualizada por la mayoría. Los individuos se encuentran alrededor de la naturaleza colectiva. Aumentan los lazos grupales y familiares donde cada uno toma la responsabilidad por los demás.
5 Orientación a largo plazo (LTO)	Valores orientados al futuro como el ahorro y la persistencia	Cumplimiento de compromisos sociales y respeto de las tradiciones. La satisfacción a largo plazo son el resultado de un trabajo fuerte diario. Sin embargo los negocios suelen demorarse en su desarrollo.	Los cambios ocurren rápidamente, las tradiciones y compromisos no son obstáculo de estos cambios.

Tabla III.1 Dimensiones de Hofstede como manifestaciones dentro de una sociedad

Anexo IV

Cuadro descriptivo de los programas de Sistemas de Información Geográfica

Software	Empresa/Organismo	Características
Sistema de Información Geográfica de Escritorio		
ArcInfo	Environmental System Research Institute (ESRI)	Proporciona herramientas para la integración de datos y manejo, visualización, modelado espacial, análisis y cartografía. Soporte en ambientes multiusuario. Integración, construcción, manejo, análisis de relaciones geográficas y descubrimiento de información.
ArcEditor	Environmental System Research Institute (ESRI)	Edición avanzada, validación de datos y herramientas para el mantenimiento de la integración de los datos. Es posible manejar información compleja, edición automatizada, y permite la actualización de múltiples usuarios de datos.
Arcview	Environmental System Research Institute (ESRI)	Permite visualizar, explorar y analizar datos geográficos, descubrimiento de patrones, relaciones y tendencias. Es posible crear mapas, manejar los datos y ejecutar el análisis espacial.
ArcReader	Environmental System Research Institute (ESRI)	Es un visualizador de mapas disponible con el empleo de otros productos ArcGIS. Es posible ver e imprimir todos los mapas y tipos de datos. Contiene algunas herramientas simples de exploración y consulta de mapas.
GeoMedia y Modular GIS Environmental (MGE)	Intergraph Corp.	Maneja grandes volúmenes de datos en formato vectorial y raster. Utiliza Microstation como motor gráfico y de almacenamiento. Esta soportado en máquinas Windows y UNIX.
MapInfo	MapInfo Inc.	Esta soportado en el Sistema Operativo Windows, conectividad con un servidor de mapas, exporta a dispositivos Pocket PC, maneja Crystal Reports, exportación a Google Earth, impresión a PDF. Permite proporcionar servicios WEB, mapeo prismático en vistas 3D. Incorpora datos de distintas fuentes, formatos y proyecciones en la misma ventana. El lenguaje GML V2 es soportado.

Erda Imagine	Erda Inc.	Es un SIG Raster, es empleado para el manejo de imágenes satelitales, radar y fotogrametría. Tiene una buena interfaz gráfica. Proporciona un conjunto de herramientas para el análisis multiespectral e hiperespectral y adecuación espacial. La creación de escenas y visualización 3D, compresor MrSID, exportación e importación de formatos. Integra datos vectoriales en formato nativo ArcInfo.
EASI/PACE	PCI Remote Sensing Corp.	SIG Raster. Soporta la ortorectificación para IRS-P6 (ResourceSAT - 1), CBERS y FORMOSAT (ROCSAT). Permite el procesamiento en lote, carga y explotación de Oracle 10g Spatial GeoRaster, Orto-corrección 3D, fotogrametría, RADAR y rendere de escenas, entre otros.
Ilwis	International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences, ITC. Open Source	Manejo de información raster. Permite digitalización y cálculo de áreas. Integra datos raster y vectorial, importación y exportación de una gran cantidad de formatos, digitalización por medio de tabletas, herramientas de procesamiento de imágenes, ortofotos, georeferenciación de imágenes, transformación y mosaicos; biblioteca de coordenadas y proyecciones; análisis geoestadístico, producción y visualización de imagen stereo y Evaluación Espacial de Criterio Múltiple.
ArcCAD	Environment System Research Institute (ESRI)	Es un SIG Vectorial. Le otorga funcionalidad de SIG en el ambiente CAD proporcionando un poderoso mapping, herramientas de despliegue que trabajan directamente con AutoCAD. Realiza intercambio de datos ARC/INFO.
PC-ArcInfo	Environment Systems Research Institute (ESRI)	Es un SIG Vectorial. Incluye todas las funcionalidades de Arcview y ArcEditor de ESRI. Funciones agregadas de análisis espacial, manipulación de datos, herramientas de cartografía para el usuario final; además proporciona la creación y manejo de GIS inteligente; mapas, globos, datos, metadatos, geodatasets y modelos de flujo.
Idrisi	Escuela de Geografía de la Universidad de Clark	Es un SIG Raster. Maneja formatos de imágenes habituales, SIG, Erda, ErMapper, GRASS, etc. La visualización de datos se ejecuta en formato bidimensional raster o vectorial. Efectúa vuelo virtual en tres dimensiones. Efectúa la composición de color RGB por la combinación de imágenes captadas desde sensores de teledetección o en forma inversa. Mejora la imagen en relación a la iluminación o contraste de capturas por radar. Maneja algebra espacial, consulta a bases de datos geoespaciales, operadores de distancia, operadores de contexto para efectuar interpolaciones, funciones estadísticas, herramientas de toma de decisiones, análisis temporal y superficial, entre otros.

GRASS(the Geographic Resources Analysis Support System)	Armada de Estados Unidos	En un SIG para imágenes vectoriales y raster, procesamiento de imágenes, sistemas de producción gráfica y sistemas de modelado espacial. Contiene varios módulos de la manipulación de imágenes, rendero de imágenes, procesamiento y geocodificación multiespectral y manejo de atributos.
Genasys	Genasys Inc.	Crea y gestiona datos geoespaciales en formato vector y raster. Los datos son almacenados independientes de proyección, unidad o escala. Dispone de un juego completo de funciones espaciales, rendero en base a Java 2. Su servidor GenaServer hace balanceo de carga, administración de accesos, uso y utilización de aplicaciones. Maneja grandes volúmenes de datos geoespaciales (mayor a un Terabyte). Funciona en plataforma Windows, Linux y UNIX.
OpenEV	Open Source	Funcionalidad en plataformas Linux, Windows, Solaris e IRIX. Maneja datos raster y vectorial, soporta despliegues 2D y 3D, manipulación de conjunto de datos raster grandes, soporta raster complejos (multicanales), reproyección al vuelo, funciones de manipulación. Tiene funciones de análisis. Su tecnología esta soportada por OpenGL, Python, numeric python y PROJ.4.
Quantum GIS (QGIS)	Open Source	Es un Sistema de Información Geográfica (SIG) que corre sobre Linux, Mac OS X y Windows. Soporta WMS, con una biblioteca en las aplicaciones de realización de mapas, herramienta de exportación a MapServer, soporte con GRASS y empleo de capas shapefile/OGR.
User-friendly Desktop Internet GIS (uDig)	Open Source	Aplicación Geoespacial y una plataforma para el desarrollo de crear aplicaciones derivadas, haciendo énfasis en el soporte de estándares públicos de la OGC (Open Geospatial Consortium), en especial WMS (Web Map Service) y WFS (Web Feature Service).
OSSIM (Open Source Software Image Map)	Open Source	Proporciona un procesamiento de imágenes geoespaciales para Sensado Remoto, Fotogrametría y Sistemas de Información Geográfica. Con capacidades de procesamiento paralelo con la biblioteca MPI, Modelos de sensado universal (RPC), orthorectificación, soporte de elevación, soporte shapelib y vectorial.
gvSIG	Open Source	Accede a los formatos más utilizados, tanto raster como vectorial. Integra en una vista, los datos locales y remotos (WMS, WCS y WFS). Desarrollado con el lenguaje Java. Genera metadatos geoespaciales. Tiene una extensión con ArcIMS, piloto raster, gestión de CRS y geoBD. Soportado en plataforma Windows, Linux y Mac OS X.

IRIS	Instituto de Estadística, Geografía e Informática (INEGI)	Facilita el estudio de objetos geográficos. Dimensiona en forma gráfica la información geoespacial, incorpora información vectorial y raster, asocia información documental y tabular; analiza e interpreta los contenidos geográficos y tabulares; modifica objetos vectoriales y tablas de información. Esta acompañado de un Proyecto de Información Básica de México. Los proyectos que lo distinguen son Análisis de mercado, catastro, medio ambiente y recursos naturales, planeación urbana, protección civil, redes de infraestructura básica, transporte, etc. Soportado solo en plataforma Windows.
Web Mapping		
ArcGIS Server	Enviromental System Research Institute (ESRI)	Es una solución integrada a nivel servidor con una serie de herramientas, aplicaciones del usuario final, servicios para el manejo de información geoespacial, visualización y análisis espacial. Las aplicaciones SIG son escalables con el manejo centralizado, acceso basado con un browser, integración con otros sistemas como customer relationship management (CRM), enterprise resource planning (ERP) empleando estándares, habilitando el service-oriented architecture (SOA). Soporta estándares de interoperabilidad y la creación de aplicaciones utilizando .NET y Java.
ArcGIS Explorer	Enviromental System Research Institute (ESRI)	Es un cliente ligero para el ArcGIS Server. Empleado para el acceso, integración y utilización de servicios SIG, contenido geográfico y otros servicios Web. Es posible emplearlo con otras variedades de servicios SIG como ArcIMS, ArcWeb Services, Web Map Services (WMS) y otros. Es posible usar archivos locales como shapefiles, geobase de datos, KML, JPEG 2000, GeoTIFF, MrSID, IMG y otros formatos de imágenes. Además incluye geoprocresamiento y servicios 3D.
ArcGIS Image Server	Enviromental System Research Institute (ESRI)	Acceso y visualización de una gran cantidad de imágenes, procesamiento al vuelo y sobre demanda. Despliegue instantáneo de la salida de imágenes para el trabajo simultaneo de varios usuarios, sin la necesidad del preprocesamiento de datos y cargar en un DBMS. Soporta aplicaciones ArcMap, ArcGlobe, ArcGIS Server, ArcIMS, clientes CAD y estándares abiertos como WMS.
ArcIMS	Enviromental System Research Institute (ESRI)	Entrega de mapas dinámicos, datos SIG y servicios vía Web. Los servicios ArcIMS soportan una gran cantidad de clientes incluyendo aplicaciones Web, un SIG de escritorio, dispositivos móviles y wireless. Permite la implementación de un portal SIG. Acceso a catálogo de portales SIG que permite la publicación e intercambio del conocimiento geográfico con otros usuarios.

Minnesota Map Server	Open Source	Ambiente que permite la construcción de aplicaciones por Internet, por sus capacidades en el manejo de la información geoespacial renderiza mapas, imágenes y datos vectorial en Web. Soporta el desarrollo en varios lenguajes de programación PHP, Python, C#, etc. Soportado en plataforma Linux, Windows, Mac OS X, Solaris, entre otros. Los formatos de datos son extensos: TIFF/GeoTIFF, ESRI, OGR, Oracle Spatial, PostGIS, OGC, WMS, WFS, WCA, SLD, GML, SOS, etc. Realiza proyecciones al vuelo con la biblioteca Proj.4.
ALOVE map/TMJava	Open Source	Publicación de mapas por Internet, utilizando la tecnología Java para mapas tipo raster y vector. La versión arquitectura Cliente-Servidor, separa el mapa del vector del cliente, almacenadas en una base de datos de SQL. El browser debe ser compatible con JAVA. La versión Standalone publica mapas sin un servidor dedicado, archivos shapefiles o MapInfo MIF. Incluye filtración temporal, control avanzado de capas, índices centrales.
Map Guide	Open Source	Esta plataforma desarrolla y publica aplicaciones Web y servicios geoespaciales. Tiene un visualizador AJAX con un API de JavaScript, permite la selección de puntos, rectángulo, radios o polígonos. Despliega propiedades de los elementos seleccionados en un panel, soporta buffer de los rasgos, consulta de rasgos, herramientas de medida y soporte de impresión y ploteo. Mantiene una calidad cartográfica. Proporciona administración de datos mediante el manejo de XML, definición de fuentes de datos, proporciona un modelo de seguridad y manejo de metadatos. Acceso a los datos uniforme por medio de la tecnología Feature Data Objects (FDO). Seguimiento de los estándares Open Geospatial Consortium WMS y WFS.
Geoserver	Open Source	Conecta información a la Web. Posibilita la publicación y edición de datos utilizando estándares abiertos. Soporta WFS-T y WMS, protocolos abiertos de la OGC. Produce JPEG, PNG, SVG, KML/KMZ, GML, PDF, Shapefile, entre otros. Emplea Geotools.
Google Earth	Google Inc.	Buscador de escritorio, útil en las búsquedas en una base de datos de imágenes de satélite, mapas, terrenos y edificios 3D, conexión con el navegador GPS. KML es el formato de archivo de Google Earth. KMZ es un KML comprimido.
Google Maps	Google Inc.	Servicio Web que ofrece una tecnología cartográfica con búsquedas, arrastre de mapas, imágenes por satélite, trazo de rutas. Las imágenes se actualizan en periodo de uno a tres años, actualmente.

World Wind	NASA	Es una tecnología de visualización de datos geoespaciales de escritorio. Es posible ver imágenes de radar y satélite. Es desarrollado con Microsoft .NET, soporta estándares abiertos como XML y WMS. Las gráficas en Tiempo Real 3D son manejadas por DirectX. Existe otra versión desarrollada en lenguaje Java.
Pmapper	Open Source	Es un framework enfocado a la funcionalidad de las aplicaciones basadas en MapServer: DHTML, soporta varios navegadores Firefox, Netscape, IE y Opera. Proporciona funciones básicas, consultas, impresión HTML y PDF, medición, estilos en el despliegue de las leyendas y adición de puntos. Funciona con las plataformas Windows, Linux y MAC OS X.
Mapbender	Open Source	Es un portal y un administrador de servicios de la arquitectura OGC OWS. La tecnología que emplea es PHP, JavaScript y XML. Proporciona la autenticación y autorización de servicios, funcionalidad Proxy OWS, administración de interfaces, grupo y servicios de administración en cada proyecto.
Geonetwork	Open Source	Es una herramienta que permite compartir con eficacia recursos espaciales (mapas digitales, imágenes de satélite y su estadística relacionada, entre otros) a partir de la búsqueda de sus respectivos metadatos; Integra funciones de búsqueda, administración y publicación de metadatos utilizando los estándares del Comité Federal de Datos Geográficos (FGDC), ISO 19115 y Dublín Core perfil simple, junto con la posibilidad de descarga de archivos y visualización en mapas interactivos. Permite la creación y edición en línea a partir de plantillas, de otros metadatos y de archivos XML, cuenta con un esquema de seguridad basado en grupos, usuarios y permisos de los metadatos. Soporta diferentes fuentes de datos a través de JDBC (Java Database Connectivity) y a otros recursos como XML, Z39.50, CSW2, RSS, etc.
ArcGIS Server	Environmental System Research Institute (ESRI)	Es una solución integrada tipo servidor basada en un Sistema de Información Geográfica. Administra los datos geoespaciales para su extracción, verificación y replicación. Ofrece servicios de publicación Web y pueden emplearse a los clientes ArcGIS Explorer y Desktop. Permite la visualización de mapas en 2D y globos 3D. En el análisis espacial ofrece el análisis y geoprocésamiento de vectores y raster. Sincroniza procesos. Maneja tres versiones básica, estándar y avanzada.

SIG Móvil

ArcGIS Mobile	Enviromental System Research Institute (ESRI)	Permite a los desarrolladores el manejo centralizado, un alto rendimiento, aplicaciones SIG enfocadas para clientes móviles. Utiliza un kit de desarrollo de software (SDK). Existe el despliegue de mapas y navegación, soporte GPS y edición SIG.
ArcPad	Enviromental System Research Institute (ESRI)	Es un software para SIG móvil y aplicaciones de realización de mapas utilizando dispositivos móviles. ArcPad permite la captura, análisis y despliegue de la información geográfica.

Sistemas Administradores de Bases de Datos Geoespaciales o relacionados

IBM DB2 Spatial Extender V9/ DB2 Spatial Data Management Feature	IBM Inc.	Implementa Simple features para SQL, ISO SQL MM Part 3 - spatial. Maneja los tipos simples y operadores de la especificación OpenGIS. Crea índices 2D-grid. Soporta proyecciones y sistemas coordenados. Soporta la clusterización de datos geoespaciales. Plataforma de 64 bits, los formatos de intercambio son shapefile, WKT y WKB. Proporciona un pluin de conexión con GeoTools, Geoserver, uDig, DataWare house Edition Design Studio e Intelligent Miner. Maneja referencia lineal y algoritmos join espaciales.
MySQL 5.0	Open Source	Maneja SQL con tipos geométricos, excepto operadores espaciales de precisión. En los tipos de datos geoespaciales solo 2D y keys Rtree. Indexa sólo en 2D. Soporta clusterización parcial con NDB. Tiene algoritmos espaciales en forma parcial. Su formato de intercambio es SHP. Soportado en varias plataformas: Linux, HPUX, Solaris, AIX, Windows, FreeBSD, SCO, OpenServer e IBM MainFrames.
Oracle Database 10g Release 2 Enterprise Edition: Oracle Spatial y Oracle Locator	Oracle Inc.	Probado con SFSI; GML 2.0; OLS 1.1; SRS; WMS 1.1. Soporta todos los tipos de datos de SFSF, funciones LRS, manejo de proyecciones, almacenamiento 3D; tipos raster multibanda, multi sensor, georaster, etc. Maneja operadores espaciales, maneja soporte de sistemas coordenado 3D, geometría 3D, modelos TIN. Soporta la clusterización espacial. R-Tree y Quad-Tree es posible su implementación. Total soporte de la tecnología planar. La referencia lineal soporta 4D. Optimizado en el paralelismo, particionamiento de índices. Soporte en Linux, HPUX, Solaris, AIX, Windows, IBM MainFrames. Soporte por ESRI, AutoDesk, GeoMedia, MapInfo, etc. Admite GML 2.0 y GML 3.0, servicio OGC Open Location. Implementa el Geocoding.

PostGIS 1.2.1	OpenSource	<p>Certificado en SFSQL-TF 1.1, soporte de SQL/MM. Maneja formatos vectoriales OGC SFSQL. Soporta objetos curvos 2d y 3D en SQL/MM. Maneja tipos raster CHIP. Muchos operadores OGC, ST y PostGIS soportados. Los operadores raster solo de entrada y salida. Maneja índices espaciales 2d RTREE. Maneja todos los sistemas coordenadas EPSG. Soporte del modelo topológico SQL/MM, redes lineales. Realiza join espaciales usando índices operacionales, espaciales y atributos de optimización. El formato de intercambio de datos es de FME. Soporta GML, SVG y KML. Soporta plataforma de 64 bits. Tiene funciones estadísticas por el algoritmo PL/R. Soportado por una gran variedad de plataformas.</p>
ArcSDE	<p>Enviromental System Research Institute (ESRI)</p>	<p>Es un intermediario con un manejador de bases de datos. No es un modelo de base de datos relacional o de almacenamiento. Permite a los varios usuarios, leer y escribir a las geobases de datos. Es multiusuario. Administra edición, verificación, pérdidas, transacciones y versionamiento. Asegura la integridad de los datos y geometría raster. Soporta sistemas coordinados 3D y 4D. Curvas, sólidos, topologías, redes, anotaciones, metadatos, modelos de geoprocresamiento, mapas, capas, etc. También sirve conjunto de datos geoespaciales. Soportado en UNIX y Windows.</p>