

**ARQUITECTURA BASADA EN QoS PARA EL
DESCUBRIMIENTO DE SERVICIOS WEB GEOGRÁFICOS**



**Rafael Alberto Carrascal Reyes
Edwin Andrés Pachajoa Rodríguez**

Director
Msc(C) Ing. José Armando Ordóñez Córdoba

Universidad del Cauca
Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones
Departamento de Telemática
Popayán
2008

TABLA DE CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	1
1 EL RECURSO HÍDRICO Y SUS ANÁLISIS	3
1.1 RESUMEN.....	3
1.2 INTRODUCCIÓN.....	3
1.3 OBSERVACIONES HIDROLÓGICAS.....	4
1.3.1 Bioindicación o Análisis de Macroinvertebrados	6
1.3.1.1 Índices de evaluación	7
1.3.2 Físicoquímica Del Agua.....	8
1.3.2.1 Oxígeno disuelto	9
1.3.2.2 Gas carbónico disuelto.....	9
1.3.2.3 pH.....	9
1.3.2.4 Alcalinidad.....	9
1.3.2.5 Conductividad	10
1.3.2.6 Salinidad	10
1.3.2.7 Dureza	10
1.3.3 Indicadores de caracterización del agua.....	10
1.3.3.1 Índice de escasez.....	11
1.3.3.2 Índice de Calidad del Agua (ICA).....	11
1.3.3.3 Índice Diatómico General (IDG).....	11
1.3.3.4 Vulnerabilidad por disponibilidad de agua.....	12
1.4 HERRAMIENTAS DE GESTIÓN DEL RECURSO HÍDRICO.....	13
1.4.1 Sistemas de información hidrológica	13
1.4.1.1 WaterOneFlow Web Services	13
1.4.1.2 WATERSHEDSS.....	13
1.4.1.3 Water Resources Database WSDB	13
1.4.2 Servicios de procesamiento y análisis hidrológicos.....	13
1.4.2.1 HidroSIG	14
1.4.2.2 gvSIG.....	14
1.4.2.3 BASINS.....	14
1.4.2.4 Environmental Fluid Dynamics Code (EFDC).....	14
1.4.3 Modelos y metodologías para análisis hidrológicos.....	15
1.4.3.1 CALM.....	15
1.4.3.2 Ground and Surface Water Models.....	15
1.4.3.3 Water Quality Analysis Simulation Program (WASP).....	15

1.4.3.4	River and Stream Water Quality Model (QUAL2K).....	15
1.4.3.5	Aquatox.....	15
1.5	CONCLUSIONES	16
2	SERVICIOS WEB GEOGRÁFICOS.....	17
2.1	RESUMEN.....	17
2.2	INTRODUCCIÓN.....	17
2.3	INFRAESTRUCTURA DE DATOS ESPACIAL. (SDI, SPACIAL DATA INFRAESTRUCTURE)	18
2.3.1	Earth Science Data Interface (ESDI)	19
2.3.2	Infraestructura Mundial de Datos Espaciales (Global Spatial Data Infrastructure, GSDI) 19	
2.3.3	National Spatial Data Infrastructure (NSDI).....	21
2.3.4	Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales (ICDE).....	21
2.4	SERVICIOS WEB GEOGRÁFICOS.....	22
2.4.1	Integración de Servicios Web Geográficos	23
2.4.2	Plataforma Común de integración basada en XML	25
2.4.2.1	SOAP.....	26
2.4.2.2	WSDL.....	27
2.4.2.3	UDDI.....	30
2.5	COLECCIÓN DE PROTOCOLOS DE INTEROPERABILIDAD	31
2.6	ARQUITECTURA DE LOS SERVICIOS WEB OGC (OWS, OGC WEB SERVICES) 33	
2.6.1	Arquitectura de procesamiento de la OGC	34
2.6.2	La operación GetCapabilities.....	35
2.6.3	Manejo de servicios OWS basado en los protocolos de los Servicios Web convencionales.....	36
2.6.3.1	Perfil de Servicio OWS.....	37
2.7	COMPOSICIÓN DE SERVICIOS WEB GEOGRÁFICOS.....	37
2.8	CONCLUSIONES	39
3	QoS EN EL DESCUBRIMIENTO DE SERVICIOS WEB GEOGRÁFICOS.....	40
3.1	RESUMEN.....	40
3.2	QoS CALIDAD DEL SERVICIO.....	40
3.3	CRITERIOS DE CALIDAD EN SERVICIOS GEOGRÁFICOS.....	42
3.4	CALIDAD DE SERVICIO Y SU RELACIÓN CON LOS METADATOS.....	45
3.4.1	Metadatos de datos geográficos (ISO - 19115).....	48
3.4.2	Propuesta de ISO 19139.....	49
3.4.3	Metadatos de datos y servicios geográficos (ISO 19119).....	50
3.4.4	Normatividad Colombiana de Metadatos Geográficos	51

3.4.5	Gestión de Calidad para Servicios Hidrológicos.....	54
3.5	BÚSQUEDA Y DESCUBRIMIENTO DE SERVICIOS WEB	55
3.6	ARQUITECTURA DE UDDI	57
3.6.1	Proceso de registro de servicios en UDDI	59
3.6.2	Uso de categorizaciones.	61
3.6.2.1	Categorías Simples.	62
3.6.2.2	Agrupando Categorías.....	64
3.6.2.3	Categorización de un objeto: coordenadas geográficas.	66
3.7	BÚSQUEDA Y DESCUBRIMIENTO DE SERVICIOS WEB GEOGRÁFICOS.....	67
3.7.1	De Servicios Aislados a Infraestructuras de Datos Espaciales.....	67
3.7.2	Web Catalog Service (OGC-CSW).	68
3.7.2.1	Modelo General de la Interfaz del Catálogo.	69
3.7.2.2	Interfaces del Catálogo.....	70
3.8	REGISTRO ebXML.....	71
3.8.1	Especificaciones de ebXML.....	73
3.8.2	Características de ebXML.	73
3.8.3	Perfil Open GIS de ebXML.	74
3.9	CONCLUSIONES	76
4	ARQUITECTURAS DE LOS SIG DISTRIBUIDOS.....	77
4.1	RESUMEN.....	77
4.2	INTRODUCCIÓN	77
4.3	ARQUITECTURAS DE REFERENCIA PARA SIG DISTRIBUIDOS	78
4.3.1	Arquitectura OMG	78
4.3.2	Arquitectura OGC (OGC-RIM).....	80
4.3.3	Trabajos Relacionados.....	83
4.3.3.1	Arquitectura para el intercambio y manejo de información geotécnica distribuida. 84	
4.3.3.2	GEOSS (Global Earth Observation System of Systems).	86
4.4	DESCUBRIMIENTO DE SERVICIOS WEB UTILIZANDO ATRIBUTOS QOS	86
4.5	CONCLUSIONES	88
5	ARQUITECTURA PARA EL DESCUBRIMIENTO DE SERVICIOS WEB GEOGRÁFICOS BASADA EN QoS	89
5.1	RESUMEN.....	89
5.2	INTRODUCCIÓN	89
5.3	DOMINIO DE LA ARQUITECTURA.....	90
5.4	RESUMEN GLOBAL DE LA ARQUITECTURA PLANTEADA.....	92
5.5	REPRESENTACIÓN DE LA ARQUITECTURA PROPUESTA	94
5.5.1	Requerimientos de la Arquitectura.....	95

5.5.2	Vista Funcional.	96
5.5.3	Vista Física.	98
5.5.4	Vista Lógica.	99
5.5.5	Vista del Proceso.	102
5.6	CONCLUSIONES	104
6	PROTOTIPO DEL SISTEMA DE DESCUBRIMIENTO DE SERVICIOS WEB GEOGRÁFICOS	
	105	
6.1	RESUMEN.....	105
6.2	INTRODUCCIÓN	105
6.3	FRAMEWORKS PARA SERVICIOS GEOGRÁFICOS.....	106
6.3.1	MapServer.	106
6.3.2	GeoTools.	107
6.3.3	Deegree.	107
6.3.4	GeoNetwork Open Source.	108
6.4	CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO.....	108
6.4.1	Servicio de Metadatos.....	109
6.4.2	Descripciones de Calidad de Servicios.....	114
6.4.3	Lógica del Servicio.	118
6.4.3.1	Descubrimiento de Servicios.....	118
6.4.3.2	Registro de Servicios.....	119
6.4.3.3	Middleware de Metadatos.....	121
6.5	INTEGRACIÓN CON OTRAS APLICACIONES.....	123
6.6	CONCLUSIONES	127
7	EXPERIMENTACIÓN.....	128
7.1	EXPERIMENTACIÓN Y PRUEBAS.....	128
7.1.1	Entorno del Experimento.....	128
7.1.2	Ranking de Servicios.....	129
7.1.3	Simulación 1: ¿Los criterios de calidad mejoran el desempeño de las búsquedas de servicios geográficos de acuerdo a la utilidad que tengan en el contexto de aplicación?	130
7.1.3.1	Resultados del experimento.	132
7.1.4	Simulación 2: ¿Otorgar al usuario el control del descubrimiento permite escoger mejores Servicios?	135
7.1.4.1	Resultados del experimento.	137
7.2	CONCLUSIONES	138
8	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	139
8.1	CONTRIBUCIÓN DEL TRABAJO DE GRADO	139
8.1.1	Aportes del Metamodelo de Descripción de Datos.....	139
8.1.2	Aportes de la Arquitectura y el Modelo de Descubrimiento.	139

8.2	CONCLUSIONES	141
8.3	TRABAJO FUTURO.....	146
	BIBLIOGRAFÍA.....	147

LISTA DE FIGURAS

Figura 2-1 Conjunto de protocolos de los Servicios Web	25
Figura 2-2 Colección de Protocolos de Interoperabilidad.	31
Figura 2-3 Descripción Conceptual para Procesamiento Geográfico de la OGC.....	34
Figura 3-1 Diagrama conceptual para Gestión de Calidad de Servicios Hídricos.....	56
Figura 3-2 Estructura de UDDI.....	57
Figura 3-3 Relación entre WSDL y UDDI	61
Figura 3-4 Arquitectura Multicapa del Catálogo OGC	70
Figura 3-5 Diagrama de Clases del Modelo General del Catálogo OGC.....	71
Figura 3-6 Vista Simplificada de la Arquitectura de ebXML.....	72
Figura 3-7 Extension Packages	74
Figura 4-1 OMG Arquitectura para el Manejo de Objetos (OMA)	79
Figura 4-2 Plataforma de servicios SIG de OGC.....	81
Figura 4-3 Capas de Servicios en la Arquitectura OGC	82
Figura 4-4 Vista Simplificada de la Arquitectura de Servicios Web SIG.	83
Figura 4-5 Arquitectura GIME	85
Figura 5-1 Papel de los Metadatos para el Descubrimiento de Servicios OGC	90
Figura 5-2 Vista General del Dominio de la Arquitectura.....	91
Figura 5-3 Estructura General de la Arquitectura Propuesta.	92
Figura 5-4 Casos de Uso Importantes para la Arquitectura.....	97
Figura 5-5 Vista física de la Arquitectura utilizando UML.	99
Figura 5-6 Diagrama de paquetes de diseño.	100
Figura 5-7 Diagrama de clases del dominio.	101
Figura 5-8 Diagrama conceptual del proceso.....	102
Figura 5-9 Diagrama de actividades de los procesos soportados por la arquitectura del catálogo.....	103
Figura 6-1 Elementos de metadatos mínimos según la norma NTC 4611.....	111
Figura 6-2 Perfil de Implementación NTC6411 para el Nivel 1 de Conformidad.....	113
Figura 6-3 Entidades del Esquema de Calidad para Servicios Geográficos.....	116
Figura 6-4 Secuencia de búsqueda	118
Figura 6-5 Interfaz del catalogo para búsqueda de Servicios.....	119
Figura 6-6 Secuencia de Registro.....	120
Figura 6-7 GUI para ingreso de Servicios	121

Figura 6-8 Secuencia de manejo de metadatos	122
Figura 6-9 Mensajes propuestos por OGC Catalog.....	125
Figura 6-10 Modulo de integración.....	126
Figura 7-1 Búsqueda de solo funcionalidad	132
Figura 7-2 Resultado de la búsqueda con un atributo de calidad dominante.....	133
Figura 7-3 Búsqueda con dos atributos de calidad dominantes	134
Figura 7-4 Búsqueda con tres criterios de calidad dominantes	135
Figura 7-5 Grafica de la valoración de servicios para los casos de pruebas	137

LISTA DE TABLAS

Tabla 2-1 Elementos de la Especificación WSDL	29
Tabla 3-1 Conjunto de atributos del perfil de QoS.....	43
Tabla 3-2 Componentes que conforman una Infraestructura de Datos Espaciales	68
Tabla 6-1 Elementos del modelo de metadatos	113
Tabla 6-2 Elementos del modelo de metadatos	115
Tabla 6-3 Operaciones propuestas para la implementación.....	126
Tabla 7-1 Características de Calidad de los Servicios Prueba	130
Tabla 7-2 Valores para los Criterios de Calidad.....	131
Tabla 7-3 Atributos de Calidad Dominantes utilizados en la prueba.....	131
Tabla 7-4 Características de Calidad de los Servicios	136
Tabla 7-5 Valores de los atributos.....	136

GLOSARIO DE TÉRMINOS

API	Application Programming Interface
ASTM	American Society for Testing and Materials
BASINS	Better Assessment Science Integrating Point and Nonpoint Sources
BMWP	Biological Monitoring Working Party
CALM	Consolidated Assessment and Listing Methodology
CORBA	Common Object Request Broker Architecture
CUAHSI	Consortium of Universities for the Advancement of Hydrologic Science
DAO	Data Access Object
DCOM	Distributed Component Object Model
DTD	Document Type Definition
ebXML	Electronic Business eXtensible Markup Language
EFDC	Environmental Fluid Dynamics Code
EJB	Enterprise Java Beans
EPA	Environmental Protection Agency
ESDI	Earth Science Data Interface
FGDC	Federal Geographic Data Committee
GLCF	Global Land Cover Facility
GML	Geography Markup Language
GSDI	Global Spatial Data Infrastructure
HIS	Hydrologic Information Systems
ICA	Índice de Calidad del Agua
ICDE	Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales
IDEAM	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia
IDG	Índice Diatómico General
IDL	Interface Description Language
IGAC	Instituto Geográfico Agustín Codazzi
IME	ISO Metadata Editor
INSPIRE	Infrastructure for Spatial Information in Europe
ISO	International Standards Organization
JSF	Java Server Faces
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NSDI	National Spatial Data Infraestructura
NTC	Norma Técnica Colombiana
OCSW	OGC Catalog Services for the Web
OGC	Open Geospatial Consortium
OMA	Object Management Architecture
OMG	Object Management Group
OMM	Organización Meteorológica Mundial
OWS	OGC Web Services
P2P	Peer to Peer

POJOS	Plain Old Java Objects
QoS	Quality of Service
QUAL2K	River and Stream Water Quality Model
RIM	Registry Information Model
SDI	Spatial Data Infraestructure
SIG	Sistema de Información Geográfica
SIRA	Sistema Regional del Agua
SLD	Styled Layer Descriptor
SOA	Service Oriented Architecture
SOAP	Simple Object Access Protocol
SOS	Satellite Observing Systems
SVG	Scalable Vector Graphics
UDDI	Universal Description, Discovery and Integration
UMN	Universidad de Minnesota
W3C	World Wide Web Consortium
WASP	Water Quality Analysis Simulation Program
WCS	Web Coverage Service
WFS	Web Feature Service
WMC	Web Map Context
WMS	Web Map Service
WSDL	Web Services Description Language
XML	Extensible Markup Language
XSLT	Extensible Stylesheet Language Transformations

INTRODUCCIÓN

La preservación del medio ambiente debería ser una de las mayores preocupaciones de la humanidad en la actualidad, y con mayor razón en los países de mayor biodiversidad y riqueza de recursos como es el caso de Colombia. Ésta preocupación debería motivar acciones de todos los actores del país y en especial las universidades, cuyos grupos de investigación estarían en capacidad de contribuir en el diseño de políticas e instrumentos para protegerlos y utilizarlos de manera sostenible, con independencia de su área de conocimiento, dado que este es un tema que reclama y favorece el trabajo interdisciplinario.

El Grupo de Ingeniería Telemática ha venido trabajando durante varios años junto con el Grupo de Estudios Ambientales de la Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y de la Educación en un programa de investigación denominado ARIADNA, con el propósito de dar solución a estos problemas y brindarles soluciones soportadas en el uso de las tecnologías de la información y las comunicaciones. Dentro del proyecto se desarrolló una plataforma, centrada en la resolución de heterogeneidades de la información geográfica, que permite compartir los datos entre las instituciones; sin embargo, en su primera fase, la plataforma no permite compartir servicios de geoprocésamiento. Por otro lado, actualmente el Grupo de Estudios Ambientales de la Universidad del Cauca, trabaja en el proyecto “SIRA- Sistema integrado de información sobre el recurso Agua”, con el apoyo de la Vicerrectoría de Investigaciones y COLCIENCIAS, que propende por el desarrollo de una herramienta informática para el soporte a las actividades de gestión integral del recurso hídrico.

La formulación de esta propuesta se realiza desde un profundo conocimiento de los organismos, procedimientos y herramientas relacionados con la gestión ambiental y de los problemas que los afectan, y para su desarrollo se utilizarán tecnologías avanzadas en campos como la interoperabilidad de aplicaciones, los sistemas distribuidos y los SIG.

En esta propuesta se conjugan dos elementos que son difíciles de juntar: la pertinencia regional y el desarrollo de tecnologías avanzadas. Los resultados conseguidos hasta

ahora por el programa han llamado la atención en diferentes instancias del gobierno y la academia, y se espera que este proyecto permita consolidarlo e impulsarlo.

Debido a que la capacidad de procesamiento y transporte de datos se ha venido incrementando en las últimas décadas, ha sido posible construir Sistemas de Información Geográfica de gran complejidad y mejores prestaciones. Desde finales de los 90 los esfuerzos de los organismos internacionales de estandarización geográfica se han concentrado en el desarrollo de nuevas tecnologías y especificaciones que permitan el uso de información geográfica sobre Internet para posibilitar la generalización del uso de sistemas de este tipo. En este contexto, las compañías líderes en el tratamiento de información geográfica como ESRI, Intergraph, Autodesk, etc. han planteado alternativas propietarias para llevar los SIG a Internet con gran éxito.

Dado que la arquitectura y formato de datos que maneja cada sistema de información geográfica son propietarios, las compañías privadas junto con los estamentos gubernamentales mundiales han decidido plantear una nueva especificación abierta en el seno del OGC, que permita operar en conjunto Sistemas de Información Geográfica en el marco de los Servicios Web, con lo cual se pretende hacer realidad el paradigma de diseño de sistemas geográficos orientados al servicio.

Uno de los objetivos del paradigma orientado al servicio, es realizar encadenamiento semi o automático de servicios mediante su composición, en este sentido, la búsqueda, descubrimiento y selección de servicios juega un papel fundamental. La composición de servicios involucra otras tareas, y la complejidad que presentan en el ámbito geográfico es aún motivo de investigación por parte de los comités internacionales, por esta razón este trabajo se centra en la búsqueda y descubrimiento.

1 EL RECURSO HÍDRICO Y SUS ANÁLISIS

1.1 RESUMEN

Este capítulo ofrece al lector una visión general sobre algunos estudios biológicos, físicos y químicos para la gestión del recurso hídrico. La orientación hacia la gestión hídrica es tomada simplemente como caso de estudio y aplicación para el presente trabajo de investigación, en general la arquitectura propuesta es abierta y aplicable en cualquier contexto con relación a los servicios web geográficos, con los ajustes necesarios.

Como sucede en muchos otros contextos, las instituciones ambientales involucradas en la gestión de estudios y análisis sobre los recursos hídricos actualmente trabajan de forma independiente y con herramientas de software propietario, manejan sus propios tipos de datos y formatos, creando fuertes barreras para que otros actores consulten los resultados de sus estudios, análisis o solamente tengan acceso a sus datos geográficos, en este escenario se ve la necesidad de estandarizar las interfaces de acceso a la información, ofreciendo una alternativa tecnológica para disminuir éstas barreras.

El capítulo se divide en dos partes, la primera realiza una revisión general del estado del arte sobre las herramientas conceptuales para la evaluación de recursos hídricos - tipos de análisis y la segunda recopila algunas de las principales herramientas tecnológicas como: sistemas de información, servicios de procesamiento, análisis, modelos y metodologías, para la gestión del recurso.

1.2 INTRODUCCIÓN.

El agua es fundamental para el desarrollo de las actividades humanas, tanto desde un punto de vista social como económico y por ende se ha constituido en uno de los pilares del progreso, sin embargo, el uso que se le ha dado al agua (ríos, lagos, lagunas, acuíferos, etc.) está irremediablemente asociado al deterioro importante de los mismos. Esto ha llevado a la elaboración de modelos de gestión del recurso hídrico que no sólo

consideren la satisfacción de las demandas del recurso sino que también contemplen la calidad del mismo. (UNESCO, 2006)

Cuando un hidrólogo estudia cuencas, arroyos o acuíferos, necesita recopilar información pertinente y relevante de precipitación, caudal, niveles de agua subterránea, clima y calidad de agua. En Colombia esta información es manejada por instituciones como el IDEAM¹, IGAC², Corporaciones Autónomas Regionales, Parques Naturales, etc. Cada institución tiene su forma particular de mantener y presentar la información. Como resultado, si un investigador o un hidrólogo necesitan consultar estas fuentes de información requiere realizar un trabajo previo de exploración para, posteriormente, construir diferentes operaciones que posibiliten su acceso. En la medida en que se sistematicen dichas operaciones, se logrará eficiencia en el proceso, esto implica una gran responsabilidad garantizar que sean realizadas de forma adecuada y con calidad. (Frers, 2007)

El presente capítulo describe los principales procesos de análisis orientados al manejo del recurso hídrico, que serán usados para generar y explicar el modelo de calidad. Finalmente se hace una recopilación de diferentes herramientas software desarrolladas con base en arquitecturas orientadas a servicios geográficos y la gestión hidrológica. Se organiza de la siguiente forma; la sección *observaciones hidrológicas* contiene una descripción de los análisis biológicos, físicos y químicos importantes para el estudio del agua y la sección *herramientas de gestión del recurso hídrico* recopila aplicaciones software existentes orientadas a la gestión hidrológica.

1.3 OBSERVACIONES HIDROLÓGICAS.

Los complejos procesos naturales, físicos, químicos y biológicos resultantes de la interacción entre las diferentes esferas (hidrosfera, atmósfera, litosfera, biosfera y antroposfera) y que forman parte integral de ciclo hidrológico, son la base para avanzar en el conocimiento y producción de la información que permita interpretar estos procesos.

¹ IDEAM. Estudio Nacional del Agua. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales

² IGAC. Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

Las dinámicas, el estado, la cuantificación y calidad del recurso hídrico en el país, teniendo en cuenta su variación tanto espacial como temporal, los cambios globales en el medio natural y la incidencia de las diferentes actividades humanas son el modelo que sirve de base para el estudio del medio ambiente desde la óptica de la hidrología. *(Minambiente, 2007)*

Instituciones como el IDEAM y dentro de él la Subdirección de Hidrología *(IDEAM, 2007)* lleva a cabo acciones de recolección y medición de datos hidrológicos, así como el control de calidad de los mismos basada en estándares propuestos y validados internacionalmente por organismos como ISO³, ASTM⁴, OMM⁵ y EPA⁶.

Una buena captura de datos debe cumplir con características como: consistencia en las colecciones de datos con nomenclaturas variadas y complejas, unificación en el formato de los datos, simplificación y libre acceso a repositorios y datos. *(IDEAM, 2006)*

Se distinguen dos tipos de datos, los recolectados en las salidas de campo y los generados en los laboratorios. Los datos que se capturan o generan son consignados en formularios específicos para luego ser llevados a una base de datos y garantizar la confidencialidad, objetividad e integridad de los mismos.

El tratamiento general de los datos geográficos lleva a cabo las siguientes actividades: *(Vargas, 2004)*

- Verificación del identificador de sitio y ubicación.
- Verificación de la coherencia en la magnitud y unidades de expresión de las variables medidas.
- Verificación de cálculos para generación de resultados intermedios.
- Verificación de criterios de calidad de los datos.
- Verificación de la correcta transcripción a bases de datos.

³ International Organization for Standardization

⁴ American Society for Testing and Materials

⁵ Organización Meteorológica Mundial

⁶ Environmental Protection Agency

- Verificación de la seguridad en el caso de procesos informáticos.

En el caso específico de los análisis hidrológicos, existe una serie de actividades, que son: (Gómez, 2004)

- Evaluar históricamente el caudal y los registros climáticos.
- Coleccionar datos de caudales para evaluar la variabilidad espacial y temporal de flujos.
- Evaluar el impacto potencial de las extracciones de agua subterránea y los desvíos de agua superficial.
- Coleccionar y evaluar parámetros auxiliares de calidad de agua desde las vertientes más pequeñas.
- Coleccionar y evaluar los datos de calidad del agua.
- Desarrollar recomendaciones para mejorar las condiciones de calidad del agua en cuencas y hacer balances ante las exigencias de ecosistemas acuáticos con fuentes de agua que las poblaciones necesiten.
- Colectar, procesar, analizar y pronosticar los datos sobre la cantidad y calidad de las aguas para reconocer su estado y nivel debido a procesos naturales e impacto por actividad antrópica.

Con base en las observaciones anteriores y dado que la calidad es un factor fundamental en los estudios hidrológicos, a continuación se detallan los métodos utilizados para analizar el estado de calidad de fuentes hídricas.

1.3.1 Bioindicación o Análisis de Macroinvertebrados

El biomonitoreo, conocido también como “Monitoreo Biológico”, permite determinar la calidad de un cuerpo de agua con base en los artrópodos presentes. Se pueden utilizar organismos acuáticos como indicadores, pero se recomienda el uso de invertebrados, puesto que hay bastante conocimiento para su interpretación biológica y ecológica. Los macroinvertebrados son usados como indicadores porque su periodo de vida es lo suficientemente largo como para ser afectados por las condiciones de la calidad de agua. Además, están relativamente inmóviles; tienden a formar comunidades características que

se asocian con condiciones físicas y químicas muy particulares y fáciles de coleccionar. (Gutiérrez, 2004).

Un indicador biológico acuático es considerado como aquel cuya presencia y abundancia señala el estado del sistema en el cual habita, en especial si lo que se busca es el manejo del recurso hídrico. Un contaminante o cualquier otro evento particular que perturbe las condiciones iniciales de un sistema acuático provocarán una serie de cambios en los organismos, cuya magnitud dependerá del tiempo que dure la perturbación, su intensidad y su naturaleza. La acción puede ser indirecta (cambios en el medio) o directa (ingestión o impregnación). (Pinilla, 1998)

1.3.1.1 Índices de evaluación

Los índices más importantes con los cuales se puede realizar análisis de bioindicación son:

Índice de diversidad de Shannon Weaver: mientras más uniforme es la distribución de especies que componen la comunidad, mayor es el valor. (Muñoz, 2005)

$$H' = - \sum \frac{n_i}{N} \ln(n_i/N)$$

n_i = Número de individuos por especie

N = Número total de individuos

\ln = logaritmo natural

El índice de diversidad oscila entre 0.0 y 5.0 y se interpreta de la siguiente manera:

0.0 – 1.5	Baja diversidad	alta contaminación
1.6 – 3.0	Mediana diversidad	mediana contaminación
3.1 – 5.0	Alta diversidad	baja contaminación

Índice de calidad BMWP: En 1970 el Biological Monitoring Working Party (BMWP) estableció en Inglaterra un método simple de puntaje para todos los grupos de

macroinvertebrados identificados hasta nivel de familia y que requiere solo datos cualitativos (presencia / ausencia). El puntaje va de 1 a 10 de acuerdo con su tolerancia a la contaminación orgánica. Las familias más sensibles reciben una puntuación de 10; en cambio las más tolerantes a la contaminación reciben una puntuación de 1. Familias intolerantes a la contaminación tienen puntajes altos y las tolerantes puntajes bajos. (Burbano, 2006a)

$$BMWP = \sum_{i=1}^n A_i$$

Donde, A_i son las variables elegidas para el estudio.

Los organismos de la muestra recolectada son identificados taxonómicamente a nivel de familia, se asigna el puntaje correspondiente a cada familia y mediante la sumatoria se obtiene el valor del índice BMWP. El índice solo permite obtener puntuaciones para comparar situaciones de calidad pero no para emitir juicios respecto de la misma. En Colombia diferentes estudios adecuaron el sistema BMWP, con la finalidad de apropiarse las metodologías de trabajo de campo en el análisis de calidad de agua. (Pinilla, 1998)

1.3.2 Físicoquímica Del Agua

Efecto que se deriva de la penetración lumínica y por consiguiente de la cantidad de energía calórica absorbida por el cuerpo de aguas naturales. El aspecto térmico de un ecosistema acuático es importante considerarlo puesto que incide en características físicas como: densidad del agua, solubilidad de gases, reacciones químicas y en procesos biológicos como por ejemplo: distribución de poblaciones, migraciones y procesos de degradación de materia orgánica. (Vasquez, 2001)

Normalmente la temperatura disminuye en función de la profundidad. Los niveles de estratificación térmica influyen tanto en los ciclos físicos y químicos de las aguas como en los procesos que se llevan a cabo en los ecosistemas acuáticos.

1.3.2.1 Oxígeno disuelto

Es uno de los gases más importantes en la dinámica y caracterización de sistemas acuáticos. La difusión del oxígeno en un ecosistema acuático se lleva a cabo por la circulación y movimiento del agua provocados por diferencia de densidad en las capas de agua y los vientos. Otra fuente de oxígeno es la fotosíntesis, generalmente en ecosistemas acuáticos de tipo léntico. (*Burbano, 2006a*)

El volumen de oxígeno disuelto depende de tres factores fundamentales: la temperatura, la presión parcial de gases atmosféricos y la concentración de las sales disueltas (salinidad).

1.3.2.2 Gas carbónico disuelto

Es el segundo gas en importancia presente en el agua. Se genera por la descomposición de la materia orgánica, la respiración de animales y plantas y las lluvias. La lluvia arrastra consigo el gas carbónico presente en la atmósfera aumentando la concentración del mismo en los cuerpos de aguas naturales.

Su concentración en el agua está influenciada por procesos fotosintéticos, procesos de respiración y descargas de materia orgánica que elevan los valores hasta concentraciones que afectan el ecosistema acuático. (*Roldan, 1992*)

1.3.2.3 pH

Para el ecosistema acuático el pH fisiológico óptimo está entre 7.0 – 7.4. Las reacciones biológicas como la fotosíntesis, tienden a disminuir la concentración de gas carbónico, aumentando los valores de pH. Actividades como la respiración, la degradación de materia orgánica y en general las reacciones químicas que se presentan en el agua elevan la concentración del gas carbónico, disminuyendo los valores de pH. (*Roldan, 1992*)

1.3.2.4 Alcalinidad

Es la capacidad del agua para neutralizar ácidos. El concepto de alcalinidad denota las formas en las cuales se encuentra el dióxido de carbono en el agua. Determina la

capacidad del ecosistema para mantener procesos biológicos. Las aguas que poseen valores altos de alcalinidad resisten mejor los cambios drásticos de pH, por consiguiente son aptas para el desarrollo normal del ecosistema acuático. (Roldan, 1992)

1.3.2.5 Conductividad

Mide la resistencia de una solución al flujo eléctrico, la conductividad incrementa su valor con la disminución del contenido de sales. (Roldan, 1992)

Proporciona una idea aproximada del estado de un ecosistema acuático en factores como: actividad iónica, diversidad biótica, balance hídrico, procesos de descomposición de materia orgánica y contaminación. Valores habituales son: 50 microsiemens ($\mu\text{s}/\text{cm}$) o menos en aguas muy puras y de 500 a 1000 $\mu\text{s}/\text{cm}$ para aguas fuertemente mineralizadas.

1.3.2.6 Salinidad

Concentración total de componentes iónicos como carbonatos, cloruros, sulfatos, fosfatos y nitratos; se encuentran combinados con calcio, sodio, potasio, hierro y magnesio, formando sales ionizables. (Roldan, 1992)

1.3.2.7 Dureza

Está definida por la cantidad de iones de calcio y magnesio presentes en el agua. Las aguas con valores bajos de dureza se llaman “blandas” y son biológicamente poco productivas. Aguas con valores altos de dureza se denominan “duras” y usualmente favorecen al desarrollo del ecosistema. (Roldan, 1992)

1.3.3 Indicadores de caracterización del agua

La calidad del agua es un factor determinante para estimar la disponibilidad del recurso y el rango de sus posibles usos. Sólo recientemente se ha avanzado en el diseño de políticas, programas y proyectos orientados a corregir la situación de los acueductos del país. Los principales indicadores que caracterizan el recurso hídrico son:

1.3.3.1 Índice de escasez.

Relación porcentual entre la oferta y la demanda de agua que ejercen en su conjunto las actividades sociales y económicas para su uso y aprovechamiento. (Rivera, et. al., 2004).

$$I_e = \frac{D}{O_n} \times 100\%$$

D - Demanda de agua

O – Oferta hídrica superficial neta

1.3.3.2 Índice de Calidad del Agua (ICA).

Agrupar de manera simplificada algunos parámetros físico-químicos entre ellos: oxígeno disuelto, conformes totales, nitratos, cloruros y fosfatos; que indican el deterioro de la calidad del agua, comunicando y evaluando la calidad de los cuerpos de agua. (Burbano, 2006b)

$$ICA = \sum_{i=1}^n S_i W_i$$

S – variable

W – Peso de la variable

1.3.3.3 Índice Diatómico General (IDG)

El principio de este índice es el mismo que para los índices bióticos y viene referido para todos los ecosistemas de agua dulce. Se calcula mediante una fórmula que relaciona la sensibilidad a la polución, el valor indicativo de la especie y la Abundancia. (Burbano, 2006a)

$$IDG = \frac{\sum_{j=1}^n A_j S_j V_j}{\sum_{j=1}^n A_j V_j}$$

S - sensibilidad a la polución V - Valor indicativo de la especie
A - abundancia

1.3.3.4 Vulnerabilidad por disponibilidad de agua.

Se define como indicador cualitativo del grado de fragilidad del sistema hídrico para el abastecimiento y la amenaza de sequía cuando se presenta condiciones hidroclimáticas medias y extremas.

1.4 HERRAMIENTAS DE GESTIÓN DEL RECURSO HÍDRICO

A continuación se hace una recopilación de diferentes herramientas software desarrolladas con base en arquitecturas orientadas a servicios geográficos y la gestión hidrológica.

1.4.1 Sistemas de información hidrológica

1.4.1.1 WaterOneFlow Web Services

Es el componente principal de Sistemas de Información Hidrológica (HIS – Hydrologic Information Systems) desarrollados por el Consorcio de Universidades para el Avance de las Ciencias Hidrológicas (CUAHSI – Consortium of Universities for the Advancement of Hydrologic Science), el cual tiene como objetivo la integración de datos y software para dar soporte al manejo de información hídrica y facilita la recuperación de datos de observaciones hidrológicas. Actualmente existen a nivel mundial varios proveedores de información hidrológica a través de Internet, sin embargo, cada uno utiliza metodologías y formatos propios para el acceso y salida de datos. Este servicio provee una metodología y formato de entrada y salida común para el manejo de la información. (*Whiteaker, 2006*)

1.4.1.2 WATERSHEDSS

Sistema de soporte para toma de decisiones en el manejo de cuencas hidrográficas basado en la Web. (*EPA, 2007i*)

1.4.1.3 Water Resources Database WSDB

Es un sistema de almacenamiento de datos capaz de manejar grandes cantidades de datos y diversos tipos de información que son presentados en tablas, graficas y reportes en texto. (*EPA, 2007h*)

1.4.2 Servicios de procesamiento y análisis hidrológicos

1.4.2.1 HidroSIG

Herramienta útil en estudios de hidrología. Tiene funciones y comandos que optimizan y reducen procesos y además coincide con una amplia base de datos hídrica y climatológica del país. Su facilidad para trabajar modelos digitales de terreno, mapas en dos y tres dimensiones hacen de este un elemento de gran ayuda para la aplicación de modelos de balance hídrico. Sin embargo este paquete computacional aun se encuentra en desarrollo y las versiones disponibles son de prueba, por lo cual por ahora no es una herramienta cien por ciento confiable y es posible que contenga algunos errores que afecten el resultado final. (*Hidrosig, 2007*)

1.4.2.2 gvSIG

Diseñada específicamente para la hidrología, presta servicios relacionados, maneja información geográfica con precisión cartográfica, fácil de usar y de libre distribución. Permite acceder información vectorial y ráster⁷ e implementa Servicios Web Geográficos. (*gvSIG, 2007*)

1.4.2.3 BASINS

Better Assessment Science Integrating Point and Nonpoint Sources. Sistema de análisis ambiental multipropósito para entes regionales o estatales que realiza estudios de cuencas y calidad de agua. (*EPA, 2007b*)

1.4.2.4 Environmental Fluid Dynamics Code (EFDC).

Sistema que simula modelos hidrodinámicos para ambientes acuáticos en una, dos y tres dimensiones. (*EPA, 2007g*)

7 Ráster: estructura o fichero de datos que representan generalmente una rejilla rectangular de pixeles o puntos de color.

1.4.3 Modelos y metodologías para análisis hidrológicos.

1.4.3.1 CALM

Consolidated Assessment and Listing Methodology. Provee un esquema de trabajo que los estados de la unión norteamericana utilizan para recolectar y usar datos de calidad de agua e información para toma de decisiones ambientales. *(EPA, 2007a)*.

1.4.3.2 Ground and Surface Water Models.

Software con soporte en bases de datos diseñado para cuantificar los niveles de contaminación en lagos, lagunas, ríos y aguas marinas. *(EPA, 2007c)*.

1.4.3.3 Water Quality Analysis Simulation Program (WASP).

Ayuda a los usuarios a interpretar y predecir las respuestas de calidad del agua frente a fenómenos naturales o los producidos por el hombre. *(EPA, 2007d)*.

1.4.3.4 River and Stream Water Quality Model (QUAL2K).

Simula flujos y calidad de agua para ríos y cuencas. Soporta componentes de calidad como: temperatura, coliformes, nitrógeno, algas, demanda de oxígeno bioquímico y disuelto. *(EPA, 2007e)*.

1.4.3.5 Aquatox.

Sistema para modelar ambientes acuáticos, predice el impacto de agentes contaminantes tales como: nutrientes y químicos orgánicos, en peces, invertebrados y plantas acuáticas. *(EPA, 2007f)*

1.5 CONCLUSIONES

La mayoría de sistemas de información hidrológica en el mundo pertenecen a grupos de investigación de universidades, los cuales ofrecen al usuario versiones incompletas pero de carácter libre y abierta para recoger aportes de los investigadores en el mundo. Entre los servicios de procesamiento de información geográfica se encuentran HydroSIG y gvSIG los cuales optimizan los resultados de estudios hidrológicos, sin embargo su desarrollo sigue en investigación lo cual los hace menos precisos en algunos componentes. Los modelos y metodologías de análisis hidrológico consultadas poseen una gran variedad de funcionalidades soportadas en bases de datos especializadas con el fin de mejorar la toma de decisiones ambientales.

2 SERVICIOS WEB GEOGRÁFICOS

2.1 RESUMEN

El capítulo anterior presentó en primer lugar una observación general acerca de los recursos hídricos y tipos de análisis y en segundo lugar una recopilación de las principales herramientas tecnológicas como: sistemas de información, servicios de procesamiento, análisis, modelos y metodologías, para la gestión del recurso hídrico. En este capítulo se hará un recuento de los avances en materia de Sistemas de Información Geográfica, su salto a Internet, origen y visión de los organismos de estandarización como la ISO y OGC, los estándares y especificaciones que estos entes han producido, así como los fundamentos de la infraestructura de datos espaciales. También se sustentará el uso de los servicios Web sobre otras tecnologías como DCOM, CORBA, Agentes Móviles; este capítulo servirá de base para la definición de la arquitectura que se presenta en el capítulo cinco.

Este capítulo se organiza de la siguiente manera: inicialmente se estudia y explica el concepto de Infraestructura de Datos Espaciales y las principales instituciones que desarrollan proyectos afines, luego se expone la pertinencia de los Servicio Web Geográficos y su relación con algunas plataformas de desarrollo actuales y finalmente una revisión sobre la arquitectura de servicios web geográficos, el manejo y composición de servicios.

2.2 INTRODUCCIÓN

En el transcurso de los últimos 15 años, el rol de los sistemas de información geográfica ha cambiado sustancialmente. Inicialmente su uso estaba confinado a proveer acceso a colecciones de mapas e imágenes, pero en la década pasada, surgen las primeras iniciativas académicas para proveer acceso a estas colecciones digitales de datos geospaciales mediante el uso de Internet (*Morris, 2006*). Por el año 2000, los servidores de mapas proliferaron, caracterizándose por mantener islas de datos locales y

centralizados, sin la capacidad para realizar operaciones en conjunto como, por ejemplo, análisis consolidados para una ubicación común en particular.

Como respuesta a la falta de mecanismos para operación en conjunto de sistemas y servicios geográficos, surgen varias iniciativas creadas en el núcleo de las organizaciones dedicadas al desarrollo de estándares para servicios geoespaciales. El OGC y el comité TC211 de la ISO, empezaron a generar recomendaciones y algunos avances fueron perfilados, dando como resultado la especificación denominada WMS 1.0 (Web Map Server) adoptada oficialmente en el año 2000 por estas organizaciones. Esta especificación vendría a ser la primera iniciativa que tiene el objetivo de llevar el servicio de mapas a Internet, de forma estandarizada. Como trabajo previo, habían sido desarrolladas especificaciones que funcionan en las plataformas de computación distribuida DCOM (OGC, 1994a) y CORBA (OGC, 1994b), en las que se definen la operación en conjunto de sistemas e intercambio de datos de manera remota.

En el último año, con la popularización del paradigma de la Arquitectura Orientada al Servicio (Service Oriented Architecture, SOA) y de los Servicios Web, diversas entidades tanto públicas como privadas han desarrollado servicios y aplicaciones Web que posibilitan acercar los servicios geográficos a los usuarios de Internet (Tu y Abdelguerfi, 2006). Estas iniciativas, aunque son concebidas de forma independiente, no existen por si solas, pues parten de la existencia de un framework que estandariza la forma en que se describe la información georeferenciada el cual provee los “ladrillos” a partir de los cuales se construye una infraestructura informática geoespacial que se conoce como Infraestructura de Datos Espacial (SDI, Spatial Data Infrastructure) (Walsh, 2007).

2.3 INFRAESTRUCTURA DE DATOS ESPACIAL. (SDI, SPACIAL DATA INFRAESTRUCTURE)

Una SDI está constituida de información geográfica. En otras palabras, se compone de información que describe un objeto, con base en su posición y espacio físico (Alameh, 2003). Los investigadores e ingenieros de software especializados alrededor del mundo, crearon el concepto de SDI para definir el suministro y acceso a colecciones de datos y servicios espaciales mediante el uso de tecnologías Internet estándar en el que se incluye

metadatos descriptivos y especificaciones de uso a nivel regional, nacional o internacional (*Groot y McLaughil, 2000*). Así por ejemplo, a nivel de Colombia existe la Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales (ICDE) así como en los Estados Unidos está la Infraestructura de Datos Federal (FGDC). A nivel mundial existen dos SDI's: el Earth Science Data Interface (ESDI) y la Global Spatial Data Infrastructure (GSDI), que difieren por su enfoque como se detalla en las secciones siguientes.

2.3.1 Earth Science Data Interface (ESDI)

Este proyecto de la NASA y la Universidad de Meryland tiene como visión permitir el acceso a datos científicos mundiales y sus productos derivados para ayudar en el entendimiento de los sistemas ambientales mundiales (*GLCF, 2007*). La ESDI está en el marco del proyecto Global Land Cover Facility (GLCF), y es la interfaz electrónica de los productos que este genera.

Los productos que se pueden obtener mediante la ESDI son utilizados, es su mayoría, por usuarios de las comunidades científica y ambiental, como ecólogos, climatólogos y conservacionistas así como profesionales dedicados a la gestión y regulación ambiental. Esto porque la información aquí contenida se enfoca hacia el análisis de los cambios que se presentan en la superficie terrestre que incluye vegetación, ríos, geología y otras características antropogénicas visibles.

2.3.2 Infraestructura Mundial de Datos Espaciales (Global Spatial Data Infrastructure, GSDI)

Promueve la colaboración internacional para soportar el desarrollo de infraestructuras de datos a nivel local, nacional o internacional, que permitan a los países gestionar sus recursos sociales, económicos y ambientales de la mejor forma posible. Frecuentemente, las agencias gubernamentales necesitan respuestas rápidas a desastres naturales, accidentes industriales y crisis ambientales y gran parte de la información necesaria para tomar decisiones se basa en la geografía. El problema es que estos datos son,

generalmente, difíciles de conseguir porque son costosos, no tienen la calidad adecuada o están en formatos o plataformas incompatibles.

La definición oficial de la GSDI es la siguiente:

"La Infraestructura Mundial de Datos Espaciales apoya el acceso global y público a la información geográfica. Esto se logra a través de acciones coordinadas entre países y organizaciones que promueven la sensibilización e implementación de políticas afines, la estandarización y los mecanismos efectivos para el desarrollo, accesibilidad e interoperabilidad de datos geográficos digitales y tecnologías, como base para la toma de decisiones en todas las escalas y con múltiples propósitos. Estas acciones comprenden entonces a las políticas, la gestión organizacional, los datos, las tecnologías, los estándares, los mecanismos de transmisión, y los recursos humanos y financieros necesarios para asegurar, que quienes trabajan en los niveles global y regional, no encuentren impedimentos para cumplir sus objetivos." (Aguirre, 2005)

Tiene como objetivos importantes:

- Servir como punto de encuentro y como vocero de los miembros de la comunidad mundial involucrados en el desarrollo, implementación y avance de los conceptos relacionados con la infraestructura de datos espacial.
- Estimular infraestructuras de datos espaciales que soporten sistemas ambientales, económicos y sociales sostenibles integrados a escala local o mundial.
- Promover el uso entendido y responsable de la información geográfica y las tecnologías espaciales para el beneficio de la sociedad.

Para clarificar la definición de lo que es una SDI y compartir experiencias sobre su construcción, la GSDI ha generado una guía o "cookbook" con el objetivo de proveer la información de base necesaria para evaluar e implementar componentes de la SDI (GSDI, 2004). Esta guía identifica:

- Estándares existentes y emergentes.
- Soluciones Software Libres y Comerciales basadas en estándares.
- Estrategias y políticas organizacionales de soporte.

- Mejores prácticas.

Este “cookbook” es de gran utilidad y se profundizará más adelante en él, específicamente en los temas que se refieren a los metadatos y el servicio de registro.

Aparte de las iniciativas mundiales para la conformación de Infraestructuras de Datos Espaciales, existen propuestas de ámbito nacional y/o regional, a continuación se describen dos de ellas. La Infraestructura Nacional de Datos Espaciales (National Spatial Data Infraestructura, NSDI) de los EEUU, y la Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales (ICDE).

2.3.3 National Spatial Data Infrastructure (NSDI)

El Comité Federal de Datos Geográficos (Federal Geographic Data Comité, FGDC) es una agencia del gobierno de los Estados Unidos encargado de promover el desarrollo coordinado, el uso, colaboración, y disseminación de información geoespacial en EEUU. Su función es, entre otras, la de soportar la Infraestructura Nacional de Datos Espaciales (NSDI por su sigla en inglés) (FGDC, 2007), que define el conjunto de tecnologías, políticas y personas necesarias para promover el acceso a información espacial a todos los niveles del gobierno, el sector privado y la comunidad académica estadounidense.

La meta de esta infraestructura es reducir la cantidad de esfuerzo entre las agencias, mejorar la calidad y reducir los costos relacionados con el manejo de información geográfica, además de darle acceso al público a los datos geográficos, incrementar los beneficios de usar datos públicos y facilitar la cooperación entre estados, ciudades, la academia y el sector privado.

2.3.4 Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales (ICDE)

Para el caso de Colombia, la visión y motivación para la construcción de infraestructuras de datos se mantiene. El documento de conceptos y lineamientos del Instituto Agustín Codazzi (ICDE, 1999), se asemeja a la definición de una SDI pero orientándola al ámbito nacional, así: “[La ICDE] entendida como la suma de políticas, estándares, organizaciones

y recursos tecnológicos que facilitan la obtención, uso y acceso a la información georeferenciada de cubrimiento nacional, es indispensable para la generación continua de conocimiento sobre los recursos de la nación. Así mismo, la toma de decisiones a diferentes niveles puede beneficiarse con el incremento en la producción de información georeferenciada relevante, oportuna y confiable de manera que se apoye el desarrollo económico y social del país”.

En el documento publicado por el instituto Agustín Codazzi (*ICDE, 1999*) se aclara, sin embargo, que la ICDE está en su etapa inicial y que pretende enriquecerse con el trabajo realizado en otros países, en especial con el realizado en la NSDI norteamericana, descrita en la sección anterior.

2.4 SERVICIOS WEB GEOGRÁFICOS

Los sistemas de información geográfica usan modelos y bases de datos especializados, orientados a facilitar la gestión de información en términos de posiciones geográficas. Esto convirtió a los SIG en una herramienta útil en sectores que llevan a cabo actividades de planeación como, por ejemplo, las entidades públicas. Para operar los SIG son necesarios datos adquiridos mediante estudios y grandes inversiones de los gobiernos e instituciones, lo que siempre ha motivado a pensar en el reuso de la información existente para servir a requerimientos específicos de otros campos o áreas de interés, que en últimas significa, integración de la información geográfica.

Integrar la información geográfica implica cambiar el paradigma del proveedor de datos establecido en un esquema centralizado cliente-servidor, al paradigma propuesto por la infraestructura de datos espaciales en un esquema distribuido (Morris, 2006). Por esta razón, los Servicios Web son una alternativa que propone brindar información geográfica con un grado mayor de análisis y transformación en forma distribuida, en vez de información “cruda” a nivel de datos.

Actualmente mediante Internet un usuario puede acceder a funcionalidades SIG remotamente sin necesidad de adquirir ningún software especializado ni pagar por

licencias. Algunos ejemplos de estos servicios son: MapStudio⁸, Address Manager⁹, StoreLocation¹⁰ y TerraService¹¹.

2.4.1 Integración de Servicios Web Geográficos

Existen diferentes tareas que requieren ser resueltas para asegurar el acceso completo a la información geográfica: integración sintáctica, integración estructural e integración semántica. La conectividad entre datos y operaciones a nivel de formato, estructura y semántica están ligados al éxito en la interoperabilidad de servicios. Las descripciones de los servicios se usan para evaluar la viabilidad de realizar solicitudes del servicio, la semántica (el significado de los datos) es necesaria para llevar a cabo el encadenamiento de servicios a niveles avanzados (Lemmens et al, 2006). Los Servicios Web se procesan a nivel sintáctico, lo cual es necesario, pero no suficiente para crear descripciones de Servicios Web apropiadas para el desarrollo de métodos de descubrimiento semiautomáticos ejecutados por máquinas.

El W3C ha estandarizado protocolos y formatos para soportar la operación conjunta de sistemas a través de Internet. El OGC también trabaja en recomendaciones para asegurar la operación conjunta de Servicios Web Geográficos en un proyecto denominado OWS (OGC Web Services) adoptando estándares como SOAP¹² y WSDL¹³ del W3C (OGC, 2005). Ya que las interfaces de comunicación y descripción definidas por los estándares de los Servicios Web se basan en XML, se consiguen ventajas como: interpretación por personas, formato de texto, sin dificultades con firewalls e incluyen su propia descripción.

Los Servicios Web son una implementación de un concepto más amplio denominado Arquitectura Orientada al Servicio (SOA), el cual plantea la existencia de tres componentes básicos: el proveedor del Servicio, el facilitador del Servicio o “Broker” y el

⁸ <http://ashburnarcweb.esri.com/v2006/solutions/mapstudio.jsp>

⁹ <http://ashburnarcweb.esri.com/v2006/solutions/manager.jsp>

¹⁰ <http://demo.mappoint.net/fourthcoffee/MainForm.aspx>

¹¹ <http://terraservice.net/>

¹² <http://www.w3.org/TR/soap/>

¹³ <http://www.w3.org/TR/wsdl>

Consumidor del Servicio. Estos componentes realizan dos operaciones básicas: búsqueda y publicación de servicios, en una estructura que tiene el objetivo de soportar el mantenimiento y el uso de los servicios de forma automática. (Mahmoud, 2007)

Las funciones de los tres componentes básicos de SOA son:

- *Proveedor del Servicio*: su función es construir los servicios y publicarlos mediante el facilitador del servicio (broker o registro) para que estén disponibles para ser consumidos.
- *Consumidor del Servicio*: lleva a cabo la operación de búsqueda y descubrimiento de servicios de acuerdo a sus necesidades, para después consumir los servicios usando las interfaces disponibles. Todo esto con la ayuda del facilitador del servicio.
- *Facilitador del servicio (broker o registro)*: este componente es el encargado de ayudar a realizar las operaciones entre el(los) proveedor(es) y el(los) consumidor(es) actuando como un registro de servicios.

SOA es un concepto abstracto, existen una serie de protocolos que definen la forma de crear diferentes implementaciones de este, uno de ellos son los Servicios Web. Este conjunto de protocolos está compuesto por SOAP, un protocolo basado en mensajes con el que se llevan a cabo todas las interacciones en los Servicios Web; WSDL, que describe las operaciones que pueden ser ejecutadas así como el formato de los mensajes que los Servicios Web pueden mandar y recibir; y finalmente UDDI¹⁴ es el protocolo que describe la forma estándar de construir registros de Servicios Web así como los métodos para publicar y descubrir servicios en estos registros. La figura 2-1, (Smith, 2003) muestra el stack de protocolos de los servicios Web.

¹⁴ <http://www.uddi.org/>

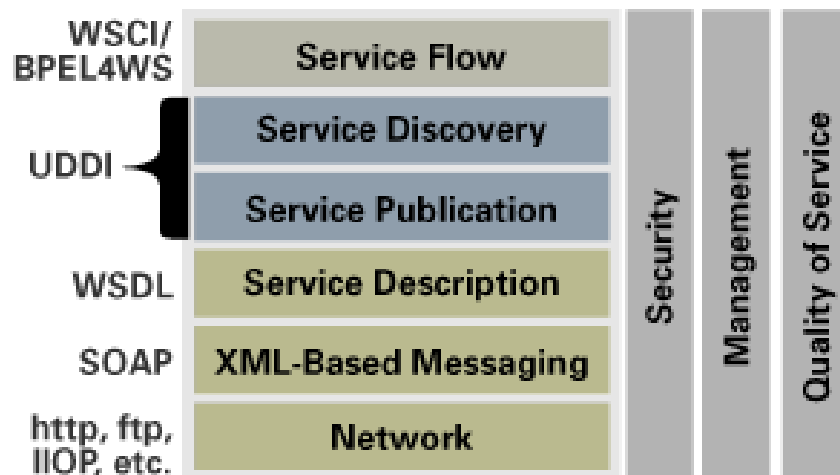


Figura 2-1 Conjunto de protocolos de los Servicios Web

2.4.2 Plataforma Común de integración basada en XML

XML (Extensible Markup Language) es un lenguaje estándar internacional diseñado con el objetivo de proveer estructuras de información que permitan describir y compartir datos. XML es utilizado en varios dominios, entre los que se encuentra el ámbito geoespacial, mediante vocabularios como por ejemplo GML y SVG. XML permite intercambiar información de forma abierta debido a que no es un esquema propietario.

En la arquitectura de Servicios Web, el conjunto de protocolos se construyen con base en codificación XML. La codificación XML tiene principalmente dos beneficios: los documentos pueden ser validados y son comprensibles por personas y máquinas.

XML como cualquier otro lenguaje de marcado, utiliza etiquetas para construir elementos con el objetivo de codificar metadatos en formato de texto. Los elementos de marcado indican que información está siendo descrita y los documentos tienen la característica de autodescribir su contenido.

Un documento XML está compuesto por: una declaración, tipo de declaración (DOCTYPE), elementos de datos, atributos y contenido. La especificación permite crear elementos con el objetivo de describir los datos que se requieran. Sin embargo, es necesario garantizar la consistencia de la estructura XML, por lo que se proveen mecanismos de validación de los documentos mediante otros documentos llamados

Document Type Definition (DTD) o esquemas que describen la estructura mediante lenguaje XML llamados *XML Schemas*.

Otro concepto importante en XML son los espacios de nombre (*Namespaces*), que es el mecanismo utilizado para asegurar la exactitud en el nombre de los elementos. Los espacios de nombres distinguen elementos y atributos con nombres similares, de manera que puedan residir en el mismo documento sin entrar en conflicto. Hay dos formas de declarar espacios de nombres, el primero es la declaración por defecto que especifica cuales son los elementos hijos asociados pertenecientes al espacio de nombre declarado en el elemento padre, esto se hace de manera automática, sin tener que adicionar el prefijo del espacio de nombre. En el otro método, específicamente se declara el espacio de nombre estableciendo un prefijo asociado con el atributo *xmlns*. Este método es más claro y permite tener diferentes espacios de nombre en un documento XML.

Declaración por defecto:

```
<xml xmlns="http://www.w3.org/2001/XMLSchema" >
<element name="ListaRasgos" type="ListaRasgosType"/>
</xml>
```

Declaración explícita:

```
<xs:xml xmlns:xs="http://www.w3.org/2001/XMLSchema" >
<xs:element name=" ListaRasgos" type=" ListaRasgosType"/>
</xs:xml>
```

2.4.2.1 SOAP.

SOAP es el protocolo encargado de empaquetar la información requerida para invocar un servicio en un formato que el proveedor del servicio entienda independientemente de la plataforma que utilice o el lenguaje de programación que haya sido utilizado para construir el servicio. SOAP ha sido construido con sintaxis XML para proveer un mecanismo simple de intercambio de información, de forma estructurada y en ambientes distribuidos.

SOAP maneja una estructura en niveles. El elemento raíz es la etiqueta *envelope* que contiene dos etiquetas hijas: *header*, que es opcional y *body* que es obligatoria. Los mensajes SOAP son adjuntados en un protocolo de transporte como HTTP u otro protocolo de red. La estructura de mensajes de SOAP aprovecha las ventajas de XML ya que permite utilizar mensajes extensibles que un receptor puede entender al referenciar el mismo espacio de nombre. Un ejemplo de mensaje SOAP es el siguiente:

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" standalone="no" ?>
<SOAP-ENV:Envelope xmlns:SOAPENV="
http://schemas.xmlsoap.org/soap/envelope/"
<SOAP-ENV:Body>
<mns:findPlace
xmlns:mns="http://arcweb.esri.com/PlaceFinderSample" SOAPENV:
encodingStyle="http://schemas.xmlsoap.org/soap/encoding/">
<placeName
xsi:type="xsd:string">Argelia</placeName>
</mns:findPlace>
</SOAP-ENV:Body>
</SOAP-ENV:Envelope>
```

2.4.2.2 WSDL.

La especificación WSDL define documentos XML utilizados para describir Servicios Web como un conjunto de interfaces expuestas con los que consumidores y proveedores pueden interactuar para intercambiar información. WSDL estandariza los elementos XML que se utilizan para describir una colección de puntos de conexión. Un punto de conexión es un puerto que envía y recibe mensajes. Los proveedores y consumidores de servicios Web son puntos de conexión, cada uno de los cuales tiene uno o más puertos que se vinculan con direcciones de red.

WSDL utiliza siete elementos principales (Keogh, 2003):

- *type*: contiene definiciones de tipos de datos que se utilizan en el mensaje WSDL.
- *message*: identifica el cuerpo del documento WSDL.
- *portType*: define las operaciones que soporta el proveedor de servicios Web.
- *operation*: describe una acción que soporta el servicio Web, es elemento hijo de *portType*.
- *binding*: especifica el protocolo y el formato de datos del mensaje que hace referencia el elemento *portType*.
- *port*: identifica puntos de conexión. Cada elemento contiene la URL de una asociación.
- *service*: se utiliza para agrupar elementos *port* relacionados entre sí.

En la tabla 2.1 se establece la relación de los elementos existentes en WSDL:

Elemento	Atributo(s)	Elemento(s) hijos
<definitions>	name TargetNamespace xmlns (otros namespaces)	<types> <message> <portType> <binding> <service>
<types>	(none)	<xsd:schema>
<message>	name	<part>
<portType>	name	<operation>
<binding>	name type	<operation>
<service>	name	<port>
<part>	name type	(empty)
<operation>	name parameterOrder	<input> <output> <fault>
<input>	name message	(empty)

<code><output></code>	name message	(empty)
<code><fault></code>	name message	(empty)
<code><port></code>	name binding	<code><soap:address></code>

Tabla 2-1 Elementos de la Especificación WSDL

A continuación se presenta un ejemplo de documento WSDL donde se pueden identificar los elementos anteriores (OWS, 2002).

```

<?xml version="1.0"?>
<definitions name="WFS"
    targetNamespace="http://www.someplace.com/wfs.wsdl"
    xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema"
    xmlns:wfs="http://www.someplace.com/wfs"
    xmlns:http="http://schema.xmlsoap.org/wsdl/">

    <import namespace="http://www.someplace.com/wfs"
        location="WFS_Exception.xsd" />

    =====
    DESCRIBEFEATURETYPE
    ===== --!>

    <message name="DescribeFeatureTypeRequest">
        <part name="body" element="DescribeFeatureType" />
    </message>

    <message name="DescribeFeatureTypeResponse">
        <part name="body" element="schema" />
    </message>

    <portType name="DescribeFeatureTypePortType">
        <operation name="DescribeFeatureType">
            <input message="DescribeFeatureTypeRequest">

```



```

        <output message="DescribeFeatureTypeResponse">
        <fault message="WFSExceptionMessage" />
    </operation>
</portType>

<binding name="DescribeFeatureTypeBinding"
        type="DescribeFeatureTypePortType">
    <http:binding verb="POST" />
    <operation name="DescribeFeatureType">
        <http:operation location="cwwfs.cgi" />
        <input>
            <mime:content type="text/xml" />
        </input>
        <output>
            <mime:content type="text/xml" />
        </output>
        <fault>
            <mime:content type="text/xml" />
        </fault>
    </operation>
</binding>

</definitions>

```

2.4.2.3 UDDI.

UDDI provee un mecanismo para publicar y descubrir Servicios Web. La especificación de UDDI permite crear registros y provee las APIs que permiten acceder a las funcionalidades de éstos. Para hacer uso de los registros, el cliente puede consultar información como: servicios que ofrece una compañía y las interfaces de servicios basadas en WSDL que necesita para consumir un servicio. La estructura de UDDI se verá en detalle en el capítulo tres de este documento.

2.5 COLECCIÓN DE PROTOCOLOS DE INTEROPERABILIDAD

La figura 2-3 tomada del Modelo General de Servicios de la OGC (*Davidson, 2001*) resume el conjunto de estándares y tecnologías en que los servicios Web geográficos pueden ser construidos y desplegados. El modelo explica que los niveles bajos de la torre de protocolos están orientados a facilitar la conectividad de los componentes software permitiendo establecer comunicaciones y mandar y recibir mensajes, mientras que los niveles altos, están orientados a la interoperabilidad por lo que definen mecanismos de publicación, búsqueda y enlace, permitiendo a los componentes software trabajar juntos de forma integrada y transparente.

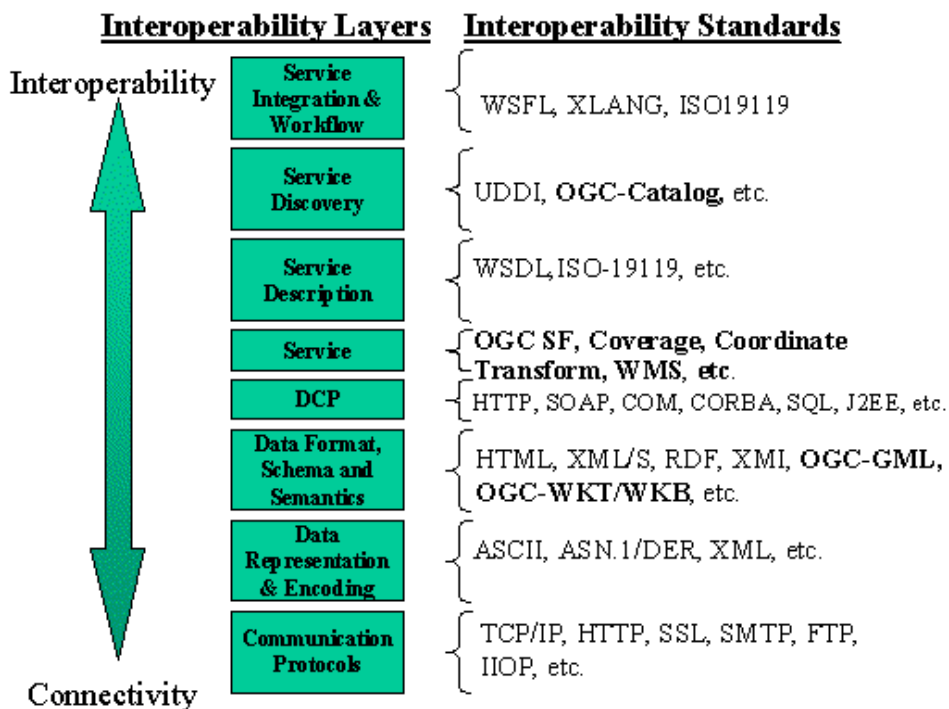


Figura 2-2 Colección de Protocolos de Interoperabilidad.

Como puede verse en la figura 2-2, en el nivel más bajo de esta torre, encontramos los protocolos de comunicación como TCP/IP, HTTP, SMTP, IIOP Y FTP.

En el siguiente nivel, se observa que aparte de la representación binaria, se permite la codificación de datos en XML descritos mediante esquemas XML, documentos DTD,

RDF, etc. definidos en el siguiente nivel de la torre (Formatos de Datos Esquemas y Semántica).

El siguiente nivel etiquetado como DCP (acrónimo de Distributed Computing Platform), agrupa las tecnologías que permiten la distribución de servicios. Aquí encontramos las plataformas de computación distribuida conocidas que soportan la cooperación entre componentes software ejecutados en varios computadores a través de una red de comunicaciones. Estas tecnologías pueden ser plataformas como CORBA, J2EE y SQL o tecnologías específicas desarrolladas para enlace de servicios en la Web como SOAP.

En la capa de servicio se encuentran las especificaciones de implementación de servicios geográficos definidas por el OGC. Esto incluye servicios de mapas, coberturas, portales, transformaciones, etc. Y demás servicios que pueden consultarse en el sitio Web de la OGC (OGC, 2007).

La capa de descripción del servicio provee información fundamental requerida para el descubrimiento de servicios, el enlace y la interoperabilidad. Aquí se incluye: tipos de mensajes intercambiados entre el proveedor y el consumidor del servicio, las operaciones soportadas por el proveedor, los requerimientos para establecer el enlace con un proveedor y direcciones de red de los proveedores. Es decir la información contenida en interfaces WSDL y en el *Service Profile*.

La capa de descubrimiento comprende los estándares y tecnologías que permiten la publicación y el descubrimiento de los proveedores y sus servicios. Aquí se encuentra UDDI ya que este estándar se encarga de definir los mecanismos de descubrimiento de servicios Web. También está el catalogo propuesto por la OGC, el *OGC Catalog Service*, que define un servicio para soportar el descubrimiento de datos y servicios geoespaciales.

Finalmente la capa de integración y flujos de trabajo agrupa las tecnologías que permiten la integración de servicios al soportar la toma de decisiones, el modelamiento, *Workflow* y procesos de negocio que se llevan a cabo en el proceso de integración entre organizaciones.

2.6 ARQUITECTURA DE LOS SERVICIOS WEB OGC (OWS, OGC WEB SERVICES)

Los OWS, también conocidos simplemente como Servicios Web geográficos tienen como objetivos proveer el acceso a metadatos que describen servicios y descubrir metadatos que permitan acceder esos servicios, de manera que se faculte el desarrollo independiente de Servicios Web en el ámbito de los Sistemas de Información Geográfica (OGC, 2001).

Los OWS pueden ser agrupados en tres categorías básicas: Servicios de datos, servicios de procesamiento y servicios de registro. Los OWS siguen los principios de SOA y la recomendación ISO 10476 (Modelo de Referencia para Procesamiento Abierto Distribuido) y se basan en las operaciones publicar-encontrar-invocar. Los componentes de la arquitectura comparten capacidades y proveen muchas características que soportan las necesidades de las operaciones geoespaciales. Los OWS son componentes auto-contenidos que soportan una operación denominada *GetCapabilities* la cual especifica el contenido y las operaciones que soporta el Servicio Web, es decir, el servicio tiene la capacidad de describirse a sí mismo. Esta característica permite la operación conjunta de servicios a nivel sintáctico, y no es suficiente para establecer relaciones a nivel semántico (Lemmens, et al, 2006).

De acuerdo al paradigma publicar-encontrar-invocar tomado de SOA, los servicios deben ser capaces de describirse a sí mismos con el detalle suficiente para que un proceso automatizado pueda entender las descripciones de estos. La OWS describe el proceso general de la siguiente manera (OGC, 2001): Primero, un cliente obtiene información de un servicio de interés. Esta información puede estar contenida en un servicio de registro o se obtiene mediante una consulta directa al servicio usando la operación *GetCapabilities*, seguidamente el cliente formula una solicitud llamando a las interfaces del servicio. Es aquí cuando el documento de capacidades se codifica utilizando XML, indicando los parámetros requeridos para realizar una solicitud, que finalmente, se ejecuta para que el cliente reciba el resultado.

El OGC ha definido diversos tipos de Servicios Web (OGC, 2005): servicios de datos, servicios de representación, servicios de procesamiento, y servicios de Registro. Los servicios de datos son: WFS (Web Feature Service), WCS (Web Coverage Service) y SCS (Sensor Collection Service). Los servicios de representación son WMS (Web Map Service) y CPS (Coverage Portrayal Service). El servicio de registro es el OGC Catalog Service (CSW).

Para facilitar la interacción entre servicios, la OGC ha definido varios formatos de codificación. GML, que es una codificación XML utilizada para transportar y almacenar geometrías y rasgos geográficos; Style Layer Descriptor (SLD) se usa para producir mapas geo-referenciados con estilos definidos por el usuario; y finalmente SensorML es usado para describir configuraciones de sensores y sus capacidades.

2.6.1 Arquitectura de procesamiento de la OGC

El paradigma de los servicios de geo-procesamiento de la OGC y del ISO/TC 211, a nivel conceptual describe un proceso compuesto por cuatro componentes o unidades de procesamiento, como se ven en la Figura 2-3.

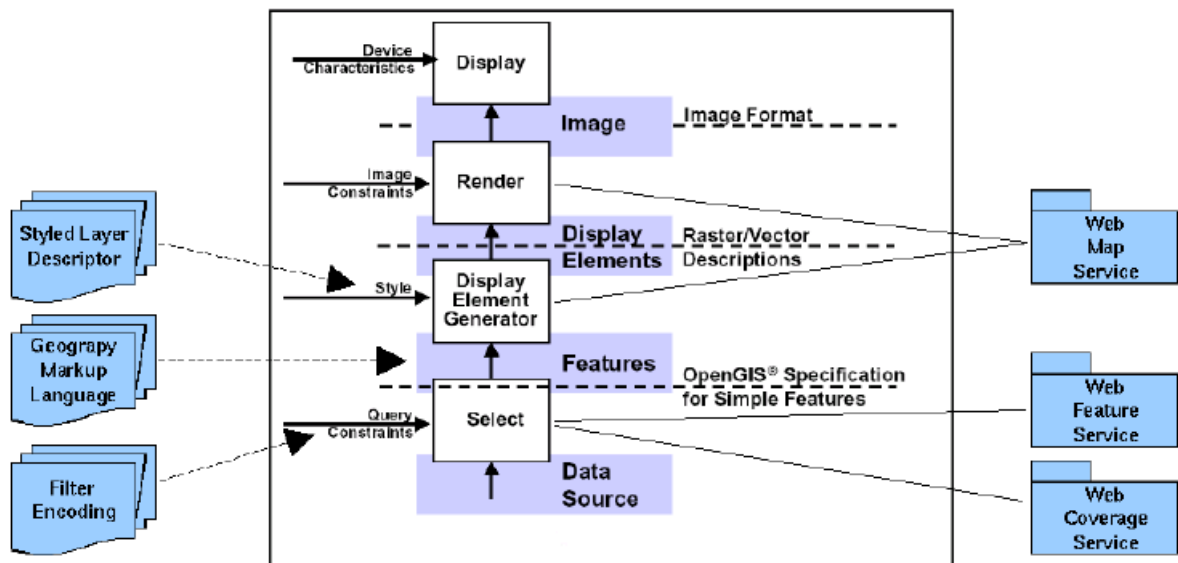


Figura 2-3 Descripción Conceptual para Procesamiento Geográfico de la OGC.

En la parte inferior se encuentra la operación o el proceso de selección de datos, controlado por lenguajes de consulta. Estas consultas entregan lo que se conoce como *Features* (OGC, 1999) que vienen representadas (formato) en una interfaz que depende de la plataforma de computación distribuida utilizada. Así por ejemplo, el acceso mediante CORBA, OLE/COM o SQL se provee mediante interfaces provistas por la especificación *Simple Features Specification* mientras que para la tecnología de los servicios Web se definen otras interfaces en la especificación *Web Feature Service*. Los *Features* son expresados comúnmente mediante GML.

El *Display Element Generador* aplica reglas de estilo a los features y produce una representación gráfica. El elemento resultante de este proceso puede ser transformado a una imagen usando restricciones como profundidad, tamaño de la imagen y formato de la imagen. La imagen resultante es desplegada al usuario de acuerdo al tipo de despliegue utilizado, por ejemplo un navegador Web, una aplicación tipo CAD o un móvil. Esta adaptación al tipo de despliegue es realizada por el elemento *Render*.

2.6.2 La operación GetCapabilities

La operación básica que todos los servicios deben proveer es la habilidad de describirse a sí mismos. Esta operación es llamada "GetCapabilities". La operación *GetCapabilities* es una operación obligatoria en los Servicios Web geográficos definidos por la OGC. Servicios como WMS, WCS, etc. Deben ser auto descritos y por lo tanto soportan la operación *GetCapabilities*. El resultado de la operación *GetCapabilities* es un documento que describe el servicio que se denomina: documento de capacidades OGC (*OGC Capabilities*) o perfil del servicio OGC (*Service Profile*).

El documento de capacidades es un contenedor de varios tipos de información de un servicio (OGC, 2001). Un tipo de información está orientada a describir la interfaz de servicio con el detalle suficiente para permitir el proceso automático de lectura e invocación de la operación y que además es humanamente legible. Otro tipo de información describe los tipos de datos incluidos en el servicio, o los procesos que se pueden aplicar a los datos, de forma que el consumidor del servicio pueda componer solicitudes de servicio

dinámicamente. También existe información adicional que provee la descripción específica para tipos particulares de servicios.

La especificación de los servicios Web geográficos define el perfil del servicio usando el *OGC Web Service Metadata XML (Service Metadata)*. Esto es necesario porque la especificación WSDL, por si sola, no es suficiente para definir los metadatos con un nivel de detalle suficiente para describir la información geográfica. El perfil de servicio OWS, se mantiene compatible con el perfil de servicio de WSDL en la estructura, a la vez que facilita el uso de la taxonomía específica de la OGC e ISO 19119.

2.6.3 Manejo de servicios OWS basado en los protocolos de los Servicios Web convencionales.

El modelo de operación conjunta de la OGC se describe a través de un modelo denominado Modelo general de Servicio para la Interoperabilidad entre Programas el cual se centra principalmente en la tecnología actual y los mecanismos existentes que permiten construir servicios ínter operables (*Manso, 2003*) (*Davidson, 2001*). El objetivo es que las aplicaciones se puedan construir dinámicamente a partir de servicios descubiertos y encadenarlos en tiempo de ejecución para utilizarlos en negocios electrónicos y en servicios de geodatos.

La descripción de alto nivel de la instancia de un servicio y de su proveedor se lleva a cabo mediante un servicio de metadatos basado en XML, que se obtiene al invocar la operación *GetCapabilities*. El servicio de metadatos juega tres tipos de roles en el modelo: definición de las características del proveedor del servicio, definición de las características no funcionales del servicio y la descripción de las interfaces del servicio.

En el dominio de aplicaciones SIG, las especificaciones del OGC promueve el uso de WSDL para describir servicios Web geográficos. El perfil de servicio definido por el OGC (*OWS Service Profile*) define las implementaciones WSDL como un subconjunto de los denominados *OGC Capabilities*. Mediante varios experimentos realizados por el comité de la OGC (*OWS, 2002*), se muestra como son implementados documentos WSDL para describir servicios Web geográficos soportados por mensajes SOAP.

Como se menciona en la sección 2.4.1.2, los documentos WSDL contienen una colección de interfaces expuestas de servicios y sus elementos codificados en XML proveen mecanismos programáticos que soportan la invocación del servicio. La utilidad de los documentos WSDL, es la habilidad que poseen de proveer información acerca de la localización de un servicio y de los mensajes necesarios para invocarlo. Su propósito es principalmente soportar la interacción a nivel sintáctico.

2.6.3.1 Perfil de Servicio OWS.

Un perfil de servicio OWS consiste de tres tipos de información: una definición entendible por personas, las funcionalidades del servicio e información adicional importante. La intención de desarrollar el *OWS Service Profile* (OGC Capabilities) es la de remitir la operación *GetCapabilities*, y es requerida como respuesta en cada invocación de dicha operación. El elemento raíz del *OWS profile* es *OGC_Capabilities*, el cual tiene cuatro elementos hijos: *ServiceMetadata*, *OperationSignatures*, *ContentMetadata* y *AdditionalCapabilities*.

ServiceMetadata describe metadatos en general como tipo de servicio, palabras clave y calidad. *OperationSignatures* especifica las operaciones actuales soportadas por la instancia del servicio, los formatos de salida ofrecidos por esas operaciones y las URL's de cada operación. *ContentMetadata* es un elemento opcional que describe como se almacena los datos en el servicio, de acuerdo a las características de cada tipo de servicio OWS. Los elementos del OWS Service Profile son definidos mediante interfaces de servicio WSDL.

2.7 COMPOSICIÓN DE SERVICIOS WEB GEOGRÁFICOS

Un servicio simple o atómico es un Servicio Web que no necesita de otros servicios para cumplir, completamente, con una petición de usuario. Un servicio de información de la OGC como WFS o WMS pueden considerarse como servicios Web atómicos. En contraste existen servicios complejos construidos a partir de servicios Web atómicos que trabajan juntos para ofrecer servicios más valiosos en determinadas situaciones.

Los consumidores de servicios requieren servicios simples y servicios compuestos, dependiendo de sus necesidades. En el ámbito geográfico, la composición de servicios es más complicada debido a que las interacciones entre datos y operaciones en servicios geográficos tienen gran variedad de restricciones, lo que causa que las instancias de los servicios deban ajustarse a ciertos patrones de acuerdo a aspectos como: formato de las capas, estilo, tipos de datos y sus formatos, límites espaciales, etc. La especificación ISO19119/Geographic Services describe la composición de servicios mediante un grafo de referencia que puede ser cíclico o no, dependiendo de las interacciones realizadas para obtener el resultado final. (Davidson, 2001).

En general, la composición de Servicios Web es posible cuando cada servicio provee la descripción necesaria que permita su orquestación con otros servicios para llevar a cabo requerimientos personalizados o específicos. En los servicios de comercio electrónico, es común modelar procesos de negocio mediante la composición de Servicios Web. La composición de servicios Web puede ser implementada usando WSFL, que depende estrechamente de WSDL para describir las interfaces del servicio y el protocolo de acceso. (Manso, 2003)

Usando WSFL para composición de servicios, pueden ser utilizados dos modelos: El Modelo de Flujo y el Modelo Global. El modelo de flujo se enfoca en describir un proceso de negocio para obtener determinados objetivos o resultados, mientras que el modelo global describe como es la interacción de los Servicios Web unos con otros. Existen otros lenguajes para composición de Servicios Web como: ebXML Business Process Specification, Business Process Modeling Language (BPEL), Microsoft XLANG y DAML-S.

Entre las aproximaciones a la composición de servicios Web geográficos, se destaca el modelo incremental de composición planteado por (Granell y Ramos, 2004) donde argumentan que actualmente los lenguajes de composición de Servicios Web son orientados al proceso por lo que definen el flujo de trabajo completo (en un único grafo) compuesto por varios servicios y sus conexiones, esto limita ciertos beneficios de la perspectiva orientada a objetos como encapsulación, el re uso y la escalabilidad. Esto quiere decir que en caso de necesitar re usar solamente una parte de la composición (y su script de tareas asociado), es necesario crear una nueva composición (y un nuevo

script) de acuerdo a los nuevos requerimientos. Esta es una de las limitantes que el comité de la OGC estudia, y que aun dista mucho de arrojar resultados.

2.8 CONCLUSIONES

En el presente capítulo se hizo un recuento de los Servicios Web Geográficos, destacándose la infraestructura de datos espacial como la base y dirección del proceso de operación conjunta de servicios. Se vieron las tecnologías involucradas en la construcción de servicios geográficos abiertos, planteándose la relación entre el mundo de los servicios Web convencionales y los Geográficos.

Las SDI permiten examinar la información geográfica proveniente de diversas fuentes independientes que generalmente manejan diferentes tecnologías y formatos. Representan un elemento importante en la operación en conjunto entre sistemas que conviven en ambientes heterogéneos, como es el caso de Colombia. Si bien existe la definición de infraestructura de datos espacial para Colombia, hacen falta frameworks que permitan realizar implementaciones (aplicaciones) de la misma a nivel de datos y servicios.

Existen dos entornos, el de los Servicios Web convencionales con protocolos de organizaciones como W3C y OASIS y el de Servicios Web Geográficos con protocolos OGC. Puesto que utilizan XML como lenguaje base, es posible relacionarlos para suplir los vacíos existentes en las especificaciones OGC que aun son motivo de estudio. Esto a corto plazo permite utilizar protocolos W3C para la construcción de aplicaciones, y permite predecir un futuro rico en aplicaciones comerciales avanzadas basadas en especificaciones más maduras en el ámbito geográfico.

Los servicios geográficos están migrando de modelos centralizados en arquitecturas cliente servidor al modelo multicapa. En este proceso, se encuentran vacíos como la descripción de servicios y su composición, temas que aun son motivo de investigación.

3 QoS EN EL DESCUBRIMIENTO DE SERVICIOS WEB GEOGRÁFICOS

3.1 RESUMEN

En el capítulo anterior se explicó el concepto de Infraestructura de Datos Espaciales, se expuso la pertinencia de los Servicio Web Geográficos y su relación con plataformas de desarrollo actuales y finalmente se revisó la arquitectura de servicios web geográficos. Este capítulo presenta el concepto de Calidad de Servicio y se demostrará la evolución de los catálogos de servicios web y su relación con la calidad del servicio; además se presenta el modelo de QoS para servicios web geográficos, este modelo se utilizará en el capítulo cinco y su aplicación se encuentra ampliada en el capítulo seis.

Este capítulo se encuentra organizado de la siguiente forma: para empezar se presenta una definición de calidad del servicio y su relación con los servicios web geográficos y los metadatos, se revisa la normatividad mundial y nacional acerca del manejo de datos espaciales para finalmente explorar las arquitecturas candidatas junto con la tecnología más pertinente en la búsqueda y descubrimiento de servicios web geográficos.

3.2 QoS CALIDAD DEL SERVICIO

La ITU-T (ITU-T, 1994) define la calidad de servicio como “el efecto combinado (de las características) de desempeño del servicio que determina el grado de satisfacción del usuario del mismo”. Franken (Franken, 1996) se centra en el usuario: “es el desempeño percibido por el usuario”, la ISO (ITU/ISO, 1995) es más específica y la define como “el conjunto de requerimientos de calidad en el comportamiento colectivo de uno o más objetos, que puede especificarse en un contrato o ser reportado después de un evento”.

La calidad de Servicio a nivel de aplicación es el “Talón de Aquiles” de los servicios desplegados en Internet, debido a la complejidad implícita de la arquitectura multicapa y la naturaleza dinámica del modelo de composición de servicios promovido por SOA y los Servicios Web (Woodside y Menascé, 2006). La composición dinámica requiere que

consumidores de servicios descubran proveedores que cumplan apropiadamente sus requerimientos funcionales y no funcionales como costo, desempeño, confiabilidad, disponibilidad, seguridad, reputación, capacidad, veracidad entre otros. (Menascé, 2004, Onchaga, 2004).

El término QoS es usado ampliamente en varias disciplinas y tiene como premisa común la satisfacción del usuario, lo que claramente ofrece varias perspectivas en las que se incluyen criterios de calidad cuantitativos y cualitativos relacionados con los procesos que se llevan a cabo en la operación y descubrimiento de servicios.

La QoS está ligada al proceso de descubrir y componer servicios. En este sentido existe un modelo conformado por tres patrones arquitecturales, definidos según el grado de control que ejercen los usuarios sobre el proceso de ejecución y composición de servicios (ISO/TC211, 2002), estos son:

- *Transparente o definido por el usuario:* El usuario define y controla el orden y la ejecución de los servicios. Usuario de Nivel experto.
- *Traslúcido o gestionado por Workflow:* Permite la configuración del encadenamiento y la ejecución de servicios mediante flujos de trabajo (interfaces gráficas). Usuario de nivel intermedio.
- *Opaco o servicios agregados:* El usuario tiene control limitado sobre el encadenamiento y la ejecución de los servicios. Usuarios nativos.

En los tres patrones, la calidad de servicio tiene enfoques diferentes, así por ejemplo, mientras en los niveles transparente y translúcido el usuario puede determinar con mayor autonomía los servicios con las características de calidad que requiera, en el nivel opaco esta responsabilidad se delega a la máquina. Este capítulo se centra en ambientes operacionales donde encontramos el primer caso, es decir el usuario es quien controla el orden y ejecución de los servicios.

3.3 CRITERIOS DE CALIDAD EN SERVICIOS GEOGRÁFICOS

En el entorno geográfico, existe una tendencia en los usuarios de incrementar sus operaciones de procesamiento distribuido lo que motiva estudiar el desempeño sobre la infraestructura de Internet. Los servicios geográficos empiezan a convivir en un ambiente abierto donde pueden relacionarse con otros componentes en procesos de negocio más complejos. La composición de servicios geográficos es una necesidad creciente en aplicaciones de e-governance, e-health y estudios ambientales (hidrología, geología, climatología, etc.).

Para servicios geográficos, el estudio de la calidad típicamente se ha asumido a nivel de acceso a datos como explica (Busch y Willrich, 2000, Devillers, et. al., 2002, Smith, 2002, Onchaga, 2006), generalmente en arquitecturas cliente servidor. Radwan (Radwan, et. al., 2005) y Simonis (Simonis y Sliwinski, 2005) sin embargo, destacan un cambio en la forma de operar los sistemas geográficos distribuidos e identifican atributos de calidad que se destacan porque juegan un papel importante en mejorar la experiencia de usuario o la operación de las aplicaciones en Internet en nuevos modelos dinámicos de procesos de negocio soportados por SOA.

Este cambio de paradigma es descrito por (ISO/IEC, 1998) que explica que la calidad es cualquier característica o propiedad adscrita a un Servicio Web Geográfico con el propósito de describirlo, pasando de lidiar con la calidad medida a la percibida. De esta manera, la valoración de la calidad de un servicio se realiza no sólo en términos de medidas de sus atributos, sino también por las cualidades percibidas por los usuarios.

Aparte de estas cualidades o atributos de QoS, la especificación ISO 13236 (Xu, 1994) ofrece un modelo de calidad que define funciones de gestión QoS y establece un framework abstracto para QoS utilizado por Radwan (Radwan y Morales, 2002) para definir un meta-modelo de calidad en geo-procesamiento y por Simonis (Simonis y Sliwinski, 2005) para definir funciones de monitoreo, control y administración de atributos QoS en medio de un sistema de información denominado CITE (Compliance & Interoperability Testing & Evaluation).

Existen distintos niveles de resolución de los atributos QoS, el nivel de Usuario se refiere a necesidades en términos de atributos cuantificables, encaminadas a satisfacer el desempeño solicitado por un usuario (Al-Ali, et. al.). El Nivel de Aplicación, se refiere a requerimientos no funcionales tendientes a cumplir especificaciones de calidad solicitadas (O'Brien, et. al., 2005). El Nivel de Recurso relaciona aspectos de calidad de datos, capacidad de la arquitectura (O'Brien, et. al., 2005) y de medios de comunicación (ISO/IEC, 1998, O'Brien, et. al., 2005). Adicionalmente en (Onchaga, 2005a) se plantea la necesidad de definir mecanismos para mapear atributos desde distintos niveles de resolución con el objetivo de relacionar la capa de aplicación con las de transporte y recurso.

Específicamente para servicios geográficos Radwan (Radwan y Morales, 2002) propone un modelo de calidad basándose en dos niveles de abstracción. Un nivel de usuario donde se definen atributos de calidad cuantificables deseables en la interacción o necesarios para satisfacer al Usuario. El nivel de Infraestructura es genérico, de manera que diversas abstracciones pueden ser mapeadas desde el nivel de recurso o transporte.

A continuación en la Tabla 3-1 se describen el conjunto de atributos escogidos para conformar un perfil de QoS para ser utilizado dentro de la arquitectura propuesta en este trabajo, teniendo en cuenta las perspectivas de usuario, aplicación y recurso propuestas por Radwan, Al-Ali y Onchaga pero segregándolas en dos subniveles de gestión distintos denominados nivel cuantificable y nivel cualitativo.

	Cuantificable	Cualitativo
Usuario	Costo	Reputación, interactividad, localización
Aplicación	Desempeño, Confiabilidad, Disponibilidad	Conformidad

Tabla 3-1 Conjunto de atributos del perfil de QoS.

Nivel Cuantificable: Atributos de calidad que por naturaleza son medibles. Son importantes para establecer acuerdos de nivel de servicio (SLA) y estimaciones combinadas en procesos de composición como se describe en (Onchaga, 2005a). Se

incluyen las propiedades típicas a nivel de recurso y aplicación relacionadas con las operaciones de transporte, comunicación y procesamiento que se llevan a cabo para prestar el servicio. Estos son: desempeño, confiabilidad, disponibilidad y costo.

El *Desempeño* es la consecución del servicio de forma adecuada y en el tiempo previsto. A nivel de aplicación, es la duración de tiempo en segundos entre el instante en que una solicitud es realizada y el instante en que la respuesta está disponible (Zeng, et. al.). Se incluye en el esquema porque es un parámetro importante en el momento de estimar la duración en la planeación de composiciones dinámicas (Zeng, et. al., Onchaga, 2005b).

La *Confiabilidad* es una característica típicamente de nivel de aplicación y representa la probabilidad de que el servicio sea ejecutado correctamente o adhiera acuerdos de nivel de servicio (Zeng, et. al., Onchaga, 2005b).

La *Disponibilidad*, es la fracción de tiempo en que el servicio esta accesible con referencia a un periodo de tiempo (Onchaga, 2005b). También se utiliza al definir acuerdos de nivel de servicio.

El *Costo* se define como el precio cobrado por ejecutar la operación (Zeng, et. al., Onchaga, 2005b). Existen diferentes esquemas de cobro como por ejemplo: valor fijo, según el tiempo empleado en proveer el servicio, cantidad de datos solicitados, etc. Es utilizado a nivel de aplicación para estimar costos en servicios de composición (Onchaga, 2005b).

Nivel Cualitativo: Atributos de calidad percibidos por los usuarios, que se pueden cualificar pero cuyas valoraciones dependen del dominio de aplicación y el contexto en que se usen. Las valoraciones en este nivel no son absolutas y son: reputación, interactividad, localización y conformidad.

La *Reputación* es un juicio emitido con base en la experiencia en el uso, pre concepciones o recomendaciones del usuario (Garvin, 1988). Se define como la medida de fiabilidad percibida del servicio. Se incluye en el esquema porque permite utilizar la preferencia de los usuarios en el descubrimiento de contenidos (Xu, 2006).

Definido en el contexto geográfico por (Onchaga, 2005b) como *Soporte de interactividad*, (también conocido en ambientes multimedia como usabilidad (Griffiths, 2007)), representa el grado de acción con el que una persona puede interactuar con el resultado del servicio. Se incluye porque es un parámetro clave en el descubrimiento de servicios a nivel de abstracción de usuario como lo plantea (Griffiths, 2007) y depende estrictamente de los objetivos del servicio, por ejemplo: una evaluación de interactividad de un servicio móvil, no es comparable con un servicio desktop.

La *localización* es la región geográfica a la que se asocian los datos entregados por el servicio. Es definido por (Onchaga, 2005b) y aunque no es estrictamente un criterio de calidad, es un aspecto importante a nivel de aplicación para definir la procedencia de datos en servicios Web de procesamiento o consulta. Por ejemplo un servicio de muestras hidrológicas que entregue datos específicos de acuerdo a la posición.

La *Conformidad* se incluye para especificar el estándar y versión que caracterizan al servicio, aunque no se ha tomado en cuenta como atributo de calidad geográfica por algunos autores (Onchaga, 2005b). Por Ej. WFS, WCS, WSDL. Es un atributo utilizado típicamente a nivel de aplicación en contextos multimedia (Kluwer, 2000) y servicios digitales (Griffiths, 2007) para establecer las capacidades de forma preliminar. Se incluye en el esquema porque permite realizar una valoración previa de funcionalidad, antes de acceder a las interfaces programáticas.

3.4 CALIDAD DE SERVICIO Y SU RELACIÓN CON LOS METADATOS

Si los servicios no pueden ser encontrados y entendidos apropiadamente, prácticamente no existen o se vuelven engañosos. Aun si un servicio es encontrado por un usuario, no podrá interactuar efectivamente con él, si aparte de conocer su funcionalidad, no es capaz de determinar el contexto del servicio. Preguntas como ¿quién lo creo?, ¿para qué fue creado?, ¿que pretende hacer?, ¿quién lo soporta?, ¿cuánto cuesta?, ¿cuál es su reputación? y un largo etcétera, son importantes para determinar su utilidad en una aplicación específica. Distinguir y diferenciar servicios es tan importante como descubrirlos.

Según (*IDEE, 2005*), los datos describen el mundo real y son un modelo de la realidad; los metadatos en cambio describen los datos y se utilizan para tomar decisiones acerca de los mismos. Los metadatos constituyen la información, en forma documentada y estructurada que permite que los datos sean entendidos, compartidos y explotados de manera eficaz por todo tipo de usuarios a lo largo del tiempo. Se utilizan para poder identificar, acceder y usar los datos. Describir un recurso en determinado contexto, como en el caso de la calidad de servicio, requiere la adición de descripciones mediante metadatos.

Los principales usos de los metadatos son:

- Organizar y mantener el acervo del conjunto de datos de una organización.
- Proporcionar información para catálogos de datos y centros de distribución de metadatos (clearinghouse).
- Proveer información necesaria para interpretar y procesar datos transferidos por otra organización.

Los metadatos pueden ser clasificados en tres grandes categorías (*Manso, 2004*):

- *Metadatos de Descubrimiento*: Identifican los datos disponibles.
- *Metadatos de Exploración*: determinan si el conjunto de datos poseen las características necesarias para determinado propósito.
- *Metadatos de Explotación*: permiten conocer el procedimiento de adquisición y utilización de los datos.

Cuando se realizan búsquedas en la Web, el contenido que se obtiene de estas muchas veces difiere de lo que se espera obtener. Pueden existir incongruencias en los datos, la autenticidad de la información y del sitio Web y la precisión de este. Para mejorar las búsquedas, existen varios lenguajes estándar, basados en XML, orientados a asociar información descriptiva que relacione el contenido que se desea obtener de las búsquedas. Los estándares más populares, principalmente son:

- Dublin Core¹⁵: es un modelo de metadatos elaborado y auspiciado por la DCMI (Dublin Core Metadata Initiative), una organización dedicada a fomentar la adopción extensa de los estándares interoperables de los metadatos y a promover el desarrollo de vocabularios especializados de metadatos para describir recursos que permitan desarrollar sistemas más inteligentes en el descubrimiento de recursos. (*Dublin Core, 2007*)
- PRISM¹⁶: es una especificación que define un vocabulario de metadatos en formato XML para la gestión, agregación y procesamiento de metadatos en revistas, catálogos, libros y publicaciones de contenido especializado. PRISM recomienda usar los estándares existentes como: XML, RDF, Dublin Core y las especificaciones de ISO para formatos de ubicación, lenguaje, fecha y hora. Además PRISM provee un framework para intercambiar y conservar contenido de metadatos.
- XMP¹⁷: define un modelo de metadatos que puede ser usado con cualquier conjunto definido de elementos de metadatos. XMP también define un esquema particular para propiedades básicas útiles para registrar la historia de un recurso a través de múltiples pasos en su procesamiento, desde tomar una fotografía, escanear texto de autor, a través de pasos en la edición de la foto (como recortar una imagen) o ensamblado dentro de una imagen terminada. XMP permite a cada programa o dispositivo agregar su propia información al recurso digital, con lo que puede quedar incorporada en el archivo final.
- RDF¹⁸: es un framework diseñado para representar información y metadatos en la Web, desarrollado por el W3C.

Para la descripción de información geográfica también existen una serie de lenguajes estándar basados en XML, generados por la ISO, que permiten agregar información a cualquier tipo de recursos. La familia de normas ISO 19100 es una familia de normas

¹⁵ Lenguaje reducido que permite hacer un tipo particular de afirmación relacionada con un recurso.

¹⁶ The Publishing Requirements for Industry Standard Metadata es un vocabulario de propósito general para gestionar la publicación de contenido escrito.

¹⁷ Extensible Metadata Platform, es un modelo de metadatos desarrollado por Adobe para la descripción embebida de archivos.

¹⁸ Resource Description Framework sirve para describir e intercambiar metadatos.

internacionales para la información geográfica desarrollada por el Comité Técnico 211, llamado Geomática/Información Geográfica dentro de de la Organización de Estandarización Internacional. Las normas relacionadas con los metadatos son principalmente tres: ISO 19115, 19119 y 19139.

3.4.1 Metadatos de datos geográficos (ISO - 19115)

Una definición apropiada de los metadatos espaciales puede ser: “Es una leyenda mucho más detallada que la del mapa en formato papel, que describe los autores que han producido los datos, las fuentes documentales utilizadas en la producción, los atributos que poseen los datos, la fecha de publicación, el sistema de referencia, la frecuencia de mantenimiento, etc.” (Manso, 2004)

Adicionalmente, los metadatos geográficos juegan un papel importante en los servicios distribuidos de información geográfica puesto que posibilitan la búsqueda de información que satisfaga ciertas restricciones. Los metadatos son almacenados en catálogos o bases de datos distribuidas en forma de documentos XML definidos por la norma ISO 19115, denominada Metadatos de Información Geográfica (Geographic Information-Metadata) aprobada en el año 2003 como la norma internacional de metadatos geográficos.

El objetivo del estándar es documentar los datos geográficos digitales, proporcionando un esquema y un conjunto común de terminología, que permita realizar una correcta gestión y explotación de los datos. No sólo para uso interno de una organización, sino para poderlos compartir e intercambiar entre los diferentes productores y usuarios.

Los metadatos se encuentran organizados en siete categorías, de acuerdo al estándar ISO 19115:

1. *Información del Metadato*: se consignan las fechas de creación y actualización del propio metadato, el estándar y la versión en que está escrito, las restricciones de uso y acceso de los datos, los sistemas de seguridad y la información de contacto del responsable de los datos.
2. *Información de identificación*: se recoge la información más relevante desde el punto de vista de descubrimiento de la información. Es la información que describe

el conjunto de datos, el periodo temporal, la actualidad, el dominio espacial y palabras clave para realizar búsquedas e indexar registros.

3. *Información de calidad de los datos:* se describe el estado de consistencia y de completitud de los datos, atributos de exactitud para las posiciones horizontal y vertical así como referencias a las fuentes de información utilizadas para la creación de los datos.
4. *Información de la representación espacial:* se anotan los datos relativos a la información a describir, sean raster¹⁹ o vectoriales. Para las imágenes se define las dimensiones y la resolución. En el caso de datos vectoriales se describe la escala.
5. *Información del sistema de referencia:* identifica el tipo de coordenadas utilizadas, ya sean geográficas, locales o proyecciones cartográficas. Determina la precisión, datos para realizar posibles transformaciones o conversiones de coordenadas. Para esto se precisa el tipo datum²⁰ utilizado, el elipsoide de referencia y el sistema de proyección cartográfica.
6. *Información de contenido:* detalla las entidades y atributos de los datos descritos.
7. *Información de distribución:* mantiene la información necesaria para que la solicitud de datos pueda llevarse a cabo. Para esto se dispone de un contacto, unas pautas, horarios, distribución de la información y costo.

3.4.2 Propuesta de ISO 19139

El pre-estándar ISO 19139 es una especificación técnica que desarrolla una implementación en XML del modelo abstracto de metadatos descrito por ISO 19115 y, como tal, define un conjunto de esquemas que declaran elementos para describir los metadatos de una capa. (Zabala y Masó, 2005) Estos esquemas incluyen información acerca de identificación, limitaciones, extensión, calidad, referencia espacial y temporal, distribución, linaje y mantenimiento del conjunto digital de datos. Este estándar está

¹⁹ Raster: tipo de formato para un área espacial dividida en celdas regulares, en las que cada una presenta unos atributos o valores (altitud, reflectancia, etc.) que son almacenados en una base de datos.

²⁰ Datum: punto de referencia en un mapa, puede ser un punto, línea o superficie usado como base para medir o calcular.

pensado para incrementar la interoperabilidad al proveer una especificación común para describir, validar e intercambiar metadatos asociados con los datos geográficos. (ISO, 2004)

3.4.3 Metadatos de datos y servicios geográficos (ISO 19119)

A nivel de servicios geográficos, la especificación ISO 19119 identifica y define los patrones arquitecturales de las interfaces de servicio usadas en información geográfica, describiendo la taxonomía de este tipo de servicios (Percivall, 2002). Esta especificación es el resultado de la experiencia obtenida en el programa de interoperabilidad del OGC e ISO.

ISO 19119 provee un framework para que los desarrolladores creen software que permita a los usuarios acceder y procesar datos geográficos de una variedad de fuentes mediante el uso de una interfaz computacional genérica en un ambiente tecnológico abierto. Específicamente, tiene como propósito:

- Proveer un framework abstracto que permita realizar el desarrollo coordinado de servicios específicos.
- Habilitar la interoperabilidad de servicios mediante la estandarización de las interfaces.
- Soportar el desarrollo de un catálogo de servicios mediante la definición de metadatos a nivel de servicios.
- Separar las instancias de datos y servicios.
- Permitir el uso de proveedores de servicios y de datos independientemente.
- Definir un framework que pueda ser implementado en varias formas.

Este estándar es fundamental en el modelo de interoperabilidad definido por la OGC y ha sido adoptada en muchas de las especificaciones de la OGC. Así por ejemplo, la interfaz *capabilities* definida obligatoriamente en todos los *OGC Services* se basa en esta especificación. En la sección 3.5 se verá esta relación con más detalle.

3.4.4 Normatividad Colombiana de Metadatos Geográficos

A nivel nacional, el ICONTEC²¹ ha generado una norma para metadatos Geográficos (NTC 4611) con el objetivo de definir el esquema requerido para describir la información geográfica analógica y digital. Esta norma proporciona información acerca de identificación, extensión, calidad, esquema espacial y temporal, referencia espacial y distribución para un conjunto cualquiera de datos geográficos. (ICONTEC, 2000a)

Como característica importante, esta norma define elementos del metadato geográfico obligatorios y condicionales que constituyen el núcleo mínimo requerido para cumplir los propósitos de localizar datos, determinar su aptitud de uso, forma de acceso, transferencia y uso. Igualmente define los elementos del metadato opcionales que permiten una descripción más detallada de los datos geográficos si se requieren. Para hacer esto, se definen dos niveles de conformidad:

- *Nivel de conformidad 1- Metadatos Mínimos:* Son los metadatos mínimos requeridos para identificar un conjunto de datos, este nivel se usa para propósitos de catalogación y soportar la creación de bodegas de metadatos facilitando el descubrimiento de datos.
- *Nivel de conformidad 2- Metadatos Detallados:* Provee los metadatos requeridos para documentar completamente un conjunto de datos requeridos para identificar, evaluar, acceder, usar y administrar información geográfica.

La norma Colombiana es una adaptación de la norma internacional ISO 19115, por tal motivo categoriza el metadato geográfico en una jerarquía de relaciones que comprende nueve secciones, similares a la norma de ISO (ver sección 3.4.1): identificación, calidad de los datos, representación espacial de los datos, referencia espacial, entidades y atributos, distribución y referencia de los metadatos y las secciones de soporte: citación y contacto.

²¹ Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. www.icontec.org.co

Referente a la calidad, también existe una norma denominada: *Información Geográfica. Conceptos Básicos De Calidad* donde se resalta la información sobre calidad como un factor decisivo, necesario para conocer y caracterizar adecuadamente un conjunto de datos geográficos pertenecientes a una organización determinada. (ICONTEC, 2000b)

La familia de normas ISO9000, define la calidad como adecuación o idoneidad para un uso determinado (*fitness for use*), por esto el propósito que se pretende obtener al describir la calidad es facilitar la selección del conjunto de datos que mejor satisface las necesidades de una aplicación en concreto. Un conjunto de datos geográficos debe ser visto como un producto y la información de la calidad de dicho conjunto de datos permite, que el productor de los datos difunda sus productos y ayuda a que el usuario determine la aptitud de uso de dicho producto según ciertos requisitos predeterminados. Los lineamientos generales que nos da la norma son:

- Transparente: El usuario debe estar ajeno de las complejidades de la gestión de la QoS. Actividades como el establecimiento, control y gestión de la calidad de servicio deben estar ocultas a los usuarios.
- Principio de Integración: Estipula que la QoS debe ser configurable, predecible y mantenible a nivel de usuario, infraestructura y recursos. El QoS es extremo a extremo por lo que todos los componentes involucrados en la entrega de servicios deben ser configurables, predecibles y mantenibles respecto a la calidad de servicio.
- Las características de QoS de un servicio determinan su utilidad en un contexto de aplicación, debido a que diferentes niveles de calidad de servicio son posibles bajo diferentes condiciones y a costos diferentes.
- La disponibilidad de los geo-servicios es independiente de las variaciones en la demanda y de nuevos servicios desplegados o existentes que pueden ser retirados, reconfigurados o actualizados.

Concretamente, una descripción de la calidad puede aplicarse a un conjunto de datos, a una serie de estos conjuntos ó a un grupo informativo cuya calidad quiera ser evaluada de acuerdo con dos tipos de componentes que describen la calidad de un conjunto de datos, estos son:

1. Elementos de Calidad: son aspectos de la calidad de los datos los cuales pueden ser medidos cuantitativamente. El propósito de estos elementos es identificar las inconsistencias de un conjunto de datos con respecto a sus especificaciones de producto. Estos elementos pueden ser:
 - Completitud: describe el nivel de veracidad con el cual los elementos capturados, sus atributos y sus relaciones representan el universo abstracto definido en las especificaciones de producto. Subelementos: Comisión y Omisión.
 - Consistencia Lógica: describe el grado de certidumbre con el cual determinado conjunto de datos cumple con las especificaciones en lo que respecta a la estructura interna de los datos y topología. Subelementos: consistencia de dominio o contexto, de formato de datos y topológica.
 - Exactitud Posicional: describe la cercanía en posición de los objetos en el conjunto de datos, con respecto a su posición verdadera (o la asumida como verdadera). Subelementos: Exactitud absoluta o externa, exactitud relativa o interna y exactitud de posición de datos de celdas.
 - Exactitud Temporal: describe el grado de realidad en la escala del tiempo de los elementos existentes en la base de datos con respecto de las especificaciones del producto. Subelementos: Exactitud en el tiempo de medición, consistencia temporal y validez temporal.
 - Exactitud Temática: describe el grado de fidelidad de los valores de los atributos asignados a los elementos en la base de datos con respecto de su verdadera característica presentada en el terreno y la clasificación correcta de los objetos y sus relaciones. Subelementos: Exactitud de la clasificación, exactitud del valor dado a un atributo cuantitativo y exactitud de un atributo cualitativo.

2. Elementos de síntesis de Calidad de los datos: describen los aspectos cualitativos de un conjunto de datos. Estos son:
 - Propósito: Registra los motivos por los cuales se creó el conjunto de datos y el uso previsto para dicho conjunto de datos.
 - Uso: Documenta las aplicaciones en las cuales se está usando el conjunto de datos, por el productor u otro ente distinto al usuario de los datos.

- Historia de los datos: Debe hacer el recuento del ciclo de vida del conjunto de datos desde la colección y adquisición hasta su compilación y derivación a su forma actual. Subelementos: Fuente de Información, que registra la descendencia y características de los datos originales, y la Secuencia de Procesos que registra la relación de eventos o transformaciones en la vida de los datos.

3.4.5 Gestión de Calidad para Servicios Hidrológicos

En general, los servicios hídricos se pueden dividir en tres grandes grupos (OGC, 2006):

1. *Servicios de gestión* hidrológica ambiental, orientados a la toma de decisiones en el sector de abastecimiento de agua con objetivos como conservar las fuentes de agua para consumo humano (OMS, 2007, Minambiente, 2007), aprovechamiento sostenible en actividades agrícolas (Cinara, 2002) y urbano industriales (Navarro, 2001).
2. *Servicios de datos* que entregan información de factores físicos o químicos importantes para los estudios ambientales (Hernández), perfiles microbiológicos (Geldreich) y demás parámetros que caracterizan el estado de calidad de las fuentes de agua (Barba).
3. *Servicios de procesamiento* que van más allá de los análisis químicos y físicos del agua, y que relacionan estos datos con variables o resultados más complejos como impacto sanitario y de salud (De Large, et. Al., 2001) o análisis ambientales (SIRA, 2006).

Para el presente trabajo se hará una adaptación del modelo de metadatos de ISO con el fin de realizar gestión de calidad de los servicios web hidrológicos.

Se trabajará la descripción de Servicios Web Hidrológicos con niveles de especificación definidos por medio de atributos los cuales son útiles a la hora de ejecutar las búsquedas y el posterior procesamiento de la información obtenida a través de otras herramientas de diseño asistidas por computadora (CAD).

3.5 BÚSQUEDA Y DESCUBRIMIENTO DE SERVICIOS WEB

Las búsquedas en Internet se basan en la interpretación y almacenamiento de etiquetas de páginas Web y los links que apuntan a estas páginas. Sitios Web de búsquedas como Google o Yahoo almacenan en sus bases de datos registros con la información necesaria de forma que facilite la consecución de los datos. En el caso de los Servicios Web, se delega esta tarea al registro de servicios que intenta optimizar el mecanismo de búsqueda usando descripciones estándar de los servicios basadas en XML. El catálogo propuesto maneja un repositorio de metadatos para las operaciones de descubrimiento de servicios.

Mediante un registro especializado, un usuario puede encontrar servicios de acuerdo al nombre de la compañía que lo presta, el nombre del servicio o la URL. Por ejemplo, al buscar un servicio específico, los usuarios obtienen beneficios al consultar las características de cada Servicio Web resultante y determinar cuales se ajustan completamente a sus necesidades antes de usarlos. Estos registros tienen mecanismos para asociar metadatos descriptivos o categorías a la información. En el desarrollo del catálogo de servicios hídricos se incluyen descripciones sobre la calidad de los metadatos.

Las consultas al catálogo deben ser simples de implementar con retornos de información consistente y útil para la comunidad científica. En lo posible los servicios deben mantener un método estandarizado de vocabulario y manejar referencias espaciales y temporales consistentemente, de manera que puedan ser integrados con diferentes repositorios ya sean hidrológicos o de otras disciplinas, particularmente con datos y servicios climáticos.

La Figura 3-1 muestra la forma como el catálogo de servicios hídricos utiliza el repositorio de metadatos, el cual mantiene información básica además de descripciones sobre la calidad. Con base en el repositorio, el catálogo realiza distintas operaciones de acuerdo al tipo de solicitud que entregue un usuario, por ejemplo: un parámetro como el desempeño será importante para servicios de procesamiento (cálculo de un indicador) pero no lo será tanto en servicios de gestión (registro de muestras).

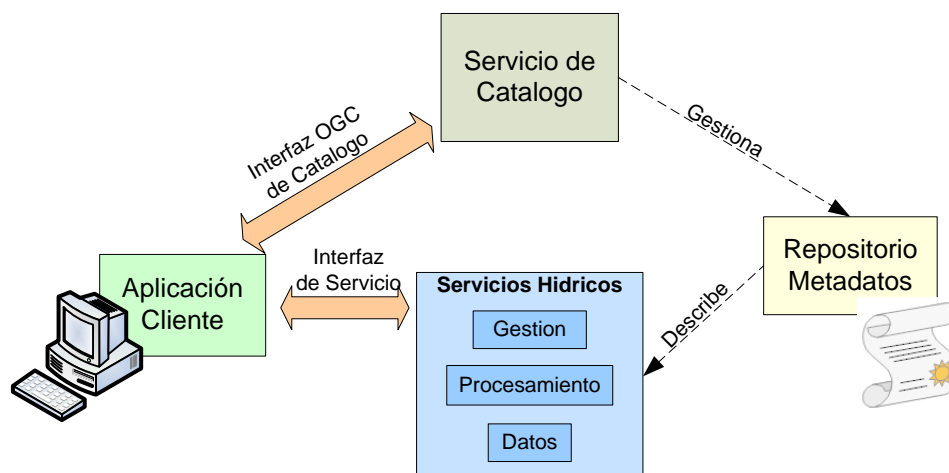


Figura 3-1 Diagrama conceptual para Gestión de Calidad de Servicios Hídricos

En el ámbito geográfico, el OGC ha escogido al metamodelo del registro ebXML (ebXML Registry) denominado *Electronic business Registry Information Model (EbRIM)* como el esquema preferente para ser usado en la especificación de Servicio de Catálogo (CS-W) en las aplicaciones geográficas. Esta especificación permite la búsqueda y descubrimiento de datos y servicios al tiempo que permite manejar una variedad de registros de soporte como librerías de símbolos, sistemas de referencia de coordenadas, esquemas y perfiles de aplicación que ofrece mayor flexibilidad y extensibilidad al catálogo (OGC, 2006). Sin embargo, el OGC es categórico al afirmar que ningún modelo satisface completamente las necesidades del contexto geográfico (Bacharach, 2007) por lo que deja abierta la posibilidad de usar UDDI, mecanismos basados en CORBA, Z39.50 y búsquedas de texto no estructurado como motores de búsqueda y descubrimiento.

UDDI se ha impuesto de facto como modelo de registro de Servicios Web en la mayoría de las compañías, principalmente porque es más fácil de utilizar debido a que define una estructura de datos fija que simplifica su manejo. Al ser comparada con EbRIM, no se puede decir que una tecnología es mejor o peor que la otra, en realidad lo que existe es una diferencia de enfoque, y en muchos casos se complementan (Aditya & Lemmens, 2006). El modelo ebRIM fue diseñado como registro y repositorio de recursos, lo que incluye el almacenamiento de interfaces, objetos, documentos y demás productos generados a nivel corporativo, que dan mayor robustez en etapas posteriores a la realización del contrato con el proveedor. UDDI por otro lado es un registro estrictamente hablando, que procura simplicidad en su estructura para garantizar integraciones rápidas

entre compañías, focalizándose en facilitar los procesos de búsqueda y descubrimiento en la etapa previa a la consecución del contrato con un proveedor. Por esta razón UDDI ha sido seleccionado como el componente central de la arquitectura de descubrimiento presentada en nuestro trabajo de grado.

3.6 ARQUITECTURA DE UDDI

La especificación UDDI fue creada como un conjunto de modelos de datos, codificados en XML, organizados en una jerarquía con el objetivo de facilitar las búsquedas de registros. UDDI no es un repositorio de datos o servicios, su función es únicamente la de almacenar información adecuada para que un usuario pueda encontrar e invocar un servicio.

Para entender la función de los mensajes XML que hacen parte de la API de UDDI, es necesario comprender como están organizadas las diferentes estructuras de datos y los formatos que son utilizados en la especificación. UDDI define unas estructuras de datos principales que son pasadas como parámetros de entrada y salida en los mensajes de la API. Estas estructuras de datos están organizadas jerárquicamente como se aprecia en la Figura 3-2 (Oasis, 2002):

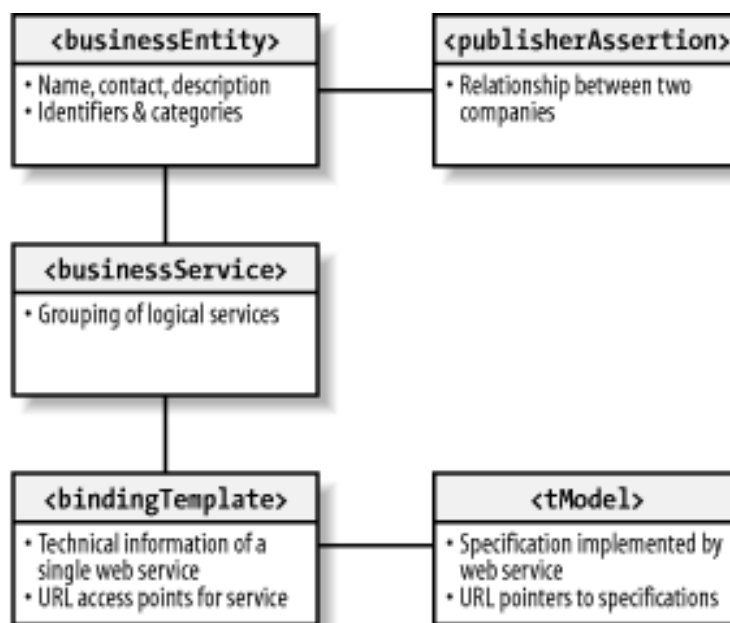


Figura 3-2 Estructura de UDDI

A continuación se describe la información que representa cada una de estas estructuras (Oasis, 2002):

<businessEntity> (Organización): representa la información básica de una organización. Esto incluye, información de contacto, categoría, identificadores, descripción y relaciones con otros negocios u organizaciones. Cada elemento de este tipo puede representar diferentes tipos de estructuras organizacionales como por ejemplo: conglomerado, subsidiario, socio, dependencia, división, etc.

<publisherAssertion> (Declaración): usada para establecer relaciones públicas entre dos entidades de negocio. Cada compañía debe crear la misma declaración para que la relación sea publicada.

<businessService> (Servicio): representa una clasificación de servicio a nivel lógico. Este elemento es usado para describir un conjunto de servicios provistos por una organización. Estos servicios pueden ser Servicios Web, conjuntos de Servicios Web o también pueden ser servicios no electrónicos. Esta estructura es re-usable en múltiples organizaciones.

<bindingTemplate> (Plantilla del contrato): contiene apuntadores a descripciones técnicas y a la URL que sirve como punto de acceso al servicio, pero no contiene detalles de las especificaciones de los servicios.

<tModel> (Modelo Técnico): es la descripción abstracta de una especificación o comportamiento en particular al que un Servicio Web se adhiere. Determina específicamente como se interactúa con un Servicio Web en particular. Este, sin embargo, no provee directamente la especificación del Servicio Web, en lugar de esto, contiene apuntadores a las direcciones de las especificaciones. Este elemento es utilizado por las compañías para determinar que tan compatible es un Servicio Web con sus requerimientos.

Con respecto a este tema, en el Anexo B se presenta una práctica donde se identifica las partes que componen un registro XML y se publican las organizaciones en el registro mediante las interfaces provistas por UDDI.

3.6.1 Proceso de registro de servicios en UDDI

Para explicar cómo son mapeadas las descripciones de los servicios en el registro UDDI, se debe profundizar primero en la estructura de WSDL. Existen dos tipos de interfaces: *Interfaz de Servicio e interfaz de Implementación del Servicio* (Curbera et al, 2002).

La *interfaz de servicio* contiene la definición que será usada como modelo para implementar uno o más servicios, es una definición abstracta de un Servicio Web y describe un tipo específico de servicio. Este tipo de interfaz, se describe mediante un documento WSDL que contiene las etiquetas: *types*, *import*, *message*, *portType* y *binding* (descritas en el Capítulo II). Una interfaz de servicio puede a su vez dividirse y referenciar otras interfaces utilizando un elemento *import*. Por ejemplo una interfaz que contiene únicamente los elementos *message* y *portType* puede ser referenciada por otra interfaz que contiene únicamente elementos *binding* y *portType*.

La *interfaz de implementación* contiene la representación de un servicio que implementa el contrato definido por una interfaz de servicio. Esto quiere decir que por lo menos uno de los elementos *import* del documento debe contener una referencia a una interfaz de servicio WSDL. Una interfaz de implementación de servicio contiene fundamentalmente los elementos *import*, *service*, el elemento *namespace* que contiene una URL que coincide con el elemento *targetNamespace* en la interfaz de servicio y la etiqueta *location* que especifica la URL usada para apuntar al documento que contiene la interfaz de servicio.

Cuando un proveedor quiere registrar un Servicio Web con UDDI, tiene que garantizar que ese servicio implementa un contrato (interfaz de servicio) y además, que dicho contrato este registrado en el registro UDDI. Si el contrato que un Servicio Web va a implementar no existe, entonces, antes que todo, debe ser creado y registrado. Cada interfaz de servicio se representa dentro de UDDI mediante un modelo técnico (*tmodel*). Por ejemplo, un modelo técnico que representa una interfaz de servicio puede ser el siguiente:

```
<tModel tModelKey="uuid:5DD52389-B1A4-4fe7-B131-0F8EF73DD175" >
  <name>Calcular Estudio</name>
  <description xml:lang="es">interfaz para el servicio web
    de calculo de estudios</description>
  <overviewDoc>
    <description xml:lang="es">El documento WSDL del servicio</description>
    <overviewURL>http://gea.unicauca.edu.co/servicios/
      interfaces/calculoEstudio.wsdl</overviewURL>
  </overviewDoc>
</tModel>
```

Después de agregar la interfaz de servicio, se necesita crear el servicio que implementa esta interfaz y registrarlo con UDDI. Para hacer esto, la interfaz de implementación se relaciona con la interfaz de servicio mediante la estructura denominada plantilla de contrato (*bindingTemplate*), la cual contiene el punto de acceso al servicio y referencia al modelo técnico de la interfaz de servicio que está implementando. De esta forma se establece el contrato entre el proveedor del servicio y la interfaz de servicio que este pretende implementar.

Aparte, es claro que para facilitar la búsqueda se necesitará crear una organización y clasificar el servicio usando las estructuras *businessEntity* y *businessService*, para terminar de definir como se proveerá el Servicio. En la figura 3-3 se aprecia la relación entre las estructuras WSDL y UDDI (Curbera et al, 2002).

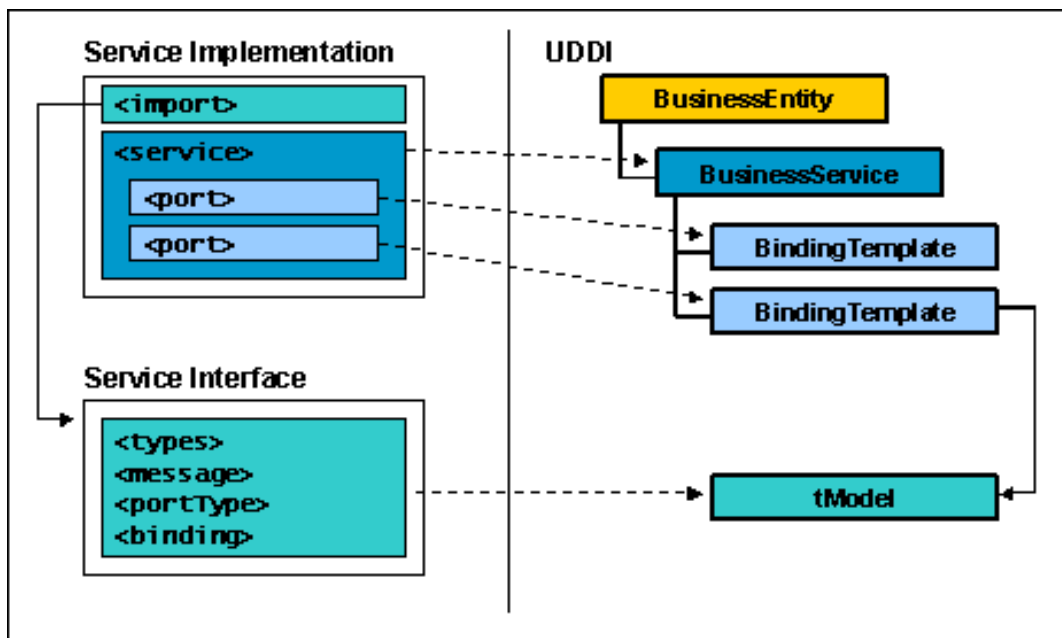


Figura 3-3 Relación entre WSDL y UDDI

3.6.2 Uso de categorizaciones.

Para facilitar la búsqueda de recursos dentro del registro UDDI, es deseable la posibilidad de asignar categorías a la información. Sin la categorización, localizar datos dentro del registro UDDI es muy difícil. La categorización es la característica más importante en UDDI, puesto que es la forma en que la especificación atribuye metadatos a los servicios registrados (*Januszewski, 2002*).

Para el descubrimiento de negocios, servicios, bindings (contratos) o tipos de servicios desconocidos con anterioridad, es indispensable que los datos registrados correspondientes sean marcados en una serie de categorías que puedan ser buscadas universalmente. Un ejemplo es, la UNSPSC (Universal Standard Products and Services Classification), un conjunto de códigos que representan productos y categorías, que son usados para especificar un producto, o servicio ofrecido por un negocio de manera formal o normalizada.

3.6.2.1 Categorías Simples.

Los cuatro tipos de estructuras de datos en UDDI, *BusinessEntity*, *BusinessService*, la plantilla de contrato (*Binding Template*) y el modelo técnico (*t Model*) son equipadas por la especificación UDDI de una estructura adicional para manejar “attaching” de categorías. Cualquier número de categorías pueden ser usadas para una variedad de propósitos (McKee y Ehnebuske, 2002, Januszewski, 2002).

El siguiente fragmento de un documento XML muestra un ejemplo de cómo son adicionadas categorías a una organización (*businessEntity*) usando la etiqueta correspondiente denominada *CategoryBag*.

```
<businessEntity businessKey="uddi:my_company.example">
  ...
  <categoryBag>
    <keyedReference
      tModelKey="uddi:uddi.org:ubr:categorization:unspsc"
      keyName="UNSPSC:Medical Equipment and Accessories and Supplies"
      keyValue="42.00.00.00.00"/>
    <keyedReference
      tModelKey="uddi:uddi.org:ubr:categorization:unspsc"
      keyName="UNSPSC:Drugs and Pharmaceutical Products"
      keyValue="51.00.00.00.00"/>
    <keyedReference
      tModelKey="uddi:uddi.org:ubr:categorization:iso3166"
      keyName="GEO:Germany"
      keyValue="DE"/>
    <keyedReference
      tModelKey="uddi:uddi.org:ubr:categorization:iso3166"
      keyName="GEO:France"
      keyValue="FR"/>
    <keyedReference
      tModelKey="uddi:uddi.org:ubr:categorization:iso3166"
      keyName="GEO:United States"
```

```
        keyValue="US"/>
    </categoryBag>
</businessEntity>
```

En el fragmento de código, la instancia de la entidad de negocio identificada con la *businessKey* `uddi:my_company.example` contiene un `categoryBag` con dos códigos de categorías de productos UNSPSC y tres códigos de país ISO 3166. La organización que es representada por esta *businessKey* requiere especificar que vende equipos médicos y productos farmacéuticos en Alemania, Francia y los Estados Unidos. Esto se establece a nivel técnico por los tres atributos de cada uno de los elementos denominadas *keyReference*, que contienen las siguientes etiquetas:

- *tModelKey*: identifica el modelo técnico (tModel) que es descrito por el sistema de categorización.
- *keyName*: nombre del código de la categoría actual en el sistema de categorización.
- *keyValue*: el código de la categoría actual dentro del sistema de categorización específico.

Con el objetivo de encontrar todos los sistemas de categorización que están registrados con un registro UDDI específico y que sigue las políticas recomendadas para reconocimiento de sistemas de categorización, se puede hacer una llamada `find_tModel` como la siguiente²²:

```
<find_tModel>
  <categoryBag>
    <keyedReference
      tModelKey="uddi:uddi.org:categorization:types"
      keyValue="categorization"/>
  </categoryBag>
</find_tModel>
```

²² Para los detalles de como usar UDDI, refiérase al anexo A.

3.6.2.2 Agrupando Categorías.

En muchos casos, el uso de categorías simples es adecuado para describir las características de la organización, servicio, contrato, o el modelo técnico de forma que sean fáciles de encontrar. Pero hay casos donde las relaciones entre categorías simples se vuelven importantes. Tomando el ejemplo de la sección anterior, el negocio podría requerir especificar que actualmente vende equipos médicos solamente en Alemania y Francia y productos farmacéuticos únicamente en Estados Unidos.

Para requerimientos como este, la estructura *categoryBags* puede contener elementos denominados *keyReferenceGroup*'s que a su vez contienen una lista de los ya conocidos *keyReferences*. El conjunto de *keyReferences* que son agrupadas dentro de un *keyedReferenceGroup* no muestran, por sí mismas, ninguna razón del porque están agrupadas, en vez de esto la *keyReferenceGroup* apunta a su propio modelo técnico (*tModelKey*) que provee este significado. El siguiente fragmento de XML muestra como los *keyedReferencesGroup*'s son usados para obtener el comportamiento deseado:

```
<businessEntity businessKey="uddi:my_company.example">
  ...
  <categoryBag>
    <keyedReferenceGroup
      tModelKey=
        "uddi:uddi.org:ubr:categorizationgroup:unspsc_geo3166">
      <keyedReference
        tModelKey="uddi:uddi.org:ubr:categorization:unspsc"
        keyName="UNSPSC:Medical Equipment and Accessories and Supplies"
        keyValue="42.00.00.00.00"/>
      <keyedReference
        tModelKey="uddi:uddi.org:ubr:categorization:iso3166"
        keyName="GEO:Germany"
        keyValue="DE"/>
    </keyedReferenceGroup>
    <keyedReferenceGroup
      tModelKey=
```

```

    "uddi:uddi.org:ubr:categorizationgroup:unspsc_geo3166">
    <keyedReference
      tModelKey="uddi:uddi.org:ubr:categorization:unspsc"
      keyName="UNSPSC:Medical Equipment and Accessories and Supplies"
      keyValue="42.00.00.00.00"/>
    <keyedReference
      tModelKey="uddi:uddi.org:ubr:categorization:iso3166"
      keyName="GEO:France"
      keyValue="FR"/>
  </keyedReferenceGroup>
  <keyedReferenceGroup
    tModelKey=
      "uddi:uddi.org:ubr:categorization:unspsc_geo3166">
    <keyedReference
      tModelKey="uddi:uddi.org:ubr:categorization:unspsc"
      keyName="UNSPSC:Drugs and Pharmaceutical Products"
      keyValue="51.00.00.00.00"/>
    <keyedReference
      tModelKey="uddi:uddi.org:ubr:categorization:iso3166"
      keyName="GEO:United States"
      keyValue="US"/>
  </keyedReferenceGroup>
  ...
</categoryBag>
</businessEntity>

```

En el fragmento de código, el modelo técnico utilizado en este ejemplo, representado por el identificador [uddi:uddi.org:ubr:categorizationgroup:unspsc_geo3166](#) representa una agrupación de los sistemas de categorización UNSPSC e ISO 3166. Por lo tanto, los *keyedReferencesGroup*'s que referencia este modelo técnico describe países o regiones donde una categoría de productos es ofrecida.

3.6.2.3 Categorización de un objeto: coordenadas geográficas.

Otro caso que muestra la importancia de agrupar categorías es la idea de usar coordenadas geográficas con el objetivo de especificar la ubicación física de un negocio o servicio. El ejemplo siguiente detalla como latitudes y longitudes geográficas son agrupadas en un *keyedReferenceGroup*. El sistema de referencia usado en este ejemplo es el Sistema Geodésico Mundial (WGS 84- World Geodetic System).

```
<businessEntity businessKey="uddi:my_company.example">
  <categoryBag>
    <keyedReferenceGroup
      tModelKey="uddi:uddi.org:ubr:categorizationGroup:wgs84">
      <keyedReference
        tModelKey="uddi:uddi.org:ubr:categorization:wgs84:latitude"
        keyName="WGS 84 Latitude"
        keyValue="+49.682700"/>
      <keyedReference
        tModelKey="uddi:uddi.org:ubr:categorization:wgs84:longitude"
        keyName="WGS 84 Longitude"
        keyValue="+008.295200"/>
      <keyedReference
        tModelKey="uddi:uddi.org:ubr:categorization:geo_precision"
        keyName="Center of Street"
        keyValue="0900"/>
      </keyedReferenceGroup>
    </categoryBag>
  </businessEntity>
```

La instancia de la entidad de negocio identificada con la *businessKey* [uddi:my_company.example](#) contiene un *categoryBag* con un *keyedReferenceGroup* que a su vez contiene la latitud, la longitud e información adicional agrupada usando el sistema WGS 84. El negocio que es representado por esta *businessKey* requiere especificar

donde está físicamente localizado con el par latitud/longitud y que esta información de la posición se obtuvo del centro de la calle donde el negocio está localizado.

3.7 BÚSQUEDA Y DESCUBRIMIENTO DE SERVICIOS WEB GEOGRÁFICOS

A continuación se presenta una revisión de los repositorios creados para lograr la búsqueda y descubrimiento de servicios web geográficos junto con la especificación tecnológica de un Servicio Web de Catálogos desarrollado por el OGC, que como se vio son fundamentales para la implementación del sistema QoS.

3.7.1 De Servicios Aislados a Infraestructuras de Datos Espaciales.

Como se vio en el Capítulo dos, las infraestructuras de Datos Espaciales se basan en estándares que permiten la interoperabilidad de recursos geoespaciales. La tecnología de los servicios Web ofrece un concepto de colaboración en múltiples dominios de aplicación mediante Internet. El OGC junto con la ISO/TC 211 provee una variedad de componentes necesarios para conformar Infraestructuras de Datos Espaciales basados en conceptos que anticipan la funcionalidad de la Web. Dichos componentes o servicios básicos (no son los únicos) estipulados, se resumen en la Tabla 3-2:

Nombre	Funcionalidad
Web Map Service (WMS)	Creación de mapas sobre la Web a partir de formato vector o raster. Los mapas generados pueden ser visualizados en navegadores comunes.
Web Feature Service (WFS)	Acceso de datos en formato vector basado en la Web. Su respuesta está dada en GML, y debe ser procesada por una herramienta GIS (Web o Desktop).
Web Coverage Service (WCS)	Acceso de datos en formato raster basado en la Web. La respuesta es

	entregada en formatos de imágenes como TIFF, GIF, JPEG, BMP, PNM.
Web Catalog Service (CSW)	Servicio de catalogo basado en la Web para administración y consulta de metadatos que describen datos y servicios geográficos. Las consultas se basan en criterios espaciales y textuales.
Web Gazetter Service (WFS-G)	Servicio que permite referenciar entidades geográficas mediante identificadores textuales (nombres de lugares).
Web Coordinate Transformation service (WCTS)	Permite realizar transformación de un sistema de coordenadas geográficas a otro a través de la Web.

Tabla 3-2 Componentes que conforman una Infraestructura de Datos Espaciales

Con base a estos servicios, es posible construir Infraestructuras de Datos Espaciales. Como elemento indispensable de la IDE, el servicio de catalogo CSW permite almacenar metadatos compatibles con las especificaciones ISO 19115 (metadatos de datos geográficos) e ISO 19119 (metadatos de servicio). Esta especificación, que aun está en trámite para ser aprobada, constituye la base y el futuro del sistema de descubrimiento de los servicios geográficos. A continuación se profundiza en esta especificación, teniendo en cuenta sus avances y diferencias respecto a otras tecnologías similares.

3.7.2 Web Catalog Service (OGC-CSW).

El servicio de catalogo se fundamenta en estructuras de metadatos, relaciones y definiciones (esquemas conceptuales) con el propósito de intercambiar información en una comunidad. Un esquema de metadatos provee un vocabulario común que soporta la búsqueda, recuperación, despliegue y asociación entre la descripción y el objeto que está siendo descrito. Aunque esta relación no requiere el uso de un esquema específico, la adopción de un esquema estándar dado por una comunidad asegura la experiencia y mejoras prácticas de la industria para comunicar y descubrir información.

Las actividades de estandarización en geomática a cargo del Comité Técnico 211 de la ISO incluye un esquema formal para metadatos geográficos, el estándar de metadatos ISO 19115:2003, el cual define una propuesta de los elementos principales de uso común. También está el borrador de la especificación técnica 19139 que define una codificación formal XML y una estructura para intercambio de metadatos ISO. Todos estos elementos son importantes en la especificación CSW. (OGC, 2004)

El servicio de Catálogo es una especificación muy reciente por lo que existen variadas propuestas de implementación, como por ejemplo: GeoNetwork²³ o Deegree²⁴. Aunque cada propuesta puede variar en cuanto a técnicas, tecnologías o frameworks que utilizan, todas mantienen un esquema arquitectural básico conocido como Modelo General para la Interfaz de Catalogo (General Catalog Interfaz Model), a continuación se retoman los aspectos más importantes de este modelo.

3.7.2.1 Modelo General de la Interfaz del Catálogo.

Ofrece un conjunto de interfaces abstractas de servicio que soportan el descubrimiento, acceso, mantenimiento y organización de catálogos de información geoespacial y recursos relacionados. Las interfaces declaradas por el modelo pretenden que un usuario o aplicación software encuentre información presente en ambientes de computación distribuida, incluida la World Wide Web.

Otro concepto importante es lo que se conoce como Perfil de Aplicación que está relacionado con el protocolo de *binding* utilizado en la especificación base. En la especificación de servicios de catalogo, un Perfil puede referirse a CORBA, Z39.50²⁵ o HTTP como protocolos de binding. Cada Perfil incluye un mapeo de las interfaces generales, operaciones y parámetros específicos con una serie de restricciones o

²³ GeoNetwork OpenSource. Aplicación del catalogo para manejar referencias de recursos espaciales en la Web. (<http://geonetwork-opensource.org/>)

²⁴ Deegree. Bloques de construcción para Infraestructuras de Datos Espaciales basados en las especificaciones del OGC. (<http://www.deegree.org/>)

²⁵ ANSI/NISO Z39.50 Application Service Definition and Protocol Specification [ISO 23950].

refinamientos a nivel de implementación del modelo general acordado. La figura 3-4 muestra la arquitectura en un arreglo multi capa de clientes y servidores. El servicio de catálogo puede responder a una solicitud de 3 formas: mediante un repositorio de metadatos local o servicio de catalogo local, un servicio de recursos u otro catálogo externo de servicio, actuando como cliente y servidor. (OGC, 2004)

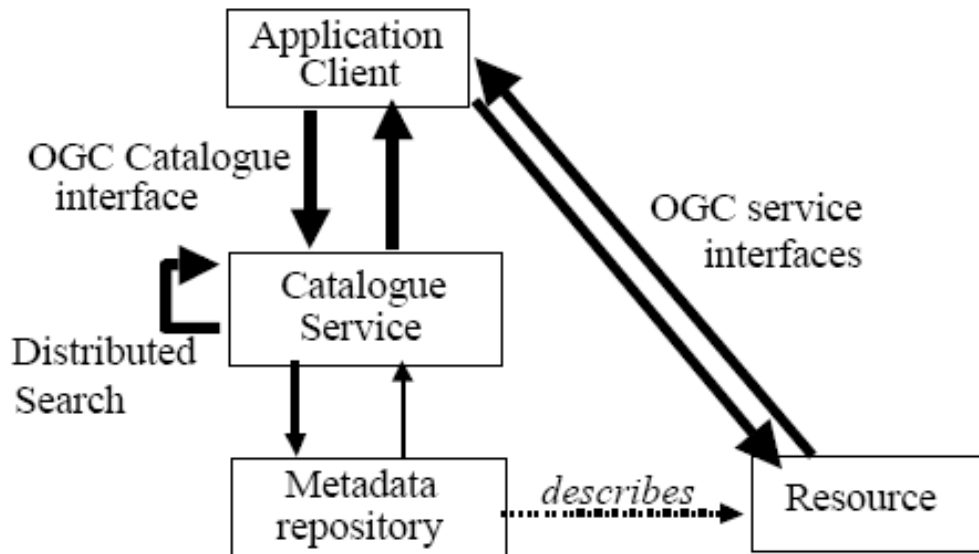


Figura 3-4 Arquitectura Multicapa del Catálogo OGC

3.7.2.2 Interfaces del Catálogo.

En la figura 3-5 se presenta el diagrama de clases del Modelo General del Catálogo, que muestra las diferentes interfaces que el servicio de catalogo OGC debe implementar y las relaciones que existen entre ellas. En total son seis clases, de las cuales por lo menos dos deben ser implementadas obligatoriamente, las demás permiten ampliar las funcionalidades del catálogo pero no son una camisa de fuerza, permitiendo de esta forma diferentes instancias de catálogo de acuerdo a los requerimientos del mismo.

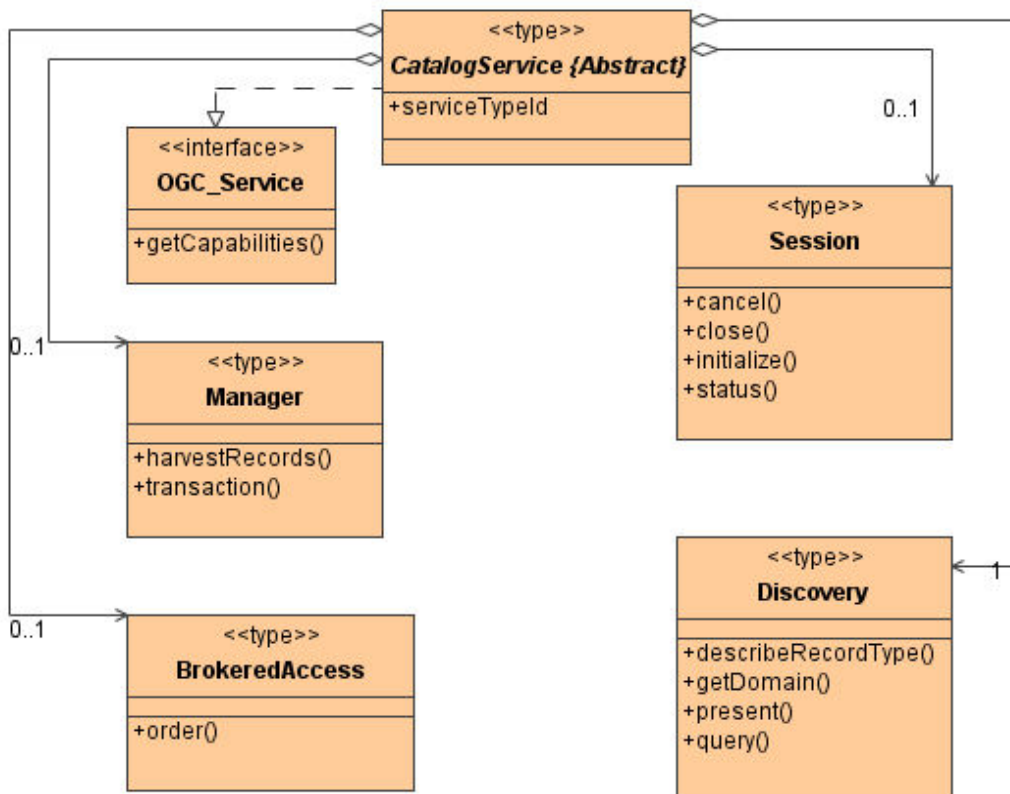


Figura 3-5 Diagrama de Clases del Modelo General del Catálogo OGC.

Como puede observarse, una instancia de la interfaz Catalogue Service es un objeto compuesto que representa las funciones del catálogo a alto nivel, a su vez los objetos que lo componen proveen funcionalidades en áreas específicas. De esta forma es posible realizar configuraciones al catálogo que sirvan para diferentes propósitos, por ejemplo: descubrimiento (solo lectura), catálogo transaccional, soporte y gestión de sesiones (stateful), etc.

3.8 REGISTRO ebXML

A diferencia de los Servicios Web convencionales, ebXML implementa estándares a medida creados por los usuarios para el manejo eficiente del contenido informativo y los metadatos asociados, además provee mecanismos flexibles para el descubrimiento de contenido y la entrega eficaz del mismo a los usuarios y organizaciones. Un diagrama general de la arquitectura de ebXML se muestra en la Figura 3-6.

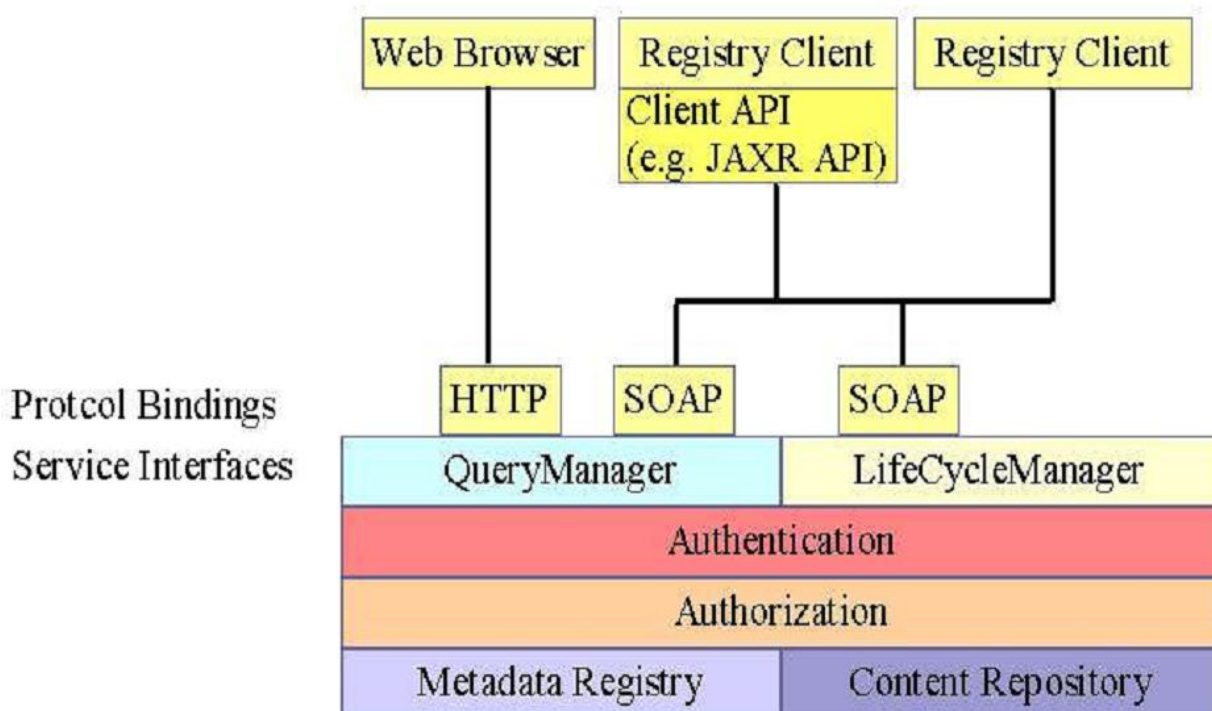


Figura 3-6 Vista Simplificada de la Arquitectura de ebXML.

Como UDDI, ebXML facilita una cooperación automática entre aplicaciones empresariales distribuidas. Soporta los principios de la infraestructura B2B²⁶: intercambio de mensajes electrónicos basado en XML, acuerdos entre socios comerciales y soporte para registros. Esta característica permite que haya una verdadera integración entre socios comerciales poniendo en práctica la visión y meta global de SOA en la cual las aplicaciones comunican y comparten funcionalidades sin involucrar personas. Esta iniciativa es un esfuerzo del Centro de las Naciones Unidas para Facilitar el Comercio y los Negocios Electrónicos (The United Nations Centre for Trade facilitation and Electronic Business, UN/CEFACT) y la Organización para el Avance de la Estructura de Estándares de Información (Organization for the Advancement of Structured Information Standards, OASIS).

²⁶ Abreviatura comercial de la expresión anglosajona business to business: comercio electrónico entre empresas.

EbXML permite a las empresas encontrar socios mediante mensajes electrónicos basados en XML y posibilita los procesos de negocio. Una de las diferencias principales con UDDI es que ebXML también es un repositorio de datos.

Desde una perspectiva más amplia, ebXML puede considerarse como un sistema de gestión que cumple las funciones básicas de un repositorio para sistemas distribuidos y abiertos. Esto incluye: (OGC, 2003)

- Provee almacenamiento persistente de información utilizada en el descubrimiento de servicios.
- Facilita el enlace dinámico entre servicios.
- Provee soporte para el control de seguridad en tiempo real.
- Puede ser enlazado con otros registros.

3.8.1 Especificaciones de ebXML.

- El Modelo de Registro de Información (Registry Information Model, RIM) especifica los metadatos y contenido que puede ser almacenado en el registro ebXML. Establece perfiles de registro para dominios específicos, definiendo restricciones y extensiones en el uso del mismo, entre ellos se tienen: servicios web, WSRP (Remote Portlets), HL7 y el de mayor interés para el proyecto Open GIS.
- El registro de Servicios y Protocolos ebXML (Registry Services and Protocols) define las interfaces y los servicios provistos por ebXML, como también una API para el acceso.

3.8.2 Características de ebXML.

- Maneja relaciones, definidas por los usuarios, entre contenidos y metadatos de una organización.
- Fortalece los estándares para el manejo de contenidos personalizados.
- Incluye capacidades para manejar y dirigir el ciclo de vida de la información
- Provee mecanismos flexibles para el descubrimiento de contenidos.

- Maneja el acceso seguro a la información.
- Facilita la entrega de información a sistemas o personas específicas basándose en eventos y procesos.
- Hace posible la integración de información entre organizaciones.

3.8.3 Perfil Open GIS de ebXML.

Modelo lógico que especifica cómo se estructura e interrelaciona el contenido del catálogo, constituyendo un esquema público para el descubrimiento y publicación. El modelo de información es general y flexible de manera que pueda ser extendido por medio de paquetes que se enfocan en atender necesidades de comunidades especializados en el dominio geoespacial. Por ejemplo, como se ve en la Figura 3-7 el paquete “Mapping” podría incluir elementos para la descripción de estilos y colecciones de símbolos en la producción de mapas, así mismo el paquete “Geodesy” puede incluir elementos para definir sistemas de coordenadas y componentes para datum y prime meridian²⁷.

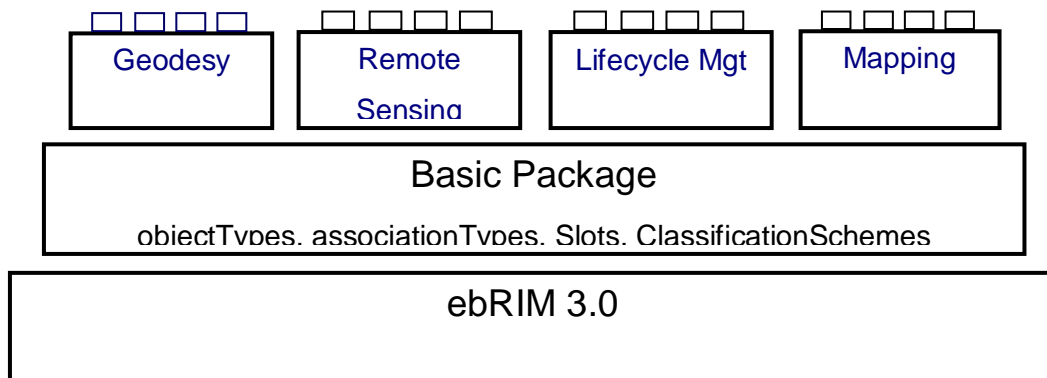


Figura 3-7 Extension Packages

²⁷ Prime meridian: línea longitudinal de 0°, meridiano de Greenwich, England.

Este perfil se basa en la especificación de ebRIM, adoptado por OGC, el cual cumple con las siguientes características: el acceso al contenido del registro se hace a través de las interfaces definidas por el servicio de registro, provee una infraestructura de metadatos sobre la cual se define el funcionamiento del registro y utiliza un repositorio para almacenar y recuperar recursos compartidos e información persistente, pero el repositorio no está limitado por el contexto de aplicación en el cual se utilice.

Cada instancia del registro genera un modelo de información que provee un esquema de alto nivel que almacena y organiza los objetos a ser gestionados. Como en UDDI las APIs asociadas con el modelo soportan diferentes tipos de consulta, sin embargo, ebRIM es más general y extensible en el manejo de metadatos al adoptar el estándar ISO 11179. (OGC, 2003).

3.9 CONCLUSIONES

En este capítulo se realizó la revisión del estado del arte de la QoS, y se propuso como resultado un conjunto de atributos que conforman el perfil de calidad de Servicios Web Geográficos. Se revisaron las especificaciones de metadatos geográficos en las que se incluye la norma Colombiana de NTC4611 y se estudiaron las tecnologías de registro de servicios, que permiten almacenar descripciones de servicios Web Geográficos.

Existen pocos trabajos respecto a la calidad a nivel de proceso de negocio en los servicios Web Geográficos, por esta razón se recurrió a otros contextos que han sido más trabajados como es el caso de los servicios multimedia. El perfil propuesto, contiene una serie de atributos organizados en dos niveles llamados *cuantitativo* y *cualitativo*, esta abstracción permite direccionar la implementación del prototipo del sistema de descubrimiento pasando del estado del arte presente en la bibliografía al de ingeniería.

Los metadatos extienden el modelo de los Servicios Web y en general el de SOA. Entornos de aplicación tan específicos como el de los servicios Geográficos requieren metadatos para describir con exactitud datos y servicios de manera que la información pueda ser aprovechada de la mejor manera. El modelo de registro debe ser extendido para soportar el descubrimiento de servicios geográficos, hasta ahora los esfuerzos de las organizaciones con autoridad en el tema prometen a futuro estándares como ISO19119, UDDI-OGC y CSW que deben tenerse en cuenta al momento de plantear la arquitectura.

4 ARQUITECTURAS DE LOS SIG DISTRIBUIDOS

4.1 RESUMEN

El capítulo anterior presentó una definición de calidad del servicio y su relación con los servicios web geográficos y los metadatos, se revisó la normatividad mundial y nacional acerca del manejo de datos espaciales para finalmente explorar las arquitecturas candidatas junto con la tecnología más pertinente en la búsqueda y descubrimiento de servicios web geográficos. En este capítulo se presentará inicialmente una revisión de las arquitecturas de los SIG distribuidos.

4.2 INTRODUCCIÓN

Actualmente, las propuestas sobre sistemas para el descubrimiento de Servicios Web Geográficos no soportan criterios de calidad y aquellas que los involucran no están enfocadas hacia los servicios web geográficos. Las características particulares de la información geográfica hacen que las búsquedas requieran descripciones y categorizaciones más precisas. Características de la información como: actualización, dominio espacial, linaje; o de distribución como proceso de pedido, formato, límites espaciales, por nombrar algunos, son importantes para determinar los usos que puede darse a la información geográfica así como para discriminar servicios con prestaciones similares o idénticas. (*Barclay, 2006*)

La estructura de datos especificada por los Servicios Web provee un framework para describir información de negocios y servicios, dispone de un mecanismo extensible para suministrar información detallada para conseguir acceso a servicios mediante cualquier lenguaje de descripción estándar. Incluir características de QoS en el modelo propuesto es fundamental para realizar encadenamiento de Servicios Web porque permite entregar búsquedas más precisas de servicios, determinan su utilidad en el contexto de aplicación e informan de su disponibilidad.

4.3 ARQUITECTURAS DE REFERENCIA PARA SIG DISTRIBUIDOS

A continuación se presentan las dos arquitecturas más utilizadas para operar en conjunto Sistemas de Información Geográfica. Primero está el modelo OMG, utilizado en SIG distribuidos desde los 90`s en aplicaciones desarrolladas en la plataforma CORBA. Posteriormente se amplía el modelo OGC de interoperabilidad (visto en el Capítulo 2), que aun está en desarrollo, y constituye el futuro de los SIG distribuidos. (Existen otros modelos de operación como el P2P, pero no han tenido mucha acogida).

4.3.1 Arquitectura OMG

En el modelo de referencia OMA (Object Management Architecture) de OMG, el propósito general es la clasificación de objetos dentro de categorías como: Object Services, Common Facilities, Domain Objects y Application Objects, mostradas en la Figura 4-1. La arquitectura consta de componentes, interfaces y protocolos los cuales se agrupan en cinco áreas así (OMG, 2007):

- **Object Request Broker:** provee un bus para el transporte de mensajes sobre peticiones y respuestas en ambientes distribuidos. CORBA define un lenguaje neutral para el modelo de objetos, es llamado IDL (Interface Description Language) el cual especifica separadamente los tipos de mapeo a varios lenguajes de programación, igualmente define un IR (Interface Repository) para la definición de metadatos dentro del IDL. Cada área que rodea al ORB se comunica por medio de interfaces IDL específicas. Todas las aplicaciones CORBA que operen en conjunto deben hacerlo a través de IIOP (Internet Interoperability Protocol) y opcionalmente con DCE como transporte de protocolos.
- **Basic Object Services:** dentro de él se encuentran algunos servicios básicos para objetos definidos como CORBA services que la mayoría de aplicaciones necesitan. El detalle de cada uno de los servicios se encuentra en las distintas especificaciones OSTF (Object Services Task Force) del OMG llamados RFP's, en los cuales se tratan aspectos como: ciclo de vida, eventos, nombrado,

persistencia, exteriorización, concurrencia, transacción, relación, seguridad y otros más.

- **Common Facilities:** describe una segunda colección de servicios para objetos llamada CORBAfacilities que especifica propósitos generales para capacidades y utilidades en muchas aplicaciones. Las especificaciones se reúnen dentro del CFTF (Common Facilities Task Force) y analiza temas como: operación e internacionalización del tiempo, intercambio de datos, agentes móviles, facilidades para negociación de objetos, facilidades de impresión entre otros.
- **Domain Interfaces:** recientemente el OMG ha reorganizado sus trabajos dentro de nuevas Task Forces en áreas de dominio vertical como por ejemplo: finanzas, manufactura, salud, negocios, análisis y diseño, telecomunicaciones, SIG, multimedia y comercio electrónico.
- **Application Objects:** en ésta parte se agrupan los diferentes desarrollos creados por usuarios finales, los cuales no son sujetos a estandarización por parte del OMG.

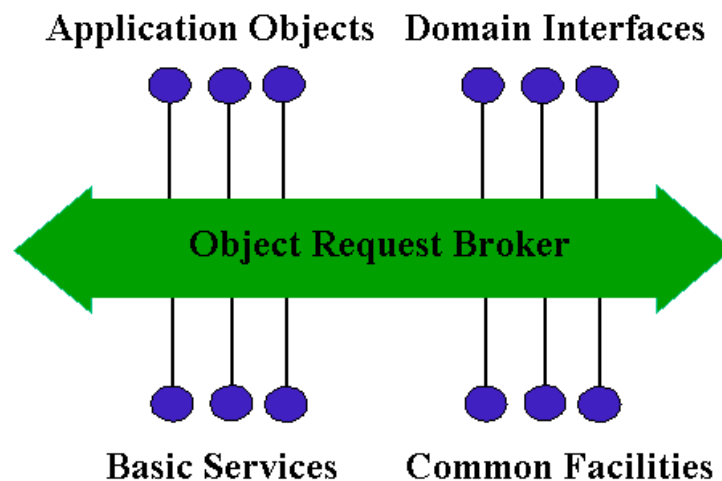


Figura 4-1 OMG Arquitectura para el Manejo de Objetos (OMA)

Dentro del ambiente de estándares geoespaciales y su evolución, surgen dos grupos de interés: CORBAgis DSIG y el C4I DSIG los cuales hacen parte de un DTF (Domain Task

Force) en el OMG para trabajar en concordancia con el OGC. Así, el CORBAgis ha sido constituido para facilitar el uso de información geoespacial en ambientes distribuidos, los cuales son ejemplificados por el ORB de CORBA. (OMG, 2006)

4.3.2 Arquitectura OGC (OGC-RIM)

Como se vio en el Capítulo 2 (sección 2.1), el OGC define una Arquitectura para Compartir Servicios Geográficos en términos de SOA, enfocada en la interacción de componentes con funcionalidades específicas para realizar peticiones, entregar respuestas y generar excepciones. (OGC, 2005).

La arquitectura se caracteriza por mantener una estructura multicapas donde residen componentes que proveen servicios a clientes o a otros componentes presentes en la arquitectura. Las capas son de propósito general, independientes de los datos o servicios geográficos.

Entre los componentes de la arquitectura, existen servicios orientados a realizar tareas de definición y ejecución de procesos de composición. Por definición, los servicios pueden ser encadenados de forma transparente (definida y controlada por el cliente), translúcida (predefinida y visible al cliente) y opaca (predefinida y oculta al cliente) con el fin de generar nuevas funcionalidades en tiempo de ejecución.

Respecto a las interfaces de servicios, estas deben soportar estándares abiertos para cualquier solicitud de un cliente, utilizando codificación de datos basado en XML. Los servicios y datos geográficos siguen las normas ISO, específicamente la serie ISO191XX vista en el capítulo tres de este documento.

Finalmente para la comunicación se utilizan protocolos abiertos de Internet, entre los cuales están: HTTP Get, HTTP Post y SOAP.

Como se puede ver en la Figura 4-2, la plataforma de servicios GIS propuesta por OGC está constituida fundamentalmente por; servicios de *presentación de mapas* con WMS (Web Map Services) (OGC, 2002a), que únicamente permite combinar y visualizar contenidos gráficos (layers) pre-definidas y Styled Layer Definition Web Map Services

(OGC, 2002c) que permite definir nuevos estilos aplicables a contenidos gráficos pre-definidos; servicios de *descarga de entidades* con Web Feature Services (OGC, 2002b) el cual permite la descarga de entidades vectoriales con formato de salida GML2.0 (OGC, 2002d) y Web Coverage Services (OGC, 2003) que permite la descarga de entidades tipo raster; y finalmente el Servicio de *catálogo* para la localización de la información espacial, Catalog (OGC, 2004).

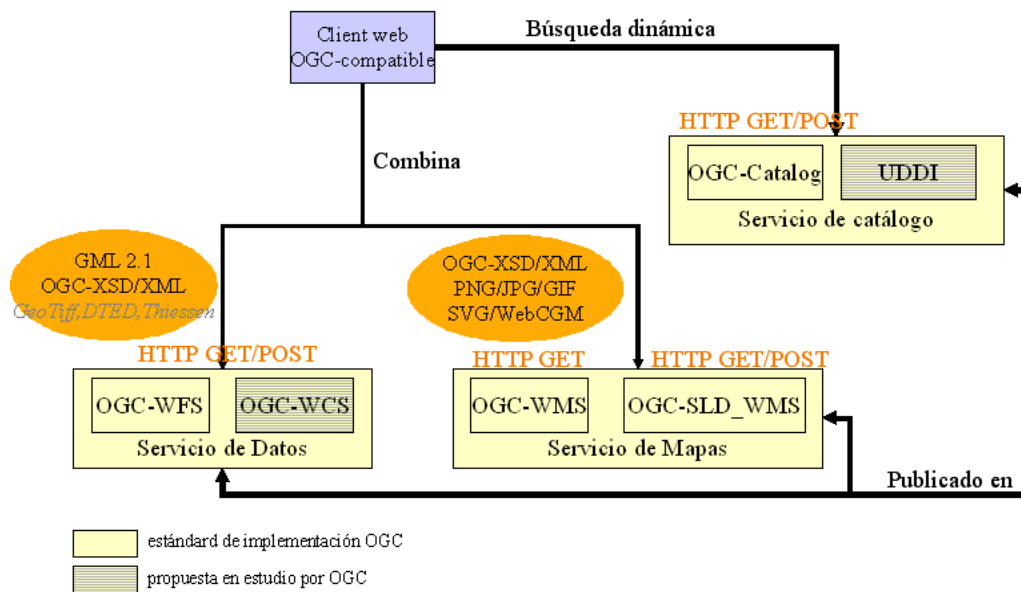


Figura 4-2 Plataforma de servicios SIG de OGC

Todos los servicios o componentes de la Arquitectura SIG se organizan en cuatro capas débilmente acopladas según la especificación (OGC, 2005). Estas son: Capa Cliente, Servicios de Aplicación, Servicios de Procesamiento y Servicios de Gestión de Información. La Figura 4-3 muestra la relación de las diferentes capas.

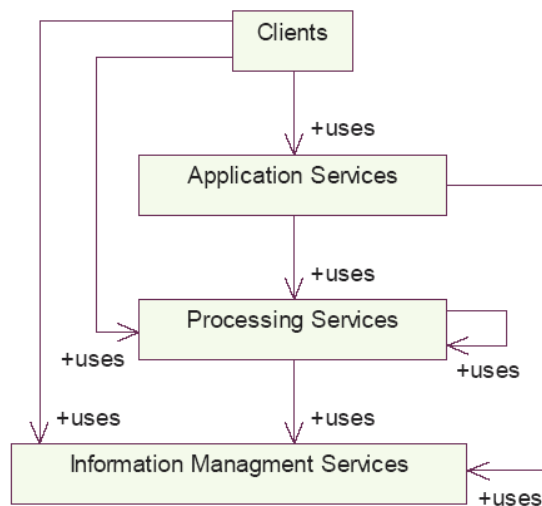


Figura 4-3 Capas de Servicios en la Arquitectura OGC

La capa de *Servicios para Gestión de la Información*, tiene la responsabilidad de almacenar y proveer acceso a datos, pero además se encarga de almacenar metadatos que describen datos y servicios. Entre los servicios que se pueden encontrar en esta capa se tiene a: WMS, WFS, WCS, CSW y UDDI descritos en los capítulos dos y tres de este documento.

La Capa de *Servicios de Procesamiento* contiene servicios orientados a procesar datos, en forma de vectores (feature) o imágenes (coverage). Estos servicios son utilizados por componentes en las capas de gestión de información y procesamiento. Algunos ejemplos de servicios son: WMS, servicios de transformación de coordenadas (Web Coordinate Transformation Service, WCTS), generación dinámica de imágenes (Portrayal), geocodificación, análisis de proximidad, conversiones, etc. Esta capa utiliza servicios de la capa de gestión de información.

La Capa de *Servicios de Aplicación* contiene servicios que dan soporte a los clientes, especialmente clientes delgados como navegadores. El objetivo de la capa es facilitar el reuso al permitir que diversos clientes compartan funciones en vez de implementarlas individualmente. Los servicios de esta capa son utilizados por los clientes, a la vez que pueden utilizar servicios prestados por las capas de procesamiento y gestión de información. Algunos ejemplos son: Servicios de portal, aplicaciones WMS, Gazetteer,

Servicios de descubrimiento y gestión de datos, definición y ejecución de servicios encadenados, workflow, control de acceso, facturación, etc.

La Capa *Cliente* son paquetes software que proveen acceso a personas, o actúan como agentes para otros componentes.

Todos los servicios conviven en un ambiente distribuido (Alameh, 2003), como se muestra en la Figura 4-4.

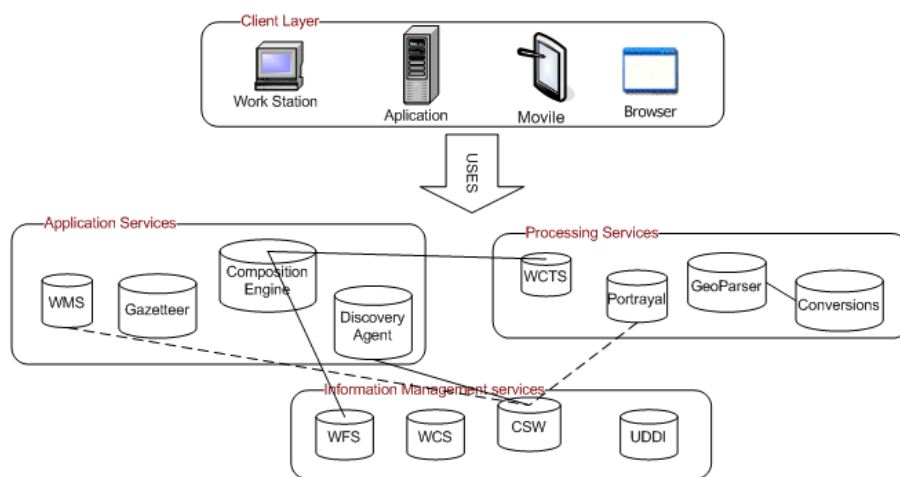


Figura 4-4 Vista Simplificada de la Arquitectura de Servicios Web SIG.

Para dar una visión más amplia de estas arquitecturas, a continuación se describen ejemplos de aplicación de estas.

4.3.3 Trabajos Relacionados

Las propuestas comerciales y académicas de arquitecturas para Servicios Web SIG distribuido, principalmente se dividen en esquemas con dos y tres capas. En el caso de dos capas, el servidor únicamente ofrece servicio de datos para ser consultados por uno o más clientes. La arquitectura cliente-servidor es fácilmente configurable, pero se dificulta su actualización y extensión, igualmente la reutilización se dificulta puesto que utiliza protocolos de acceso a datos propietarios. (Jiang, 2000)

Para el caso de 3 capas, el sistema se divide en los siguientes niveles de funcionalidad: interfaz de usuario, lógica del negocio y almacenamiento de datos. La capa intermedia ofrece un servicio facilitador, que aísla hacia adelante la capa del cliente, reduciendo la complejidad para el acceso a datos al tiempo que incrementa la seguridad en la base de datos. Por estas razones, actualmente la arquitectura de 3 capas es más utilizada para desarrollo de aplicaciones SIG. (Lugun, 2004)

La propuesta de múltiples capas de la OGC, vista en la sección 4.1, presenta las mayores ventajas, pero aun no está lo suficientemente extendida en aplicaciones comerciales.

A continuación se presenta algunos ejemplos de aplicaciones desarrolladas con base en arquitecturas SIG:

4.3.3.1 Arquitectura para el intercambio y manejo de información geotécnica distribuida.

Actualmente es bien sabido que universidades, compañías, agencias gubernamentales y usuarios particulares necesitan cada vez más del uso de información geográfica, como: mapas temáticos y cartografía para tomar decisiones importantes. GIME (Geotechnical Information Management and Exchange) es un proyecto de la USC (University of Southern California) cuyo fin es vencer los desafíos inherentes a la hora de compartir información entre repositorios alojados en bases de datos distribuidas controladas por administradores aislados. Los objetivos principales del proyecto son: *autonomía* en el manejo de datos y archivos, *acceso estandarizado* sin importar el tipo o localización de la fuente de datos cuando un usuario particular realiza consultas y *tratamiento cooperativo y eficiente de las peticiones* realizando de manera inteligente un barrido inicial para direccionar cada petición hacia la fuente más idónea. En la Figura 4-5 se observa la arquitectura de GIME.

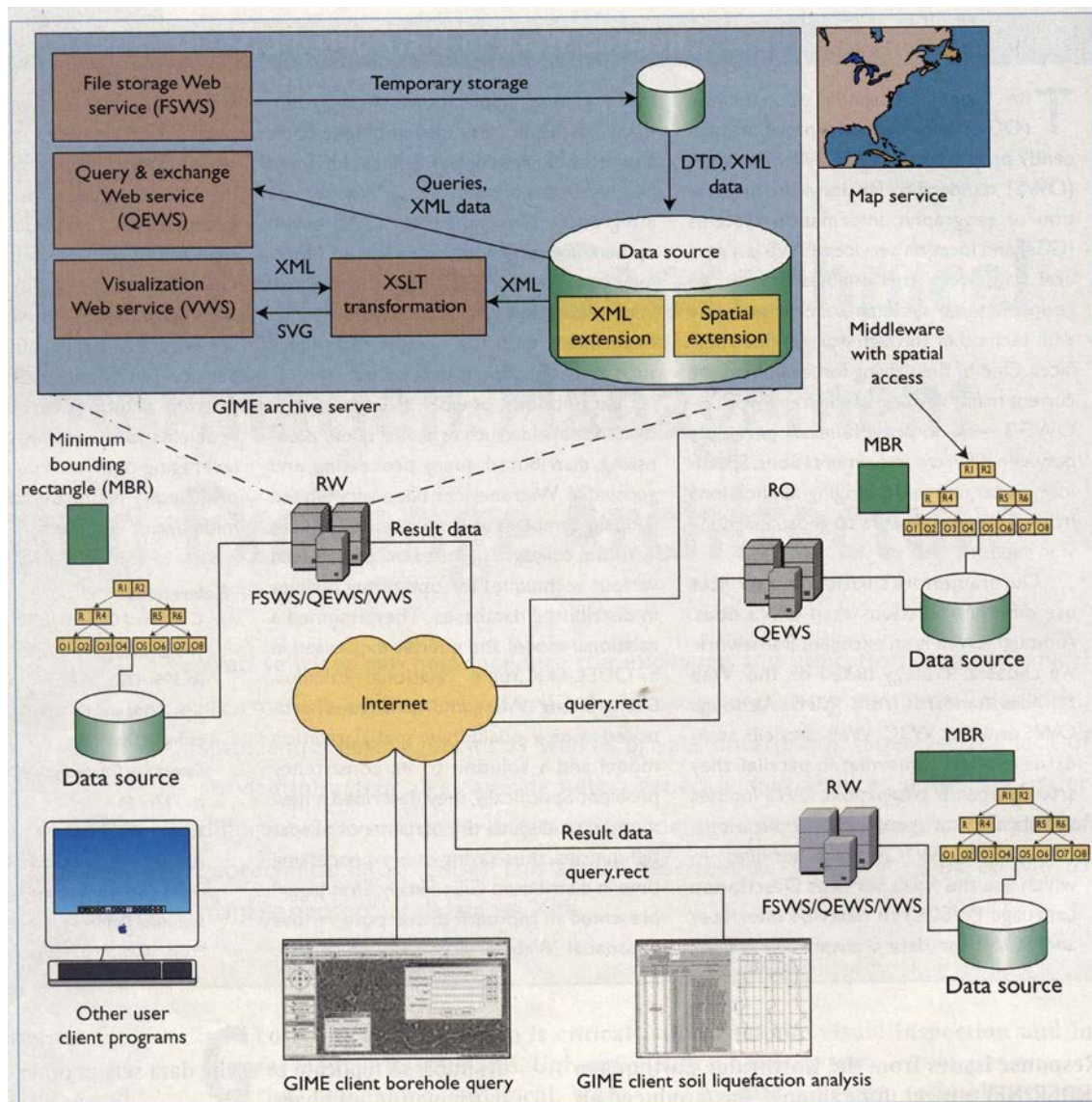


Figura 4-5 Arquitectura GIME

Las principales características de GIME son:

- *Facilidad de operación con servicios web geotécnicos:* utiliza el servidor web Apache Tomcat y el servidor de aplicaciones Apache Axis y mediante la extracción y almacenamiento de metadatos transportados en mensajes XML provenientes en las peticiones de los usuarios, el sistema hace un procesamiento especial con ayuda de métodos API implementados para dar la respuesta más acertada.

- *Indexado espacial con enrutamiento eficiente de peticiones:* es el manejo inteligente que le da el sistema a cada petición con el fin de direccionar la solicitud hacia la fuente de datos o repositorio más apta con el fin de agilizar los tiempos de respuesta. (Zimmermann, 2006)

4.3.3.2 GEOSS (Global Earth Observation System of Systems).

Las aplicaciones web geográficas han sido desarrolladas, entre otras causas, por los desastres naturales, por ejemplo: tsunamis en el océano Índico. De la misma manera los interesados en aquellos temas, gastan mucho tiempo descargando imágenes y datos que en la mayoría de casos se encuentran archivados en múltiples e incompatibles formatos. Uno de los objetivos principales de GEOSS (Global Earth Observation System of Systems) es precisamente buscar la homogeneidad en los formatos de datos espaciales, estandarizar su acceso y compartirlos globalmente, como también perfeccionar los modelos ambientales y de pronóstico climático. (Upson, 2007)

El descubrimiento de servicios no está definido dentro de las especificaciones OGC, debido a su naturaleza abstracta. A continuación se recopilan las propuestas relacionadas con el descubrimiento dinámico de servicios Web, teniendo en cuenta los atributos de calidad, con el fin de entender dicho proceso y aplicarlo al contexto geográfico.

4.4 DESCUBRIMIENTO DE SERVICIOS WEB UTILIZANDO ATRIBUTOS QOS

El descubrimiento de Servicios Web se define como “evento de localizar la descripción de un Servicio Web desconocido previamente, que cumple determinado criterio funcional y se puede procesar de manera programática”. (W3C, 2004) En general el descubrimiento de servicios es realizado mediante un agente o facilitador en algún tipo de registro o índice. A continuación se describen las investigaciones realizadas en este campo.

El modelo de Ran (Ran, 2004) propone crear un rol nuevo en el esquema Proveedor-Consumidor-Registro denominado Certificador (Certifier). La función de este rol es la de verificar que la información de calidad de un servicios sea ingresada antes de ser

registrado. Esto previene el ingreso de información inválida en la fase de registro, lo que asegura el desempeño en la fase de búsqueda.

Gouscos (Gouscos, et. Al., 2003) propone un modelo para gestionar atributos de calidad y precio. El objetivo es clasificar los atributos de calidad en dos grupos denominados: estático y dinámico. Los que son considerados como estáticos, por ejemplo: precio, son incluidos en el registro UDDI directamente. Los dinámicos son direccionados en tiempo de ejecución mediante un bróker de información.

Maximilien (Maximilien y Singh, 2002) propone una ontología y un agente para realizar la selección dinámica de servicios. La calidad del servicio se determina de forma colaborativa por los consumidores con ayuda del agente.

Zhou (Zhou, et. Al., 2004) propone una ontología DAML-QoS complementaria a DAML-S para proveer un modelo de Calidad. De esta forma, las métricas, limitaciones y requerimientos son expresados de forma precisa.

Zeng (Zeng, et. Al., 2004) plantea que para cumplir con las necesidades específicas incluidas en el encadenamiento de servicios, la Arquitectura basada en Calidad de Servicio para la Composición de Servicios Web, permite discriminar alternativas de servicios con funcionalidades idénticas o parecidas con base en Criterios de Calidad definidos. Para esto utiliza un componente denominado *Broker* o facilitador del catálogo de servicios, utilizado ampliamente como patrón en sistemas distribuidos. (Buschmann, et. Al., 1996).

Con base en estas investigaciones y la arquitectura propuesta en el modelo general de referencia OGC, en la siguiente sección se define un esquema de descubrimiento de servicios mediante atributos QoS.

4.5 CONCLUSIONES

En este capítulo se expusieron las dos arquitecturas de referencia utilizadas para operar en conjunto SIG distribuidos, mostrándose los trabajos más recientes que utilizan dichos modelos. Además se indagó en los mecanismos para descubrimiento de Servicios Web que podrán ser adaptados al ámbito geográfico.

Las dos arquitecturas de referencia planteadas por el OMG y el OGC presentan modelos robustos de operación en conjunto de servicios. OMG con la tecnología CORBA lleva ventaja por cuanto ha sido probada como mecanismo confiable de interoperabilidad, sin embargo la industria geoespacial ha dejado de investigar al respecto. Por otro lado el OGC con su propuesta basada en SOA promete un mecanismo de operación en conjunto de bajo acople, que reduce la complejidad y promueve la orquestación de servicios, pero las especificaciones aun tienen vacíos, son muy recientes, están en estudio y en algunos casos no han sido probadas.

Respecto al descubrimiento de servicios, las propuestas plantean el uso de mecanismos basados en agentes de descubrimiento o brokers. Este mecanismo aprovecha las características del modelo multicapa de SOA, al conformarse con un servicio mediador que extiende las funciones básicas de los registros de servicios.

5 ARQUITECTURA PARA EL DESCUBRIMIENTO DE SERVICIOS WEB GEOGRÁFICOS BASADA EN QoS

5.1 RESUMEN

En el capítulo anterior se mostraron las arquitecturas más importantes para la operación en conjunto de sistemas geográficos. En este capítulo se utiliza la propuesta del OGC, para definir y validar la arquitectura en el descubrimiento de Servicios Web Geográficos. En el mecanismo de descubrimiento se incluye el modelo de calidad propuesto en el capítulo tres y los trabajos existentes en torno al descubrimiento de Servicios Web vistos en el capítulo cuatro.

5.2 INTRODUCCIÓN

El descubrimiento de Servicios Web se realiza mediante la especificación UDDI que no considera criterios de calidad, como se describe en el capítulo tres. La Calidad de Servicio es clave en procesos de descubrimiento dinámico y composición de Servicios Web Geográficos. En este capítulo se propone un Middleware QoS que extiende el modelo de los Servicios Web al incluir las especificaciones de Metadatos ISO 19115 y NTC 4611 vistas en el capítulo tres de manera que se puedan manejar descripciones de calidad configurables a diferentes contextos de aplicación.

El capítulo se organiza de la siguiente manera, en la sección *Dominio de la Arquitectura* se describe el modelo conceptual de la arquitectura propuesta basándose en los trabajos relacionados con el descubrimiento de servicios vistos en el capítulo anterior, en la sección *Representación de la Arquitectura* se utiliza un metamodelo de representación arquitectural para definir dicho modelo conceptual, finalmente en la sección *Resumen Global* se ubica la solución tomando como referencia el modelo definido por el OGC.

5.3 DOMINIO DE LA ARQUITECTURA

La demanda de Servicios Web Geográficos más complejos, que involucra encadenamiento y operación en conjunto de aplicaciones y servicios, propicia la aparición de catálogos que definen esquemas específicos de metadatos ajustados al ámbito del servicio (Clark, 2005). En la especificación del catalogo OGC, el servicio orientado a gestionar metadatos constituye un elemento. Un Servicio de Catalogo puede almacenar metadatos de uno o más tipos de elementos: Servicios, Rasgos Geográficos (Features), Coberturas (Coverage), Contextos de Mapas, Perfiles GML, Documentos WSDL, Documentos BPEL, entre otros. En general, los elementos que se pueden describir no están limitados por la especificación, sino que por el contrario es extensible de acuerdo a los requerimientos. La Figura 5-1 muestra el papel de los metadatos (y su descubrimiento) en la visión global de la OGC.

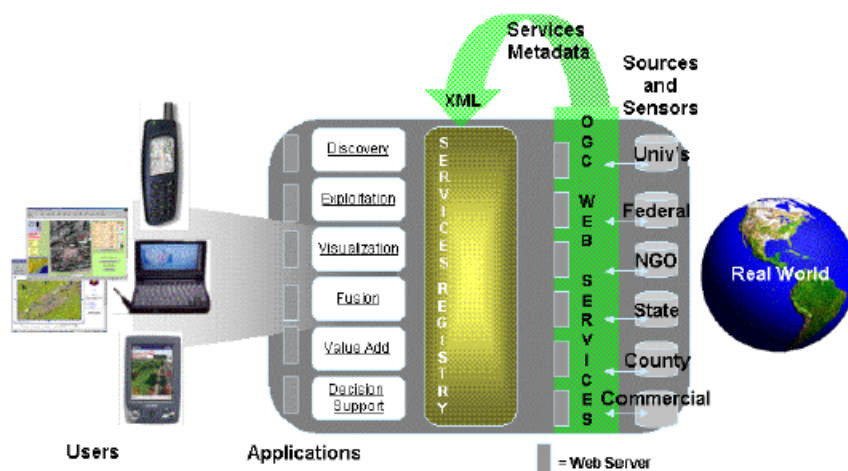


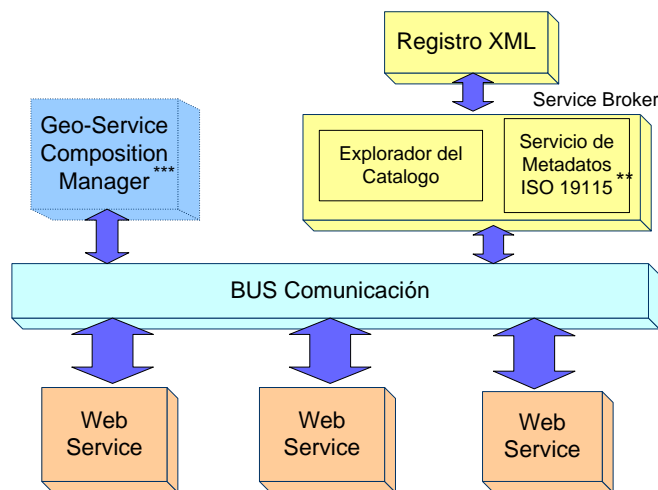
Figura 5-0-1 Papel de los Metadatos para el Descubrimiento de Servicios OGC

En el momento de proponer el mecanismo para gestionar metadatos de calidad de Servicios Geográficos, el servicio de metadatos del catalogo juega un papel fundamental.

El ambiente multicapa distribuido, propuesto por OGC, deja abierta la posibilidad de realizar el descubrimiento de servicios mediante un componente desplegado en la Capa Aplicación que haga las veces de agente o facilitador (Broker) del servicio de

descubrimiento. En él se propone montar un servicio de metadatos geográficos y de calidad compatibles con las especificaciones ISO19115, ISO19119 y NTC4611.

La Figura 5-2 muestra la arquitectura candidata para su posterior validación por medio de un prototipo y las respectivas pruebas, los cuales se detallan en los capítulos seis y siete. Como se ve en la figura, diversos servicios Web Geográficos, un servicio de composición hipotético y el *Service Broker* se comunican mediante un lenguaje común definido por las especificaciones OGC e ISO, manteniendo el esquema para manejo de QoS en sistemas distribuidos propuesto por Zeng (Zeng, et. Al., 2004).



** Definido por la especificación OGC-Catalog

***Propuesto como trabajo futuro

Figura 5-0-2 Vista General del Dominio de la Arquitectura.

A continuación se describen los componentes del dominio:

Service Broker. Permite a los proveedores publicar la descripción de Servicios Web en el registro, además se encarga de buscar servicios en el registro para ser utilizados por los clientes o por el *Service Composition Manager*. Este componente se extiende la propuesta original de Zeng para soportar descripciones de servicios Geográficos y sus atributos de Calidad. Internamente se plantean dos subsistemas, el *Explorador del Catalogo* encargado de gestionar las peticiones de clientes y proveedores, y el *Servicio de*

Metadatos que gestiona las descripciones de servicios geográficos con base en la especificación ISO 19115.

Geo-Service Composition Manager: encargado de planear y ejecutar los esquemas de composición de Servicios Web, incluidos los de tipo Geográfico. El funcionamiento del “Manager” se basa en dos mecanismos: Un gestor, encargado de generar el plan de composición y un operador, que ejecuta el plan generado por el componente anterior. En el momento de realizar la composición, el operador contacta al “*service bróker*” para establecer los servicios candidatos.

Para definir la arquitectura candidata se utiliza una representación que brinde una visión de los elementos importantes del comportamiento y que esboce la implementación de soluciones basadas en esta arquitectura, como la presentada en el capítulo cinco.

5.4 RESUMEN GLOBAL DE LA ARQUITECTURA PLANTEADA

La estructura general de la arquitectura propuesta para compartir Servicios Web geográficos se muestra en la Figura 5-3.

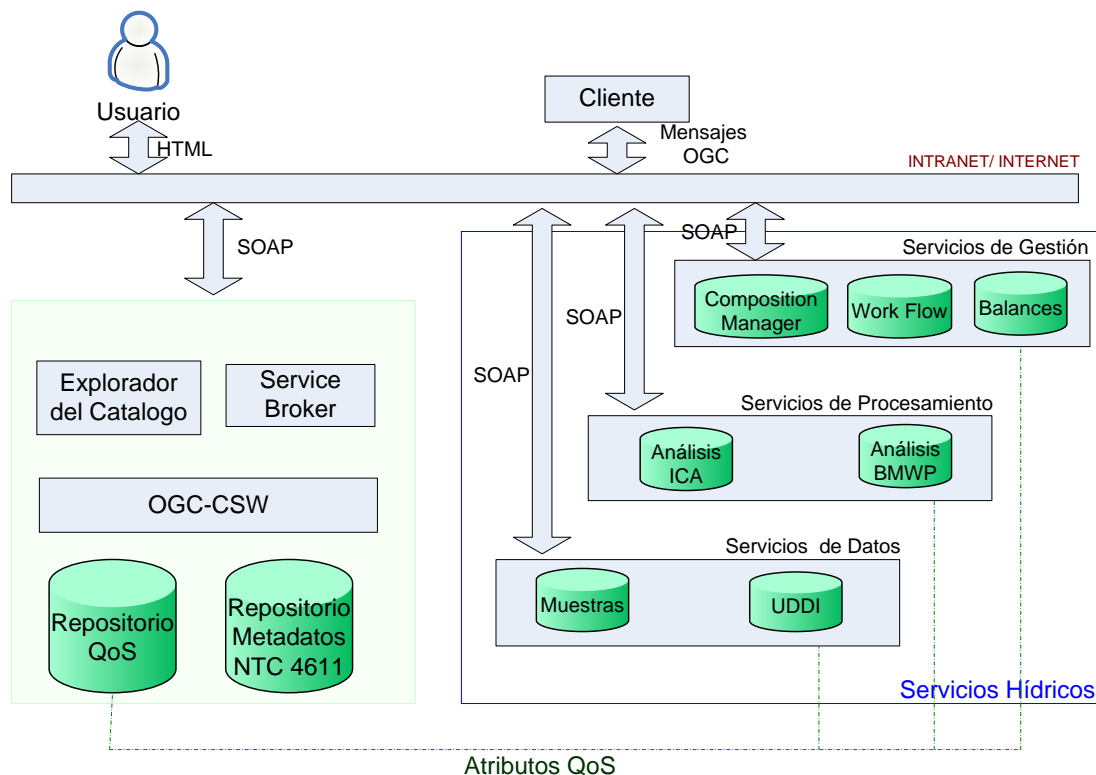


Figura 5-0-3 Estructura General de la Arquitectura Propuesta.

A continuación se describen a manera de ejemplo los pasos generales que realiza un usuario:

- **Paso 1:** el usuario accede a través de un browser al explorador del catálogo de servicios hidrológicos. En caso de que el cliente sea otra aplicación, utilizaría la funcionalidad del catálogo mediante las interfaces expuestas por el Service Broker.
- **Paso 2:** el Service Broker ejecuta la búsqueda de servicios, mediante un algoritmo de descubrimiento, en los Repositorios de QoS y Metadatos NTC 4611. En este proceso utiliza una pasarela de mensajes OGC-CSW.
- **Paso 3:** el Service Broker entrega los resultados de la búsqueda, un usuario podrá leer las características de los diferentes servicios y conocer la ubicación de la interfaz de acceso.
- **Paso 4:** el cliente consume el servicio.

En resumen, la Arquitectura cumple con los siguientes principios:

- Centrada en la red, utiliza protocolos W3C que habilita la comunicación entre diferentes Servicios Web Hídricos desplegados, esto permite compartir componentes y componer Servicios.
- Manejo de especificaciones de metadatos estándar para calidad e información geográfica, que se almacenan de forma centralizada.
- Estructura en múltiples capas, que agrupan diferentes niveles de funcionalidad para procesamiento geográfico.
- Habilidad como agente o Bróker para descubrimiento de servicios mediante atributos de Calidad.
- Capacidad para soportar procesos de negocio y composición, que sea escalable.

Descripción de la Figura 5-3:

- *Usuario*: persona que utiliza las prestaciones del bróker de descubrimiento para encontrar servicios. Para esto utiliza las GUI del explorador del catalogo.
- *Cliente*: Aplicación software externa que utiliza las prestaciones del catalogo mediante las interfaces remotas definidas por la especificación OGC-CSW. Los mensajes OGC utilizados para invocar los servicios del catalogo se definen en el Capitulo 5, sección 5.3.
- *Service Broker*: encargado del descubrimiento de servicios en el registro que cumplan los requerimientos de calidad solicitados por los clientes.
- *Explorador del Catalogo*: encargado de gestionar las peticiones de usuarios y proveedores.
- *Repositorio de Metadatos*: gestiona las descripciones de servicios geográficos con base en la especificación ISO 19115.
- *Repositorio QoS*: gestiona los atributos de calidad asociados a los servicios.
- *Capa Servicios de Datos*: provee servicios de acceso a datos como los de *Muestras* hidrológicas y metadatos como el servicio de registro *UDDI*.
- *Capa Servicios de Procesamiento*: contiene servicios orientados procesar datos en varios formatos bien sea vectorial, raster, imagen, etc. Como por ejemplo el cálculo de *Índices de Calidad (ICA)* o *BMWP*.
- *Capa Servicios de Gestión*: contiene servicios que soportan requerimientos directos de los clientes y usuarios facilitando el re uso, entre ellos se tienen: *WorkFlow* para definir procesos de composición, *Composition Manager* para gestionar su ejecución y el *servicio de Balances Hídricos* para la toma de decisiones en abastecimiento de Agua.

5.5 REPRESENTACIÓN DE LA ARQUITECTURA PROPUESTA

La representación de arquitecturas software se lleva a cabo mediante una serie de vistas que muestran aspectos significativos y de interés para los stakeholders del sistema. Fundamentalmente, la arquitectura debe describir el dominio o problema a resolver, la solución o estructura software del sistema y el proceso que se lleva a cabo. (Astudillo, 2007)

Las principales referencias de modelos arquitecturales son: Booch, OMT (Rumbaugh, et. Al., 1991), 4+1, Hofmeister (Hofmeister, et. Al., 2000), ODP-RM (Open Distributed Processing – Reference Model) para sistemas de telecomunicaciones (Meer, et. Al., 1995).

Para aprovechar el uso de la notación grafica mediante UML y el modelamiento orientado a objetos, se toman como base el Proceso Unificado de Rational (*Booch, et al, 1999*) así como en el modelo 4+1 (*Kruchten, 1995*). En este capítulo se describe la arquitectura en términos de las 4 vistas que se muestran a continuación:

- Modelo de Casos de Uso (Vista Funcional): presenta los actores, casos de uso o escenarios más influyentes desde el punto de vista funcional de la arquitectura.
- Modelo de Diseño (Vista Lógica): representa los elementos más importantes del diseño de subsistemas, interfaces y clases. Presenta la realización del modelo de casos de uso.
- Modelo de Actividades (Vista del proceso): Captura la concurrencia y los aspectos de sincronización del diseño.
- Modelo de Despliegue (Vista Física): define físicamente el sistema por medio de nodos interconectados. Los nodos son elementos hardware donde se ejecutan los componentes software.

Nota: No se usa la *vista de desarrollo* puesto que este trabajo no pretende obtener una solución final, que se pueda desplegar.

5.5.1 Requerimientos de la Arquitectura.

A continuación se listan los alcances que la arquitectura tiene, con base en los requisitos planteados en el Anexo A y los propósitos planteados en los objetivos de este trabajo.

- Centrada en la búsqueda y descubrimiento de servicios antes de establecer un contrato.
- Enfocada en el manejo de información geográfica para gestión del recurso hídrico.
- Con capacidad de operar en conjunto con otras aplicaciones o sistemas de información.

- Modelada de acuerdo a estándares internacionales.
- Preparada para realizar negociaciones de Calidad de Servicio directamente con usuarios finales.
- Búsqueda manual con posibilidad de evolucionar a procesos semi o automáticos
- Se basa en un diseño flexible y expandible para atender tareas y workflows relacionados con mapeo e infraestructura de datos espaciales de manera independiente.
- Presenta una escalabilidad adecuada para manejar aplicaciones, mapas y datos propios de sistemas de información geográfica.
- Es abierta a los diferentes estándares que manejan información geoespacial.
- Tiene un alto grado de robustez en aspectos como: compatibilidad en los estándares para manejo de metadatos, extensibilidad con varias aplicaciones, confiabilidad por el modelo de múltiples capas y fácilmente mantenible.

5.5.2 Vista Funcional.

Desde el punto de vista funcional, los casos de uso importantes para la arquitectura, se pueden observar en la Figura 5-4.

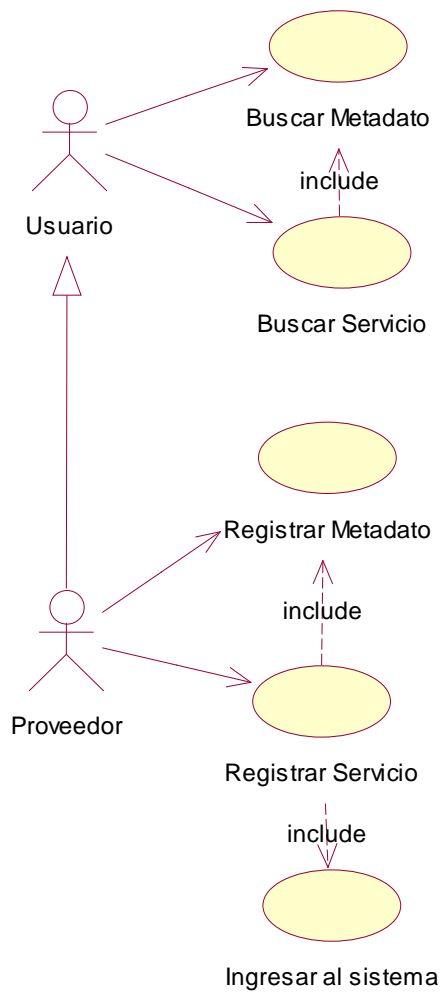


Figura 5-0-4 Casos de Uso Importantes para la Arquitectura.

A continuación se describen los casos de uso:

Nombre del caso de uso: Buscar servicio
Actor: Usuario
Función: Realizar la búsqueda de servicios
Descripción: El usuario puede realizar búsquedas ingresando las características del servicio así como los criterios de calidad deseables. El sistema debe ser capaz de organizar la información obtenida de acuerdo a la solicitud de calidad.

Referencias: Anexo A, requisito A.2.1
--

Nombre del caso de uso: Buscar y Registrar Metadato de Servicios

Actor:

Función: Crear, almacenar y recuperar perfiles de metadatos
--

Descripción: Para almacenar las características de servicios geográficos se incluyen descripciones establecidas mediante metadatos especializados, las instancias de metadatos se conocen como perfiles que incluyen elementos obligatorios y opcionales presentes en los registros.

Referencias: Anexo A, requisito A.2.3 y A.2.4
--

Nombre del caso de uso: Registrar Servicio

Actor: Proveedor

Función: Realizar los ingresos en el registro de servicios

Descripción: Para realizar el registro de servicios, se deben ingresar los datos básicos como nombre, proveedor, tipo de acceso, responsable, etc. Así como entregar los perfiles de metadatos correspondientes de cada servicio.
--

Referencias: Anexo A, requisito A.2.1
--

5.5.3 Vista Física.

La Figura 5-5 muestra la vista física de la arquitectura utilizando UML, aquí se puede identificar la distribución de los componentes de la arquitectura y los protocolos de comunicación utilizados. Nótese que el acceso al catalogo se realiza mediante mensajes OGC definidos en la especificación Catalog, mientras que los servicios restantes, si bien pueden utilizar especificaciones OGC solo mantienen como protocolo base de comunicación SOAP debido a que algunos servicios hídricos no involucran operaciones geocodificadas.

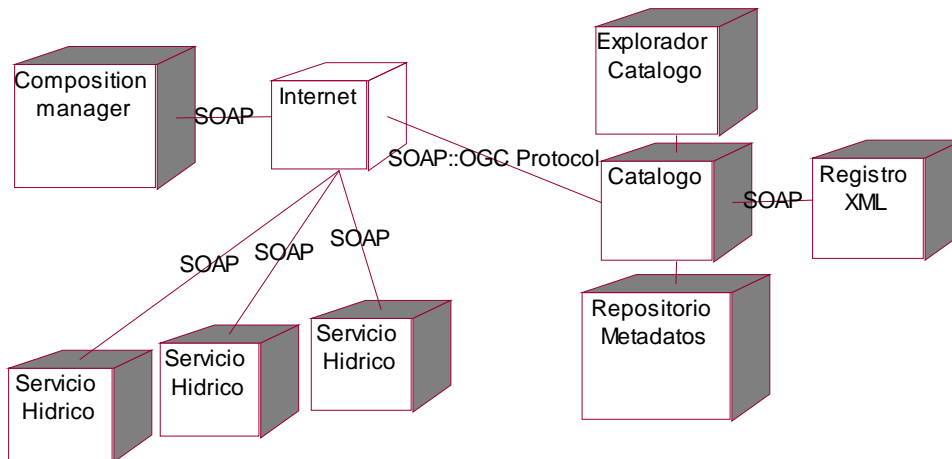


Figura 5-0-5 Vista física de la Arquitectura utilizando UML.

Separar el registro en un componente aparte, permite que este sea implementado en cualquier tecnología de registros XML como UDDI o ebXML registry. Si bien existe la posibilidad que estas especificaciones sean adoptadas por la OGC a futuro, para trabajar con servicios Web geográficos directamente, resulta fácil mediante esta arquitectura cambiar parte del modelo de forma transparente modificando ya sea el Broker y/o el registro XML sin afectar la forma en que los servicios del catalogo son consumidos.

5.5.4 Vista Lógica.

A nivel de diseño, la arquitectura organiza los subsistemas tomando como modelo el patrón en capas o layers (Buschmann, et. Al., 1996). Consta de 3 niveles: lógica del negocio, middleware de metadatos y capa de acceso a datos como se puede apreciar en la Figura 5-6.

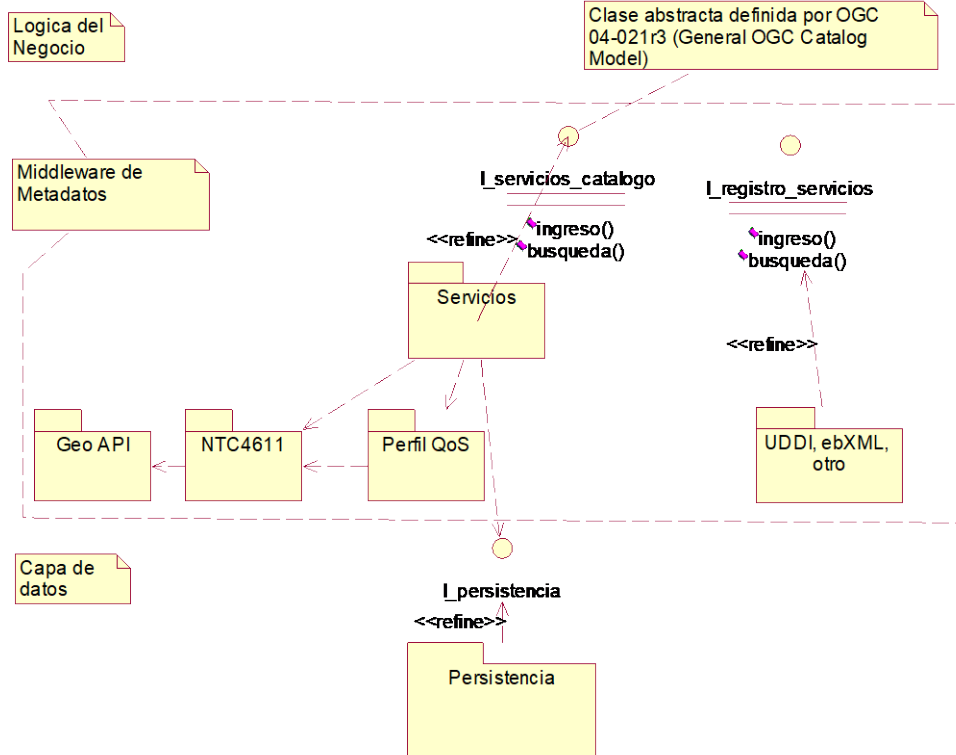


Figura 5-0-6 Diagrama de paquetes de diseño.

A continuación se describen los elementos principales:

- Persistencia: mantiene las clases responsables de realizar el acceso a datos del registro.
- GeoAPI: implementación de la especificación ISO 19115 para metadatos geográficos. (GeoAPI, 2007).
- NTC4611: implementación de la Norma Técnica Colombiana 4611 (NTC4611) – Metadatos Geográficos, nivel de conformidad 1. (ICONTEC)
- Perfil QoS: implementación de elementos de calidad de servicio del esquema para operación de aplicaciones geográficas desplegadas en internet. (Onchaga, 2004).
- Servicios: mantiene las clases encargadas de gestionar las funciones de registro de servicios, especialmente las relacionadas con la manipulación de metadatos geográficos y de calidad.

- I_Servicios_Catalogo: interfaz que expone las funciones prestadas por el componente de gestión de catalogo. Corresponde a la clase *catalog_service* de la especificación OGC catalog (OGC, 2004).
- I_Registro_Servicios: expone las funcionalidades del registro XML de servicios Web.

Las clases *I_Servicios_Catalogo* & *I_Registro_Servicios* se relacionan con las entidades de los componentes como se muestra en el diagrama de clases del dominio (Figura 5-7), en este diagrama se presentan las clases importantes para la arquitectura y sus relaciones.

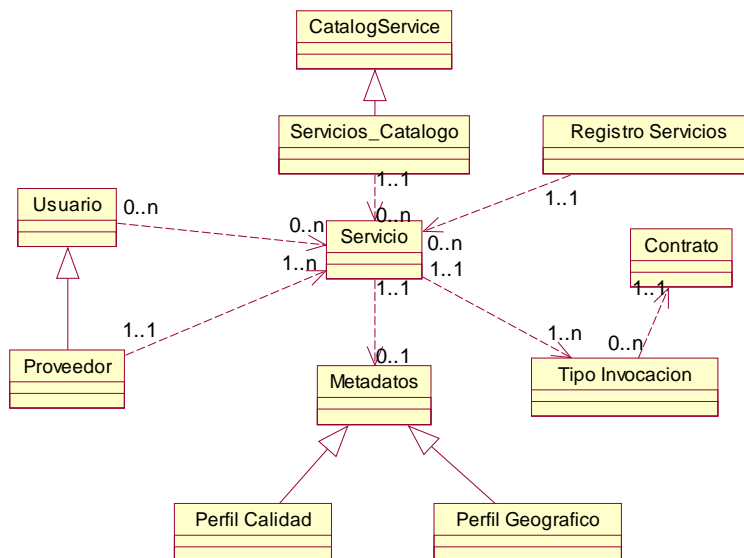


Figura 5-0-7 Diagrama de clases del dominio.

Entre las clases que participan en la operación del catalogo, se destacan:

- Servicio: Contiene las funcionalidades para gestión de servicios.
- Metadatos: Clase madre que mantiene las funcionalidades genéricas para gestión de metadatos.
- Perfil Geográfico – Perfil Calidad: Clases hijas para gestión particular de metadatos geográficos y de calidad.

- Usuario – Proveedor: Clases encargadas de mantener los atributos y métodos para manipular registros de usuarios y proveedores.
- Contrato: Atributos y métodos para gestionar descripciones de servicios.
- Tipo Invocación: Mantiene atributos y métodos para manejar información de acceso a servicios.

5.5.5 Vista del Proceso.

Las actividades que se llevan a cabo dentro del proceso de búsqueda pueden observarse en la Figura 5-8 siguiendo un modelo similar al propuesto por GeoNetwork (GeoNetwork, 2007). Un usuario, bien sea humano o maquina, utiliza las funcionalidades del componente denominado “explorador del catalogo”, que es responsable de mantener la lógica del negocio de la aplicación y actuar como coordinador o Broker de todo el proceso. Cuando una solicitud es realizada en el explorador, este construye una consulta preliminar que es ejecutada en el registro de metadatos, antes de realizar la consulta final en el registro de servicios.

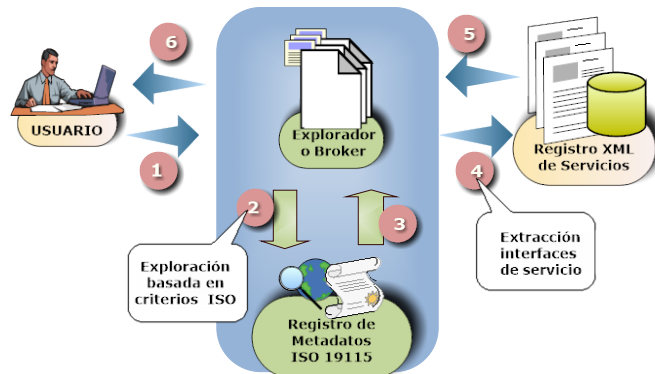


Figura 5-0-8 Diagrama conceptual del proceso.

La Figura 5-9 muestra en detalle las actividades que se llevan a cabo en el proceso de registro y búsqueda de servicios.

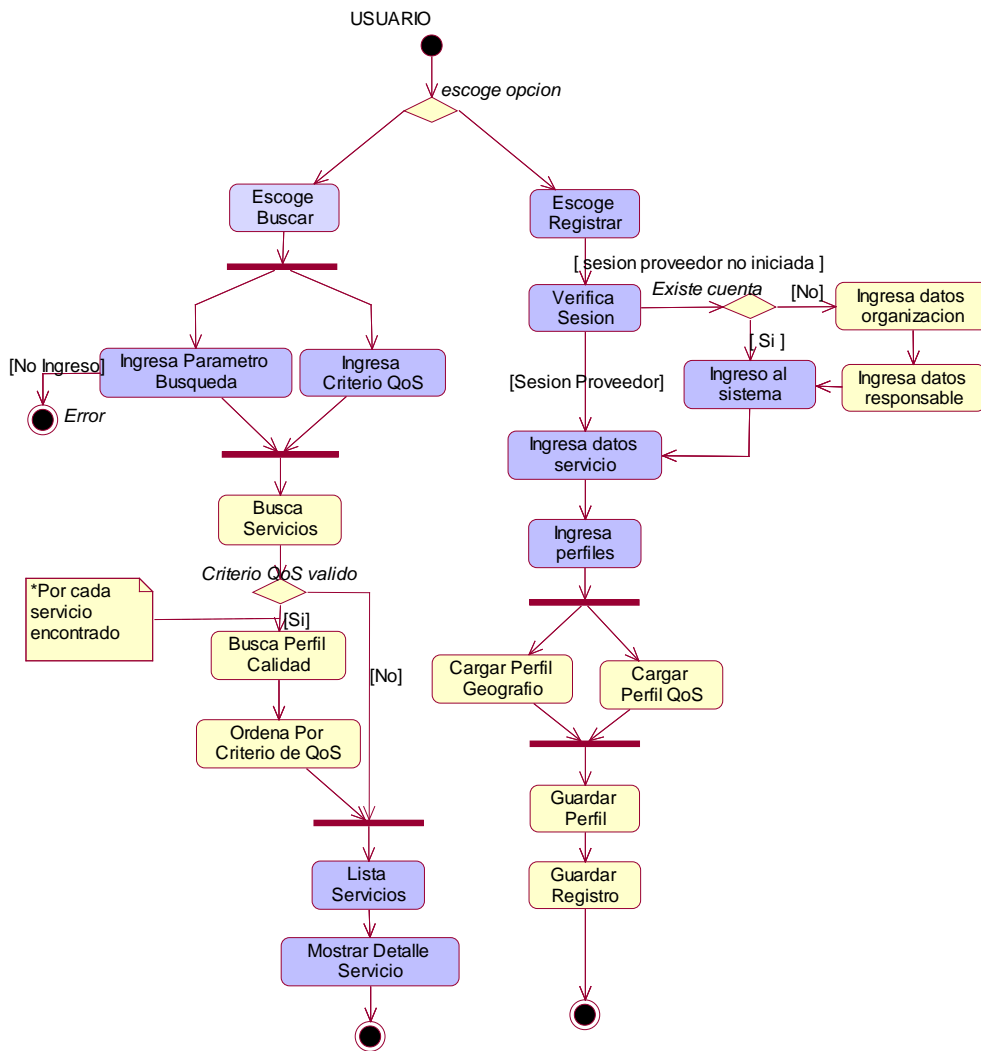


Figura 5-9 Diagrama de actividades de los procesos soportados por la arquitectura del catálogo.

En azul se pueden observar las responsabilidades asignadas a los componentes de la capa de lógica del servicio, mientras que en amarillo se ven las actividades realizadas por la capa de middleware de metadatos.

5.6 CONCLUSIONES

En el capítulo se propone una arquitectura basada en el modelo Broker, el cual permite negociar los requerimientos de calidad del usuario haciendo las veces de intermediario. Este modelo se ajusta de manera transparente al esquema multicapa propuesto por la OGC y hace parte del nivel de servicios de gestión.

Existen limitaciones en las especificaciones para catálogos, UDDI no soporta la gestión de calidad y por otro lado CSW promete ser lo suficientemente flexible para incluirlos pero no ha sido aprobado como estándar. Para poder utilizar estas especificaciones, se requiere extender el modelo para incluir descripciones de calidad.

La arquitectura multicapa del OGC es flexible pero aun no está lo suficientemente extendida en aplicaciones comerciales debido a la inmadurez de las especificaciones. Esto deja latente la opción de utilizar UDDI, un protocolo más estable y sencillo, como base del servicio de descubrimiento. UDDI presenta un fácil manejo, una estructura abierta que puede ser utilizada para describir organizaciones y servicios, pero sacrifica rendimiento y escalabilidad.

6 PROTOTIPO DEL SISTEMA DE DESCUBRIMIENTO DE SERVICIOS WEB GEOGRÁFICOS

6.1 RESUMEN

En el capítulo anterior se definió la arquitectura para el sistema de descubrimiento, a continuación se aborda la implementación del prototipo que se construyó basándose en esta arquitectura como parte del proceso de validación. Para ello se presentará una revisión de las herramientas software y frameworks de desarrollo de aplicaciones con las que se cuenta para la implementación de la gestión de metadatos y calidad del servicio en ambientes SIG Web, finalmente se mostrará la solución desarrollada.

6.2 INTRODUCCIÓN

Como punto de partida para la construcción del prototipo del sistema de descubrimiento de servicios Web geográficos, se toma la arquitectura base del sistema que se definió en el capítulo cinco. El presente capítulo se organiza de la siguiente forma, en la sección *Frameworks para Servicios Geográficos* se realiza una recopilación de los frameworks que pueden ser utilizados en la implementación de aplicaciones SIG Web, así como una revisión de aplicaciones parecidas con la intención de conocer experiencias similares. En la sección *Construcción del Prototipo*, se profundiza en la estructura de metadatos y de calidad, además de la lógica del servicio. En la sección *Integración con otras Aplicaciones* se plantea la forma de operar la solución con otras aplicaciones utilizando especificaciones OGC.

6.3 FRAMEWORKS PARA SERVICIOS GEOGRÁFICOS

6.3.1 MapServer.

Originalmente fue un proyecto desarrollado por la Universidad de Minnesota (UMN) y actualmente continúa con el patrocinio de la NASA. Es un ambiente de desarrollo para construir aplicaciones Web que soporten manejo de información espacial; no es un sistema de información geográfica (SIG), ni pretende serlo, en lugar de ello, sobresale por la interpretación de información espacial como mapas e imágenes en ambientes Web. MapServer además de facilitar búsquedas de información geográfica, permite al usuario crear sus propios mapas e imágenes con datos asociados y finalmente publicarlos en un portal para compartirlos con otras personas. El proyecto es mantenido por un gran número de desarrolladores en todo el mundo y recibe fondos de un grupo de organizaciones. (MapServer, 2007)

Características:

- La escala de la cartografía mostrada depende de las características del mapa y su aplicación.
- Mejor control para las características de etiquetado en los mapas.
- Totalmente personalizable.
- Soporta fuentes TrueType.
- Provee elementos de información en mapas de manera automática, como: barra de escala, convenciones y leyendas.
- Los mapas temáticos tienen soporte en clases lógicas.
- Soporta múltiples ambientes integrados de desarrollo, como también lenguajes de programación como: PHP, Python, Perl, Ruby, Java y C#.
- Funciona en varias plataformas: Linux, Windows, Mac OS X, Solaris y más.
- Trabaja sin problema con multitud de formatos de datos: TIFF/GeoTIFF, EPPL7, ESRI shapefiles, PostGIS, ESRI ArcSDE, Oracle Spatial, MySQL y otras.
- Tiene buena capacidad de hacer proyecciones cartográficas.
- Basado en las especificaciones Web del OGC como: WMS, WFS, WMC, WCS, Filter Encoding, SLD, GML y SOS.

6.3.2 GeoTools.

Proyecto Open Source que reúne varias librerías elaboradas en Java ajustadas a los métodos y estándares propuestos para el manejo de datos espaciales, ideal para desarrollar sistemas de información geográfica (SIG). El conjunto de librerías implementadas siguen las especificaciones del OGC con la colaboración de los proyectos GeoAPI y GeoWidgets. (GeoTools, 2007)

Características:

- Bibliotecas programadas en Java para el desarrollo de soluciones SIG.
- Tiene una arquitectura modular que permite añadir nuevas funcionalidades de manera sencilla en mapas geográficos interactivos.
- Soporta OpenGIS y otros estándares de desarrollo para sistemas geográficos.

6.3.3 Deegree.

Deegree es un framework desarrollado en Java que ofrece los bloques constitutivos para construir infraestructuras de datos espaciales. Su arquitectura ha sido desarrollada con base en los estándares del OGC y el comité ISO/TC 211. Deegree interpreta datos en formatos vector y ráster de diferentes fuentes y entrega esta información a cualquier cliente que realice solicitudes http, Get y Post. Los formatos de almacenamiento soportados son (Deegree, 2007):

- PostgreSQL/ PostGIS
- Oracle(Spatial/Locator)
- Shapefiles
- GML2 y GML3 para WFS
- Imágenes JPEG, GIF, PNG, BMP, TIFF y GeoTIFF para WCS.

6.3.4 GeoNetwork Open Source.

Es una herramienta y ambiente para el manejo de información espacial, es descentralizada y basada en estándares, diseñada para acceder a bases de datos georreferenciadas, cartografía y metadatos relacionados ubicadas en diversas fuentes, potencializa el intercambio y compartimiento de información espacial al soportarse en Internet. El alcance del manejo de información espacial ha llegado al punto de servir a una gran comunidad de usuarios cuando éstos utilizan mapas temáticos en la toma de decisiones. El principal objetivo de GeoNetwork es lograr mayor accesibilidad a una amplia variedad de datos, información espacial asociada, en diferentes escalas y ubicadas en múltiples fuentes las cuales son organizadas y documentadas en un estándar de manera consistente (GeoNetwork, 2007).

Provee:

- Búsquedas rápidas en catálogos geoespaciales locales o distribuidos.
- Carga y descarga de datos, documentos, PDF's y cualquier tipo de archivo.
- Posee un visor WebMap interactivo para combinar servicios web geográficos desde cualquier servidor en el mundo.
- Editor de metadatos online con un avanzado sistema de plantillas.
- Sincronización de metadatos entre catálogos distribuidos.
- Acceso finamente controlado.
- Gestión de grupos y usuarios.

6.4 CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO

A continuación se detallan las iteraciones realizadas para construir el prototipo. Para obtener y validar la arquitectura se utilizó Agile Unificated Process (*Booch, et al, 1999*) con el objetivo de construir la arquitectura base del sistema en las fases tempranas del desarrollo, garantizando eliminar riesgos y validar el desarrollo. La elaboración del sistema base, expuesto en el capítulo cinco, se realiza en las siguientes iteraciones:

Iteración 1: Servicio de metadatos

Como primer propósito se construye el Middleware de Metadatos y la capa de datos, de forma que se puedan consultar descripciones geográficas para ser desplegadas en consola a modo de prueba.

Iteración 2: Descripciones de Calidad para Servicios Hídricos.

De acuerdo a los metadatos definidos en la primera iteración se implementará el modelo de calidad (a nivel de datos) para servicios hídricos. También se implementarán las clases que soportan dicho modelo.

Iteración 3: Lógica del servicio.

Diseñar e implementar los componentes programáticos que permitan interactuar el registro con el servicio de metadatos obtenido en la iteración 1 y 2. Se construyen las interfaces de diálogo necesarias para la interacción con el usuario del catálogo.

Iteración Final: Integración.

El objetivo de esta iteración es proponer la forma en que el servicio de catálogo se puede integrar a la plataforma SIRA, con base en los estándares OGC.

Las primeras dos iteraciones describen la implementación del esquema utilizado por los componentes del prototipo, la tercera iteración presenta el proceso de descubrimiento y selección de servicios.

6.4.1 Servicio de Metadatos.

Existen diversos proyectos software que implementan especificaciones de metadatos. El primero de ellos es Geonetwork Opensource, un catálogo de servicios y datos geográficos que maneja los metadatos según la norma ISO 19115/19136, este proyecto es el más completo de las soluciones existentes para catalogar datos y servicios geográficos. Su núcleo se basa en un motor de transformaciones XSLT denominado Jeeves que permite la presentación de los metadatos mediante elementos XML utilizados como respuesta, y que son extraídos de los registros ingresados en una base de datos relacional.

Otra de las implementaciones para uso de metadatos es la propuesta realizada en la infraestructura de Deegree. Este framework utiliza la especificación de representación vectorial de datos (Web Feature Service, WFS) como base de un catálogo OGC implementado a partir de la especificación WCS y que realiza la manipulación de metadatos mediante la operación `getCapabilities` definida por el servicio WFS. La operación `getCapabilities` entrega una respuesta codificada en XML denominada OGC-Capabilities que mantiene compatibilidad con la especificación ISO 19115.

A nivel de frameworks está GeoApi (GeoAPI, 2007), que lidera la iniciativa de conformar una base común de artefactos para desarrollo de soluciones SIG en la plataforma Java, que reduzca la duplicación e incremente la interoperabilidad. Este proyecto presenta una implementación de la especificación ISO 19115, que procura mantener la estructura de datos similar a la definida por esta especificación.

A nivel de Colombia, están las herramientas software de Ecopetrol, *Metatool* y *MetaXplorer* que han sido utilizadas por varias entidades miembros de ICDE para iniciar la creación de sus catálogos de metadatos. Estas herramientas permiten tanto la colección y documentación de datos espaciales conformes con la NTC4611 (*Metatool*, aplicación en MSAccess) como la creación de Directorios de datos (“Nodos Clearinghouse”) integrables a la iniciativa global de GSDI, mediante la exportación de metadatos en XML y adaptaciones para operar con la arquitectura tecnológica del FGDC. (Cadavid, 2001)

La norma NTC4611 define metadatos mínimos requeridos para catalogar un conjunto de datos. En la Figura 6-1 se observa la obligación/condición de los elementos definidos en el nivel 1 de conformidad. (ICONTEC, 2000). Estos elementos no se diferencian significativamente de los definidos por las especificaciones FGDC e ISO, y en muchos casos se agregan elementos que son importantes en el contexto de aplicación nacional.

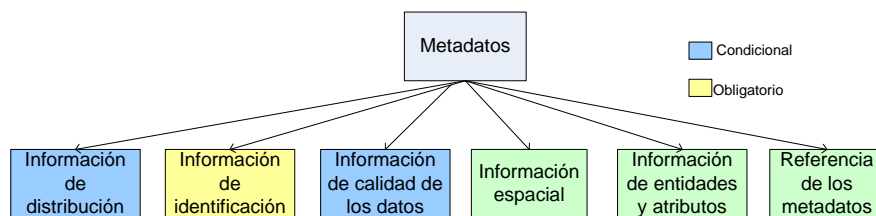


Figura 6-1 Elementos de metadatos mínimos según la norma NTC 4611

La necesidad de manipular metadatos con el objetivo de conformar la base de un sistema de registro y catalogación de servicios y datos geográficos, ajustado a la norma NTC4611, que sea fácil de manejar y de código abierto, implica la construcción de una propuesta diferente a las vistas anteriormente.

Geonetwork Opensource, está construido como un producto final, que no ofrece componentes del todo utilizables a necesidades distintas requeridas en otros contextos de exploración de metadatos, por ejemplo de interacción con componentes ad-hoc externos. Los objetivos de Geonetwork están enfocados en la personalización alrededor de un núcleo base inmutable.

El catalogo de Deegree, por su parte, al tener como base un servicio WFS, no permite la manipulación programática a nivel de componente, sino únicamente en el de servicio.

Finalmente, Metatool, no es de código abierto y el framework de GeoAPI presenta componentes totalmente configurables pero no para el perfil NTC4611.

Por esta razón, utilizando los componentes definidos en GeoAPI se plantea un perfil de implementación para la norma NTC4611. En la propuesta se incluye *información de identificación*, elemento obligatorio y se adiciona la *información de distribución* por su importancia en la descripción de servicios (Tabla 6-1). A esta base se agregarían elementos definidos por la especificación ISO 19119 (metadatos de servicios) una vez sea aprobada.

	Nombre	Tipo	Dominio
1	<i>Citación</i>	Objeto	
1.1	Responsable	Objeto	
1.1.1	Nombre	Texto	
1.1.2	Tipo	Texto	

1.2	Fecha	Date	
1.3	Título	Texto	
1.4	Edición	Texto	
1.5	Forma Presentación	Texto	
1.6	Serie	Texto	
1.7	Identificador	Texto	
2	<i>Contacto</i>	Objeto	
2.1	Organización	Texto	
2.2	Cargo_Persona	Texto	
2.3	Sede	Objeto	
2.3.1	Dirección	Texto	
2.3.2	Ciudad	Texto	
2.3.3	País	Texto	
2.3.4	Departamento	Texto	
2.3.5	Teléfono	Texto	
2.3.6	Fax	Texto	
2.3.7	e mail	Texto	
3	<i>Identificación</i>	Objeto	
3.1	Citación	Objeto	
3.2	Descripción	Objeto	
3.2.1	Resumen	Texto	
3.2.3	Uso/Info	Texto	
3.2.4	Prog/Proy	Objeto	
3.2.4.1	Tipo	Texto	
3.2.4.2	Nombre	Texto	
3.3	Periodo tiempo	Objeto	
3.3.1	Fecha inicio	Date	
3.3.2	Fecha fin	Date	
3.4	Muestra Grafica	Texto	
3.5	Restricciones de acceso	Texto	
3.6	Descriptores	Objeto	
3.6.1	Tema	Texto	
3.6.2	Lugar	Texto	
3.6.3	Categoría	Texto	
3.7	Dominio Espacial	Objeto	
3.7.1	Extensión geográfica	Texto	
3.7.2	Nivel Resolución	Texto	
3.7.3	Límites Geográficos	Objeto	
3.7.3.1	Oeste	Decimal	0 – 180
3.7.3.2	Este	Decimal	0 – 180
3.7.3.3	Norte	Decimal	0 – 180
3.7.3.4	Sur	Decimal	0 – 180
4	<i>Distribución</i>	Objeto	
4.1	Contacto	Objeto	
4.2	Tipo Producto	Texto	
4.3	Proceso de Pedido	Objeto	
4.3.1	Producto Impreso	Texto	
4.3.2	Forma Digital	Objeto	

4.3.2.1	Formato	Texto
4.3.2.2	Transferencia Digital	Objeto
4.3.2.2.1	Dirección en línea	Texto
4.3.2.2.2	Medio Digital	Texto

Tabla 6-1 Elementos del modelo de metadatos

El diagrama de clases de la Figura 6-2 muestra la estructura de entidades obtenida a partir de los elementos.

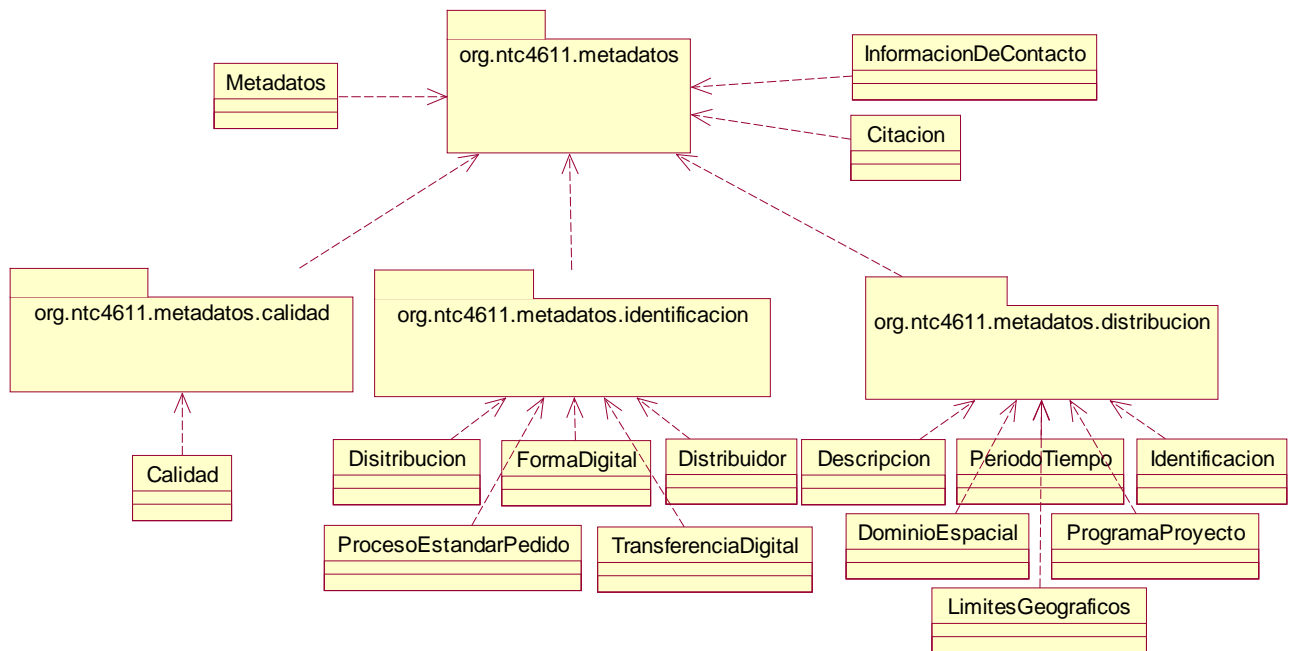


Figura 6-2 Perfil de Implementación NTC6411 para el Nivel 1 de Conformidad

La edición de información se realiza mediante un archivo XML, que puede ser creado con la herramienta IME.

6.4.2 Descripciones de Calidad de Servicios.

Con base en los criterios de calidad para aplicaciones geográficas desplegadas en Internet (Onchaga, 2004), se creó la estructura de entidades de la Tabla 6-2.

		Nombre	Descripción	Obligatorio/Opcional	Tipo	Dominio
1		<i>Desempeño</i>	Se refiere a la duración de tiempo en segundos entre el instante en que una solicitud es realizada y el instante en que la respuesta está disponible	op	Objeto	
	1.1	<i>Retardo de Tx</i>	Duración de la Tx, incluida la solicitud y la respuesta	op	Double	
	1.2	<i>Retardo de procesamiento</i>	Tiempo entre la recepción de la solicitud y lo que tarda el servidor en responder	op	Double	
	1.3	<i>Desempeño</i>	Suma de los retardos de Tx y procesamiento	op	Double	
2		<i>Costo</i>	Referido al precio cobrado por ejecutar la operación	op	Objeto	
	2.1	<i>Precio</i>	Valor del servicio	op	Double	
	2.2	<i>Esquema</i>	Esquema de cobro	op	Entero	0-4
	2.3	<i>Información</i>	Información de cómo obtener el esquema de cobro	op	Texto	
3		<i>Confiabilidad</i>	Representado por la probabilidad de que el servicio sea ejecutado correctamente y se adhiera a acuerdos de nivel de servicio específicos de duración estimados	op	Objeto	
	3.1	<i>Probabilidad</i>	Valor de la estimación de confiabilidad	op	Double	
	3.2	<i>Método de Estimación</i>	Método utilizado para obtener la confiabilidad	op	Texto	
4		<i>Disponibilidad</i>	Fracción de tiempo en que el servicio es accesible con referencia a un periodo de tiempo fijo	op	Objeto	
	4.1	<i>Disponibilidad</i>	Valor del tiempo que está disponible	op	Double	
	4.2	<i>Periodo</i>	Valor del periodo de referencia	op	Double	
	4.3	<i>Información</i>	Información de cómo obtener la disponibilidad del	op	Texto	

			servicio			
5		<i>Seguridad</i>	Características de seguridad soportadas por el servicio en términos de protocolos o mecanismos	op	Objeto	
	5.1	<i>Mecanismo</i>	Forma o formas para soportar seguridad	op	Texto	Lista o colección
6		<i>Reputación</i>	Medida de fiabilidad del servicio percibida por los usuarios	op	Objeto	
	6.1	<i>Valoración</i>	Valor en escala otorgado por los usuarios.	op	entero	0-5
7		<i>Interactividad</i>	Nivel de interacción con los usuarios	op	Texto	
8		<i>Localización</i>	se refiere a la región geográfica a la que se refieren los datos accedidos por el servicio	op	Objeto	

Tabla 6-2 Elementos del modelo de metadatos

Nuestra propuesta integra un mecanismo para el manejo de la calidad de servicios web hidrológicos, que consta de una serie de entidades de metadatos complementarias. La Figura 6-3 muestra las entidades que describen los principales criterios en la operación de las aplicaciones geográficas desplegadas en Internet. La entidad denominada GeoQoS es una interfaz compuesta que reúne uno o varios elementos de calidad según el contexto de la aplicación.

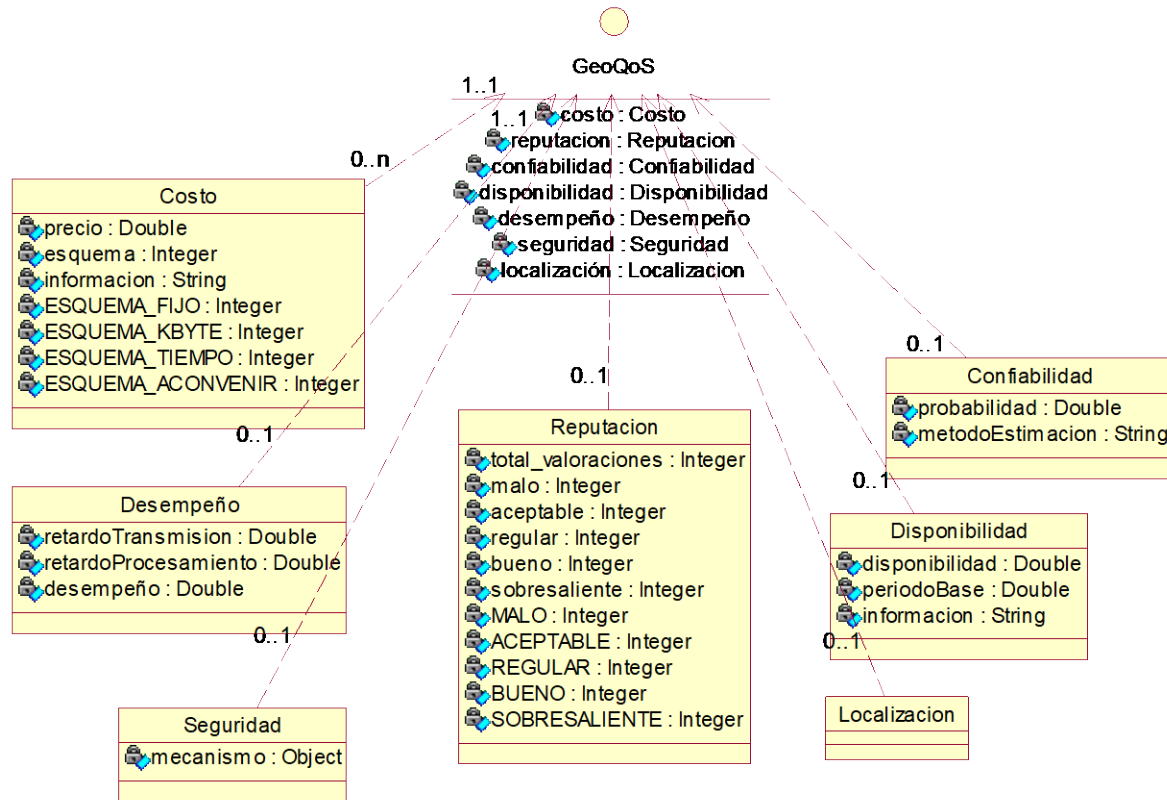


Figura 6-3 Entidades del Esquema de Calidad para Servicios Geográficos

En el manejo de metadatos de calidad, existen pocos ejemplos que se puedan utilizar como base para realizar la implementación. Como se vio en el capítulo cuatro, Aditya (Aditya, 2003) modifica el registro UDDI directamente alejándose de la especificación de W3C, Xu (Xu, 2006) utiliza los mecanismos de extensibilidad de UDDI, concretamente categorizaciones, para especificar las métricas de calidad de servicio, lo que no es muy eficiente por el número de operaciones necesarias para realizar comparaciones de calidad. Para cubrir estas deficiencias, distintas propuestas agregan componentes adicionales como agentes de descubrimiento (Gouscos, et al, 2003, Ran, 2004), gestores de reputación (Maximilien y Singh, 2002, Wishart, et. al., 2005) o brokers (Zeng, et. al., 2004) que hacen las veces de intermediarios. Esta propuesta adopta estos modelos como extensiones del catálogo.

La representación mediante archivos XML permite manejar un lenguaje estándar que permite tanto al proveedor como al cliente editar las capacidades o necesidades requeridas. Un ejemplo:

```

<?xml version="1.0" encoding="utf-8" ?>
- <QS_METADATA>
-   <QS_Desempeño>
-     <RetardoTx>1.2</RetardoTx>
-     <RetardoPx>.25</RetardoPx>
-     <Desempeño>1.45</Desempeño>
-   </QS_Desempeño>
- <QS_Costo>
-   <Precio>20</Precio>
-   <Moneda>USD</Moneda>
-   <Esquema>/Kbyte</Esquema>
-   <Info>Este es un mensaje de prueba</Info>
- </QS_Costo>
- <QS_Confiabilidad>
-   <Probabilidad>.65</Probabilidad>
-   <Estimacion>Polansky</Estimacion>
- </QS_Confiabilidad>
- <QS_Disponibilidad>
-   <Disponibilidad>50 min</Disponibilidad>
-   <Periodo>60 min</Periodo>
-   <Info>Este es un mensaje de prueba</Info>
- </QS_Disponibilidad>
- <QS_Seguridad>
-   <Mecanismo>Rest. Login, encripcion</Mecanismo>
- </QS_Seguridad>
- <QS_Reputacion>
-   <Valoracion>No es mecanismo efectivo, cambiar</Valoracion>
- </QS_Reputacion>
- <QS_Interactividad>Mapping, zoom, popups</QS_Interactividad>
- <QS_Scope>Gestion, procesamiento, análisis, default</QS_Scope>
- </QS_METADATA>

```

Para realizar la interpretación de los documentos se utiliza Digester, iniciativa desarrollada dentro del proyecto Open Source de Apache Commons. Esta API ofrece una interfaz simple de alto nivel para mapear documento XML a objetos Java. (Digester, 2007).

6.4.3 Lógica del Servicio.

El mecanismo de búsqueda y registro involucra la gestión de metadatos. En esta sección se especifica cómo se realizan dichas operaciones mediante los diagramas de secuencia más importantes. Además se muestran las interfaces de catalogo claves del servicio.

6.4.3.1 Descubrimiento de Servicios.

La interacción con el usuario involucra GUI's para especificar búsquedas y entregar la respuesta, el control de las vistas de la aplicación es compartido por las clases dispatcher y helper, definidas por el patrón DispatcherView(). Las clases Helper se encargan de servir datos a las interfaces, delegando las funciones de acceso al componente definido en el middleware de metadatos tal como se ve en la Figura 6-4.

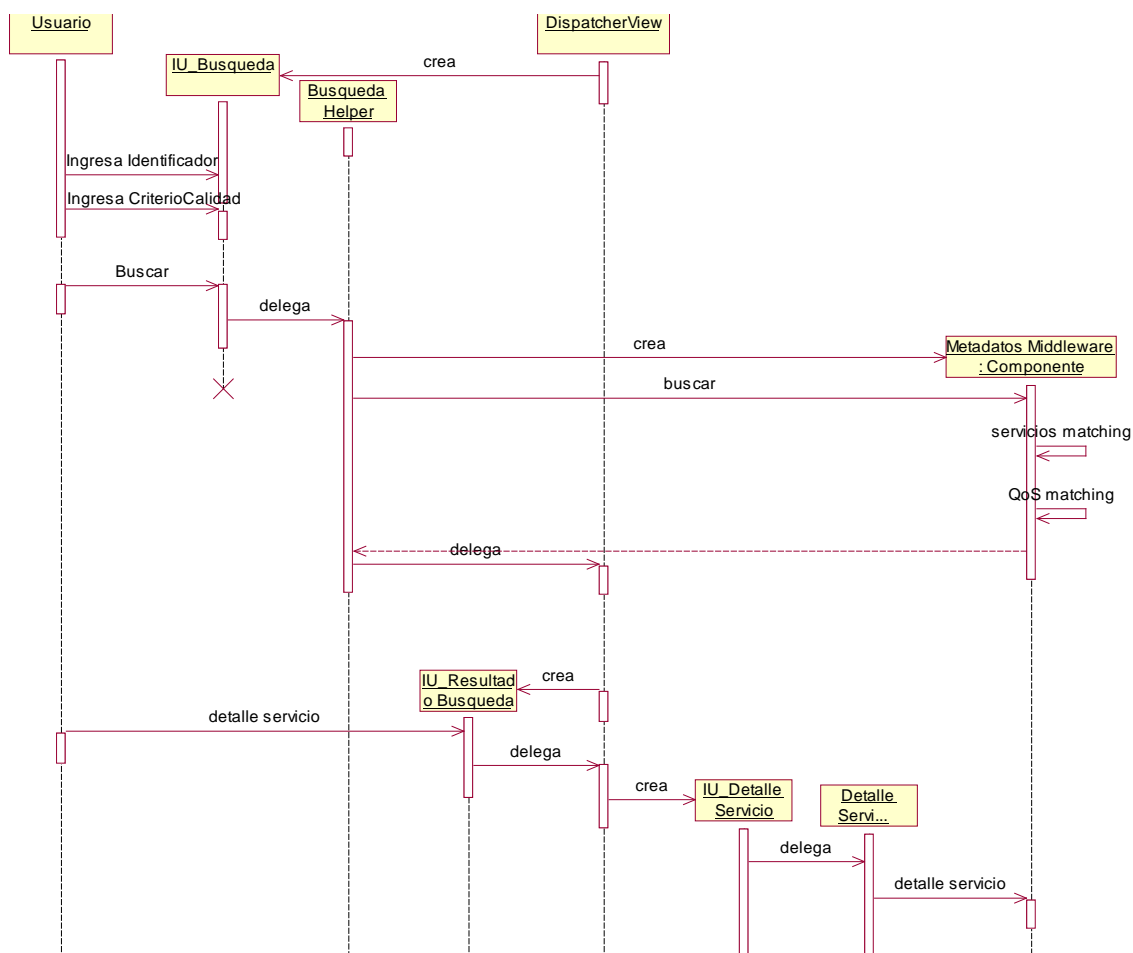


Figura 6-4 Secuencia de búsqueda

La interfaz de usuario de prueba de la Figura 6-5 permite, mediante una palabra clave o identificador y un criterio de calidad, realizar búsquedas ordenadas de los servicios.

The screenshot shows the 'catalogodehidroservicios' website. The header features the logo 'catalogodehidroservicios' with the subtitle 'Busqueda de Servicios Hidrologicos' and a navigation menu with 'Home', 'Busquedas', 'Registro', 'Ayuda', and 'Acerca de'. The main content area is titled 'Busqueda de Servicios' and contains a search form with two input fields: 'Palabra clave' (containing 'nombre del servicio') and 'Criterio de Calidad' (containing 'escoga un criterio'). Below the form is an 'Enviar consulta' button. To the left is a 'Menu' section with links for 'Home', 'Proposito', 'Metadatos', and 'Arquitectura'. Below the form is an 'Importante' section with a blue-bordered box containing the text: 'El sistema esta configurado para buscar por el nombre del servicio, sin embargo es posible realizar busquedas por diversos criterios... consulte con el administrador para acceder a funciones avanzadas'.

Figura 6-5 Interfaz del catalogo para búsqueda de Servicios

6.4.3.2 Registro de Servicios.

De forma similar al mecanismo de descubrimiento, las clases Helper delegan las funciones al componente del middleware de metadatos. Además aparece la clase control que realiza las funciones de validación de usuarios como se puede apreciar en la Figura 6-6.

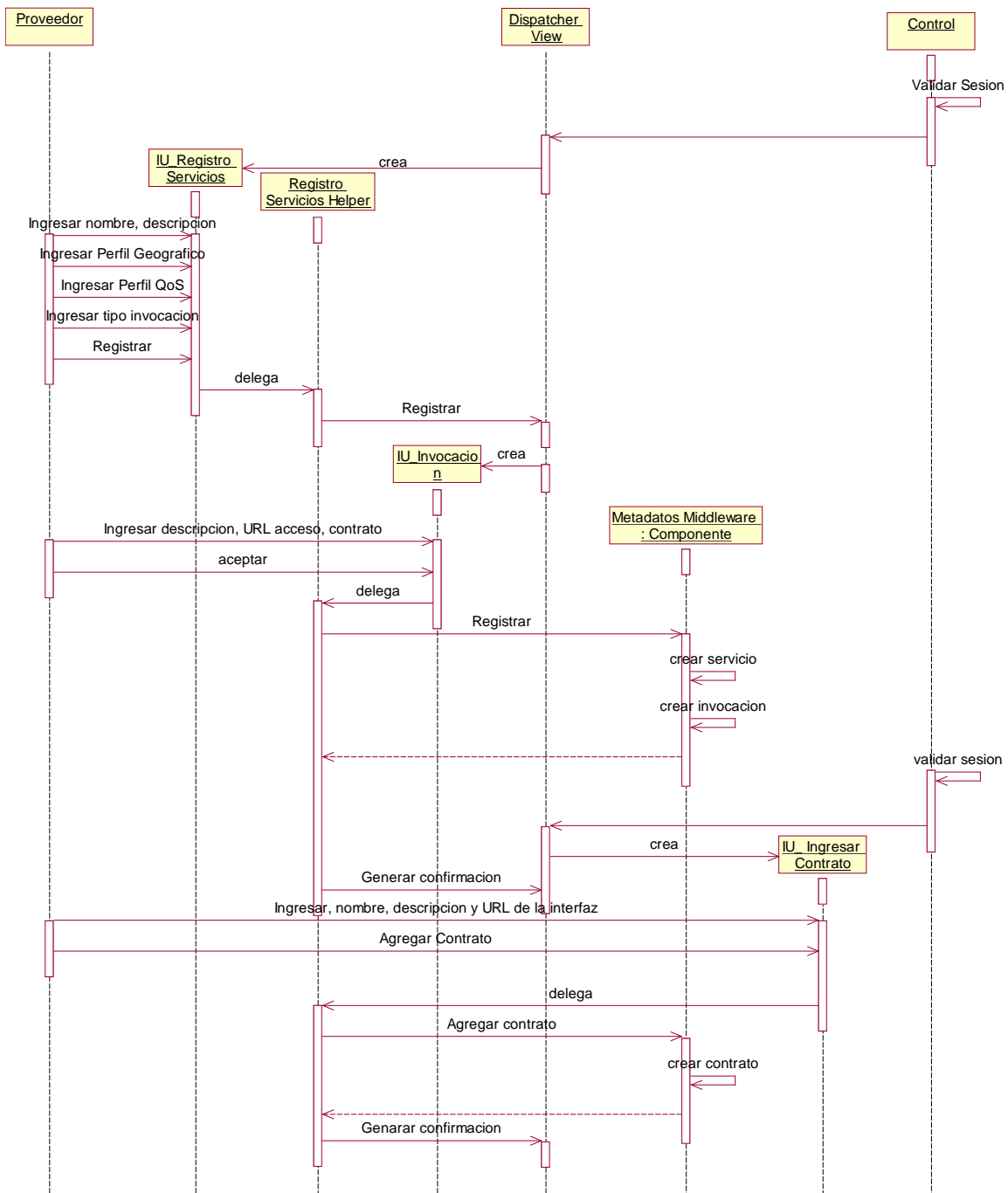


Figura 6-6 Secuencia de Registro

En la Figura 6-7 se observa la GUI de ingreso de servicios al catalogo. Se supone que el perfil de calidad y el geográfico ya han sido creados con anterioridad con ayuda de herramientas como XML notepad, o IME (ISO Metadata Editor). La versión actual del prototipo no incluye interfaces gráficas para el ingreso de metadatos.

Figura 6-7 GUI para ingreso de Servicios

6.4.3.3 Middleware de Metadatos

La gestión de metadatos es realizada por las clases del catalogo. *Servicios_Catalogo* es la clase principal, su responsabilidad es la de coordinar las funciones de descubrimiento, registro y otras operaciones que podrán adicionarse para manejo de transacciones, consultas en otros catálogos, interfaz OGC, etc.

La clase *Servicio* controla las operaciones realizadas con los servicios. La clase *metadatos* reúne las operaciones genéricas realizadas en el perfil geográfico y de calidad. La clase *Registro_Servicios* maneja el almacenamiento de información de empresas y servicios en el registro UDDI. Las clases *handler* se encargan de mantener las operaciones relacionadas con los documentos XML. La clase *persistencia* maneja el almacenamiento final de los metadatos.

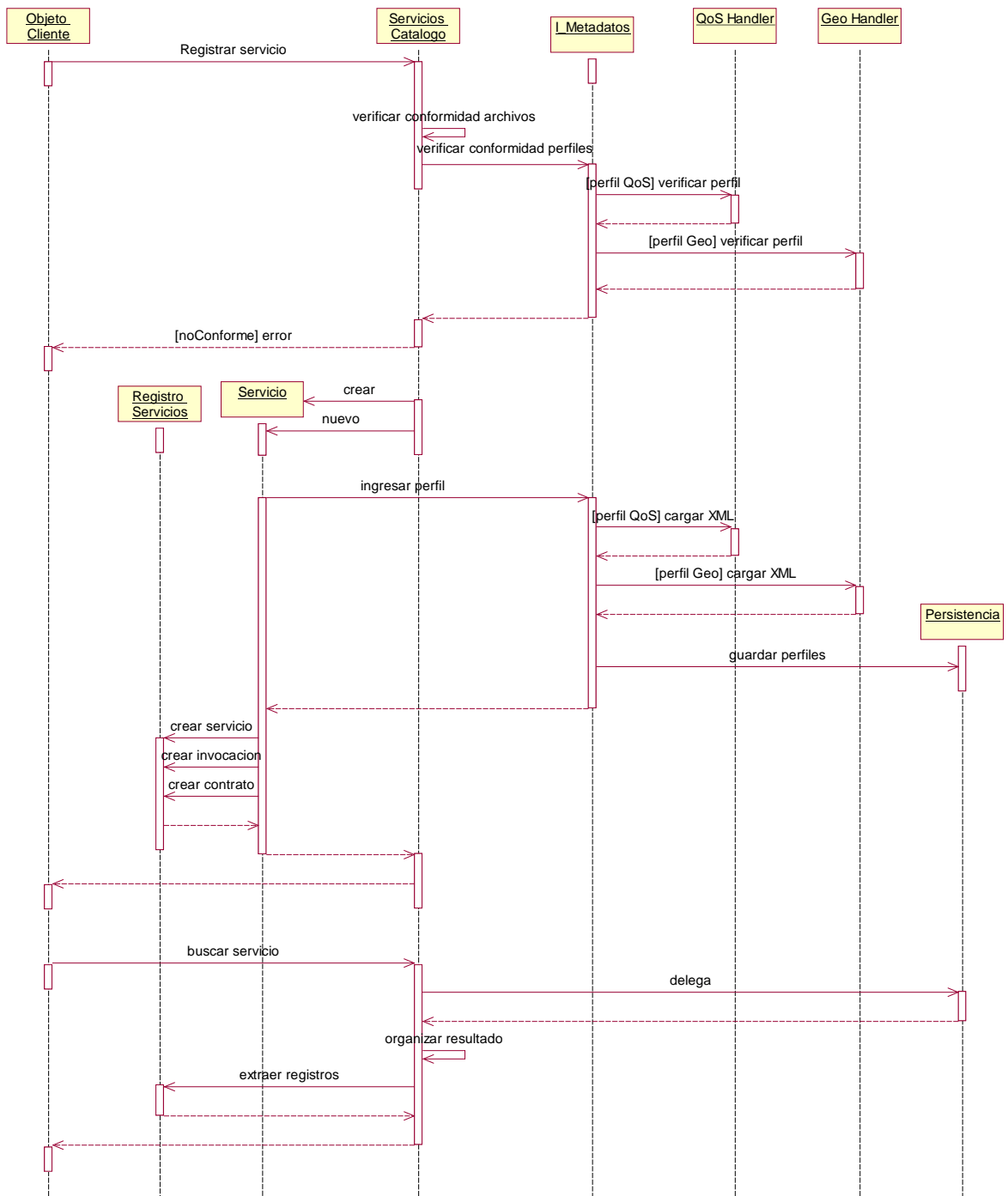


Figura 6-8 Secuencia de manejo de metadatos

Finalmente en la Figura 6-8 se muestra el Monitor de metadatos, GUI que entrega la información detallada al usuario dividida en: información básica, métricas del servidor, seguridad y transacciones, información de identificación y de distribución.

6.5 INTEGRACIÓN CON OTRAS APLICACIONES

SIRA (Ordoñez, 2006) es una herramienta software cuyo objetivo es soportar la gestión eficiente de los recursos hídricos; es una aplicación Web de fácil manejo, expandible a nuevos análisis y funcionalidades y que permite agregar cartografía nueva, desarrollada con base en una arquitectura abierta y orientada al servicio, con tecnología robusta y software libre. En SIRA existen cuatro roles o usuarios: administrador de cartografía, administrador del componente ambiental, usuario de ingreso de datos y usuario de consulta. La integración con SIRA, como con cualquier otra aplicación se realiza exponiendo el servicio del catalogo como servicio Web. Existen dos posibilidades, utilizar las especificaciones de los servicios Web convencionales o utilizar las especificaciones de servicios OGC. La primera opción tiene el inconveniente de utilizar estructuras de mensajes no estandarizadas.

La mejor opción es implementar las operaciones y los mensajes definidos por la especificación catalogo de OGC, a continuación se listan dichas operaciones (OGC, 2005):

- OGC_Service.GetCapabilities: Como respuesta se obtiene el documento que describe las características del servicio de catalogo. Esta operación es obligatoria.
- CSW-Discovery.GetRecords: Ejecuta una consulta y genera el documento de respuesta con los resultados. En el modelo general existen dos operaciones search y present, estas dos operaciones son combinadas en la operación GetRecords. Esta operación es obligatoria.
- CSW-Discovery.GetRecordById: Consulta registros del repositorio utilizando su identificador y genera un documento de respuesta. Es la implementación de la operación Present definida por el modelo general del catalogo. Se asume que

previamente se conocen los identificadores que serán usados en la operación. Esta operación es un subconjunto de la operación GetRecord utilizada para apuntar registros específicos en el catalogo. Esta operación es obligatoria.

- CSW-Discovery.DescribeRecord: Permite a un cliente del catalogo descubrir elementos del modelo de información soportados por el catalogo. Todas las estructuras de información pueden ser descritas.
- CSW-Discovery.GetDomain: Determina el dominio y genera un documento de respuesta. Es usado para obtener el rango de valores permitido en los metadatos o en los elementos de respuesta en tiempo de ejecución.
- CSW-Publication.Transaction: Ejecuta una transacción y genera un documento de respuesta. Define una interfaz para crear, modificar o borrar registros del catalogo.
- CSW-Publication.Harvest: Genera un documento de respuesta que confirma la recepción de la petición y la ejecuta de forma asíncrona. El modelo general define dos operaciones que pueden ser utilizadas para crear o actualizar registros en el catalogo. Estas son, la operación Transactions y la operación HarvestRecords. La operación Harvest referencia los datos a ser insertados o actualizados en el catalogo, quien posteriormente se responsabiliza por traer la información y procesarla. Tiene dos formas de operación: Síncrona o asíncrona.

Como se puede apreciar, implementando las tres operaciones obligatorias se cumple con la especificación OGC Catalog y se obtiene un perfil del catálogo con funcionalidades básicas. Cada operación tiene asociado duplas de mensajes petición / respuesta, como se aprecia en la Figura 6-9.

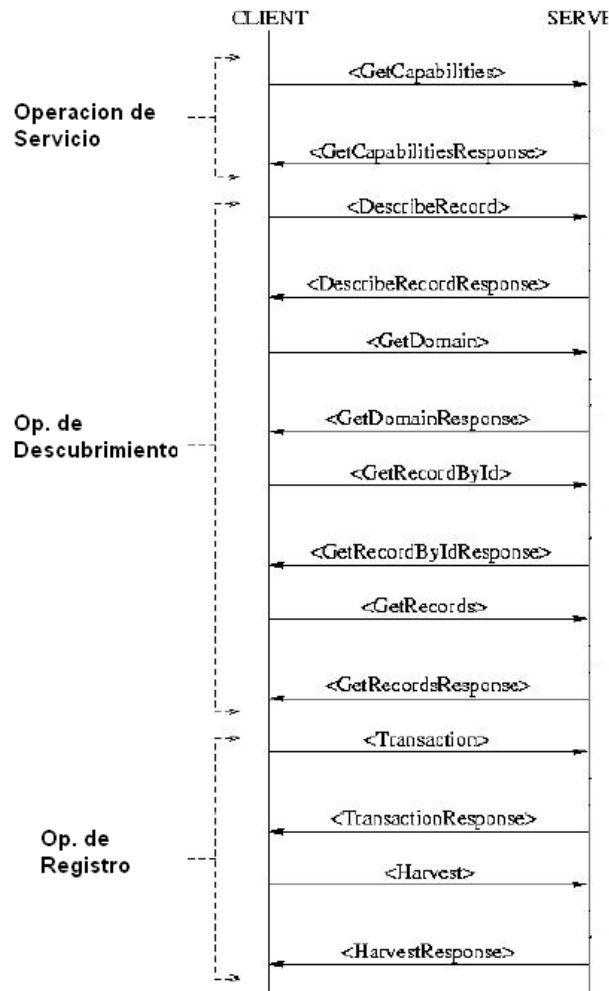


Figura 6-9 Mensajes propuestos por OGC Catalog

Como contenedor se especifica el protocolo SOAP, de esta forma cuando el cliente o el servidor envían una petición o respuesta, se genera un mensaje SOAP cuyo contenido es la operación definida por el mensaje OGC. El formato de los mensajes puede consultarse en la especificación. Las operaciones, por el contrario, no están especificadas y se pretende que estas sean construidas de acuerdo al contexto de aplicación. (OGC, 2005)

Se propone implementar las siguientes operaciones:

Nombre de la Operación Propuesta	Equivalencia OGC
Metadatos()	OGC_Service.GetCapabilities
BuscarQoSInfo()	CSW-Discovery.GetRecords,

DominioQoS()	CSW-Discovery.GetDomain
BuscarServicio()	CSW-Discovery.GetRecordByld
IngresarServicio()	CSW-Publication.Transaction
ActualizarServicio()	CSW-Publication.Transaction
BorrarServicio()	CSW-Publication.Transaction

Tabla 6-3 Operaciones propuestas para la implementación.

La operación BuscarQoSInfo permite extraer registros ordenados del catalogo de acuerdo a un parámetro de calidad solicitado. DominioQoS entrega los criterios de calidad definidos por el esquema y el formato definido que debe utilizarse en el momento de realizar la consulta.

En general el proceso de gestión de servicios y la arquitectura no cambia, a nivel programático se agregan estas operaciones para lograr que diversas aplicaciones accedan al catálogo utilizando un mecanismo estándar. En la Figura 6-10 puede apreciarse la relación del modulo de integración propuesto con el resto del sistema.

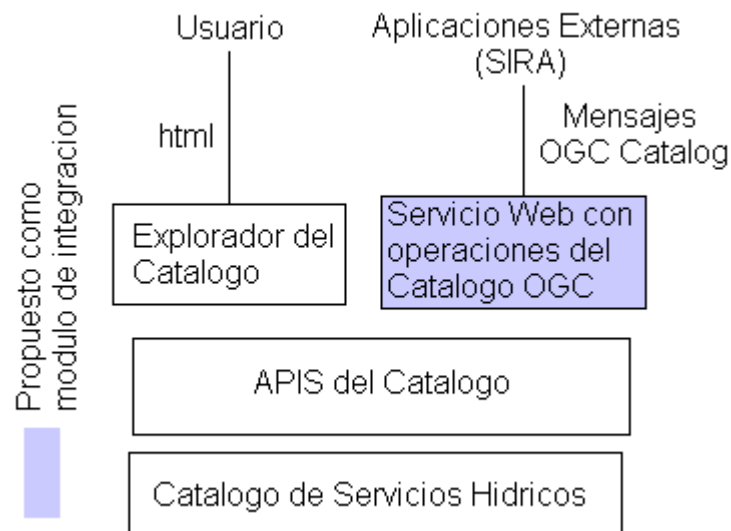


Figura 6-10 Modulo de integración

6.6 CONCLUSIONES

Los diferentes frameworks que existen para implementar aplicaciones Web geográficas aun están en etapa de desarrollo. Se destacan las herramientas dispuestas por el proyecto Deegree que provee elementos para construir Infraestructura de Datos espaciales utilizando especificaciones OGC y GeoNetwork Open Source que presenta una aplicación de catálogo completa en el manejo de metadatos.

El modelo de metadatos geográfico es extenso, por lo que se realizó un estudio de los elementos importantes dentro de las especificaciones para ser incluidos en el prototipo. Los elementos de calidad se configuran en un esquema flexible que permite incluir elementos que se consideren importantes para describir el servicio.

Se propone un modulo de integración para ser implementado que incluye un conjunto de mensajes capaz de expresar los requerimientos de calidad deseados en el momento de realizar la consulta. Esto disminuye el tiempo de repuesta ya que el catalogo actúa por si solo sin necesidad de intermediarios.

7 EXPERIMENTACIÓN

7.1 EXPERIMENTACIÓN Y PRUEBAS

En esta sección se describen los resultados de las pruebas realizadas al proceso de descubrimiento. El objetivo es demostrar que un usuario puede encontrar servicios hidrológicos que cumplan sus requerimientos funcionales y de calidad. Para la prueba se utilizaron tres atributos de calidad con el objetivo de simplificar la implementación del proceso de selección.

En el escenario de prueba, tres usuarios del catálogo buscan servicios que cumplan sus requerimientos de calidad mediante el explorador del catálogo (Capítulo 5). Los servicios son: cálculo del estudio ICA en línea, un servicio para análisis de escasez y un servicio de datos de muestras hidrológicas. El explorador del catálogo consulta en el registro UDDI los servicios que cumplen la funcionalidad solicitada, posteriormente consulta el modelo de metadatos formulado y los clasifica de acuerdo a las características de calidad solicitadas. En el caso de la prueba se utilizan tres atributos de calidad: desempeño, confiabilidad e interactividad.

7.1.1 Entorno del Experimento.

- *Registro:* Se utilizó jUDDI (versión 0.9rc4) conectado a una base de datos Postgres 8.2, desplegado como servicio local.
- *Broker y Explorador del catálogo:* se implementó un miniportal con JSF, POJOS y acceso a datos mediante DAO, además una extensión para automatización de consultas con múltiples atributos QoS. Base de Datos Postgres 8.2.
- *Consumidor del servicio:* componente con el objetivo de realizar las pruebas, esto se hizo mediante documentos XML de prueba que contienen datos de los servicios publicados y los requerimientos solicitados. Se implementó con POJOS.

El servicio se instaló en un computador con procesador Pentium 4 de 3Ghz y 1GB de RAM. Sistema operativo Microsoft Windows XP Profesional. Tarjeta de red Realtek 10/100 Mbps.

7.1.2 Ranking de Servicios.

El proceso de clasificación de servicios se realiza mediante la funcionalidad, el conjunto de atributos de calidad requeridos y el peso de cada atributo asignados por el usuario (a criterio propio). Antes de efectuar la búsqueda, el usuario tiene la opción (mediante una GUI) de ingresar los atributos de calidad relevantes en la búsqueda, que en adelante serán llamados “dominantes” y asignarles peso a cada uno según su criterio.

La evaluación de los servicios se realiza mediante puntajes asignados con base en el/los atributos dominantes de acuerdo a la siguiente ecuación.

$$ValoracionTotal = \sum_{i=0}^n W_i (PuntajeAtributoQoS_i)$$

n – Número total de atributos dominantes.

W_i , es el peso del atributo definido por el usuario.

$PuntajeAtributoQoS_i$, es la calificación para el i-esimo atributo de calidad.

$$PuntajeAtributoQoS_i = \begin{cases} \frac{Valor_i}{MejorValoracion_i} & \text{Si el incremento del atributo refleja mejoramiento en el desempeño.} \\ \frac{MejorValoracion_i}{Valor_i} & \text{Si el decremento del atributo refleja mejoramiento en el desempeño.} \end{cases}$$

$Valor_i$, es el valor del i-esimo atributo.

$MejorValoracion_i$, es el valor más alto/bajo encontrado en el registro para el i-esimo atributo.

Los servicios son calificados con valores menores o iguales a uno.

7.1.3 Simulación 1: ¿Los criterios de calidad mejoran el desempeño de las búsquedas de servicios geográficos de acuerdo a la utilidad que tengan en el contexto de aplicación?

Dado el contexto de aplicación hídrico, ésta simulación demuestra que la probabilidad de seleccionar un servicio adecuado se incrementa si se especifican los criterios de calidad en el momento de realizar la búsqueda. Recordando la clasificación de los servicios hídricos: procesamiento, datos y gestión; se presupone que los criterios de calidad específicos para cada tipo son más relevantes. Así por ejemplo para un servicio de procesamiento como el cálculo de un estudio BMWP podrá ser más importante el desempeño mientras que para un servicio de gestión como el Índice de Escasez será más importante la confiabilidad o la interactividad.

Para las pruebas se establecen requerimientos de calidad de tres usuarios hipotéticos: U1 requiere un estudio para Gestión del Índice de Escasez, U2 un servicio de procesamiento para un análisis de Índice de Calidad de Agua y U3 datos de Muestras Hidrológicas.

En el registro se ingresan 27 servicios, para las 3 funcionalidades, con diferentes atributos de calidad específicos como se ve en la Tabla 7-1.

Interactividad	Confiabilidad	Desempeño		
		Alto	Medio	Bajo
Alto	Alto	S1	S10	S19
	Medio	S2	S11	S20
	Bajo	S3	S12	S21
Medio	Alto	S4	S13	S22
	Medio	S5	S14	S23
	Bajo	S6	S15	S24
Bajo	Alto	S7	S16	S25
	Medio	S8	S17	S26
	Bajo	S9	S18	S27

Leyenda: ICA Índice de Escasez Muestras

Tabla 7-1 Características de Calidad de los Servicios Prueba

En la Tabla 7-2 se observa los valores de los criterios de Calidad:

	Desempeño (seg)	Confiabilidad (%)	Interactividad
Bajo	0.08	99	1
Medio	0.05	99.9	5
Alto	0.02	99.99	8

Tabla 7-2 Valores para los Criterios de Calidad

Cada usuario realiza cuatro tipos de búsquedas (12 en total), utilizando distintos atributos de calidad dominantes como se detalla en la Tabla 7-3. En esta tabla, un SI quiere decir que el usuario está interesado en servicios con las mejores prestaciones de calidad posibles en dicho atributo, un NO quiere decir que el atributo no es relevante en el contexto de aplicación (a criterio del usuario).

Usuario	Interactividad	Confiabilidad	Desempeño
U1, U2, U3	No	No	No
U1	Si	No	No
U2	No	Si	No
U3	No	No	Si
U1	Si	Si	No
U2	No	Si	Si
U3	Si	No	Si
U1, U2, U3	Si	Si	Si

Tabla 7-3 Atributos de Calidad Dominantes utilizados en la prueba

Resumen de los cuatro tipos de búsquedas realizadas:

Caso 1. U1, U2 y U3 no están interesados en la calidad: los usuarios buscan funcionalidad, y no están interesados en el desempeño del servicio.

Caso 2. U1, U2 y U3 solicitan un atributo de calidad: cada usuario busca el servicio con las mejores prestaciones de calidad en un atributo específico. (Un atributo dominante)

Caso 3. U1, U2, U3 solicitan dos atributos de calidad: cada usuario busca el servicio con las mejores prestaciones de calidad en dos atributos. (Dos atributos dominantes)

Caso 4. U1, U2, U3 solicitan tres atributos de calidad: cada usuario busca el servicio con las mejores prestaciones de calidad en tres atributos. (Tres atributos dominantes)

En esta simulación se asignan pesos iguales a los atributos, de manera que la clasificación depende exclusivamente de la elección de los atributos dominantes.

7.1.3.1 Resultados del experimento.

A continuación se consignan los resultados para 25 búsquedas por cada caso de pruebas, donde se toma como referencia el primer servicio de la lista ordenada entregada como respuesta.

Caso1. Solo funcionalidad:

Se obtiene la lista de servicios al azar, sin ningún orden específico, como se ve en la Figura 7-1.

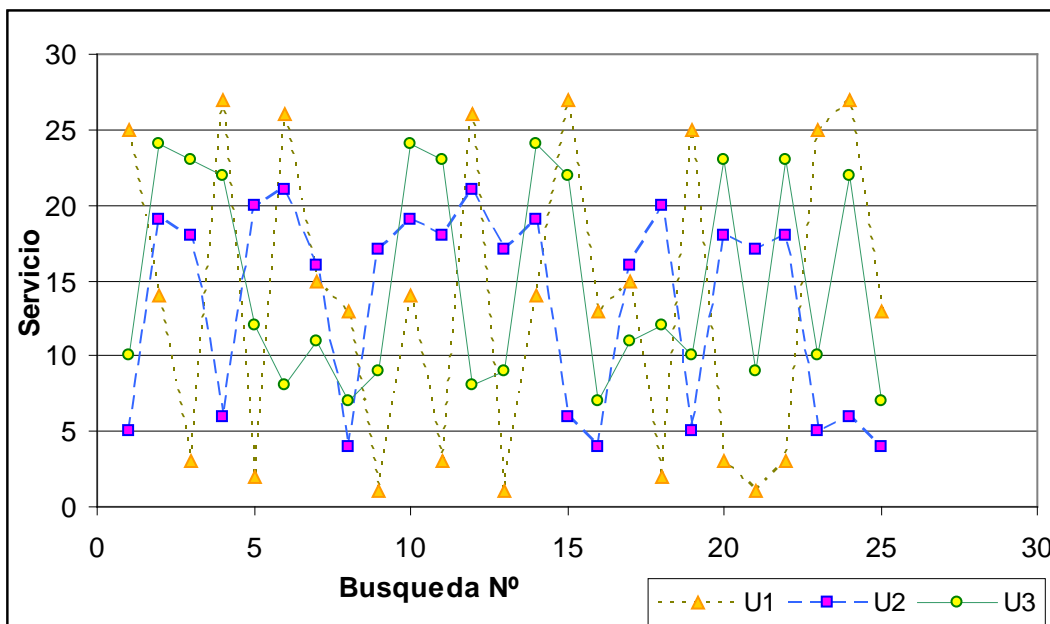


Figura 7-1 Búsqueda de solo funcionalidad

Cada punto representa el servicio ubicado en el tope de la lista retornada como resultado en cada una de las 25 búsquedas. El sistema encuentra los servicios que cumplen la funcionalidad solicitada y entrega una lista aleatoria.

Caso 2. Búsqueda con un atributo de calidad dominante:

Al ingresar un atributo dominante, se tiene como resultado que el número de servicios ubicados en la primera posición de la lista ordenada se reduce, como se en Figura 7-2.

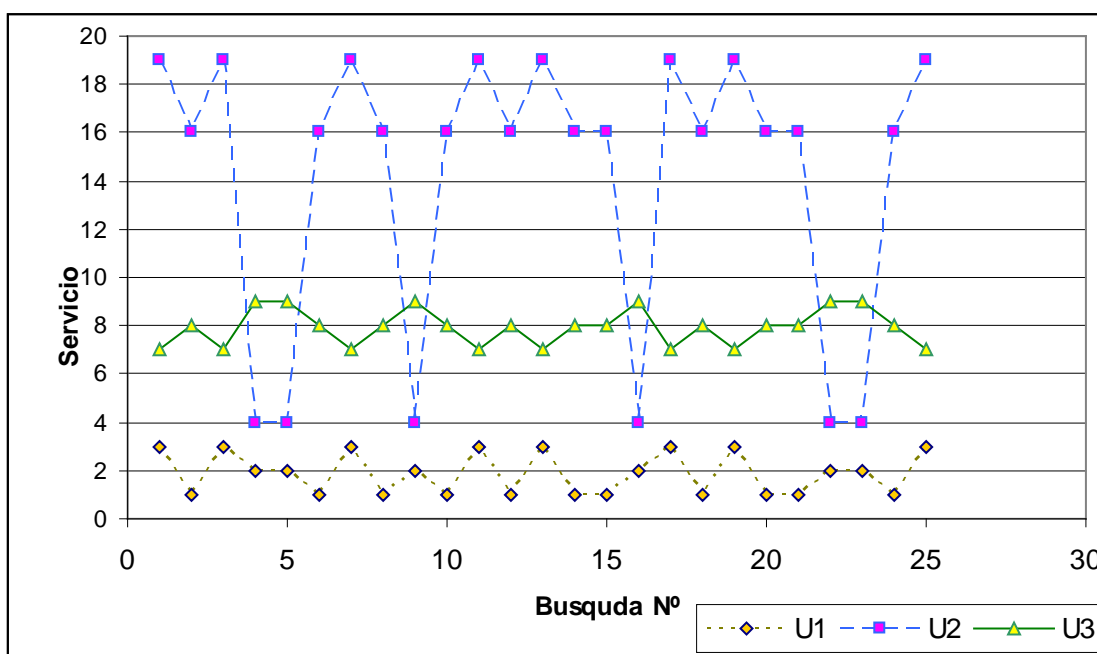


Figura 7-2 Resultado de la búsqueda con un atributo de calidad dominante

Esto indica que utilizar un atributo de calidad dominante permite clasificar los servicios entregados como respuesta.

Caso 3. Búsquedas con dos atributos de calidad dominantes:

Con dos atributos dominantes, los servicios elegibles por el sistema se reducen aun mas como se ve en la Figura 7-3.

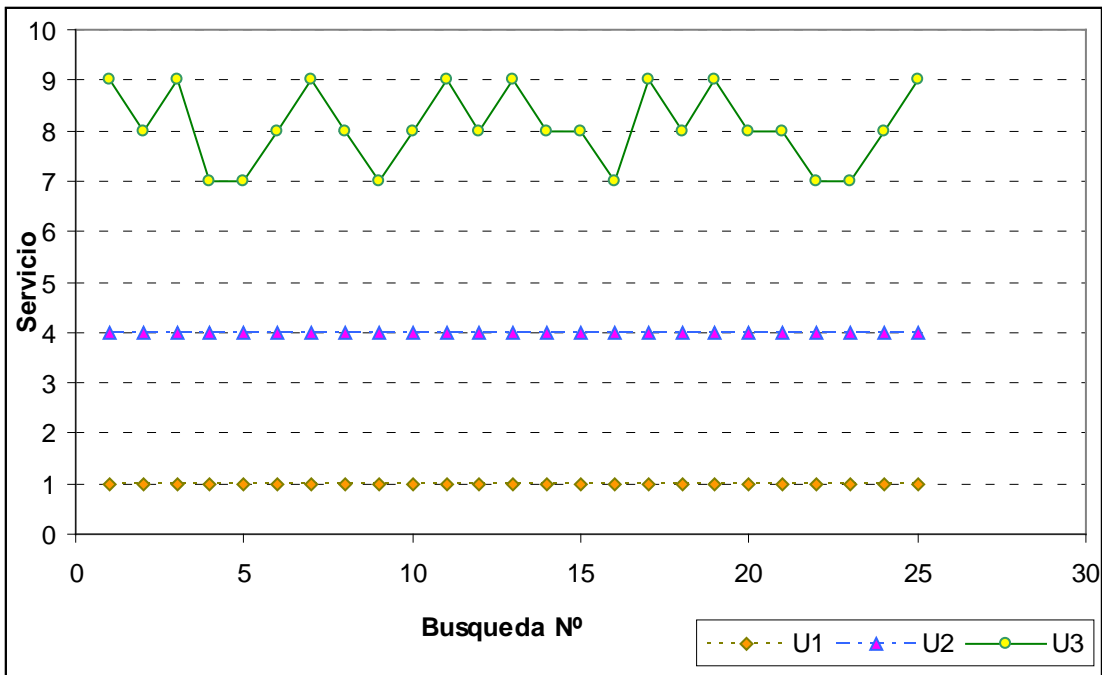


Figura 7-3 Búsqueda con dos atributos de calidad dominantes

Como se puede observar, U1 y U2 obtienen siempre en el primer lugar de la lista un único servicio que cumple con las mejores prestaciones de calidad en los dos atributos solicitados. La traza de U3 se mantiene variando entre tres servicios con similares prestaciones, es decir el atributo de calidad adicional no influye en la calificación general de calidad.

Caso 4. Búsqueda con tres atributos de calidad dominantes:

Con tres atributos, se discriminan mejor los servicios, al punto que en la primera posición aparece siempre un único servicio como se puede ver en la Figura 7-4.

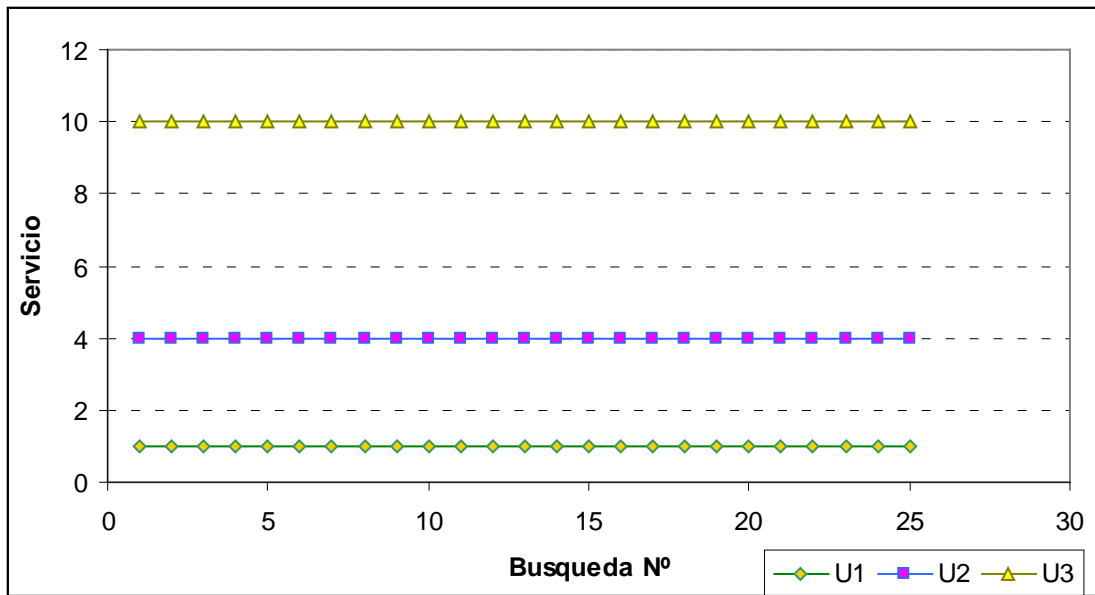


Figura 7-4 Búsqueda con tres criterios de calidad dominantes

Como se puede apreciar, las trazas se estabilizan en el servicio con mejores prestaciones en los tres atributos. La respuesta para U3 deja de variar.

7.1.4 Simulación 2: ¿Otorgar al usuario el control del descubrimiento permite escoger mejores Servicios?

Esta simulación demuestra que un contexto de aplicación, donde no existe consenso o conocimiento de las características de calidad relevantes para cada funcionalidad, entregar el control del descubrimiento a los usuarios, permite refinar las búsquedas y encontrar servicios con mayor grado de relevancia.

La simulación 1 demostró la importancia de los atributos de calidad en la selección de servicios. Ahora se mostrará como ajustar la relevancia de los atributos de calidad dominantes para que el sistema entregue un ranking de servicios a la medida de las necesidades específicas de usuario.

Para la prueba se utilizan 27 servicios con la misma funcionalidad (Servicio de Muestras), como se detalla en la Tabla 7-4.

Interactividad	Confiabilidad	Desempeño		
		Alto	Medio	Bajo
Alto	Alto	S1	S10	S19
	Medio	S2	S11	S20
	Bajo	S3	S12	S21
Medio	Alto	S4	S13	S22
	Medio	S5	S14	S23
	Bajo	S6	S15	S24
Bajo	Alto	S7	S16	S25
	Medio	S8	S17	S26
	Bajo	S9	S18	S27

Tabla 7-4 Características de Calidad de los Servicios

Los valores de los atributos son similares a los de la simulación anterior, Tabla 7-5.

	Desempeño (seg)	Confiabilidad (%)	Interactividad
Bajo	0.08	99	1
Medio	0.05	99.9	5
Alto	0.02	99.99	8

Tabla 7-5 Valores de los atributos

A continuación se detallan los casos de prueba realizados:

Sin peso. La calificación se realiza sin tener en cuenta el peso de los atributos.

Caso 1. Se asigna el máximo peso al desempeño, y el mínimo a la confiabilidad e interactividad.

Caso 2. Se asigna el máximo peso a la confiabilidad, y el mínimo al desempeño e interactividad.

Caso 3. Se asigna el máximo peso a la interactividad, y el mínimo al desempeño y confiabilidad.

7.1.4.1 Resultados del experimento.

A continuación se grafica el resultado obtenido de valorar los 27 servicios presentes en el catalogo.

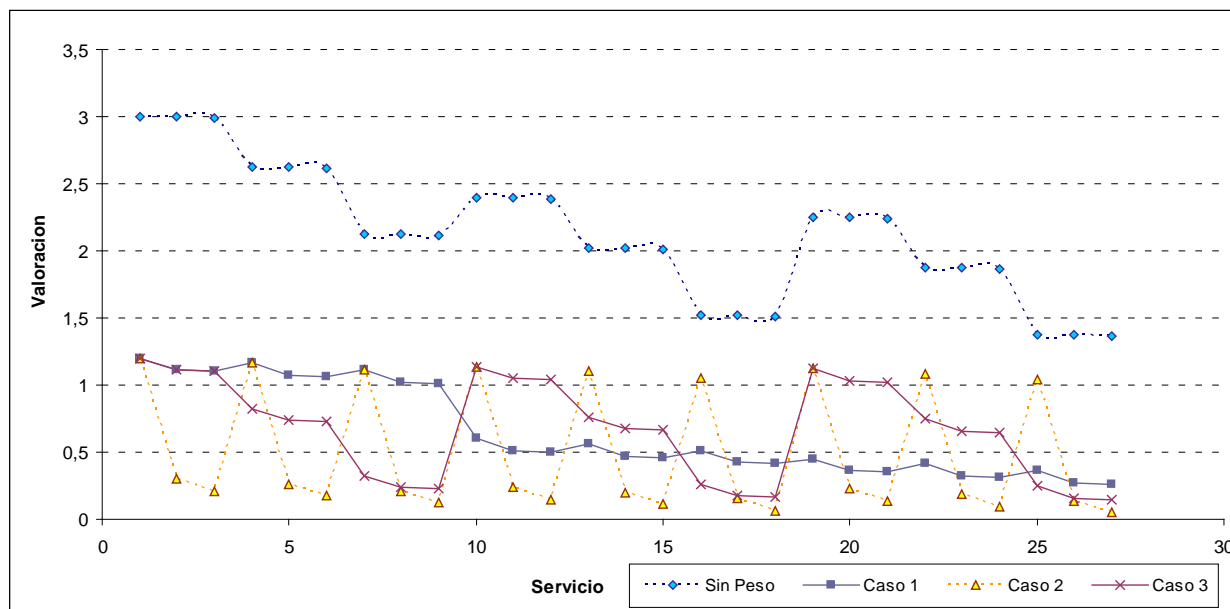


Figura 7-5 Grafica de la valoración de servicios para los casos de pruebas

Para el caso *sin peso*, se observa como la calificación más alta la tienen los primeros servicios y decrece hasta llegar al último servicio con la peor valoración. Esto era de esperarse según los datos asignados de la Tabla 7-4.

En el *caso uno*, los servicios mejor calificados son los primeros nueve, debido a que estos tienen el valor más alto en el atributo desempeño.

En el *caso dos*, los servicios mejor calificados son los nueve con valor alto en confiabilidad, estos son 1, 4, 7, 10, 13, 16, 19, 22 y 25.

En el *caso tres*, de manera similar la calificación máxima en interactividad se la llevan nueve servicios que son 1, 2, 3, 10, 11, 12, 19, 20 y 21.

7.2 CONCLUSIONES

En el presente capítulo se presentaron las pruebas correspondientes a la búsqueda de un servicio específico que satisface las necesidades de un usuario, es decir que cumple con ciertos requisitos aún cuando él se encuentra agrupado entre otros servicios que ofrecen funcionalidades semejantes.

Así se puede comprobar que si el usuario aumenta y especifica los criterios búsqueda por medio de los atributos de calidad importantes de los servicios el resultado muestra los servicios más afines.

8 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1 CONTRIBUCIÓN DEL TRABAJO DE GRADO

8.1.1 Aportes del Metamodelo de Descripción de Datos.

A continuación se listan los aportes del metamodelo propuesto para la descripción de datos y servicios, desarrollado en los capítulos 2 y 3 de esta monografía:

- Esquema de metadatos basado en las normas: ISO 19115 y NTC 4611.
- Perfil de datos XML para gestionar atributos de QoS y descripciones geográficas.
- Registro de servicios basado en estándares W3C.
- Modelo de operatividad expandible a especificaciones OGC CWS e ISO 19119
- Mecanismo de recolección, gestión, acceso y utilización de metadatos geoespaciales mediante herramientas Open Source.

8.1.2 Aportes de la Arquitectura y el Modelo de Descubrimiento.

En resumen los aportes de la Arquitectura propuesta en el Capítulo 5 son los siguientes:

- Centrada en aspectos de calidad del proceso de negocio.
- Arquitectura multicapa soportada en estándares OGC, W3C
- Mecanismo para compartir servicios geográficos en el contexto hídrico.
- Descubrimiento y selección de servicios mediante atributos de calidad, orientados para el entorno hidrológico.
- Descubrimiento flexible mediante broker.

- Arquitectura escalable a través de su registro al soportar otros servicios diferentes al contexto hidrológico.
- Migración a otras tecnologías soportadas en SOA orientadas a la negociación y transacción electrónicas de servicios.

El modelo de metadatos aplicado es acordado entre las diferentes referencias y normas consultadas a saber: ISO-19115, ISO-19139, ISO-19119 y NTC-4611 donde las tres primeras definen los metadatos y servicios geográficos a nivel mundial y la última se ocupa del caso Colombia, además el modelo también tiene soporte en la Infraestructura de Datos Espaciales.

Para la descripción de metadatos por medio del metamodelo fue necesario conformar un sistema base de registro y catalogación de datos y servicios geográficos, que siga la norma NTC4611, que sea fácil de manejar y de código abierto. En cuanto a los criterios de calidad, la implementación de un módulo capaz de interpretar los atributos de QoS ingresados por el usuario disminuye el tiempo de respuesta en las solicitudes.

La arquitectura propuesta e implementada cumple con su objetivo central de buscar y descubrir los servicios web geográficos enfocados en el manejo de información hidrológica solicitados por un usuario, siguiendo criterios de calidad y atributos de servicios definidos por el mismo usuario puesto que su modelación fue hecha con base en estándares internacionales lo que también posibilita su integración con otras aplicaciones de similares funcionalidades sin mayores problemas y por su característica de escalabilidad está en condiciones de mejorar la eficiencia en sus procesos.

En la implementación del prototipo fue de gran interés la revisión y el conocimiento sobre los frameworks para el desarrollo de aplicaciones SIG Web. De las especificaciones referentes al modelo de metadatos geográficos se seleccionaron los elementos más relevantes, por lo extenso del modelo, y éstos se implementaron en el prototipo.

La contribución está enfocada en la propuesta de una arquitectura para el descubrimiento de Servicios Web Geográficos basándose en criterios de calidad de servicio. Se identifican los criterios de calidad necesarios y pertinentes para el descubrimiento de los

servicios desde el momento de su búsqueda, puesto que actualmente no se encuentran propuestas de calidad de servicio aplicables a los servicios web geográficos. Igualmente el trabajo genera recomendaciones para el diseño e implementación de Servicios Web Geográficos en general, sin embargo, muestra ejemplos concretos en el ámbito hidrológico por su aplicación particular y de igual manera los relaciona con trabajos similares como por ejemplo: el proyecto SIRA.

El trabajo de grado contribuye al conocimiento regional de las tecnologías más avanzadas utilizadas en el desarrollo de Servicios Web Geográficos. Especialmente en el desarrollo de especificaciones de metadatos geográficos, realiza un aporte significativo al proponer un framework Open Source para manejar la especificación NTC 4611. A nivel nacional la comunidad científica hidrológica recibe un recuento de funciones candidatas para ser desarrolladas mediante interfaces programáticas lo que implica reducción de costes, fomenta la reutilización y cooperación entre sus miembros.

A los grupos de investigación locales les aporta una base de conocimiento que puede ser consultada para implementar nuevos servicios.

8.2 CONCLUSIONES

Se revisaron los estudios hidrológicos utilizados para la gestión de este recurso, que constituyen uno de los elementos de análisis más importantes con que cuentan los profesionales del área y son candidatos a ser implementados y expuestos como servicios de manera que múltiples personas se beneficien con su uso. Dichos estudios son de dos tipos; los que relacionan variables biológicas y los que hacen lo propio con variables físicas y químicas. También se presentaron indicadores que dependen del entorno en el cual se aplican, y que valoran la calidad de las fuentes de agua de acuerdo a una escala de referencia. Finalmente se revisaron herramientas software que plantean objetivos similares a los perseguidos por este trabajo con el objetivo de tener presente un punto de referencia y los alcances de la aplicación prototipo a desarrollar.

Existe mucho trabajo por hacer en lo relacionado con operaciones hidrológicas, los sistemas de información existentes representan grandes almacenes de datos limitados en formato y forma de presentación. El desarrollo de servicios de gestión y procesamiento

haría trascender los datos ofreciendo transformaciones más interesantes para los especialistas en hidrología. Los estudios hídricos planteados en este capítulo son candidatos a ser implementados dentro de un programa o proyecto institucional puesto que representan un alto grado de utilidad para profesionales de diversas regiones geográficas. Sin embargo, no existe consenso en los indicadores hidrológicos a nivel nacional. El éxito en la automatización de este tipo de servicios depende de un estudio más profundo de los análisis ambientales aplicables al territorio nacional.

El despliegue de servicios Web en el campo hidrológico es muy limitado, los avances más importantes han sido realizados por los norteamericanos. Es importante contar con un programa nacional similar que diseñe y desarrolle servicios, de esta forma se podrá establecer con más certeza las necesidades de la comunidad científica hidrológica.

Se hizo un recuento de la tecnología de los Servicios Web Geográficos, destacándose la infraestructura de datos espacial como la base y dirección del proceso de operación conjunta de servicios. Se vieron las tecnologías involucradas en la construcción de servicios geográficos abiertos, planteándose la relación entre el mundo de los servicios Web convencionales y los Geográficos.

Las SDI permiten examinar la información geográfica proveniente de diversas fuentes independientes que generalmente manejan diferentes tecnologías y formatos. Representan un elemento importante en la operación en conjunto entre sistemas que conviven en ambientes heterogéneos, como es el caso de Colombia. Si bien existe la definición de infraestructura de datos espacial para Colombia, hacen falta frameworks que permitan realizar implementaciones (aplicaciones) de la misma a nivel de datos y servicios.

Existen dos entornos, el de Servicios Web convencionales con protocolos W3C y OASIS y el de Servicios Web Geográficos con protocolos OGC. Puesto que utilizan XML como lenguaje base, es posible relacionarlos para suplir los vacíos existentes en las especificaciones OGC que aún son motivo de estudio. Esto a corto plazo permite utilizar protocolos W3C para la construcción de aplicaciones, y permite predecir un futuro rico en aplicaciones comerciales avanzadas basadas en especificaciones más maduras en el ámbito geográfico.

Los servicios geográficos están migrando de modelos centralizados en arquitecturas cliente/servidor al modelo multicapa. En este proceso, se encuentran vacíos como la descripción de servicios y su composición, temas que todavía están en investigación.

En este trabajo se realizó la revisión del estado del arte de la QoS, y se propuso como resultado un conjunto de atributos que conforman el perfil de calidad de Servicios Web Geográficos. Se revisaron las especificaciones de metadatos geográficos en las que se incluye la norma Colombiana NTC4611 y se estudiaron las tecnologías de registro de servicios, que permiten almacenar descripciones de servicios Web Geográficos.

Existen pocos trabajos respecto a la calidad a nivel de proceso de negocio en los servicios Web Geográficos, por esta razón se recurrió a otros contextos que han sido más trabajados como es el caso de los servicios multimedia. El perfil propuesto, contiene una serie de atributos organizados en dos niveles llamados *cuantitativo* y *cualitativo*, esta abstracción permite direccionar la implementación del prototipo del sistema de descubrimiento pasando del estado del arte presente en la bibliografía al de ingeniería.

Los metadatos extienden el modelo de los Servicios Web y en general el de SOA. Entornos de aplicación tan específicos como el de servicios Geográficos requieren metadatos para describir con exactitud datos y servicios de manera que la información pueda ser aprovechada de la mejor manera. El modelo de registro debe ser extendido para soportar el descubrimiento de servicios geográficos, hasta ahora los esfuerzos de las organizaciones con autoridad en el tema prometen a futuro estándares como ISO19119, UDDI-OGC y CSW que deben tenerse en cuenta al momento de plantear la arquitectura.

El trabajo expone dos arquitecturas de referencia utilizadas para operar en conjunto sistemas geográficos, mostrándose los trabajos más recientes que utilizan dichos modelos. Además se indagó en los mecanismos para descubrimiento de Servicios Web que podrán ser adaptados al ámbito geográfico.

Las dos arquitecturas de referencia planteadas por el OMG y el OGC presentan modelos robustos de operación en conjunto de servicios. OMG con la tecnología CORBA lleva ventaja por cuanto ha sido probada como mecanismo confiable de interoperabilidad, sin embargo la industria geoespacial ha dejado de investigar al respecto. Por otro lado el

OGC con su propuesta basada en SOA promete un mecanismo de operación en conjunto de bajo acople, que reduce la complejidad y promueve la orquestación de servicios, pero las especificaciones aun tienen vacíos, son muy recientes, están en estudio y en algunos casos no han sido probadas.

Respecto al descubrimiento de servicios, las propuestas plantean el uso de mecanismos basados en agentes de descubrimiento o *Brokers*. Este mecanismo aprovecha las características del modelo multicapa de SOA, al conformarse con un servicio mediador que extiende las funciones básicas de los registros de servicios.

En el presente trabajo se propone una arquitectura basada en el modelo Broker, el cual permite negociar los requerimientos de calidad del usuario haciendo las veces de intermediario. Este modelo se ajusta de manera transparente al esquema multicapa propuesto por la OGC y hace parte del nivel de servicios de gestión.

Existen limitaciones en las especificaciones para catálogos, UDDI no soporta la gestión de calidad y por otro lado CSW promete ser lo suficientemente flexible para incluirlos pero no ha sido aprobado como estándar. Para poder utilizar estas especificaciones, se requiere extender el modelo para incluir descripciones de calidad.

La arquitectura multicapa del OGC es flexible pero aún no está lo suficientemente extendida en aplicaciones comerciales debido a la inmadurez de las especificaciones. Esto deja latente la opción de utilizar UDDI, un protocolo más estable y sencillo, como base del servicio de descubrimiento. UDDI presenta un fácil manejo, una estructura abierta que puede ser utilizada para describir organizaciones y servicios, pero sacrifica rendimiento y escalabilidad.

Los diferentes frameworks que existen para implementar aplicaciones geográficas todavía están en etapa de desarrollo. Se destacan las herramientas dispuestas por el proyecto Deegree que provee elementos para construir infraestructuras de datos espaciales utilizando especificaciones OGC y GeoNetwork Open Source que presenta una aplicación de catalogo completa en el manejo de metadatos.

El modelo de metadatos geográfico es extenso, por lo que se realizó un estudio de los elementos importantes dentro de las especificaciones para ser incluidos en el prototipo.

Los elementos de calidad se configuran en un esquema flexible que permite incluir elementos que se consideren importantes para describir el servicio.

Se propone un módulo de integración para ser implementado que incluye un conjunto de mensajes capaz de expresar los requerimientos de calidad deseados en el momento de realizar la consulta. Esto disminuye el tiempo de respuesta ya que el catálogo actúa por sí solo sin necesidad de intermediarios.

En un ambiente donde conviven diferentes Servicios Web Geográficos que proveen funcionalidades similares, es importante hacer énfasis en la forma de encontrar servicios que mejor se ajusten a las necesidades de los usuarios. La probabilidad de escoger un servicio que cumpla dichos requerimientos aumenta si este especifica en la búsqueda los atributos de calidad importantes en el contexto de aplicación del servicio.

En general, los criterios de calidad mejoran el desempeño de las búsquedas de servicios geográficos. En el contexto de aplicación hídrico, la caracterización de servicios en distintos niveles (gestión, procesamiento y acceso a datos) permite perfilar búsquedas más precisas, sin embargo es necesario definir con exactitud criterios que relacionen los atributos de calidad con los niveles de servicio específicos.

Las pruebas se limitan al proceso de selección, para ampliar la parte de experimentación es importante evaluar el servicio operando en un ambiente real. Esto permitiría hacer seguimiento a los atributos de calidad en el tiempo, evaluando la variabilidad de aspectos como desempeño, confiabilidad, disponibilidad y reputación, observando cómo afecta al mecanismo de descubrimiento.

Finalmente, el mecanismo de descubrimiento de Servicios Web Geográficos propuesto, provee una solución de baja complejidad para el descubrimiento dinámico utilizando protocolos W3C, ISO y OGC básicos que se puede extender a múltiples contextos diferentes al hidrológico.

8.3 TRABAJO FUTURO

A continuación se plantea una serie de trabajos en forma de objetivos, con el ánimo de que sean propuestas como trabajos de investigación.

En relación al trabajo de grado tenemos:

- Definir e Implementar Servicios Web que atiendan requerimientos del contexto hidrológico.
- Establecer parámetros de rendimiento y atributos de calidad más relevantes mediante estudios estadísticos realizados en los servicios en operación.
- Realizar estudios estadísticos sobre el catalogo de servicios, para evaluar el mecanismo de descubrimiento a lo largo del tiempo en relación con la satisfacción de usuario.
- Implementar el modulo de operación en conjunta con otras aplicaciones, utilizando especificaciones OGC. Establecer el protocolo y los mensajes de operación necesarios.
- Realizar composición semi o automática de servicios, orientada a ambientes en los que participan usuarios nativos y que de trasfondo utilice el catálogo y el modelo de descubrimiento propuesto.
- Indagar en el descubrimiento de servicios con calidad a nivel semántico. Establecer ontologías y vocabularios específicos para extender el sistema de descubrimiento.
- Utilizar la arquitectura propuesta para habilitar el descubrimiento de servicios basados en la localización, específicamente para ser utilizados en dispositivos móviles.
- Utilizar el registro de ebXML investigando una estructura de datos apropiada para el entorno de servicios hidrológicos, indagando y definiendo acuerdos, contratos y procesos que posibiliten utilizar esta tecnología a nivel de comunidad científica y gubernamental.

BIBLIOGRAFÍA

Aditya, T. 2003. *Semantics and Interoperability in Geo Web Services*. International Institute For Geo-Information Science And Earth Observation Enschede, The Netherlands.

Aditya, T. y Lemmens, R. 2006. *“Chaining Distributed GIS Services”*. Disponible en: http://www.itc.nl/library/Papers_2003/non_peer_conf/aditya.pdf

Aguirre, N. 2005. Definición GSDI. Traducción al español. Boletín GSDI, IDE-LAC. En línea, disponible: <http://www.ipgh.org/spanish/GSDI/>. Instituto Panamericano de Geografía e Historia.

Al-Ali, R., O. Rana, D. Walker S. Jha & S. Sohail. 2002. *“G-QoS: Grid Service Discovery Using QoS Properties”*. Department of Computer Science, Cardiff University. Department of Computer Science and Engineering, UNSW, Sydney, Australia.

Alameh, N. 2003. Chaining Geographic Information Web Services. *IEEE Internet Computing*. Vol. 7, No 5

Astudillo, H. 2007. Arquitectura de Software: Representación. Material de clase . Departamento de Informática. Universidad Técnica Federico Santa María. Chile. En línea disponible: <http://www.inf.utfsm.cl/~hernan/cursos/MII414-2004s2/bitacora.html>

Bacharach, S. 2007. OGC Adopts ebRIM Metamodel for Catalogues. Cover Pages. Wayland, USA. En línea, disponible: <http://xml.coverpages.org/OGC-ebRIM-200701.html>

Barba, L. *Química Ambiental*. Universidad del Valle: Postgrado de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Santiago de Cali. 55 p.

Barclay, T., Gray J., Ekblad S., Strand E. y Richter J. 2006. *“Designing And Building Terra Service”*. IEEE Internet Computing Magazine.

Blum, A. 2004. “UDDI as an Extended Web Services Registry: Versioning, quality of service, and more”. 2006. <http://www.syscon.com/story/?storyid=45102&DE=1>

Booch, G., Jacobson, J. Rumbaugh. 1999. *El Proceso Unificado de Desarrollo Software*. Addison Wesley

Booth, D., H. Haas. 2004. Web Services architecture. Word Wide Web Consortium W3C . En Línea, disponible: <http://www.w3.org/TR/ws-arch/>

Burbano, L. 2006a. *Indicadores Biológicos en Ecosistemas Acuáticos Continentales*. Grupo de Estudios Ambientales – Universidad del Cauca.

Burbano, M. 2006b. *Índice De Calidad Del Agua*. Grupo de Estudios Ambientales – Universidad del Cauca.

Busch, A., F. Willrich, 2000. "Quality management of atkis data". Paper presented at OEEPE/ISPRS joint workshop on Spatial Data Quality Management, Istanbul.

Buschmann, F., R. Meunier, H. Rohnert, P. Sommerlad, M. Stal. 1996. *Pattern-Oriented Software Architecture*. 2da.Ed, Volume 1: A System of Patterns. Wiley

Cadavid, J., R. Valbuena, W. Amaya. 2001. "ADAPTACIÓN DE LOS ESTÁNDARES GLOBALES PARA LAS NACIONES EN DESARROLLO". Empresa Colombiana de Petróleos, Instituto Colombiano del Petróleo. Ecopetrol-ICP

CIAT, 2007. "Sistema De Indicadores Para La Planificación Y Seguimiento Ambiental De Colombia". Centro Internacional De Agricultura Tropical. Disponible en: <http://www.ciat.cgiar.org/indicators/indicadores/colproj.htm>

Cinara. 2002. Seminario Taller Aprovechamiento Integral del Recurso Hídrico con Énfasis en Riego, Drenaje y Sostenibilidad. Universidad del Valle. Santiago de Cali; CINARA; 540 p.

Cingil, I. , A. Dogac. 2006. *An Architecture for Supply Chain Integration and Automation on the Internet*. Kluwer Academic Publishers Hingham, MA, USA.

Clark, J. 2005. A Framework for Autonomic Web Service Selection. Department of Computer Science University of Saskatchewan. Saskatoon

Clements, P., F. Bachmann, L. Bass, D. Garlan, J. Ivers, R. Little, R. Nord, J. Stafford. 2002. *Documenting Software Architectures: Views and Beyond*. Addison Wesley.

Curbera, F., et al. 2002. *Using WSDL in a UDDI Registry V. 1.07 UDDI Best Practice*. OASIS

Davidson, J 2001. OGC General Services Model GSM En Línea, disponible: <http://www.intl-interfaces.net/servicemodel/gsm/gsm-2001-08-15.html>. OGC

De Lange, E., Ocampo, P., Muñoz, N., Visscher, J. 2001. *Simplified Water Quality Assessment for Multi-Stage Filtration*. Instituto de Investigación y Desarrollo en Agua Potable, Saneamiento Básico y Conservación del Recurso Hídrico. The Hague; International Water and Sanitation 38 p.

Devillers, R., M. Gervais, Y. Bedard, R. Jeansoulin, 2002. "Spatial data quality: From metadata to quality indicators and contextual end-user manual". Paper presented at OEEPE/ISPRS joint workshop on Spatial Data Quality Management, Istanbul.

Dublin Core. 2007. Using Dublin Core. Dublin Core Metadata Initiative. En línea, disponible: <http://dublincore.org/documents/2001/04/12/usageguide/>

EPA. 2007a. *Consolidated Assessment and Listing Methodology*. Environmental Protection Agency. Disponible en: <http://www.epa.gov/owow/monitoring/calm.html>

EPA. 2007b. Better Assessment Science Integrating Point and Nonpoint Sources. Environmental Protection Agency. Disponible en: <http://www.epa.gov/ost/basins/>

EPA. 2007c. *Ground & Surface Water Models*. Environmental Protection Agency. Disponible en: <http://www.epa.gov/ceampubl/gwater/index.htm>

EPA. 2007d. Water Quality Analysis Simulation Program WASP. Environmental Protection Agency. Disponible en: <http://www.epa.gov/athens/wwqtsc/html/wasp.html>

EPA. 2007e. River and Stream Water Quality Model QUAL2K. Environmental Protection Agency. Disponible en: <http://www.epa.gov/athens/wwqtsc/html/qual2k.html>

EPA. 2007f. *Aquatox*. Environmental Protection Agency. Disponible en: <http://www.epa.gov/athens/wwqtsc/html/aquatox.html>

EPA. 2007g. Environmental Fluid Dynamics Code EFDC. Environmental Protection Agency. Disponible en: <http://www.epa.gov/athens/wwqtsc/html/efdc.html>

EPA. 2007h. Water Resources Database WRDB. Environmental Protection Agency. Disponible en: <http://www.epa.gov/athens/wwqtsc/html/database.html>

EPA. 2007i. *WATERSHEDSS*. Environmental Protection Agency. Disponible en: <http://www.epa.gov/ceampubl/tools/watrshed/>

FGDC - ISO Crosswalk v4.0. Disponible en: www.fgdc.gov/metadata/documents/FGDC_Sections_v40.xls

FGDC 2007 . Federal Geographic Data Committee. En línea, disponible: <http://www.fgdc.gov/>

Flower, M. 1997. *UML Distilled*. Addison Wesley.

Fowler, M., D. Rice, M. Foemmel, E. Hieatt, R. Mee, R. Stafford. 2002. *Patterns of Enterprise Application Architecture*. Addison-Wesley.

Franken, L., 1996. *Quality of Service Management: A Model-Based Approach*. PhD thesis, Centre for Telematics and Information Technology.

Frers C. 2007. *Buscándole Soluciones A La Gestión Del Agua*. Disponible en: <http://colombia.indymedia.org/news/2007/02/56919.php>

Gamma, E., R. Heml, R. Johson, J. Vlissides. 1995. *Design Patterns: Elements of Reusable Object-Oriented Software*. Addison-Wesley.

Garvin, D., 1988. *Managing Quality: The strategic and Competitive Edge*. New York.

Geldreich, E. *Microbial Quality of Water Supply in Distribution Systems*. 504 p.

GeoAPI 2007 . Disponible: <http://geoapi.sourceforge.net/stable/site/index.html>

GeoAPI 2007 . GeoAPI Working Group. Open GIS Consortium Technical Committee. En Línea, disponible: <http://geoapi.sourceforge.net/stable/site/charter.html>

GeoNetwork 2007 . GeoNetwork opensource. En línea, disponible: <http://geonetwork-opensource.org/>

GLCF 2007 . About Global Land Cover Facility. En línea: <http://glcf.umiacs.umd.edu/aboutUs/>. Universidad de Maryland

Gómez, J. y Orjuela, L. 2004. *Procedimientos y métodos de recolección de datos de calidad del agua*. Disponible en: <http://www.ideam.gov.co/temas/guiaagua/Anexo%207.pdf>

Gouscos, D., Kalikakis, M., and Georgiadis, P. 2003. "An Approach to Modeling Web Service QoS and Provision Price". Proceedings of the 1st International Web Services Quality Workshop, Rome, Italy, pp.1-10, 2003.

Granell, C., J.F. Ramos 2004. An object-oriented approach to GI web service composition. Department of Information Systems. Universitat Jaume I. IEEE Library

Griffiths, 2007. User satisfaction as a measure of system performance. Journal of Librarianship and Information Science. 39: 142-152

Groot, R. y J. McLaughil 2000. Geospatial Data Infrastructure: Concepts, Cases, and Good Practice. Oxford Univ. Press.

GSDI 2004. Developing Spatial Data Infrastructures: The SDI Cookbook. V2.0.

GSDI 2006. Infraestructura Espacial de Datos. Boletín Informativo para América latina y el Caribe.

GSDI 2007 . Global Spatial Data Infrastructure Information. En línea, disponible: <http://www.gsdi.org/associnfo.asp>.

Gutiérrez, J. y Ospina, R. 2004. Bioindicación de la Calidad del Agua con Macroinvertebrados Acuáticos en la Sabana de Bogotá, utilizando redes neuronales artificiales. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. Disponible en: http://www.unal.edu.co/icn/publicaciones/caldasias/26_1/11F.pdf

GvSIG. 2007 Disponible en: <http://www.gvsig.gva.es/index.php?id=manuales-gvsig&L=0&K=1>

Hernández, M. *Estudio de la Calidad del Agua, Estado Trófico y Caracterización de Factores Físicos de la Laguna de Sonso*. Universidad del Valle Escuela de Recursos Naturales y el Ambiente. Maestría en Ingeniería Énfasis en Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Santiago de Cali.

Herrera, J., et. al. 2005 Infraestructuras de datos para la localización y acceso inteligente a la información disponible a través de servicios Web de catálogo.

HIDROSIG. 2007. Sistema De Información Geográfica De La Hidrología Colombiana. Universidad Nacional de Colombia. [En Línea] Disponible: <http://cancerbero.unalmed.edu.co/~hidrosig/index.php>

Hofmeister, C., R. Nord, and D. Soni. 2000 "Applied software architecture". Addison-Wesley, Reading, MA,

ICDE 1999. Infraestructura Colombiana De Datos Espaciales – ICDE. Conceptos y Lineamientos. Version 2.3 Grupo Institucional ICDE. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Santa Fe de Bogotá.

ICONTEC 2000. Información geográfica. Metadatos. NTC 4611. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. Santafé de Bogotá.

ICONTEC 2000. Norma Técnica Colombiana 4611. Meta datos geográficos. Instituto Colombiano de normas técnicas y certificación.

IDEAM. 2006. Estudio Nacional del Agua. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Ministerio del Medio Ambiente. <http://www.ideam.gov.co/biblio/paginaabierta/guia.pdf>

IDEAM. 2007. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Ministerio del Medio Ambiente. <http://www.ideam.gov.co>

IDEE 2005. Núcleo Español de Metadatos NEM v1.0 . Infraestructura de Datos Espaciales Española.

Iribarne, L. 2001. Pasado, Presente y Futuro de los Sistemas de Información Distribuidos. Departamento de Lenguajes y Computación. Universidad de Almería.

ISO 2004 . 19139 Geographic information – Metadata – XML schema implementation. ISO Project Information.

ISO/IEC, 1998. ISO/IEC 13236 “*Information Technology – Quality of Service: Framework*”, Geneva, Switzerland.

ISO/TC211 2002. ISO/DIS 19119 Geographic Information Services. ISO.

ITU/ISO, 1995. “Open Distributed Processing - Reference Model Part 2: Foundations” International standard 10746-2, ITU-T Recommendation X.902.

ITU-T, 1994. “Terms and Definitions related to Quality of Service and Network Performance including Dependability”. ITU-T Recommendation E.800. ITU-T.

Januszewski, K. 2002 . The Importance of Metadata: Reification, Categorization, and UDDI. Microsoft Corporation.

Jiang J., C. Jun. 2000. A CSCW System For Building Reviewing By Integrating GIS With OA. Geo-spatial Information Science Vol.3.No.1.P45-49.

Keogh, J. 2003 J2EE Manual de referencia. McGraw Hill.

Kluwer Academic Pub., 2000. “Managing Qos in Multimedia Networks and Services”. Third International Conference on Management of Multimedia Networks and Services Mmns'2000 - ISBN: 9780792379621

Kruchten, P. 1995. *Architectural Blueprints—The “4+1” View Model of Software Architecture*. IEEE software

Lemmens R., A. Wytzisk y C. Granell. 2006 Integrating Semantic and Syntactic Descriptions to Chain Geographic Services. IEEE Computing. Vol.10, No5.

Luqun L., L. Minglu. 2004. A Research on Development of mobile GIS architecture. International Society for Environmental Information Sciences.

Mahmoud, Q. 2007. Service-Oriented Architecture SOA and Web Services: The Road to Enterprise Application Integration EAI. En Línea, disponible: <http://java.sun.com/developer/technicalArticles/WebServices/soa/>

Manso M. 2004 .Metadatos en los sistemas de información geográfica ISO- 19115. Escuela Técnica Superior de Ingenieros en Telecomunicaciones.

Manso, M. A. 2003. Servicios Web para la interoperabilidad entre programas definidos por el OGC Open Gis Consortium. Escuela técnica superior de Ingenieros en Telecomunicaciones. Madrid.

Maximilien, E. y Singh, M. 2002. “Conceptual Model of Web Services Reputation”. ACM SIGMOD Record, 36-41, 2002.

McKee, B. y D. Ehnebuske 2002. Providing Taxonomy for Use in UDDI Version 2. OASIS

Meer, J., L. Logrippo, K. Farooqui. 1995. The ISO reference model for open distributed processing: an introduction Source. Computer Networks and ISDN Systems Volume 27, Issue 8. Pages: 1215 – 1229

Menascé, D. 2004. Composing Web Services: A QoS View. IEEE Internet Computing.

Menascé, D. Composing Web Services: A QoS View. IEEE Internet Computing. 2004.

Minambiente. 2007. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Gestión Integral del Agua. Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico y Ambiental. En línea, disponible en: <http://www.minambiente.gov.co/admin./contenido/documentos/gestionintegraldelagua.pdf>. Bogotá.

Minsocial. 1999. Ministerio de Protección Social. *Validación de Metodologías Alternas para Análisis Fisicoquímico de Aguas para Consumo Humano*. Instituto Nacional de Salud. Santa fe de Bogotá.

Morris, S. 2006. Geospatial Web Services and Geoarchiving: New Opportunities and Challenges in Geographic Information Services. Library Trends. Vol.55, No.2. University of Illinois.

Muñoz, N., Martínez, C., Ocampo, P. *Métodos Analíticos Estandarizados para el Seguimiento de la Calidad Fisicoquímica del Agua*. Instituto de Investigación y Desarrollo en Agua Potable, Saneamiento Básico y Conservación del Recurso Hídrico. Santiago de Cali. 120 p.

Muñoz, R. 2005. Macroinvertebrados bioindicadores de la calidad del agua en Cuba. [En Línea] Disponible en: <http://www.dama.gov.co>

Navarro N. *Congreso Ibérico sobre Gestión y Planificación de Aguas*. 750 p. Universidad de Zaragoza. Zaragoza, España.

Navarro N. *Congreso Ibérico sobre Gestión y Planificación de Aguas*. 750 p. Universidad de Zaragoza. Zaragoza, España.

Nebert, D. Whiteside, A. 2004. *Open Gis Consortium: Open Gis Catalogue Services Specification*. OGC-04-021r2 .v.2.0.

O'Brien, L., L. Bass, P. Merson., 2005 "Quality attributes and service oriented architectures" Software Architecture Technology Initiative. CMU-SEI.

Oasis 2002. UDDI Version 2.03 Data Structure Reference. UDDI Committee Specification

OASIS, 2006. *ebXML Registry 3.0: An Overview*.

OGC 1994a. OpenGIS® Simple Features Implementation Specification for OLE/COM 1.0.

OGC 1994b. OpenGIS® Simple Features Implementation Specification for CORBA 1.0.

OGC 2001 . OGC General Service Model. En Internet, disponible: http://ip.opengis.org/ows/rfq/010725_OWS_Annex_B.pdf

OGC 2004 Open Gis Consortium: Open Gis Catalogue Services Specification. OGC-04-021r2 .v.2.0. OGC.

OGC 2005. Open GIS Web Services Architecture Description. Best Practices Paper Reference number OGC 05-042r2. Arliss Whiteside Ed.

OGC 2005. OpenGIS Web Services Architecture Description.

- OGC 2005. OpenGIS® Web Service Common Implementation Specification v 1.0.
- OGC 2006. OpenGIS® Catalogue Services - ebRIM ISO/TS 15000-3 profile of CSW. V 1.0
- OGC 2007. OpenGIS® Specifications. En Línea: <http://www.opengeospatial.org/standards>
- OGC, 2003. *OGC Reference Model*. Open Geospatial Consortium Inc. Reference number document: OGC 03-040
- OGC, 2005. *ebRIM profile of CSW*. Open Geospatial Consortium Inc. Reference number document: OGC 05-025r3
- OGC. 2002a. Open Gis Consortium: Web Feature Service Implementation Specification. V1.1.1. OGC-02-068r3. Jeff de La Beaujardière .ed
- OGC. 2002b. Open Gis Consortium: Web Map Service Implementation Specification. V1.0.0. OGC-02-058. Panagiotis A. Vrenatos .ed
- OGC. 2002c. Open Gis Consortium: Styled Layer Descriptor Specification. V1.0.0. OGC-02-070. William Lalonde .ed
- OGC. 2002d. Open Gis Consortium: Geography Markup Language GML Implementation Specification. V2.1.2. OGC-02-069. Simon Cox, Adrian Cuthbert, Ron Lake, Richard Martell .ed
- OGC. 2003. Open Gis Consortium: Web Coverage Service Specification. V1.0.0. OGC-03-065r6. John D. Evans .ed
- OGC. 2004. Open Gis Consortium: *Open Gis Catalogue Services Specification*. OGC-04-021r2 .v.2.0. Douglas Nebert, Arliss Whiteside
- OGC. 2005. *Catalogue Services Specification*. Open Geospatial Consortium.
- OMG C4I. 2006. GIS and the OMG C4I Community.
- OMS. 2007. *Guidelines for Drinking Water Quality: Vol.1 Recommendations*. World Health Organization. Geneva. En línea. Disponible en: http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3
- Onchaga R., 2005b. "Modelling For Quality of Services In Distributed Geoprocessing". International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation ITC Enschede, The Netherlands
- Onchaga, R. 2004 Modelling For Quality Of Services In Distributed Geoprocessing. International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation ITC. Netherlands
- Onchaga, R. 2006 Modelling For Quality Of Services In Distributed Geoprocessing. International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation ITC. Netherlands
- Onchaga, R., 2005a. "On Quality of Service and Geo-service Compositions". International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation ITC
- Onchaga, R., 2006. "Modelling For Quality Of Services In Distributed Geoprocessing". International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation ITC. The Netherlands.

Onchaga, R., 2006. "Quality of service management framework for dynamic chaining of geographic information services". International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation 8, P137–148.

Ordoñez, J. 2006. Sistema Integrado de Información sobre el Recurso Agua SIRA. GIT & GEA. Universidad del Cauca. Disponible en: <http://www.unicauca.edu.co/gisday2006/Docs/SIRA/SIRA.pdf>

OWS 2002 . OGC Web Services Work Items and Topics. Project Web Site. En Línea, disponible: <http://www.intl-interfaces.net/servicemodel/>

Parikh, A. 2005. *Learn the basics about the ebXML Registry*. En Línea: <http://www.javaworld.com/>

Pinilla, A. 1998. *Indicadores biológicos en ecosistemas acuáticos continentales de Colombia*. Compilación bibliográfica. Santafé de Bogotá. Centro de Investigaciones Científicas. Fundación Universitaria de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. P. 11-13, 40.

Radwan, M. and Morales, J., 2002. "Extending geoinformation services: a virtual architecture for spatial data infrastructures". The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol. 34.

Radwan, M., L. Alvarez, R. Onchaga, J. Morales, 2005. "The changing role of the geo-data infrastructure: from a data delivery network to a virtual to a virtual enterprise supporting complex services". International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation ITC Commission VI, WG VI/4

Ran, S. 2004. "A Model for Web Services Discovery with QoS". SIGEcom Exchanges, vol. 4, no. 1, 2004, pp. 1–10.

Rivera, H., Domínguez, E., Ramirez, R., Venegas R. 2004. *Metodología para el cálculo del índice de escasez de agua superficial*. IDEAM

Roldan, G. 1992. *Limnología y eutrofización de embalses en Colombia, segunda circular*. Río Negro, Antioquia.

Rumbaugh, Blaha, Premerlani, Eddy, Lorenson 1991 . OMT.

Simonis, A. Sliwinski, 2005. "Quality of Service in a Global SDI". FIG Working Week 2005 and GSDI-8. Session TS 14 - SIM and Quality; Paper TS14.6 Cairo, Egypt April 16-21.

Smith, A., 2002. "Spatial data quality management at ordinance survey". Paper presented at OEEPE/ISPRS joint workshop on Spatial Data Quality Management, Istanbul.

Smith, R. 2003 BPEL4WS and WSCI have important and complementary Web services roles, but work remains to be done. ORACLE Web Services Insider. En Línea, disponible:

Tu, S. y M. Abdelguerfi 2006 . Web Services for Geographic Information Systems. IEEE Internet Computing. Vol.10, No5.

UNESCO. 2006. *Water a shared responsibility*. The United Nations World Water Development Report 2. Berghahn Books.

Upton, S. 2007. *A Global Search Engine for Geospatial Data*. IEEE Spectrum Magazine. Vol. 44 No. 8. Page 14.

- Vargas, M. Nelson O. 2004. *Monitoreo de Aguas Subterráneas*.
- Vasquez, G., Zamora, G., Naundorf, G. 2001. *Estudio Limnológico del río Cauca, sector embalse de la Salvajina – puente El Hormiguero*. Popayán. Universidad del Cauca.
- W3C 2004 . “Web Services Architecture, W3C Working Group Note 11 February 2004”. En línea, disponible: <http://www.w3.org/TR/wsarch>
- Walsh, J. 2007 . A Spatial Data Infrastructure as big as the Internet that fits in your pocket. Node London Magazin. En línea, disponible: <http://publication.nodel.org/A-Spatial-Data-Infrastructure>.
- Whiteaker T. 2006. *CUAHSI HIS Web Services Workbook*. Disponible en: <http://www.cuahsi.org/his/docs/HIS-workbook-20061130.pdf>
- Wishart, R., Robinson, R., Indulska, J., and Josang, A. 2005 . “Reputation-enhanced Service Discovery”. Proceedings of the Twenty-eighth Australasian conference on Computer Science, Vol. 38: 49-57
- Wong, S., S. Swart y D Sarkar 2002 . A Middleware Architecture for open and Interoperable GIS. IEEE Library.
- Woodside, M., D. Menascé 2006 . Application-Level Qos. IEEE Internet Computing. Vol. 10, Num. 3.
- Woodside, M., D. Menascé. Application-Level QoS. IEEE Internet Computing. Vol. 10, Num. 3. 2006
- Xu, Z. 2006 . Reputation-Enhanced Web Services Discovery with QoS. School of Computing. Ontario, Canada.
- Xu, Z., 2006. “*Reputation-Enhanced Web Services Discovery with QoS*”. Thesis submitted to the School of Computing for the degree of Master of Science. Queen’s University. Canada.
- Xu. D., 1994. “*An integrated and QoS-Aware framework for multimedia service management*”. Doctoral Thesis in philosophy in computer science. B.S Zhongshan University.
- Zabala A., J. Masó. 2005 . Aplicación del estándar ISO 19139 a un modelo relacional de capa, tablas y campos. Univ. Autónoma de Barcelona.
- Zeng A., B. Benatallah, A. Ngu, M. Dumas, Kalagnanam, y J. Chang. “*QoS-Aware Middleware for Web Services Composition*”. IEEE Transactions on software Engineering. Vol. 30. N. 5
- Zeng, L., Benatallah, B., Ngu, A. Dumas, M., Kalagnanam, y Chang, J. *QoS-Aware Middleware for Web Services Composition*. IEEE Transactions on software Engineering. Vol. 30. N. 5
- Zhou, C., L. Chia y B. Lee. 2004. “DAML-QoS Ontology for Web Services”. Proceedings. IEEE International Conference on Web Services, 472-479, 2004.