

IMPLEMENTACIÓN DE INFRAESTRUCTURAS TECNOLÓGICAS (GIS) GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM, EXPRESADA EN “SERVICIOS” COMO PATRÓN DE DISEÑO

RAÚL ALBERTO GAVIRIA VALENCIA
ALEJANDRO ALZATE BUITRAGO



IMPLEMENTACIÓN DE INFRAESTRUCTURAS
TECNOLÓGICAS (GIS) GEOGRAPHIC
INFORMATION SYSTEM, EXPRESADA EN
“SERVICIOS” COMO PATRÓN DE DISEÑO

Raúl Alberto Gaviria Valencia

Alejandro Alzate Buitrago



IMPLEMENTACIÓN DE INFRAESTRUCTURAS TECNOLÓGICAS (GIS) GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM, EXPRESADA EN “SERVICIOS” COMO PATRÓN DE DISEÑO

© Universidad Libre Seccional Pereira

Raúl Alberto Gaviria Valencia
Alejandro Alzate Buitrago

1ª Edición:
Pereira, Colombia
2018

ISBN 978-958-8859-47-7

Edición:
Universidad Libre Seccional Pereira.

Distribuye:
Universidad Libre Seccional Pereira.

Vector de fondo creado por Starline – www.freepik.es

Reservados todos los derechos. No se permite la reproducción total o parcial de esta obra, ni su incorporación a un sistema informático, ni su transmisión en cualquier forma o por cualquier medio (electrónico, mecánico, fotocopia, grabación u otros) sin autorización previa y por escrito de los titulares del copyright. La infracción de dichos derechos puede constituir un delito contra la propiedad intelectual.



DIRECTIVAS NACIONALES

Dr. Jorge Alarcón Niño
Presidente Nacional

Dr. Jorge Gaviria Liévano
Vicepresidente Nacional

Dr. Fernando Dejanón Rodríguez
Rector Nacional

Dr. Ricardo Zopó Méndez
Censor Nacional

Dr. Floro Hermes Gómez Pineda
Secretario Nacional

DIRECTIVAS SECCIONALES

Dr. Miguel González Rodríguez
Presidente Seccional

Dr. Fernando Uribe de los Ríos
Rector Seccional

Dra. Carmen Helena Aragón Villa
Secretaria Seccional

Dr. Jorge Enrique Ramírez Rincón
Decano Facultad de Ingeniería

Dra. Beatriz Elena León de la Pava
Síndico-Gerente

Dr. Luis Alfonso Sandoval Perdomo
Director Seccional de Investigaciones

Dr. Daniel Aristizábal Torres
Director Centro Investigaciones Facultad de Ingeniería

AUTORES

Raúl Alberto Gaviria Valencia

Ingeniero de sistemas con énfasis en software de la Universidad Antonio Nariño. Especialista en telecomunicaciones de la Universidad Autónoma de Bucaramanga y la Universidad de Manizales. Magister en software libre de la Universitat Oberta de Catalunya, Engineer certificate - software engineering institute/Carnegie Mellon University. Docente investigador. Director del grupo de investigación OBELIX: Ingeniería de software de la Universidad Libre seccional Pereira.

Alejandro Alzate Buitrago

Geólogo de la Universidad de Caldas. Especialista en ciencias de la tierra y medio ambiente de la Universidad EAFIT. Magister en desarrollo sustentable con énfasis en prevención y atención de desastres de la Universidad del Valle/Tulane University. Doctorando en desarrollo sostenible de la Universidad de Manizales. Docente investigador. Director del grupo de investigación GICIVIL de la Universidad Libre seccional Pereira.

CONTENIDO

	pág.
GLOSARIO	16
RESUMEN	22
INTRODUCCIÓN	24
1. ANTECEDENTES	26
2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	28
2.1 TÍTULO	28
2.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	28
2.2.1 Problemas relacionados con el dominio	29
2.2.2 Problemas relacionados con los SIG	32
2.2.3 El problema de investigación	33
2.3 FORMULACION DEL PROBLEMA	34
2.4 HIPOTESIS	35
3. OBJETIVOS	36
3.1 OBJETIVO GENERAL	36
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	36
4 RESULTADOS ESPERADOS	37
5 ESTADO DEL ARTE	39
6. MARCO REFERENCIAL	58
6.1 MARCO TEORICO	58
6.1.1 Los SIG en la sociedad y en la solución de problemáticas sociales	58
6.1.3 Sistemas de información geográficos y el software de código Abierto/Libre	61
6.1.4 Los servicios web geográficos o Geoservicios	62
6.1.5 Servicios y estándares como patrón de diseño	63
6.1.6 Infraestructura de datos espaciales (IDE).	65
6.1.7 Servicios basados en localización – <i>Location Based Service</i> (LBS)	66
6.1.8 Bases de datos geográficas y el modelo georelacional.	67
6.1.9 Representación espacial de la información.	68
6.1.10 Patrón de diseño Model-View-Controller (MVC)	70
6.1.11 La ingeniería de software en el proceso de desarrollo de un SIG	70
6.1.11.1 Desarrollo de Software - Codificación	72
6.2 MARCO CONCEPTUAL	73
6.2.1 Sistemas de información geográficos.	73
6.2.2 La OGC y los estándares abiertos.	75
6.2.3 Los servicios web geográficos o Geoservicios	76
6.2.4 Infraestructura de datos espaciales (IDE).	79
6.2.5 Servicios basados en localización – <i>Location Based Service</i> (LBS)	80
6.2.6 Tecnologías de posicionamiento.	81
6.2.7 Bases de datos geográficas y el modelo georelacional	83
6.2.8 Representación espacial de la información.	84
6.2.9 Arquitectura cliente/servidor.	85
6.2.10 Modelo Cliente /Servidor de 3 capas.	86
6.2.11 Proceso de software	88
7. MARCO METODOLÓGICO	89

7.1	TIPO DE INVESTIGACION	89
7.2	FASES DE LA INVESTIGACION	91
7.3	DISEÑO METODOLÓGICO	95
8.	PRESUPUESTO Y RECURSOS	99
9.	CRONOGRAMA	100
10.	PLAN DE DESARROLLO	101
10.1.	INTRODUCCIÓN	101
10.1.1	Propósito	102
10.1.2	Entregables del proyecto	102
10.2	ORGANIZACIÓN DEL PROYECTO	105
10.3	GLOSARIO.	109
10.4	GESTIÓN DEL RIESGO.	110
10.5	RECOLECCION DE DATOS.	112
10.5.1	Componente gráfico IGAC.	112
10.5.2	Componente gráfico otras fuentes	116
10.5.3	Formatos existentes	118
10.5.4	Captura de datos en campo con dispositivos móviles	123
10.5.4.1	Sobre el manejo del equipo	124
10.5.4.2	Sobre la captura de datos	124
10.5.4.3	Parámetros clave para la captura de datos	125
10.6	MODELADO DEL NEGOCIO	125
10.6.1	Operación del sistema	125
10.6.2	Funcionalidad del sistema	126
10.7	VISION	128
10.7.1	Participantes.	129
10.7.2	Actores.	129
10.7.3	Listado de requisitos (RF – RNF)	130
10.8	ESPECIFICACION DE REQUISITOS	133
10.9	CARACTERIZACIÓN Y SELECCIÓN DE INFRAESTRUCTURA SIG.	134
10.9.1.1	Cumplimiento de los estándares.	134
10.9.1.2	Adaptabilidad al problema	137
10.9.1.3	OpenGeo Suite como Infraestructura tecnológica seleccionada	143
10.10	PROTOTIPOS DE INTERFAZ GRÁFICA DE USUARIO	147
10.10.1	Interfaz Validar Usuario	147
10.10.2	Interfaz Principal	148
10.10.3	Interfaz captura de datos	150
10.10.4	Interfaz Visor de Mapas	151
10.11	DOCUMENTO DE LA ARQUITECTURA DEL SISTEMA	153
10.11.1	Propósito.	153
10.11.2	Referencias	154
10.11.3	Diagramas de secuencia	154
10.11.4	Diagrama de clases	167
10.11.5	Diagrama de componentes fundamentales	169
10.11.6	Diagrama arquitectónico o de alto Nivel	171
10.11.7	Diagrama o Vista de Despliegue	173
10.11.8	Documento de diseño de BD	174
10.12.1	Hardware	179
10.12.2	Componentes del software servidor de mapas	180
10.12.3	Componentes Cliente/librerías	181
10.12.4	Extensiones o componentes adicionales de GeoServer	182
10.12.5	Componentes del servidor de aplicaciones	182
10.12.6	Herramientas de desarrollo	183

10.13	CONSTRUCCIÓN DE COMPONENTES Y SOFTWARE	184
10.13.1	Obtención e instalación del paquete de fuentes AppWeb GIS LBS	184
10.13.2	Contenido del paquete de fuentes AppWeb GIS LBS	185
10.13.3	Acceso a la base de datos	188
10.13.4	Interfaces gráficas definitivas AppWeb GIS	189
10.13.4.1	Interfaz Validar Usuario	189
10.13.4.2	Interfaz Principal	190
10.13.4.3	Interfaz captura de datos	191
10.13.4.4	Modificación y eliminación múltiple	191
10.13.4.5	Panel de búsquedas	192
10.13.4.6	Exportar vista actual	193
10.13.4.7	Visualización de imágenes y geodatos	194
10.13.4.8	Acciones Maestro/Detalle	196
10.13.4.9	Visualización del menú principal.	196
10.13.4.10	Visualización desde dispositivos móviles.	197
10.13.5	Interfaces gráficas definitivas App Móvil LBS	199
10.13.5.1	Interfaz App Movil LBS	199
10.14	INSTALACIÓN Y CONFIGURACIÓN DE INFRAESTRUCTURA “IDE”	200
10.14.1	Instalación CentOS 6.4 Minimal	200
10.14.2	Configurar interface de red	201
10.14.3	Instalar programas de utilidad y activar repositorios	203
10.14.4	Instalación de apache	205
10.14.5	Instalación de MySQL, PHP y PHPMyAdmin	206
10.14.6	Muro de seguridad	208
10.14.7	Instalación de OpenGeoSuite	209
10.14.8	Configuración de PostgreSQL.	214
10.15	PLAN DE PRUEBAS DE INTEGRACION DEL SISTEMA	220
10.15.1	Migración de archivos SHAPEFILE a PostgreSQL	220
10.15.1.1	Instalacion de cliente GIS	220
10.15.1.2	Creacion de DB Postgres/Postgis	221
10.15.1.3	Conversion de Shp a Postgres/Postgis	223
10.15.2	Adaptar la infraestructura tecnológica expresada en servicios.	232
10.15.2.1	Espacios de trabajo	233
10.15.2.2	Almacenes de datos Shape.	235
10.15.2.3	Publicación de capas y estilos.	237
10.15.2.4	Almacenes de datos PostGIS.	242
10.15.2.5	Estilos gráficos	244
10.15.2.6	Visualización de capas.	253
10.15.3	Integrar la AppWeb GIS - LBS, con la infraestructura tecnológica.	256
10.15.3.1	Conversión de coordenadas geográficas a grados decimales	256
10.15.3.2	Procedimiento almacenado de creación de geometrías espaciales.	257
	CONCLUSIONES	263
	RECOMENDACIONES	266
	BIBLIOGRAFIA	268

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Comparación de los servicios web OGC más populares	75
Tabla 2. Presupuesto y recursos hardware y Software	99
Tabla 3. Participantes del proyecto	99
Tabla 4. Roles y responsabilidades.	105
Tabla 5. Fases del proceso de desarrollo	106
Tabla 6. Identificación de riesgos del proyecto	110
Tabla 7. Planes de contingencia	111
Tabla 8. Comparación de MapServer, GeoServer, y Deegree.	142
Tabla 9. Eventos Interfaz Validar Usuario	148
Tabla 10. Eventos Interfaz Principal	150
Tabla 11. Eventos Interfaz Captura de Datos	151
Tabla 12. Eventos Interfaz Visor de Mapas	152
Tabla 13. Métodos generales a todas las clases.	167
Tabla 14. Contenido del paquete de fuentes AppWeb GIS LBS.	186
Tabla 15. Configuración acceso DB AppWeb GIS LBS	188
Tabla 16. Acceso a la infraestructura de datos espaciales OpenGeo Suite.	209

LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Principales líneas temáticas por evento (1999-2009)	45
Cuadro 2. Principales desarrollos SIG en Colombia	47
Cuadro 3. Fases y componentes del proceso investigativo en el desarrollo SIG.	92
Cuadro 4. Diseño metodológico fase metodológica-técnica	98
Cuadro 5. Entregables del proyecto.	103
Cuadro 6. Lista de objetivos a ser cumplidos en cada iteración.	107
Cuadro 7. Mapas base suministrados por IGAC.	113
Cuadro 8. Mapas base suministrados por otras fuentes.	116
Cuadro 9. Participantes del proyecto	129
Cuadro 10. Actores del Sistema	130
Cuadro 11. Lista de entidades.	175
Cuadro 12. Lista de relaciones.	175
Cuadro 13. Servidor de aplicaciones.	179
Cuadro 14. Componentes del Servidor OpenGeo Suite.	180
Cuadro 15. Librerías Cliente OpenGeo Suite	181
Cuadro 16. Extensiones adicionales de GeoServer.	182
Cuadro 17. Componentes del servidor de aplicaciones.	183
Cuadro 18. Herramientas de desarrollo	183
Cuadro 19. Procedimiento almacenado de integración.	258

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Línea evolutiva de la aplicación histórica de los SIG	40
Figura 2. Servicios y Estándares OGC.	64
Figura 3. Modelos Raster y Vectorial	69
Figura 4. Tecnologías Geoespaciales	74
Figura 5. Arquitectura Cliente/Servidor en tres capas.	87
Figura 6. Fases y componentes del proceso de investigación en ingeniería de software	96
Figura 7. Planificación del proyecto.	100
Figura 8. Mapa base y componente numérico landuse	113
Figura 9. Mapa base y componente numérico roads.shp	114
Figura 10. Mapa base y componente numérico waterways	114
Figura 11. Mapa base y componente numérico buildings	115
Figura 12. Mapa base y componente numérico places - points	115
Figura 13. Mapa base y componente numérico dosq-urbano	117
Figura 14. Mapa base y componente numérico dosq-micros y dosq-riosordenes	117
Figura 15. Base y componente numérico dosq-geo	117
Figura 16. Mapa base y componente numérico dosqlim	118
Figura 17. Fenómenos de remoción en masa comuna 14 de Bucaramanga	119
Figura 18. Ficha de caracterización y/o inventario de fenómenos de remoción en masa	122
Figura 19. Dispositivo móvil GPS Garmin eTrex H	123
Figura 20. Funcionalidad del sistema	127
Figura 21. Listado de requisitos funcionales.	131
Figura 22. Listado de requisitos no funcionales.	132
Figura 23. Especificación de requisitos.	133

Figura 24. Interoperabilidad de estándares en Colombia.	135
Figura 25. Encabezado de descripción de servidores de mapas.	139
Figura 26. Información general sobre servidores geográficos.	140
Figura 27. Implementación estándares OGC	141
Figura 28. Interoperabilidad IDE OpenGeo Suite	145
Figura 29. Modelo arquitectónico y componentes de OpenGeo Suite	145
Figura 30. Interfaz Validar Usuario	148
Figura 31. Interfaz Principal	149
Figura 32. Interfaz captura de datos	151
Figura 33. Interfaz Visor de Mapas	152
Figura 34. Diagrama de secuencia Validar Usuario.	155
Figura 35. Diagrama de secuencia gestionar Perfiles de Usuarios y Permisos	155
Figura 36. Diagrama de secuencia Administrar Caracterización de Fenómenos	156
Figura 37. Diagrama de secuencia Administrar Uso del Suelo.	156
Figura 38. Diagrama de secuencia Administrar Barrios	157
Figura 39. Diagrama de secuencia Administrar humedad.	157
Figura 40. Diagrama de secuencia Administrar Causas Antrópicas	158
Figura 41. Diagrama de secuencia Administrar Causas Naturales	158
Figura 42. Diagrama de secuencia Administrar Color del Suelo.	159
Figura 43. Diagrama de secuencia Administrar Daños	159
Figura 44. Diagrama de secuencia Administrar estados de actividad	160
Figura 45. Diagrama de secuencia Administrar Masa Desplazada.	160
Figura 46. Diagrama de secuencia Administrar Forma de la Pendiente.	161
Figura 47. Diagrama de secuencia Administrar Tipos de Movimiento	161
Figura 48. Diagrama de secuencia Administrar Origen del Suelo.	162
Figura 49. Diagrama de secuencia Administrar Sub movimientos	162
Figura 50. Diagrama de secuencia Administrar Subtipos de Material.	163
Figura 51. Diagrama de secuencia Administrar Textura del Suelo	163
Figura 52. Diagrama de secuencia Administrar Tipos de Material.	164
Figura 53, Diagrama de secuencia Administrar Geología	164

Figura 54. Diagrama de secuencia Administrar implicaciones de Daños	165
Figura 55. Diagrama de secuencia Acceder a Servicios Geográficos Web	166
Figura 56. Diagrama de clases AppWeb GIS	168
Figura 57. Diagrama de clases Geometría.	169
Figura 58. Diagrama de componentes fundamentales	170
Figura 59. Arquitectura Orientada a Servicios	172
Figura 60. Arquitectura Cliente/Servidor OpenGeo Suite	173
Figura 61. Diagrama de despliegue	174
Figura 62. Diagrama Entidad/Relación	177
Figura 63. Ambiente de desarrollo AppWeb GIS.	185
Figura 64. Interfaz Validar Usuario	190
Figura 65. Interfaz Principal	190
Figura 66. Interfaz captura de datos	191
Figura 67. Acciones masivas	192
Figura 68. Panel de Búsquedas	193
Figura 69. Exportar registros	194
Figura 70. Visualización de imágenes y geodatos (A)	195
Figura 71. Visualización de imágenes y geodatos (B)	195
Figura 72. Captura de datos maestro/detalle	196
Figura 73. Menú principal	197
Figura 74. Visualización desde móviles	198
Figura 75. Menú adaptable desde móviles	198
Figura 76. Interfaz App Módulo LBS	199
Figura 77. Instalación de programas de utilidad.	204
Figura 78. OpenGeo Suite Dashboard componentes.	210
Figura 79. Opciones del script geoserver-setup.sh	212
Figura 80. Opciones de Seguridad OpenGeo.	213
Figura 81. Administración de servicio Tamcat de OpenGeo.	214
Figura 82. Bases de datos creadas por OpenGeo Suite.	215
Figura 83. Cliente gráfico para acceder remotamente a PostgreSQL.	219

Figura 84. Interface Gráfica de Quantum GIS.	221
Figura 85. Crear BD Postgres/Postgis.	221
Figura 86. Acceso a la base de datos PostgreSQL	222
Figura 87. Creación de una nueva base de datos PostgreSQL/PostGIS	222
Figura 88. Base de datos PostgreSQL/PostGIS creada.	223
Figura 89. Selección de archivos shp.	224
Figura 90. Visualización de dato shape	225
Figura 91. Creación de conexión a PostGIS.	226
Figura 92. Herramienta de Importación archivos shape a PotGIS.	227
Figura 93. Selección de archivos Shape a importar.	228
Figura 94. Importando archivos shape a PostGIS.	229
Figura 95. Verificación de importación.	230
Figura 96. Resultado de la importación en Postgres/PostGIS	231
Figura 97. Configuración de GeoServer.	232
Figura 98. Interfaz gráfica de configuración de GeoServer.	233
Figura 99. Creación de espacio de trabajo.	234
Figura 100. Configuración del espacio de trabajo.	234
Figura 101. Espacio de trabajo creado.	235
Figura 102. Creación de un almacén de datos vectoriales tipo shape	236
Figura 103. Edición de un origen de datos vectoriales SHP.	236
Figura 104. Publicación de capas.	238
Figura 105. Edición de capas.	239
Figura 106. Sistema de referencia de coordenadas.	240
Figura 107. Renderizado de capa y aspecto visual.	241
Figura 108. Estilo de la capa.	241
Figura 109. Capas publicadas.	242
Figura 110. Creacion de almacèn de datos tipo postGIS.	243
Figura 111. Nuevo origen de Datos vectoriales.	243
Figura 112. Carga de capa en Qgis.	245
Figura 113. Cambio de estilo de la capa.	245

Figura 114. Clasificación de estilos.	246
Figura 115. Obtención de complementos.	247
Figura 116. Instalador de complementos.	247
Figura 117. Instalando complementos Python.	248
Figura 118. Guardar estilo en formato SLD.	249
Figura 119. Transformar estilo en formato SLD mediante complemento.	250
Figura 120. Validar estilo en formato SLD	251
Figura 121. Visualización estilos publicados en formato SLD.	252
Figura 122. Selección de la capa landuse para asociación de estilo.	252
Figura 123. Selección del estilo landuse.	253
Figura 124. Visualización de capas desde el dashboard.	254
Figura 125. Visualización de la capa landuse en en el visor GeoExplorer	254
Figura 126. Visualización capa del mundo.	255
Figura 127. Visualización de la capa en landuse al 100%.	255
Figura 128. Integración AppWeb e IDE	259
Figura 129. Visor gráfico GeoExplorer	260
Figura 130. Publicación de mapas mediante HTML	261
Figura 131. Visor gráfico OpenLayer	262

LISTA DE FORMULAS

	pág.
Fórmula 1. Coordenadas geográficas a decimales	257
Fórmula 2. Coordenadas decimales a geográficas	257

GLOSARIO

ALGORITMOS: es un conjunto prescrito de instrucciones o reglas bien definidas, ordenadas y finitas que permite realizar una actividad mediante pasos sucesivos que no generen dudas a quien lo ejecute.

ANÁLISIS: proceso que mapea la percepción de una realidad hasta su representación formal en modelos siguiendo una metodología concreta.

ATRIBUTO: miembro de datos de una clase. Define una característica para cada objeto de la clase.

CASO DE USO: descripción de un conjunto de secuencias de acciones, incluyendo variantes, que ejecuta un sistema para producir un resultado observable.

CLASE: definición de un tipo de objetos que tienen unas características comunes. Una clase es un patrón para crear nuevos objetos. Una clase contiene tanto atributos como métodos.

CATÁLOGO DE METADATOS ESPACIALES: Es una base de datos de metadatos, accesible, online, que tiene como objetivo, facilitar el acceso a los datos, y a su conocimiento, gracias a las propiedades descritas en los metadatos.

CLIENTE: Componente o aplicación software que accede a un servicio.

DATOS GEOESPACIALES: Cualquier tipo de información sobre objetos que tienen una localización relativa a la superficie de la Tierra.

DEFINICIÓN DE TIPO DE DOCUMENTO (DTD): Conjunto de normas que definen la estructura y los elementos de codificación en un documento XML.

DISEÑO: proceso de convertir los requisitos de un sistema en una manera de resolver el problema con el objetivo de posibilitar una implementación que cumpla el costo, prestaciones y calidad deseados.

ESQUEMA/PERFIL DE METADATOS: Esquema conceptual que describe una estructura de metadatos.

ESQUEMA XML: Lenguaje de marcas utilizado para describir la estructura y las restricciones de los contenidos de los documentos XML de una forma muy precisa. Se consigue así una percepción del tipo de documento con un nivel alto de abstracción. Fue desarrollado por el World Wide Web Consortium (W3C).

EXTENSIBLE MARKUP LANGUAGE (XML): Es un conjunto de reglas que sirven para definir etiquetas semánticas para organizar un documento. Es un metalenguaje que permite diseñar lenguaje específico de etiquetas. A diferencia de un lenguaje de etiquetas normal (HTML), XML permite definir un lenguaje propio.

GEOGRAPHY MARKUP LANGUAGES (GML): Sub lenguaje de XML descrito como un esquema XML para el modelaje, transporte y almacenamiento de la información geográfica.

GEOPORTAL: Sitio web que contiene un visualizador de datos que accede a geoinformación propia del organismo y a geoinformación contenida en WMS de otros proveedores (nodos). Puede disponer de un Catálogo.

INFRAESTRUCTURA DE DATOS ESPACIALES (IDE): Una IDE es el conjunto "tecnologías, políticas, estándares y recursos humanos para adquirir, procesar,

almacenar, distribuir y mejorar la utilización de la información geográfica. Dispone de un Geoportal de entrada que da servicios de Catálogo y de visualización referente a una red de nodos (servidores de mapas) de varios proveedores de datos y servicios.

IMPLANTACIÓN: es el proceso de verificar e instalar un, entrenar a los usuarios, instalar la aplicación y construir todos los archivos de datos necesarios para utilizarlo.

IMPLEMENTACIÓN: en programación, la implementación es la programación de un determinado algoritmo en un lenguaje específico. Por ejemplo, un algoritmo en pseudocódigo se implementa en forma de código de un lenguaje de programación.

INFORMACIÓN: elemento fundamental que manejan los ordenadores en forma de datos binarios. El auge, proliferación y universalización de sistemas de interconexión global como Internet, ha llevado a hablar de la sociedad de la información como el nuevo paradigma del mundo en que vivimos.

INTEROPERABILIDAD: Capacidad para comunicar, ejecutar programas y transferir datos entre diferentes unidades funcionales. El usuario puede tener o no conocimiento sobre estas unidades.

INTERFAZ: programa creado para permitir la comunicación entre dos o más aplicaciones diferentes, o entre el usuario y las aplicaciones.

INVESTIGACION: La investigación científica es la búsqueda intencionada de conocimientos o de soluciones a problemas de carácter científico.

KEYHOLE MARKUP LANGUAGE (KML): Lenguaje de marcas basado en XML para representar datos geográficos en tres dimensiones. Su gramática contiene muchas similitudes con la de GML.

MENSAJE: señal enviada desde un objeto emisor a otro objeto receptor para que éste lleve a cabo uno de sus métodos.

MODELAMIENTO: En ciencias puras y, sobre todo, en ciencias aplicadas, se denomina modelo al resultado del proceso de generar una representación abstracta, conceptual, gráfica o visual (ver, por ejemplo: mapa conceptual), física, matemática, de fenómenos, sistemas o procesos a fin de analizar, describir, explicar, simular esos fenómenos o procesos.

METADATO DE DATO: Datos que nos proporcionan información descriptiva sobre el contexto, características, condición, calidad de un recurso, dato u objeto.

METADATO DE SERVICIO: Datos que nos proporcionan la información sobre servicios de un recurso, dato u objeto. Esta información se puede visualizar de forma gráfica a partir de un servidor de mapas.

NODO: Sitio web, constituido por uno o varios WMS, que contiene geoinformación de un proveedor.

OGC (Open Geospatial Consortium): Consorcio internacional de empresas, instituciones públicas y universidades que trabajan para el desarrollo de especificaciones estándar para el procesamiento de la información geográfica.

PROCESO: Conjunto ordenado de métodos, procedimientos, tareas y actividades, relacionados entre sí y que contribuyen a determinar las diferentes funciones.

PROTOTIPO: Un prototipo puede ser un modelo del ciclo de vida del software, tal como el desarrollo en espiral o el desarrollo en cascada

PROGRAMACIÓN ORIENTADA A OBJETOS: programación basada en objetos y no en acciones, en la que los datos se modelan en clases y antes están los datos que la lógica.

REQUISITO: Características con las que debe cumplir un bien o servicio, implícitas u obligatorias.

SERVICIO DE TRANSFORMACIÓN: Servicio destinado a la conversión de conjuntos de información geográfica.

SERVIDOR DE MAPAS: Servidor que tiene acceso a información espacial, dónde el cliente puede visualizar varia información mediante la activación de las capas disponibles.

SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA: Sistema informático capaz de reunir, almacenar y mostrar la manipulación de la información geográfica georeferenciada.

SIG DE ESCRITORIO: Software que se utilizan para crear, editar, administrar, analizar y visualizar los datos geográficos instalado en estaciones de trabajo (PC).

SISTEMAS DE COORDENADAS GEOGRÁFICAS: En un sistema de coordenadas geográficas (GCS) se utiliza una superficie esférica de tres dimensiones para definir ubicaciones en la Tierra. Con frecuencia, a los GCS, Geographic Coordinate System (sistema de coordenadas geográficas) se los llama incorrectamente datum, pero un datum es solo una parte de un GCS. Un GCS incluye una unidad angular de medida, un meridiano base y un datum (basado en un esferoide).

UML: lenguaje unificado de modelado. Lenguaje gráfico y notacional usado en la especificación, la visualización, la construcción y la documentación de aplicaciones basadas en la orientación a objetos.

VISUALIZADOR: Aplicación que permite mostrar información al usuario a través de imágenes.

WEB COVERAGE SERVICE (WCS): Servicio que da apoyo al intercambio difundido de datos espaciales como coberturas que contienen valores o propiedades de localizaciones geográficas.

WEB FEATURE SERVICE (WFS): Servicio que proporciona la información relativa a la entidad almacenada en una capa vectorial, que reúne las características formuladas en la consulta.

WEB MAP SERVICE (WMS): Servicio que produce mapas en formato imagen para que posteriormente pueda ser visualizado a través de un navegador web o un cliente.

RESUMEN

Los sistemas de información geográfica (SIG) se han convertido en la actualidad en una importante herramienta de análisis e interpretación del componente territorial del espacio geográfico. Esta investigación hace referencia a la incidencia de los SIG en la sociedad y los aportes que potencialmente pueden lograrse en las temáticas sociales y ambientales. En tal sentido, se presenta una descripción de las características principales de estos sistemas y las ventajas que surgen al trabajar con tecnologías OpenSource y se resalta la importancia de implementar infraestructuras tecnológicas GIS, expresada en servicios como patrón de diseño, que soporte la integración con aplicaciones Web GIS utilizando LBS, que facilite y potencie el desarrollo de software para el manejo y control de información espacial relacionada con problemáticas sociales, ambientales, de la gestión del riesgo de desastres y de manera particular en el inventario y caracterización de fenómenos de remoción en masa (FRM). Como resultado del seguimiento de la metodología propuesta, se implementa y propone un *Geographic Information System* (GIS) como infraestructura de datos espaciales (IDEs), expresada en “servicios” como patrón de diseño, estructurado en una plataforma tecnológica OpenSource, arquitectura implementada con bases de datos relacionales con extensión espacial como sistema manejador de base de datos, servidor web Apache/tomcat y servidor de mapas. El primero permite crear mapas a partir de los datos espaciales existentes en formato digital; el segundo la interacción entre la aplicación y un browser y la posterior publicación y consulta de la información georeferenciada en Internet, usando el protocolo HTTPD. El desarrollo investigativo enfatiza acerca de los aplicativos y funcionalidad de los SIG que, sin la dependencia de plataformas tecnológicas de alto costo y con patrones de diseño adecuados, se convierte en una alternativa para entidades públicas y privadas en procura de geoespacializar información temática que redunde en el fortalecimiento de sus procesos diagnósticos y en la toma de decisiones en tiempo real. El desarrollo investigativo

sugiere entonces la implementación de metodologías funcionales y de alto desempeño, en el tema de la gestión del riesgo de desastres y otros de interés, bajo plataformas de código abierto y el uso de SIG, y que permanentemente pueden ser mejoradas y fortalecidas, según la visión y proyecciones de sus usuarios y administradores.

INTRODUCCIÓN

El presente libro, resultado de investigación¹, destaca el papel y plantea cómo los sistemas de información geográfica han influido de manera significativa en la solución de las problemáticas ambientales, a través de la utilización y aplicación de procesos de software en el desarrollo e implementación de sistemas de información geográfica, tecnologías *Open Source*, y el seguimiento de la normalización de información geográfica propuesta por el Comité Técnico de Normalización de Información Geográfica (CTN 028), y la Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales, a partir de la adopción de estándares del Comité Técnico de la ISO para sistemas de información geográfica (ISO/TC 211). Se obtiene como resultado la implementación de una infraestructura tecnológica GIS expresada en servicios como patrón de diseño, que soporta la integración con aplicaciones Web GIS utilizando LBS (*Location Based Services*) para el inventario y caracterización de fenómenos de remoción en masa, de fácil uso e implementación, de bajo costo, que permite utilizar la cartografía almacenada en diferentes formatos y sistemas de almacenamiento y los expone como productos cartográficos en un ambiente web que incrementa las posibilidades de su uso y el intercambio de información geográfica, accesible desde cualquier dispositivo, tanto para la visualización como para la captura de datos a través de los servicios basados en localización (LBS), al contar con una arquitectura ágil para visualizar, mapear, analizar y compartir información geográfica.

¹ Implementación de infraestructuras tecnológicas (GIS) geographic information system, expresada en “servicios” como patrón de diseño, para el inventario y caracterización de fenómenos de remoción en masa y estabilidad de taludes en el Área Metropolitana Centro Occidente de Risaralda, municipios de Pereira y Dosquebradas.

El desarrollo de los capítulos le permite al lector navegar a través del intrincado mundo de los sistemas de información geográfica (GIS) y todas las posibilidades de aplicación que en la actualidad se pueden desarrollar. El capítulo 1 trata sobre la introducción: se contextualiza, motiva y se fijan los objetivos del proyecto a realizar; el capítulo 2, marco referencial: se expone la literatura consultada que fundamenta el desarrollo, se explican los estándares utilizados y estudio de las herramientas GIS disponibles y utilizadas en el proyecto; el capítulo 3, metodología y planificación: explica la metodología, el tipo de investigación, las fases de la investigación y el modelo de gestión empleado para el desarrollo de proyecto; los capítulos 4 y 5, presupuesto, recursos y cronograma; el capítulo 6, plan de desarrollo: se detalla el desarrollo completo del sistema objetivo que da respuesta al problema planteado, de esta forma el cumplimiento de los objetivos de investigación planteados se realiza con el cumplimiento de la metodología propuesta en el diseño metodológico. El tema de mayor significado e importancia se centra en el plan de desarrollo de software y en el capítulo 7, conclusiones y recomendaciones: se comentan las conclusiones generales del proyecto y las posibles líneas de profundización del mismo.

1. ANTECEDENTES

Los municipios de Pereira y Dosquebradas, adscritos al AMCO², históricamente han sido catalogados como de alta susceptibilidad a la ocurrencia de fenómenos de remoción en masa e inestabilidad de taludes, asociadas a las condiciones topográficas, morfométricas, hidrológicas, geológicas y climáticas, uso del suelo y al aumento de la población, y aunque la gestión del conocimiento asociada a la gestión del riesgo generado por fenómenos de remoción en masa es responsabilidad de las autoridades locales, (tal como lo indica el Decreto Ley 919 de 1989³ y La ley 388 de 1997⁴), desarrollando planes para la mitigación del riesgo y atención de desastre, estudios de zonificación y susceptibilidad por fenómenos de remoción en masa. Dichos fenómenos siguen presentándose con consecuencias e impactos cada vez más severos, comprometiendo la seguridad y bienestar de pobladores, bienes e infraestructura municipal de los municipios de Pereira y Dosquebradas.

En virtud de tales consideraciones, este proyecto de investigación surge por iniciativa de los grupos de investigación de los programas de ingeniería civil e ingeniería de sistemas de la Universidad Libre seccional Pereira, los cuales en el marco de la argumentación académica inician investigaciones tendientes al estudio y propuestas de soluciones a las problemáticas sociales generadas por los riesgos ambientales de alto impacto, como los ya expuestos.

² AMCO. ¿Quiénes Somos? Área Metropolitana Centro Occidente Pereira. www.amco.gov.co. (2014)

³ REPUBLICA DE COLOMBIA. DECRETO LEY 919 de 1989. http://www.mintic.gov.co/portal/604/articles-3532_documento.pdf

⁴ REPUBLICA DE COLOMBIA. LEY 388 DE 1997. <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=339>

Para su desarrollo, se hace necesario abordar el estudio del dominio del problema y los antecedentes existentes, incluyendo la información generada por estos, que se convierten en insumo para el cumplimiento del objetivo general de la investigación. De igual forma, es necesario ahondar en cómo los sistemas de información geográfica han influido de manera significativa en la solución de las problemáticas ambientales, a través de la utilización de procesos de software en el desarrollo e implementación de sistemas de información geográfica, en los municipios objeto de estudio, con el propósito de consolidar propuestas que tiendan a dar solución a la problemática de riesgos de los territorios mencionados. Para el caso particular del inventario y caracterización de fenómenos de remoción en masa, se partió del desarrollo y estructuración conceptual de la ingeniería de software, con el seguimiento de la normalización de información geográfica propuesta por el Comité Técnico de Normalización de Información Geográfica (ICONTEC⁵-CTN 028⁶), con secretaría técnica ejercida por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC⁷) y apoyado por la Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales (ICDE⁸), a partir de la adopción de estándares del Comité Técnico de la ISO para sistemas de información geográfica (ISO/TC 211⁹), además de la información de los registros históricos de fenómenos de remoción en masa de los municipios de Pereira y Dosquebradas.

⁵INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS-ICONTEC. www.icontec.org.co

⁶COMITÉ TECNICO DE NORMALIZACION DE INFORMACION GEOGRAFICA - CTN 028. www.icde.org.co/web/ctn028/principal

⁷ INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI-IGAC. www.igac.gov.co

⁸ INFRAESTRUCTURA COLOMBIANA DE DATOS ESPACIALES. www.icde.org.co

⁹INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION.ISO/TC211.Geographic Information/Geomatics. www.isotc211.org

2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

2.1 TÍTULO

Implementación de infraestructuras tecnológicas (GIS) – *Geographic Information System*, expresada en “servicios” como patrón de diseño, para el inventario y caracterización de fenómenos de remoción en masa en el Área Metropolitana Centro Occidente de Risaralda, municipios de Pereira y Dosquebradas.

2.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Durante la última década, los sistemas de información geográfica o GIS, por sus siglas en inglés, han ocupando un lugar importante en la Ingeniería del conocimiento. Muchas soluciones, en distintas áreas, aprovechan las bondades que éstos brindan para organizar el conocimiento en dominios específicos, y luego utilizarlas para ayudar a resolver problemas en dichos dominios.

El proyecto de investigación profundiza en el cómo implementar una infraestructura tecnológica GIS expresada en servicios como patrón de diseño, que soporte la integración con aplicaciones Web GIS utilizando LBS (*Location Based Services*)¹⁰ en el dominio de la gestión del riesgo ambiental. Por lo tanto, el planteamiento del problema y justificación se divide en dos partes: la primera relacionada con el

¹⁰ JOOST KOPPERS. Location Based Services, Een algemeen model voor de keuze tussen locatiebepalingstechnieken. Nijmegen, 2013, p. 20 Tesis (Informatics for Technical Applications). University of Nijmegen.Computing Science Department.

dominio de aplicación y la segunda, desde el punto de vista de la ingeniería del software y cómo aborda ésta la implementación de infraestructuras tecnológicas GIS.

2.2.1 Problemas relacionados con el dominio

Es común en nuestro medio el aumento del número de habitantes soportando crisis sociales generadas por la pérdida de vidas humanas, viviendas y medios de subsistencia, asociadas a la ocurrencia de diferentes fenómenos tales como sismos, inundaciones, erupciones volcánicas, fenómenos de remoción en masa, inestabilidad de taludes, conflictos de uso del suelo y aumento de la población. Estos riesgos y amenazas en el Área Metropolitana Centro Occidente del departamento de Risaralda (AMCO), son considerablemente elevados y varían de acuerdo al tipo y periodicidad de ocurrencia, abarcando desde los que son muy frecuentes hasta los que son de carácter esporádico, con diversos niveles de severidad, tanto por la forma de ocurrencia como por los impactos directos o indirectos que producen sobre los elementos expuestos a nivel físico, social, cultural y ambiental.

Entre los eventos poco frecuentes, pero con un alto potencial de impacto sobre la sociedad, se encuentran los fenómenos volcánicos. A pesar de que sus registros históricos son limitados, su actividad es indudable, destacándose que, en un radio de 50 km con centro en la ciudad de Pereira, capital del departamento de Risaralda, se identifican por lo menos ocho volcanes, cinco de los cuales son considerados activos en diverso grado y con diferentes niveles de explosividad.

Por otro lado

Los sismos con poder destructivo en las poblaciones de Risaralda ocurren al menos entre una y dos veces cada 10 a 20 años. Dónde las principales fuentes sismogénicas son parte del contexto tectónico de la región, destacándose la zona de subducción de la placa Nazca con la placa Suramericana. Aunque estos eventos ocurren a grandes distancias del territorio Risaraldense (mayores de 250 Km.), por su magnitud son sentidos por la comunidad y, eventualmente, pueden ocasionar daños sobre las edificaciones de mayor vulnerabilidad física.¹¹

Según las Naciones Unidas y CEPAL¹² otras fuentes sismogénicas, que representan una alta amenaza para las poblaciones del departamento de Risaralda, son el denominado Plano de Benioff¹³ o Plano de Subducción y las fuentes sismogénicas superficiales en la zona continental, originadas por fallas activas de alto poder destructivo que producen impactos de alta severidad en los territorios más próximos, tal como se evidenció durante el sismo del 25 de enero de 1999, con un fuerte impacto sobre las poblaciones de Pereira, Dosquebradas, Santa Rosa de Cabal y Marsella, en el departamento de Risaralda, además de otros 24 municipios más en departamentos vecinos.

¹¹COMUNIDAD ANDINA. Serie: Experiencias significativas de desarrollo local frente a los riesgos de desastres: El conocimiento como hilo conductor en la gestión ambiental del riesgo en el departamento de Risaralda. (2009). p. 14

¹²NACIONES UNIDAS - CEPAL. El terremoto de enero de 1999 en Colombia: Impacto socioeconómico del desastre en la zona del Eje Cafetero. (1999). p. 39

¹³ INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGIAS EDUCATIVAS Y FORMACION DEL PROFESORADO – INTEF. Proyecto Biosfera. Las placas litosféricas o tectónicas.

Los fenómenos de remoción en masa e inundaciones ocurren frecuentemente, dadas las condiciones geológicas, climatológicas y fisiográficas de gran parte del territorio, que además son intensificados por los cambios en los usos del suelo, diversas intervenciones humanas con actividades productivas, así como los impactos derivados del desarrollo de obras de infraestructura.

MOLINA. G, indica que “a partir de los procesos de inestabilidad de taludes que frecuente y recurrentemente se dan en la ciudad, no obstante haberse adelantado previamente análisis de estabilidad y exploración geotécnica con sus respectivos ensayos de laboratorio que arrojan diseños de perfilado y medidas de estabilización, se siguen presentando en el territorio fenómenos de remoción en masa con múltiples consecuencias e impactos”¹⁴, con el agravante que para muchas de estas obras no se conoce su ubicación, estado actual, sus características de diseño, tipología de intervención, vida útil, funcionalidad y medidas de mitigación.

Según la COMUNIDAD ANDINA¹⁵, el problema se intensifica debido a las debilidades en el control urbano por parte de las administraciones municipales, la inexistencia de información centralizada, baja capacidad de respuesta y la poca continuidad de los funcionarios de los organismos o instancias encargadas de la prevención y atención de desastres, lo cual se ve reflejado incluso a nivel nacional, ya que estas oficinas dependen de otros despachos al interior de las instituciones, para la toma de decisiones y la designación de presupuestos, potenciando así la ocurrencia e impacto de los desastres. No obstante los avances en mitigación, esta dinámica continúa en proceso.

¹⁴ MOLINA, G. Comportamiento del suelo en la zona no saturada y su relación con la estabilidad de taludes. En: Revista Espíritu Ingenieril Universidad Libre Pereira. Vol. 3, No 1 (2010); p. 7.

¹⁵ COMUNIDAD ANDINA, Op. cit., p. 16

2.2.2 Problemas relacionados con los SIG

Actualmente gran parte de la información está disponible a través de internet y las decisiones y acciones dependen de un conocimiento profundo de los hechos y fenómenos geográficos. Este es un tema relevante a la hora de abordar las problemáticas sociales, pues la implementación de una tecnología depende de las necesidades temáticas e informáticas, pero también de las posibilidades económicas. Como respuesta a esto, los SIG han incursionado en internet, a través de herramientas que posibilitan el intercambio remoto de información espacial entre diversos usuarios. La ingeniería de software ha permitido el desarrollo de una amplia gama de soluciones que ofrecen funciones de SIG, dentro de las cuales se encuentran aquellos programas que pueden ser libremente distribuidos y modificados; pero también existen los llamados propietarios, que tienen restringido el acceso al código fuente.

Históricamente, los proyectos que involucran sistemas de información georreferenciada se han desarrollado como proyectos específicos de áreas organizacionales, aislados y desarticulados entre sí, con altos montos de inversión en tecnologías, personal experto, formación de recursos humanos, levantamiento de información y adquisición de datos a terceros. Pese a esta inversión, los resultados obtenidos no son los mejores. Es común encontrar que este tipo de sistemas tienen poca repercusión o desaparecen rápidamente, ya sea por desconocimiento, falta de experiencia, dificultad en el acceso o uso.

2.2.3 El problema de investigación

Desafortunadamente, la aplicación de tecnologías SIG en las temáticas socio-ambientales ha sido reducida, se ha enfocado en áreas catastrales, de transporte, y marketing y no a la consolidación de sistemas que ubiquen espacialmente y caractericen los grupos de población afectados por problemáticas como las abordadas en la presente investigación.

Se reconoce que existen desarrollos importantes de SIG y gran cantidad de información asociada al dominio del problema, pero ella se encuentra dispersa, asociadas al fenómeno ya ocurrido, en algunos casos obsoleta, sin el cumplimiento de las normas y técnicas propuestas por el Comité Técnico de Normalización de Información Geográfica –CTN 028a partir de la adopción de Estándares del Comité Técnico ISO/TC 211.

En las Américas y en las entidades a cargo de la producción de datos espaciales, tanto básicos como temáticos, no existe realmente una tradición de apego a la aplicación de estándares, lo cual explica buena parte de los problemas relacionados con la calidad, el bajo nivel de interoperabilidad y la ausencia de documentación útil, esencial tanto para acceder como para facilitar el desempeño esperado de las bases de datos espaciales fundamentales en la región.¹⁶

¹⁶INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION - IPGH. Guía de normas ISO/TC 211 Geographic information/Geomatics.p. 7.

Según lo anterior resulta de extrema importancia implementar una infraestructura tecnológica GIS expresada en servicios como patrón de diseño, que soporte la integración con aplicaciones Web GIS utilizando LBS (*Location Based Services*) en el dominio de la gestión del riesgo ambiental, de fácil implementación, de bajo costo, que permita tomar la cartográfica almacenada en diferentes formatos y sistemas de almacenamiento y exponer estos productos cartográficos en un ambiente web que incrementen las posibilidades de uso de los mismos, que garantice el intercambio de información geográfica, obteniendo de esta forma una mayor interoperabilidad entre las partes que usan los productos cartográficos, fácil de usar y accesible desde cualquier dispositivo, tanto para la visualización como para la captura de datos a través de los servicios basados en localización (LBS), al contar con una arquitectura ágil para visualizar, mapear, analizar y compartir información.

Es aquí dónde las tecnologías *Open Source* cobran valor, permitiendo el desarrollo de infraestructuras que impliquen la implementación de herramientas especializadas, que si se realizan en software propietario se incurre en altos costos por la adquisición y mantenimiento de las licencias, con lo cual se compromete el sostenimiento y la evolución de estas aplicaciones.

2.3 FORMULACION DEL PROBLEMA

¿Que infraestructura tecnológica GIS basada en software libre se puede implementar, para la ubicación espacial y caracterización de fenómenos de origen natural o socionatural y la población afectada por ellos, cumpliendo las normas y técnicas propuestas por el Comité Técnico de Normalización de Información Geográfica -CTN 028-, de fácil implementación, de bajo costo, integrable y adaptable a desarrollos y formatos existentes, que permita exponer los productos

cartográficos en un ambiente web que garantice el intercambio de información geográfica e interoperabilidad entre las usuarios partes que usan los productos cartográficos?

2.4 HIPOTESIS

Mediante la implementación de una infraestructura tecnológica GIS basada en software libre, que cumpla las normas y técnicas propuestas por el Comité Técnico de Normalización de Información Geográfica -CTN 028-, fácil de usar e implementar, de bajo costo, integrable y adaptable a desarrollos y formatos existentes, accesible desde cualquier dispositivo para la visualización y captura de datos a través de los servicios basados en localización (LBS), al contar con una arquitectura ágil para visualizar, mapear, analizar y compartir información, se puede ubicar espacialmente y caracterizar diversos fenómenos sociambientales y la población afectada por ellos, para la oportuna toma de decisiones.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Implementar una infraestructura tecnológica GIS expresada en servicios como patrón de diseño, que soporte la integración con aplicaciones Web GIS utilizando LBS.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar y seleccionar la infraestructura tecnológica basada en software libre, adecuada para la implementación de *geographic information system* (GIS) expresada en servicios.
- Desarrollar una AppWeb GIS utilizando LBS (*Location Based Services*), para el inventario y caracterización de fenómenos de remoción en masa.
- Implantar y adaptar la infraestructura tecnológica expresada en servicios, como soporte al inventario y caracterización de fenómenos de remoción en masa.
- Integrar el desarrollo AppWeb GIS-LBS, con la infraestructura tecnológica GIS expresada en servicios.

4 RESULTADOS ESPERADOS

1. Proponer soluciones a diferentes problemáticas empresariales y sociales bajo la necesidad de información geográfica ubicua, que busque la eficiencia, la innovación y la escalabilidad de mecanismos que permitan la producción de información geográfica con criterios de calidad, actualizada y oportuna, para la prevención del riesgo y el desarrollo sostenible de la sociedad.
2. Permitir la interdisciplinariedad entre los grupos de investigación de la Universidad Libre seccional Pereira en los procesos de construcción y producción de información geográfica, proporcionando alternativas de implementación tecnológica, mejores prácticas organizacionales con visión estratégica y holística.
3. Guía técnica y metodológica para la implementación y puesta en producción de *Geographic Information System* (GIS) como infraestructura de datos espaciales (IDEs), expresada en “servicios” como patrón de diseño, estructurado en una plataforma tecnológica GNU/GLP, arquitectura implementada con bases de datos relacionales con extensión espacial, como sistema manejador de base de datos, servidor web Apache/tomcat y servidor de mapas. El primero permitirá crear mapas a partir de los datos espaciales existentes en formato digital; el segundo la interacción entre la aplicación y un browser, y posteriormente la publicación y consulta de la información georeferenciada en Internet usando el protocolo HTTPD.
4. Documentación asociada a la implementación de una infraestructura tecnológica GIS, que permita a los usuarios compartir y editar datos geoespaciales. La infraestructura será diseñada para la interoperabilidad con datos de cualquier fuente de datos espaciales usando estándares abiertos como estándar *Open*

Geospatial Consortium Web Feature Service. También implementará las especificaciones de *Web Map Service* y *Web Coverage Service*, permitiendo soporte a diversos formatos de entrada como PostGis, Shapefile, ArcSDE y Oracle. VFP, MySQL, MapInfo y WFS.

5. Desarrollo de un marco de trabajo para la integración de aplicaciones GIS-LBS, con infraestructuras tecnológicas GIS expresada en servicios.

5 ESTADO DEL ARTE

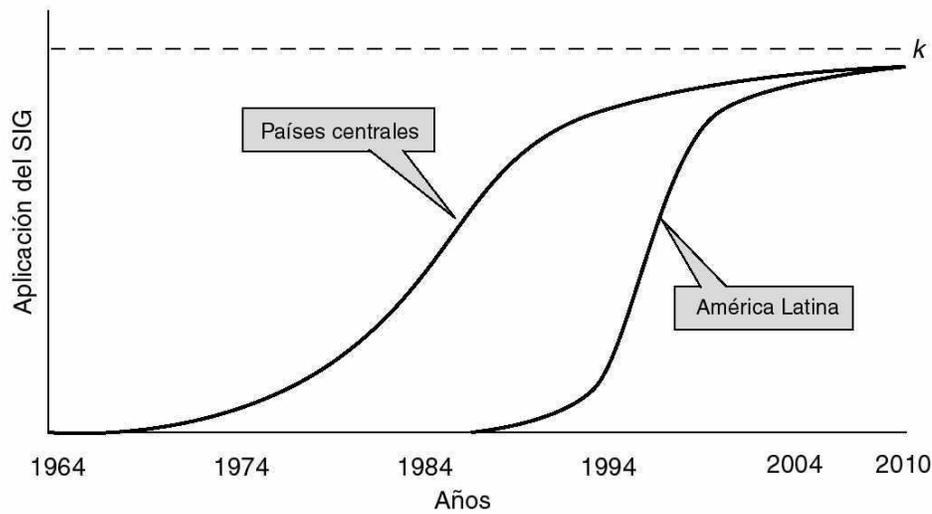
Según el grupo de estudios sobre geografía y análisis espacial con sistemas de información geográfica (GESIC), “se considera que las Tecnologías de la Información Geográfica y particularmente los Sistemas de Información Geográfica(SIG) se convierten en herramientas teórico-metodológicas fundamentales al momento de apoyar decisiones y acciones racionales que intenten encontrar caminos útiles para el desarrollo futuro”¹⁷, siendo de suma importancia que cuenten con normalización geográfica para facilitar el intercambio de productos y servicios mediante la eliminación de las barreras técnicas.

BUZAI¹⁸, plantea una línea evolutiva de la aplicación histórica de los SIG, la cual ha seguido una curva que actualmente se encuentra en el límite k para el año 2010 tanto en los países centrales (América Anglosajona y Europa) como en América Latina (ver Figura 1), lo que indica que se utilizan las mismas tecnologías. La figura 1 también muestra que para llegar al límite k de confluencia, América Latina inició en 1987 (23 años más tarde) e implicó una mayor aceleración en la adopción de estas tecnologías.

¹⁷GESIC.<http://www.gesig-proeg.com.ar/>

¹⁸ BUZAI, G.D.; ROBINSON, D. Geographical Information Systems (GIS) in Latin America, 1987-2010: A Preliminary Overview. En: Journal of Latin American Geography. Vol 9(3): p 7. (2010)

Figura 1. Línea evolutiva de la aplicación histórica de los SIG



Fuente: BUZAI, G.D.; ROBINSON, D. Geographical Information Systems (GIS) in Latin America, 1987-2010: A Preliminary Overview. En: Journal of Latin American Geography. Vol 9(3): p 7. (2010)

Teniendo en cuenta esta tendencia cuando se hace referencia a los Sistemas de Información Geográfica (SIG), de manera inmediata se hace relación al uso de una herramienta informática cuyo objetivo fundamental es hacer eficiente el manejo de información geoespacial, por lo tanto, se analizará una línea evolutiva centrada en el software que ha hecho posible alcanzar ese objetivo.

D. ROBEY¹⁹, indica que los SIG no sólo permiten aplicaciones técnicas, sino que tienen un importante componente teórico-metodológico e interdisciplinar para los estudios del pasado y presente de la humanidad y tienen el valor añadido que relacionan estrechamente un amplio espectro de condicionamientos naturales y múltiples fenómenos geográficos y sociopolíticos; esto ha hecho que en las

¹⁹ D. ROBEY. E-Science in the arts and humanities: International Journal of Humanities and Arts. Computing, Vol. 1, (1, 2007), p. 1-3

décadas 1990-2000, se acepte que tienen un componente técnico conocido como *GISystem* y uno teórico multidisciplinario orientado a la *GIScience*, generando reflexiones en torno de la relación entre Geografía y SIG. En este sentido, toda aplicación SIG se encontrará dentro de una geografía que estudia fenómenos ambientales, sociales o políticos y su diferenciación en el presente y futuro.

Es importante diferenciar un SIG como desarrollo tecnológico de una herramienta de desarrollo de SIG, al respecto NIEVES R. BRISABOA, JOSÉ A. & OTROS.²⁰ Indican: “Una herramienta de desarrollo SIG ofrece las funcionalidades necesarias para el almacenamiento y gestión de la información alfanumérica y geográfica, así como un conjunto de herramientas para la captura de datos y realización de consultas de esos mismos datos. Sin embargo, no ofrecen un entorno de captura y consulta adaptado a la información específica que se pretende almacenar en el SIG”, es decir para crear un SIG, es necesario una herramienta de desarrollo SIG.

En cuanto a la evolución de las herramientas SIG, esta se presenta en tres generaciones:

“Primera generación: La información geográfica (e índices asociados) se almacena en ficheros cuyo formato es particular del SIG, por lo que éste es la única herramienta que puede ser utilizada para interpretar y manipular los datos.

²⁰NIEVES R. BRISABOA, JOSÉ A. & OTROS. Sistemas de Información Geográfica: Revisión de su Estado Actual. En: RITOS2: Ingeniería de Software - Laboratorio de Bases de Datos. Facultad de de Informática. Universidad de La Coruña. (2012). p. 78.

Segunda generación: trata de integrar los datos geográficos con los de una base de datos tradicional.

Tercera generación: consiste en sistemas que utilizan los nuevos SGBD extensibles, los cuales pueden ser extendidos mediante módulos. Estos módulos incorporan nuevos tipos de datos, nuevos operadores y nuevos índices que permiten que el SGBD entienda de forma nativa los datos espaciales y sus operadores, gestionándolos de forma eficiente.”²¹

Centrándose en el SIG como desarrollo tecnológico, se considera al CGIS (Canadá Geographic Information Systems)²² de 1964 como el primer SIG y los principales análisis históricos lo toman como el primer hito al estudiar esta evolución desde el punto de vista de los *GISystem*. Durante los años 70 y gracias a la introducción de las computadoras y el modelado de datos, se presenta aplicación de la tecnología computarizada a la cartografía. Al respecto, el Instituto Panamericano de Geografía e Historia²³, indica que el origen de la cartografía automatizada asistida por computadora, junto con la adaptación de las matemáticas topológicas a la cartografía/geografía asistida por computadora, se da alrededor del año 1975 lo que condujo al surgimiento de los Sistemas de Información Geográfica (SIG).

²¹J. R. DAVIS. IBM's DB2 Spatial Extender: Managing Geo-Spatial Information within the DBMS. Technical Report IBM Corporation. (1998). Citado por: NIEVES R. BRISABOA, JOSÉ A. & OTROS. Sistemas de Información Geográfica: Revisión de su Estado Actual. En: RITOS2: Ingeniería de Software - Laboratorio de Bases de Datos. Facultad de de Informática. Universidad de La Coruña. (2012). p. 82.

²² THE CANADIAN ENCYCLOPEDIA. Geographic Information Systems. <http://www.thecanadianencyclopedia.ca/en/article/geographic-information-systems/>

²³INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION - IPGH.Op. cit.p. 13.

El año 1987 se considera como el comienzo de la temática de los Sistemas de Información Geográfica en América Latina cuando se realiza la I Conferencia Latinoamericana de Informática en Geografía en San José de Costa Rica y se inicia la experimentación e incorporación de estas tecnologías en proyectos de investigación y docencia, quedando aún relegada la actividad pública y privada.

Diferentes universidades de la región reciben gratuitamente herramientas de desarrollo SIG, como el sistema vectorial PC Arc/Info²⁴ (versión 3.2.1) por parte de ESRI y The Ohio State University, a través de Duane Marble, distribuye gratuitamente para la actividad académica el sistema ráster OSU MAP-for-the-PC (versión 2.0). A través de estas herramientas fue posible ver los primeros proyectos de aplicación, gracias a los aportes académicos de Burrough²⁵ se incorporó el sistema ráster que permitió estudios de medio ambiente y cambios de usos del suelo y el uso del sistema vectorial que comenzó a aplicarse en cartografía y bases de datos catastrales.

En 1991 se inicia el desarrollo de aplicaciones de análisis espacial y modelados a través del uso específico o combinado de estructuras (vectoriales-ráster) y al sistema SPANS²⁶ (*Spatial Analysis Systems de Tydac Technologies Inc. Canadá*) promovido por IBM Argentina S.A en las Jornadas Gerenciales de Sistemas de Información Geográfica en Buenos Aires.

²⁴Arc/Info. ESRI. Versión 3.2.1. 1982. <http://en.wikipedia.org/wiki/ArcInfo>

²⁵BURROUGH, P.A. Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment. Clarendon Press. Oxford. (1986).

²⁶SPANS.Tydac Technologies Corp's Spatial Analysis System. Versión 5. <http://geospatial.blogs.com/geospatial/2012/09/in-memory-of-one-of-the-early-innovators-in-geospatial-analytics.html>

A partir de 1995 y hasta el 2001, grupos de investigación y profesionales individuales incursionan en el uso de diferentes sistemas y obtienen soluciones a cuestiones específicas, utilizando nuevas versiones de PC ARC/INFO. Posteriormente aparecen softwares más amigables (ArcView GIS), OSU MAP-for-the-PC, IDRISI, Mapinfo y SPRING, consiguiendo resultados con rapidez y sin demasiados inconvenientes. Esta tendencia estuvo apoyada por los gobiernos locales y nacionales y fomentada por el WB (*World Bank*) y el BID (Banco Interamericano de Desarrollo), a través de sus recomendaciones de modernización tecnológicas y académicas.

Una vez superados diversos aspectos relativos al correcto funcionamiento de las herramientas de desarrollo SIG y el correcto uso de la información, la década del 2000 se ha caracterizado por el uso masivo de la tecnología de los SIG orientados a una gran diversidad de aplicaciones. Esta variedad temática es la que muestra la mayor riqueza conceptual y metodológica en el marco integrador de una Geografía Aplicada basada en el uso de Sistemas de Información Geográfica. BUZAI Y ROBINSON²⁷, presentan un cuadro resumen con las líneas temáticas a lo largo de la década del 2000 abordadas por CONFIBSIG²⁸ (Cuadro 1.)

²⁷BUZAI, G.D.; ROBINSON, D. Geographical Information Systems (GIS) in Latin America, 1987-2010: A Preliminary Overview. En: *Journal of Latin American Geography*. Vol 9(3): p 8. (2010).

²⁸La Conferencia Iberoamericana de Sistemas de Información Geográfica (CONFIBSIG) constituye la reunión científico-tecnológica de mayor alcance de la especialidad en América Latina. En momentos de su realización queda delineado el estado del arte en cuanto a los desarrollos teóricos, metodológicos y de aplicación correspondientes a los avances realizados desde diferentes disciplinas que han encontrado en la Geografía como ciencia y, particularmente, en la geoinformación una dimensión fundamental para sus estudios.

Cuadro 1. Principales líneas temáticas por evento (1999-2009)

VII CONFIBSIG Venezuela, 1999	VIII CONFIBSIG Brasil, 2001	IX CONFIBSIG España, 2003	X CONFIBSIG Puerto Rico, 2005	XI CONFIBSIG Argentina, 2007	XII CONFIBSIG Costa Rica, 2009
Aplicaciones Web	Agrimensura y Geodesia	Actividades agrarias	Arqueología	Ecología	Ambiente
Catastro	Cartografía	Análisis de paisaje	Aplicaciones municipales	Gestión de la información	Educación
Desastres naturales	Catastro	Desarrollo Sostenible	Desarrollo sostenible	Impacto ambiental	Gestión de proyectos
Educación	Enseñanza	Geomorfología e Hidrología	Enseñanza	Población y calidad de vida	Infraestructura de datos
Equipamiento	Fotogrametría	Gestión urbana	Estudios ambientales	Recursos hídricos	Ordenación territorial
Medio Ambiente	Hidrografía	Información geográfica	Estudio de áreas naturales	Recursos naturales	Población y calidad de vida
Metodología	Sensores	Medio	Estudio de	Salud	Riesgos Naturales

Fuente: BUZAI, G.D.; ROBINSON, D. Geographical Information Systems (GIS) in Latin America, 1987-2010: A Preliminary Overview. En: Journal of Latin American Geography. Vol 9(3): p 8. (2010)

Es notorio en este marco que la tendencia actual y los conocimientos obtenidos de investigaciones básicas son claramente aplicados con la finalidad de que los desarrollos teóricos sean de utilidad social en cuanto a la resolución de problemáticas concretas, tal como lo propone la presente investigación: “Implementación de infraestructuras tecnológicas (GIS) *Geographic Information System*, expresada en “servicios” como patrón de diseño, para el inventario y caracterización de fenómenos de remoción en masa en el Área Metropolitana Centro Occidente de Risaralda, municipios de Pereira y Dosquebradas”.

Considerando la realización de software SIG, los principales desarrollos de *software* en América Latina, BUZAI y ROBINSON, resumen.

Podemos mencionar el SAGA (*Sistema de Analise Geo-Ambiental, Universidade Federal de Rio de Janeiro, www.lageop.igeo.ufrj.br*) realizado bajo la dirección de J. Xavier da Silva y SPRING (*Sistema de Processamento de Informacoes Georreferenciadas, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, www.dpi.inpe.br/spring/*) con participación de G. Camara. Fueron desarrollados otros sistemas actualmente no utilizados, como el GEO-INF realizado en la UNESP (*Universidade Estadual Paulista, Campus Rio Claro*) que funcionaba como complemento de OSU-MAP for the PC (Teixeira, A.L.A.; Gray de Cerdán, N.A., 1990) o el Telemap/GIS del Instituto Cubano de Hidrografía, institución actualmente integrante de GEOCUBA.

Actualmente hay una importante comunidad de usuarios de SPRING que tiene su núcleo en Brasil y seguidores en diferentes países. De todas formas, son los SIG desarrollados en USA los que dominan las aplicaciones en la región. En sistemas *raster* IDRISI de Clark University y en sistemas *vectorial* ArcView GIS – ArcGIS de ESRI.²⁹

En Colombia “hacia finales de los ochenta, el Instituto Geográfico Agustín Codazzi –IGAC-, empieza a dar sus primeros pasos tendientes a la modernización de su sistema cartográfico. A inicio de los años noventa, se hace la primera adquisición de software y hardware que permite la tecnificación de la producción cartográfica y el manejo de catastro colombiano”³⁰.

En cuanto a la resolución de problemáticas concretas (cuadro 2), surge el portal geográfico nacional (PGN)³¹ para integrar en un único portal la información geográfica oficial de Colombia, producida por las diferentes entidades del gobierno, articulando sus datos de manera conjunta y coherente para ser ofrecida a la ciudadanía, en una forma organizada, dispuesta en medios de fácil uso y acceso.

²⁹BUZAI. y ROBINSON, Op. Cit., p 6-7.

³⁰ GOMEZ GOMEZ, Jorge. QUIROGA ARCINIEGAS Vanessa. Sistemas de información geográfica. Bucaramanga. Universidad Industrial de Santander. Ediciones UIS. 2005. P. 17.

³¹ PNG. <https://pgn-icde.maps.arcgis.com/home/>

Cuadro 2. Principales desarrollos SIG en Colombia

Instituto Geográfico Agustín Codazzi:				
<p>es un establecimiento público del orden nacional, que tiene como objetivo cumplir el mandato constitucional referente a la elaboración y actualización del mapa oficial de la República de Colombia; desarrollar las políticas y ejecutar los planes del Gobierno Nacional en materia de cartografía, agrología, catastro y geografía, mediante la producción, análisis y divulgación de información catastral y ambiental georreferenciada, con el fin de apoyar los procesos de planificación y ordenamiento territorial, además de formar profesionales en tecnologías de información geográfica y coordinar la Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales (ICDE).</p>				
Servicio Geográfico	Descripción	Arquitectura	URL	Estado
Geografía y Cartografía	Asesorar y proponer políticas, reglamentos, planes, programas, proyectos y procesos para la producción, actualización y mantenimiento de información, productos y servicios geodésicos, fotogramétricos, cartográficos y geográficos del país.	Web Mapping ArcGis Server/Java	http://ssiglwps.igac.gov.co/ssigl2.0/visor/galeria.re?q?mapald=7&title=Mapa%20Base	Activo
Catastro	Desarrolla y administra el Sistema de Información Catastral, con sus atributos físicos, económicos, jurídicos y fiscales, para la producción del desarrollo y el ordenamiento territorial.	Web Mapping ArcGis Server/Java	http://ssiglwps.igac.gov.co/ssigl2.0/visor/galeria.re?q?mapald=23	Activo
Agrícola	Dirigir y realizar la producción, actualización, custodia, preservación y documentación estandarizadas de los programas y proyectos relacionados con el levantamiento de suelos y el inventario de las tierras del país.	Web Mapping ArcGis Server/Java		Inactivo

Cuadro 2 (Continuación)

Servicio Geográfico	Descripción	Arquitectura	URL	Estado
MAGNA	Mapa de Estaciones continuas Red MAGNA-ECO (Descarga RINEX y tiempo de rastreo)	Web Mapping ArcGis Server/Java	http://ssiglwps.igac.gov.co/ssigl2.0/visor/galeria.req?mapald=17	Activo
Servicios web geográficos	lista de los servicios web geográficos WMS (Web Map Service) y WFS (Web Feature Service), que pueden ser consumidos a través de clientes ligeros, o clientes robustos como ArcGIS, gvSig, Quantum GIS entre otros.		http://www.igac.gov.co/wordpress/portal/igac/raiz/iniciohome/MapasdeColombia/Descargas	Activo
SIG-OT	Sistema de Información Geográfica para la planeación y el Ordenamiento Territorial Nacional) es una herramienta cuyo objetivo central es contribuir a una eficiente y oportuna toma de decisiones, apoyando a los actores –autoridades e instancias– en el sistema de planeación a nivel nacional, regional y local, con información político-administrativa, socio-económica y Ambiental georreferenciada que soporte la gestión del desarrollo.	ARCSDE 9.2 (SQLSERVER 2005) ARCGIS SERVER 9.2	http://sigotn.igac.gov.co/sigotn/	Activo

Cuadro 2 (Continuación)

SECTOR AMBIENTAL:				
El Comité Sectorial Ambiental coordinado por Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, trabajará por el manejo eficiente de los recursos tecnológicos, financieros, humanos, legales e institucionales, destinados a la ejecución de los planes, programas y proyectos, que respondan a las estrategias específicas de la Política Nacional de Información Geográfica, a lo dispuesto en los documentos CONPES 3585 y 3762, entre otros, y a los lineamientos que emita la ICDE y a la normatividad nacional existente en temáticas asociadas a información geográfica.				
Servicio Geográfico	Descripción	Arquitectura	URL	Estado
Instituto Alexander von Humboldt	Entidad sin ánimo de lucro, cuya misión es promover, coordinar y realizar investigación que contribuya a la conservación y uso sostenible de la biodiversidad como un factor de desarrollo y bienestar de la población colombiana.	Web Mapping ArcGis Server/Java	http://www.humboldt.org.co/servicios/infraestructura-institucional-de-datos	Inactivo
IDEAM	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Generar conocimiento y garantizar el acceso a la información sobre el estado de los recursos naturales y condiciones hidrometeorológicas de todo el país.	Visor Web Java	http://geoapps.ideam.gov.co:8080/geovisor/index.jsf	Activo
Invemar	El Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras - INVEMAR es una corporación civil, científica y tecnológica, sin ánimo de lucro, que desde hace más de 30 años estudia los recursos naturales renovables, marinos y costeros.	Web Mapping ArcGis Server/Java.	http://siam.invemar.org.co/siam/index.jsp	Activo sin información

Cuadro 2 (Continuación)

SECTOR INFRAESTRUCTURA:				
<p>El Comité Sectorial de Infraestructura coordinado por los Ministerios de Transporte y Minas y Energía, trabajarán en conjunto por el manejo eficiente de los recursos tecnológicos, financieros, humanos, legales e institucionales, destinados a la ejecución de los planes, programas y proyectos, que respondan a las estrategias específicas de la Política Nacional de Información Geográfica, a lo dispuesto en los documentos CONPES 3585 y 3762, entre otros, y a los lineamientos que emita la ICDE y a la normatividad nacional existente en temáticas asociadas a información geográfica.</p>				
Servicio Geográfico	Descripción	Arquitectura	URL	Estado
SIG ARE	Sistema de información geográfica para áreas de reglamentación especial	Web Mapping ArcGis Server/Java	http://190.24.137.93:88/SIGARE/visor/visor.jsp	Activo validado
Instituto Nacional de Vías - INVIAS	Garantizar a la sociedad la construcción, mejoramiento y mantenimiento de las vías no concesionadas a cargo de la entidad, contribuyendo así, al desarrollo sostenible y a la integración del país a través de una red eficiente, cómoda y segura.	Web Mapping Google API	http://viajoroseguro.invias.gov.co:8181/ViajeroSeguro/	Activo
Servicio Geológico Colombiano	Realizar investigación científica básica para generar conocimiento geocientífico integral del territorio nacional.	Web Mapping ArcGis Server/Java	http://www.sgc.gov.co/Geoportals/Visor-de-mapas.aspx	Activo
UPME	La Unidad de Planeación Minero Energética - UPME, es una Unidad Administrativa Especial del orden Nacional, de carácter técnico, adscrita al Ministerio de Minas y Energía	Mapas PDF	http://www.simec.gov.co/simec/Mapas/Energ%C3%A9tica/tabid/70/Default.asp	Activo

Cuadro 2 (Continuación)

SECTOR SOCIECONOMICO:				
<p>El Comité Socioeconómico coordinado por Departamento Administrativo Nacional de Estadística - DANE, trabajará por el manejo eficiente de los recursos tecnológicos, financieros, humanos, legales e institucionales, destinados a la ejecución de los planes, programas y proyectos, que respondan a las estrategias específicas de la Política Nacional de Información Geográfica, a lo dispuesto en los documentos CONPES 3585 y 3762, entre otros, y a los lineamientos que emita la ICDE y a la normatividad nacional existente en temáticas asociadas a información geográfica.</p>				
Servicio Geográfico	Descripción	Arquitectura	URL	Estado
Ministerio de Educación	Lograr una EDUCACIÓN DE CALIDAD, que forme mejores seres humanos, ciudadanos con valores éticos, competentes, respetuosos de lo público, que ejercen los derechos humanos, cumplen con sus deberes y conviven en paz.	Web Mapping ArcGis Server/Java	http://sigeo.mineduccion.gov.co/proyectoSIG_MEN/	Activo
Departamento Administrativo Nacional de Estadística - DANE.	El Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), es la entidad responsable de la planeación, levantamiento, procesamiento, análisis y difusión de las estadísticas oficiales de Colombia	Web Mapping Google Earth	https://www.dane.gov.co/g eoportal/inicio/-/servicio/	Activo

Cuadro 2 (Continuación)

SECTOR TERRITORIAL Y FRONTERAS:				
<p>El Comité Territorial y de Fronteras coordinado por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, IGAC y DNP, trabajarán por el manejo eficiente de los recursos tecnológicos, financieros, humanos, legales e institucionales, destinados a la ejecución de los planes, programas y proyectos, que respondan a las estrategias específicas de la Política Nacional de Información Geográfica, a lo dispuesto en los documentos CONPES 3585 y 3762, entre otros, y a los lineamientos que emita la ICDE y a la normatividad nacional existente en temáticas asociadas a información geográfica</p>				
Servicio Geográfico	Descripción	Arquitectura	URL	Estado
SIR	Conjunto articulado de instituciones públicas, privadas y sociedad civil organizada, orientada al acopio, almacenamiento y distribución de información requerida para el desarrollo sostenible de la Ecorregión Eje Cafetero.	Software libre con licencias de tipo GNU/GPL. LINUX, PostgreSQL Mapserver	http://www.sirideec.org.co/	Inactivo
IDECA	Conjunto de datos, estándares, políticas, tecnologías y acuerdos institucionales, que de forma integrada y sostenida, facilitan la producción, disponibilidad y acceso a la información geográfica del Distrito Capital.	Web Mapping ArcGis Server/Java	http://www.ideca.gov.co/index.php?q=es/content/cat%C3%A1logo-de-datos-geogr%C3%A1ficos	Activo con demora en la carga
Infraestructura de Datos Espaciales de Cali - IDESC	Esfuerzo de la Administración Municipal, que pretende una eficiente gestión de la información geográfica del municipio.	Servicio WMS/WFS	http://www.cali.gov.co/plan-eacion/publicaciones/servicios_wms_pub http://www.cali.gov.co/plan-eacion/publicaciones/servicios_wfs_pub	Activo
SIG Quindío	Sistema de información geográfica del Quindío.	Web Mapping ArcGis Server/Java.	http://200.21.93.53/sigquindioii/	Activo

Cuadro 2 (Continuación)

Servicio Geográfico	Descripción	Arquitectura	URL	Estado
Alcaldía de Medellín	Fomentar en conjunto con la sociedad el desarrollo humano. Garantizar el acceso a oportunidades y el ejercicio de los derechos fundamentales	Web Mapping ArcGis Server/Java	http://www.medellin.gov.co/MapGIS/web/swf/MAPGIS_FLEX.jsp	Activo
SIATA	El Sistema de Alerta Temprana de Medellín y el Valle de Aburrá es el proyecto bandera en gestión del riesgo de la región.	Web Mapping Google API	http://www.siata.gov.co/newpage/index.php	Activo
SECTOR DEFENSA Y MARES				
El Comité Defensa y Mares coordinado por el Ministerio de Defensa Nacional, trabajará por el manejo eficiente de los recursos tecnológicos, financieros, humanos, legales e institucionales, destinados a la ejecución de los planes, programas y proyectos, que respondan a las estrategias específicas de la Política Nacional de Información Geográfica, a lo dispuesto en los documentos CONPES 3585 y 3762.				
Servicio Geográfico	Descripción	Arquitectura	URL	Estado
DIMAR	Autoridad Marítima Nacional que ejecuta la política del gobierno en materia marítima.	No disponible	http://sig.dimar.mil.co/swami/	Activo con contraseña
SIGPONAL	Centros de Información Geográfica Estratégica Policial Seccional CIEPS, los Centros de Investigación Criminológica CICRI, Regionales de Inteligencia, grupos operativos como los GAULA, COR, JUNGLA.	No suministrada	No disponible al público	Activo

Fuente: Autores (información disponible en internet en Portal Geográfico Nacional³²<https://pgn-icde.maps.arcgis.com/home/> y otros.)

Con relación al estado del arte de los sistemas basados en localización (LBS), no son un tema reciente. Desde el año 2000 se han realizado esfuerzos en desarrollar

³²PORTAL GEOGRÁFICO NACIONAL: Integrar en un único portal la información geográfica oficial de Colombia producida por las diferentes entidades del gobierno.

sistemas que ayuden en la localización e información relevante de un lugar deseado, de manera inicial con el impulso y determinación de la FCC -*Federal Communication Commission*- en Estados Unidos para la implementación de E911³³.

Los siguientes son algunas de estas aplicaciones, según su categoría:

- *Location-Based Taxi Service*: intenta asignar taxis a usuarios móviles, localizando y mostrando en un mapa la trayectoria que haría un objeto que busca a otro, en un lugar determinado. Como ejemplo esta HERMES³⁴ y TAPPSI³⁵.
- *Bluetooth Location-Based System*³⁶: usado para mantener ubicados a los usuarios en un área específica, por ejemplo un supermercado o museo, de tal forma que al transitar por un área específica se envía mensajes de interés sobre el área al dispositivo móvil.
- Servicio de orientación, navegación y búsqueda: determina la ubicación de un usuario en un punto A para llevarlo a un punto B de manera óptima, involucrando el sentido de los caminos y menores distancias. Permite saber la localización

³³FEDERAL COMMUNICATIONS COMMISSION. Enhanced 9-1-1 - Wireless Services. (2001).

³⁴ PELEKIS, N., FRENTZOS, E., GIATRAKOS, N., AND THEODORIDIS, Y., "HERMES: Aggregative LBS via a Trajectory DB Engine." En: Proceedings of the 2008 ACM SIGMOD international Conference on Management of Data. (2008).

³⁵TAPPSI. TAPPSI SAS. <https://tappsi.co/>

³⁶RASHID, O., COULTON, P., AND EDWARDS. Providing location based information/advertising for existing mobile phone users. En: Personal Ubiquitous Comput. (2008).

del usuario por medio de GPS, Cell-ID y localización por WiFi, como ejemplo se tiene a Google Map³⁷, Ovi Maps de Nokia³⁸ y Google Latitude³⁹.

Abordando el aspecto de la normalización geográfica, esta da inicio en la década de 80. Los primeros esfuerzos de normalización, dentro de la cartografía y la geografía, fueron complicados debido a que las organizaciones nacionales e internacionales se preocuparon por formular normas para transferir e intercambiar datos geográficos entre sistemas computarizados y no por estandarizar la producción de datos.

Hacia 1995, el ISO/TC 211, formulaba normas internacionales de datos espaciales y el Consorcio de SIG Abiertos (OGC)⁴⁰, realizaba especificaciones sobre interfaces para computadoras, conformando un grupo coordinador conjunto para aprovechar el desarrollo mutuo y minimizar la duplicación técnica⁴¹.

El OGC, en su carácter de consorcio industrial:

- Presenta sus especificaciones a la ISO para su normalización a través del ISO/TC 211.

³⁷ GOOGLE MAPS. Google. <http://maps.google.com>

³⁸ NOKIA CORP. Maps de Ovi. Nokia. <http://maps.ovi.com/>.

³⁹ GOOGLE INC. Google Latitude. http://www.google.com/intl/en_us/latitude/intro.html.

⁴⁰ The Open Geospatial Consortium (OGC). Standarts and Supporting Documents. <http://www.opengeospatial.org/stardards>

⁴¹ INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION - IPGH. Op. cit. p. 14.

- Cuenta con un programa de pruebas de conformidad para las especificaciones por ellos formuladas.
- Desarrolla un programa de interoperabilidad para formular especificaciones mediante un software rápido de pruebas.

En este enfoque práctico la industria y sus proveedores generan especificaciones que son el resultado de escenarios de implementación e interoperabilidad y la ISO/TC 211 proporciona un marco general y exhaustivo para la normalización que la industria puede utilizar para incorporar e integrar las especificaciones del OGC.

“En Colombia la entidad oficial encargada de la estandarización es el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación –ICONTEC-. Esta dirige la normalización de información geográfica a través del Comité Técnico de Normalización de Información Geográfica -CTN 028-, a partir de la adopción de Estándares del Comité Técnico ISO/TC 211”⁴².

Desde el año 2007 el CTN 028 trabaja en la actualización de normas para la estandarización de la Información Geográfica. En el año 2013, se presentaron a proyecto de norma los documentos “Levantamientos Topográficos y Guía de Implementación Interfaz de Servidor Web de Mapas – WMS” y los estándares:

- NTC 4611-Metadatos geográficos segunda actualización
- NTC 5043-Conceptos básicos de calidad
- NTC 5660-Evaluación de calidad, procesos y medidas

⁴² COMITÉ TECNICO DE NORMALIZACION DE INFORMACION GEOGRAFICA - CTN 028. Op cit. www.icde.org.co/web/ctn028

- NTC 5661-Metodología para catalogación de objetos geográficos
- NTC 5662-Especificaciones técnicas de productos geográficos
- NTC 5204-Precisión de redes geodésicas
- NTC 5205-Precisión de datos espaciales

Por último, según BOSQUE SENDRA⁴³ y BUZAI⁴⁴, estamos en el período de la *Geografía Global* y con ello en un momento en el cual desde diferentes sectores se están generando campos de estudios transdisciplinarios, en los cuales el espacio geográfico toma el lugar de dimensión central y de esta manera la aparición de nuevas tecnologías geoespaciales, tipo servidores de mapas como Google Maps⁴⁵, MapServer⁴⁶, GeoServer⁴⁷ y de manera más reciente y gracias al creciente interés por software libre, incursiona OpenGeo Suite⁴⁸, como Infraestructura de datos espaciales (IDEs), expresada en “servicios” como patrón de diseño, y su integración con bases de datos con extensiones geoespaciales como PostGIS⁴⁹ y lenguajes de programación para la web, permitiendo a los SIG tener la utilidad para enseñar y aprender conceptos geográficos, producir conocimientos científicos y resolver problemas espaciales.

⁴³BOSQUE SENDRA, J. Espacio Geográfico y Ciencias Sociales. Investigaciones Regionales. 2004. p. 3.

⁴⁴ BUZAI, Gustavo. Geografía y Sistemas de Información Geográfica. Evolución teórico-metodológica hacia campos emergentes. Revista Geográfica de América Central. Número Especial XIII No 1. 2012. p. 37.

⁴⁵GOOGLE MAP. Google Corporation. <https://www.google.com/maps/about/>

⁴⁶MAPSERVER. Versión 6.4.1. <http://mapserver.org/about.html>

⁴⁷GEOSERVER. Open Source Geospatial Foundation. Versión 2.6.0.<http://geoserver.org/>

⁴⁸OPENGEO SUITE. Boundless. Versión 4.1.1. <http://boundlessgeo.com/solutions/opengeo-suite/>

⁴⁹POSTGIS. OSGEO. Versión. 2.0 <http://postgis.net/>

6. MARCO REFERENCIAL

6.1 MARCO TEORICO

Se presentan a continuación los fundamentos conceptuales, tecnológicos y metodológicos, que guían la presente investigación.

6.1.1 Los SIG en la sociedad y en la solución de problemáticas sociales

En la era actual, las relaciones sociales y los problemas sociales que surgen, se manifiestan a escala global y dependen de grandes flujos de información. Por lo que presentan una alta complejidad, las tecnologías de la comunicación, permiten una interconexión social amplia e inmediata. En este sentido es importante que, a la hora de entender los comportamientos espaciales de los hechos y fenómenos sociales, se asuman estrategias y se empleen herramientas que permitan ese manejo complejo y sistémico de la información referida a estos fenómenos y que sobre todo permitan interrelacionarlos en sus diferencias y cualidades, teniendo en cuenta su comportamiento espacial y temporal.

La incorporación de los SIG en las ciencias sociales planteada por GOODCHILD⁵⁰, se evidencia en los conceptos y métodos espaciales basados en SIG que se proyectan hacia el campo de las ciencias sociales, siendo importante interpretar patrones y comprender los comportamientos espaciales asociados a temas

⁵⁰GOODCHILD M. The use cases of digital earth. International Journal of Digital Earth. Vol.1, No. 1, p. 37.

sociales; [como lo es la toma de decisiones y la formulación de estrategias de solución para problemas asociados al inventario y caracterización de fenómenos de remoción en masa]; y como elemento fundamental la visualización de la información⁵¹.

Los SIG presentan nuevas tendencias y características, una de las cuales es la disposición de datos basada en Internet, (los SIG Web expresados en servicios). Dichas características hacen posible la inclusión de componentes Web en los SIG, dónde la mayoría de operaciones pueden ser realizadas a través de un navegador LIU⁵²; siendo cada vez más accesibles para usuarios no expertos, gracias a la implementación de infraestructuras tecnológicas SIG Web como patrón de diseño.

En resumen, los SIG representan el siguiente eslabón en el estudio y comprensión en el área de las ciencias sociales, ya que, como plantean KNIGGE Y COPE⁵³, estos sistemas pueden ser útiles para la visualización de datos espaciales y de otros tipos, pero lo más importante, permite el análisis interpretativo para comprender y explicar los procesos y generar teoría a partir de datos del inventario y caracterización de fenómenos de remoción en masa en la Área Metropolitana Centro Occidente de Risaralda, municipios de Pereira y Dosquebradas.

⁵¹LOGAN JR; ZHANG W, and XU H. (2010). Applying spatial thinking in social science research. En: GeoJournal Vol. 1, No. 75 (feb., 2010). p. 15-27. Berlín (Germany): Springer.

⁵² LIU CHUANJIN. On building public service-oriented G-WEB GIS, En: 2010 The 2nd International Conference on Environmental Science and Information Application Technology (2010). Vol. 2, p. 719-722.

⁵³KNIGGE, L. and COPE, M. Grounded visualization and scale: a recursive examination of community spaces. En: COPE, M., and ELWOOD, S. (eds) Qualitative GIS: a mixed methods approach. (2009). p. 95-114.

6.1.2 Sistemas de información geográficos (SIG o *GIS*).

Los sistemas de información geográfica han significado una verdadera revolución teórica, conceptual y práctica en el manejo y análisis de la información geográfica. Como teoría son múltiples los autores que los han abordado, pero se ha generalizado que los SIG son, ante todo, herramientas de ayuda en la resolución de problemas.

En el contexto del presente proyecto de investigación, la implementación de una infraestructura tecnológica GIS expresada en servicios como patrón de diseño, se constituye, tal como lo indica el IGAC, en “un conjunto de métodos, herramientas y actividades que actúan coordinada y sistemáticamente para recolectar, almacenar, validar, actualizar, manipular, integrar, analizar, extraer, y desplegar información, tanto gráfica como descriptiva de los elementos considerados, con el fin de satisfacer múltiples propósitos”⁵⁴. Permiten entonces resolver problemas complejos de planificación y gestión, utilizando una gama de métodos de consulta y análisis, así como funciones de visualización de los datos geográficos, por lo que son tecnologías “que proveen funcionalidades de almacenamiento, visualización y consulta de información espacial, orientados principalmente a la gestión”⁵⁵, con capacidades para analizar, predecir, diseñar, monitorear y hacer seguimiento de acciones que involucran la generación de escenarios y la evaluación de alternativas en temas particulares, enmarcadas por el software libre y Open Source.

⁵⁴INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI -IGAC. Conceptos básicos sobre sistemas de información Geográfica y aplicaciones en Latinoamérica (2005).

⁵⁵GOODCHILD, Op. cit., p. 32-36.

6.1.3 Sistemas de información geográficos y el software de código Abierto/Libre

Existe en la actualidad gran cantidad de software que cuenta con funcionalidades SIG, entre los cuales hay tres grandes tendencias, el software libre, el software Open Source⁵⁶ y el software propietario. Según la Free Software Foundation⁵⁷, el software libre se refiere a la libertad de los usuarios para ejecutar, copiar, distribuir, estudiar, cambiar y mejorar el software otorgando cuatro libertades: uso para cualquier propósito, acceso y adaptación del código fuente, distribución de copias y modificación y publicación de mejoras al código fuente.

Esta masiva aparición de software con funcionalidades SIG, se intensifica por la aparición de interfaces de programación de aplicaciones abiertas (OAPI) proporcionadas por Google, Microsoft y Yahoo. El problema del no seguimiento de los estándares internacionales para el desarrollo de software geográfico⁵⁸, estimuló la aparición de la Fundación para el Código Abierto Geoespacial - *Open Source Geospatial Foundation* (OSgeo)⁵⁹, con el objetivo de garantizar la adopción de las especificaciones del OGC⁶⁰ y de las normas ISO/TC 211, para integrar, adelantar y acortar el tiempo necesario para desarrollar software SIG y las infraestructuras de datos espaciales (IDEs).

⁵⁶OPEN SOURCE INITIATIVE – OSI. The open source definicion. <http://www.opensource.org/docs/osd>

⁵⁷FREE SOFTWARE FOUNDATION. Philosophy of the GNU Project. Boston (MA, USA).

⁵⁸INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION - IPGH. Op. cit. p. 17

⁵⁹OPEN SOURCE GEOSPATIAL FOUNDATION - (OSgeo). Fundación para el código abierto geoespacial. <http://www.osgeo.org/>

⁶⁰OPEN GEOSPATIAL CONSORTIUM - (OGC). <http://www.opengeospatial.org/>.

Por lo tanto, la implementación de la infraestructura tecnológica SIG, el desarrollo de una AppWeb GIS y la integración entre ellas, adopta los servicios y estándares definidos por el Comité Técnico de Normalización de Información Geográfica -CTN 028-, a partir de la adopción de estándares del Comité Técnico ISO/TC 211 y en últimas los propuestos por el Open Geospatial Consortium (OGC).

6.1.4 Los servicios web geográficos o Geoservicios

Al respecto la ICDE, expresa “Los servicios Web geográficos (geoservicios) son especialización de servicios Web, como tal, son aquellos protocolos y estándares que definen las reglas de transmisión de información geográfica, de manera que se puedan compartir, difundir y utilizar de manera interoperable en distintas plataformas tecnológicas”⁶¹

Un servidor de web geográfico funciona bajo el protocolo HTTP (Un servidor de mapas es, de hecho, un SIG a través de internet), enviando a petición del cliente, desde su navegador de internet, una serie de páginas HTML, con una cartografía asociada en formato de imagen GIF, TIFF o JPG.

En el contexto de esta investigación, aportan interoperabilidad entre el desarrollo de una AppWeb GIS utilizando LBS, independientemente de sus propiedades y de los sistemas operativos sobre las que se instalen, haciendo más fácil acceder a su

⁶¹ INFRAESTRUCTURA COLOMBIANA DE DATOS ESPACIALES. Wiki: Geoservicios. [http://www.icde.org.co/web/guest/wiki/-/wiki/Wiki de la ICDE/Geoservicios](http://www.icde.org.co/web/guest/wiki/-/wiki/Wiki%20de%20la%20ICDE/Geoservicios)

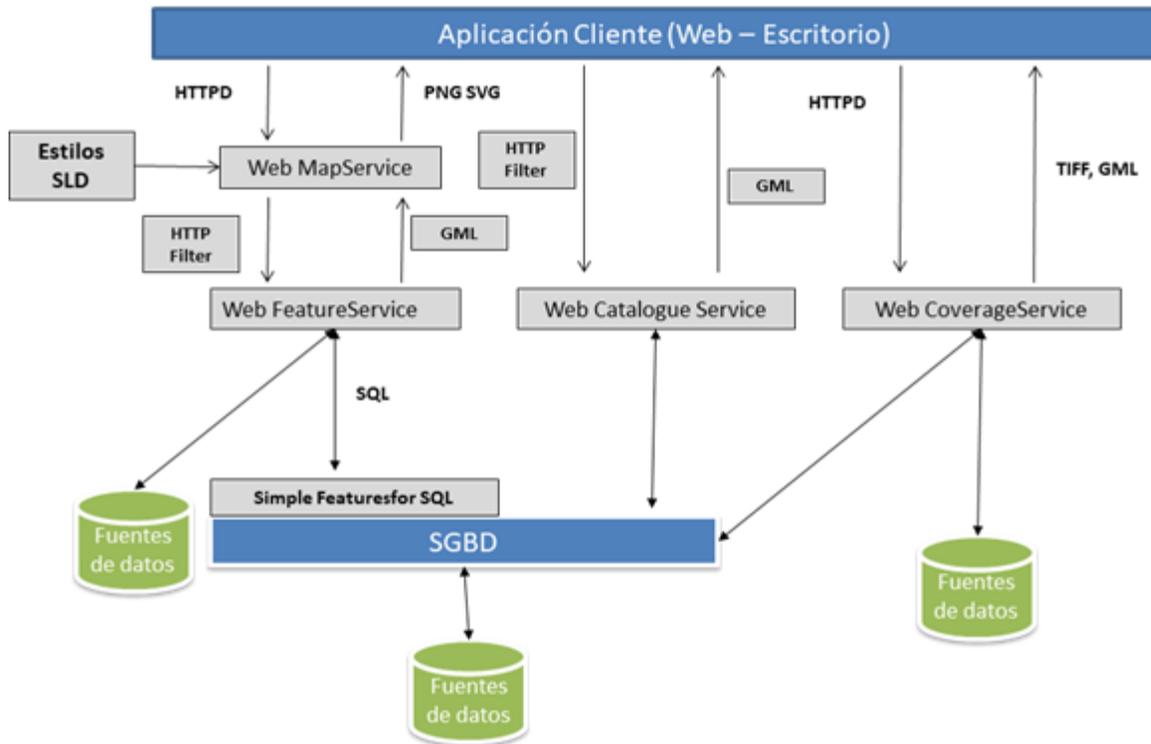
contenido y entender su funcionamiento, además de permitir que, servicios y software de diferentes fuentes, sean combinados para proveer servicios integrados.

6.1.5 Servicios y estándares como patrón de diseño

Como se mencionó en el planteamiento del problema, el uso y aplicación de estándares garantiza y facilita el intercambio de información geográfica en beneficio de los usuarios, por lo tanto la caracterización y selección de la infraestructura tecnológica para la implementación de *geographic information system* (GIS) expresada en servicios como patrón de diseño, las herramientas de desarrollo SIG, el desarrollo de la AppWeb GIS y su componente LBS (*Location Based Services*), adopta los servicios y estándares definidos por el Comité Técnico de Normalización de Información Geográfica -CTN 028- a partir de la adopción de estándares del Comité Técnico ISO/TC 211 y en últimas, los propuestos por el Open Geospatial Consortium (OGC).

Los servicios y estándares empleados en el desarrollo de la investigación se resumen en la figura 2.

Figura 2. Servicios y Estándares OGC.



Fuente: Autores, adaptación del Open Source Geospatial Foundation.

- Geographic Markup Language (GML)⁶² – Lenguaje de etiquetas geográficas.
- Web Feature Service (WFS)⁶³ – Servicio de Características Web.
- Web Map Service (WMS)⁶⁴ – Servicio de Mapas Web.
- Web Map Context (WMC)⁶⁵ – Contexto de Mapas Web.

⁶² OPEN GEOSPATIAL CONSORTIUM. Standards and Supporting Documents: Geographic Markup Language. <http://www.opengeospatial.org/standards/gml>

⁶³ OPEN GEOSPATIAL CONSORTIUM. Standards and Supporting Documents: Web Feature Service. https://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=7174

⁶⁴ OPEN GEOSPATIAL CONSORTIUM. Standards and Supporting Documents: Web Map Service. <http://www.opengeospatial.org/standards/wms>

⁶⁵ OPEN GEOSPATIAL CONSORTIUM. Standards and Supporting Documents: Web Map Context. <http://www.opengeospatial.org/standards/wmc>

- Web Coverage Service (WCS)⁶⁶ – Servicio de Cobertura Web.
- Simple Features for SQL (SFS)⁶⁷
- Styled Layer Descriptor (SLD)⁶⁸
- Filter Encoding⁶⁹

En este proyecto el uso de estos estándares y servicios son fundamentales a la hora de representar, consultar, visualizar información geográfica, además de ofrecer funcionalidades accesibles vía internet con un navegador o browser, sin necesidad de disponer de otro software específico.

6.1.6 Infraestructura de datos espaciales (IDE).

En la práctica, implementar y adaptar una infraestructura tecnológica expresada en servicios, como soporte del inventario y caracterización de fenómenos de remoción en masa, es la implementación de una infraestructura de datos espaciales (IDE). La materialización de esta infraestructura se traduce en ofrecer servicios de:

⁶⁶ OPEN GEOSPATIAL CONSORTIUM. Standards and Supporting Documents: Web Coverage Service. <http://www.opengeospatial.org/standards/wcs>

⁶⁷ OPEN GEOSPATIAL CONSORTIUM. Standards and Supporting Documents: Simple Feature for SQL. https://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=25354

⁶⁸ OPEN GEOSPATIAL CONSORTIUM. Standards and Supporting Documents: Styled Layer Descriptor. https://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=25364

⁶⁹ OPEN GEOSPATIAL CONSORTIUM. Standards and Supporting Documents: Filter Encoding. <http://www.opengeospatial.org/standards/filter>

- Visualización (que permita la visualización de los datos a través de servicios web)
- Consulta (que posibilite la búsqueda y consulta de conjuntos de datos y servicios a través del contenido de sus metadatos)
- Localización (que permita la localización en un mapa a través de un nombre geográfico).
- Integración (que facilite la integración con desarrollos de software previos o futuros)

Atraves de los componentes que conforman una IDE

- Datos
- Metadatos
- Estándares
- Servicios
- Software IDE

6.1.7 Servicios basados en localización -*Location Based Service* (LBS)

Los LBS (*Location Based Services*), son servicios que se adquieren junto a un dispositivo móvil sumado a una aplicación que ofrece información, según la localización actual del dispositivo. Es decir, es la suma de una tecnología de sistemas de información geográfica, una de posicionamiento y una integradora de telecomunicaciones.

La utilización de esta teoría es fundamental en el desarrollo de la AppWeb GIS utilizando LBS (*Location Based Services*), y su integración con la infraestructura tecnológica GIS expresada en servicios, ya que actúa como una arquitectura tipo

middleware, que proporcionará información sobre la localización del fenómeno o evento a georreferenciar, directamente sobre teléfonos celulares gracias a la tecnología GPS, GPRS que estos incorporan o en su defecto mediante tecnología WiFi. Esta localización es almacenada en la base de datos como una coordenada geográfica o decimal en formato (Latitud/Longitud), en un atributo geométrico.

6.1.8 Bases de datos geográficas y el modelo georelacional.

Las bases de datos geográficas o extensiones geográficas de BD, añaden soporte de objetos geográficos a la base de datos, convirtiéndola en una base de datos geográfica o espacial. La combinación entre la BD y la extensión es una solución perfecta para el almacenamiento, gestión y mantenimiento de datos espaciales con posibilidad de utilización en sistema de información geográfica e infraestructuras de datos espaciales.

En el contexto de la investigación permite insertar, actualizar y borrar elementos en un mapa, mediante el servicio WFS-T (WFS-Transaccional), por ejemplo, en la aplicación AppWeb GIS permite editar, crear y eliminar la ubicación geográfica de un fenómeno de remoción en masa, y guardar esta información en la base de datos geográfica.

La capacidad transaccional de la base de datos permite colaboraciones con el servidor de mapas a través de internet. Los usuarios no necesitan permisos para acceder a la misma base de datos espacial. Sólomente necesitan usar el servicio/estándar WFS-T que implementa el servidor de mapas.

Pero la principal funcionalidad del modelo georrelacional de una base de geográfica es la de ejecutar una consulta SQL y como respuesta obtener entidades espaciales. Para ello se enlaza la base de datos espacial (mapa vectorial) con la base de datos temática (tablas), mediante una columna en una de las tablas de la base de datos que contenga los mismos atributos que las entidades en la GeoDataBase.

Como resultado de la consulta, se obtienen objetos espaciales (líneas, polígonos, poli líneas o puntos en el caso de los fenómenos de remoción en masa) en forma de mapas, asignando diferentes colores a los campo, atributo o variables que cumplen una condición

6.1.9 Representación espacial de la información.

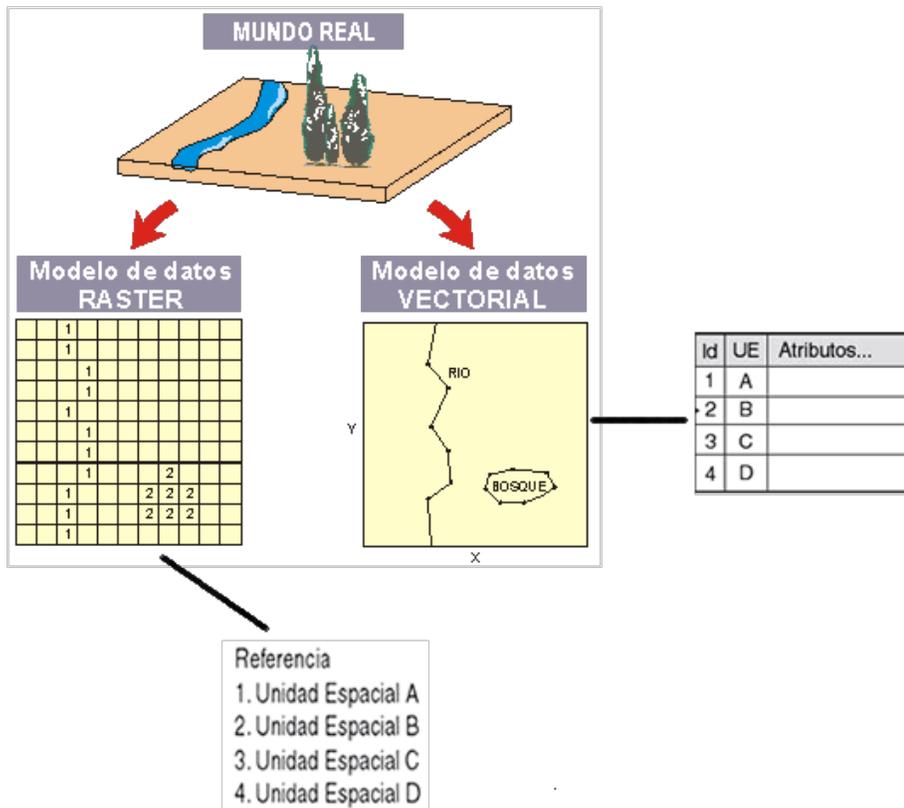
Para representar la información obtenida de datos espaciales, este proyecto de investigación recurre a los dos (2) modelos de datos más utilizados para visualizar unidades espaciales (figura 3), a saber:

El modelo *ráster* que divide el espacio geográfico mediante una matriz cuadrículada, en dónde cada celda contiene información correspondiente a la característica dominante. Cada una de ellas representa un único valor, cada celda es una localización.

El modelo *vectorial* organiza los datos geográficos con base a la perspectiva de bases de datos relacionadas y a partir de esto, permite trabajar

digitalmente utilizando las tres entidades gráficas que se usan para la confección de mapas: puntos, líneas y polígonos⁷⁰.

Figura 3. Modelos Raster y Vectorial



Fuente: Autores

La creación de consultas personalizadas se hará en dos sentidos: desde la base de datos alfanumérica hacia la cartografía o a la inversa, en lo que se denominan consultas espaciales, en ambos casos utilizando el modelo vectorial.

⁷⁰ BUZAI, Gustavo. Op. cit. p. 25 y 26

6.1.10 Patrón de diseño Model-View-Controller (MVC)

Los patrones de diseño se han convertido en la actualidad en la base para la búsqueda de soluciones a problemas comunes en el desarrollo de software y otros ámbitos referentes al diseño de interacción o interfaces, ofreciendo solución al problema de diseño de manera efectiva y con posibilidad de reutilización.

Uno de los patrones de diseño más utilizados es el modelo/vista/controlador (MVC). Este es un patrón de diseño muy útil para el desarrollo de aplicaciones web, que separa la información, la presentación de esa información y el estado de la aplicación, por este motivo, es el patrón de diseño que utilizan los desarrolladores de infraestructuras de datos espaciales y diversas tecnologías SIG; por lo tanto la caracterización e implementación de la infraestructura tecnológica SIG como el desarrollo de la WebApp GIS recurre a este patrón de diseño.

6.1.11 La ingeniería de software en el proceso de desarrollo de un SIG

Muchos autores han teorizado sobre la ingeniería de software. Al respecto, la IEEE⁷¹ ha elaborado una definición más comprensible al establecer la ingeniería de software como “la aplicación de un enfoque sistemático, disciplinado y cuantificable al desarrollo, operación (funcionamiento) y mantenimiento del software; es decir, la aplicación de ingeniería al software”. Está actualmente juega un papel fundamental en la construcción de sistemas de información, incluyendo los SIG, debido a que permite construir aplicaciones más cercanas a los reales requerimientos de los

⁷¹IEEE. Standard Glossary of Software Engineering Terminology 610.12-1990. En: IEEE Standards Software Engineering. <http://standards.ieee.org/findstds/standard/610.12-1990.html> - <http://soft.vub.ac.be/FFSE/SE-contents.html>

usuarios, acelera el desarrollo de proyectos SIG, permite la reutilización de componentes de software y brinda mecanismos de control durante el proceso de desarrollo⁷².

El desarrollo y posterior implementación de un SIG es una tarea progresiva, compleja, laboriosa y continua. Las fases tempranas de la ingeniería de software como planeación y análisis de un SIG son similares a los que se deben realizar para realizar cualquier otro sistema de información; pero en los SIG, además, hay que considerar las especiales características de los datos que utiliza y sus correspondientes procesos de actualización.

En el marco de este proyecto la ingeniería de software es la disciplina o área de la informática o ciencia de la computación, que ofrece conocimientos, técnicas y métodos para llevarlo a cabo a través de las fases típicas de un proyecto de desarrollo e implementación de software (definición, análisis, diseño, codificación, pruebas, mantenimiento, transversalizado por la calidad) y mediante el seguimiento de métodos o procesos de desarrollo, tal como lo sugieren GÓMEZ Y QUIROGA⁷³, son los que más se ajustan al proceso particular de desarrollo de proyectos SIG en virtud a que son: evolutivos tipo espiral o de cuarta generación como Proceso Unificado(UP)⁷⁴.

⁷²GÓMEZ GÓMEZ, Jorge. QUIROGA ARCINIEGAS Vanessa. Sistemas de información geográfica. Bucaramanga. Universidad Industrial de Santander. P. 90

⁷³ Ibid., p.92.

⁷⁴JACOBSON, Ivar; BOOCH, Grady; RUMBAUGH, James. El Proceso Unificado de Desarrollo de Software. Pearson Addison-Wesley. p 4.

En este sentido, el IGAC propone la metodología de desarrollo de software -MDS IGAC⁷⁵-, la cual está enmarcada por el UP. Este a su vez, dirigido por casos de uso centrado en la arquitectura y las llamadas metodologías ágiles, las que a su vez se apoyan en el lenguaje de modelado unificado (UML)⁷⁶ como herramienta de modelado para especificar, construir, visualizar y documentar los artefactos del sistema de información a desarrollar. El UP establece cuatro fases fundamentales: análisis/viabilidad, diseño, desarrollo/construcción e implementación/lanzamiento y soporte, que serán en últimas las fases que se siguen para el desarrollo metodológico de la presente investigación.

6.1.11.1 Desarrollo de Software-Codificación

Fase de la ingeniería de software donde se concreta la fase de diseño, se traduce el diseño a código. Según HUMPHREY⁷⁷ es “la implementación del diseño compilación, corrección de los errores y registro de los errores encontrados”, es la parte más obvia del trabajo de ingeniería de software y la primera en que se obtienen resultados “tangibles”. No necesariamente es la etapa más larga ni la más compleja, aunque una especificación o diseño incompletos/ambiguos pueden exigir que, tareas propias de las etapas anteriores, se tengan que realizarse en esta.

⁷⁵ IGAC. Metodología de desarrollo de Software. <http://geoservice.igac.gov.co/mds/igac/>

⁷⁶ OBJECT MANAGEMENT GROUP (OMG). Introduction to OMG's Unified Modeling Language (UML). Versión 2, Julio de 2005. http://www.omg.org/gettingstarted/what_is_uml.htm

⁷⁷ HUMPHREY, W. PSP: a self-improvement process for software engineers. The SEI series in software engineering. (2005). p. 18.

En la presente investigación se recurre a diversas herramientas y metodologías de desarrollo y programación, tal como el desarrollo orientado a objetos, modelos cliente servidor, arquitecturas de bases de datos, de redes, lenguajes hipertextuales y de dispositivos móviles.

6.2 MARCO CONCEPTUAL

Se presentan a continuación las definiciones y conceptos sobre los temas centrales que estructuran el desarrollo de la investigación.

6.2.1 Sistemas de información geográficos.

Un SIG o software de tratamiento de datos geográficos es una herramienta que obtiene información de diversas fuentes de datos (bases de datos, archivos, ortofotos, etc) y los transforma para poder ser visualizados y analizados gráficamente. Esta transformación puede generar un mapa, una imagen, una tabla con información de un punto, línea, región geográfica, "... de forma general, están compuestos por un conjunto de metodologías, procedimientos y programas informáticos especialmente diseñados para manejar información geográfica y datos temáticos asociados de tal manera que sirva como información base para la toma de decisiones"⁷⁸. ECHEVARRIA E.⁷⁹ en su tesis doctoral, indica "... de hecho, los

⁷⁸IGAC. Los sistemas de información en el IGAC. En: Gestión de la información como aporte al desarrollo de Colombia. Grupo SIG. Oficina CIAF.

⁷⁹ ECHEVARRIA. E. El Campus universitario de Alcalá de Henares: Análisis y Evolución. p 308.

SIG son el paso adelante más importante desde la invención del mapa en cuanto al manejo de datos espaciales”.

Estas herramientas se pueden clasificar según su alcance en diferentes tipos. Una herramienta puede pertenecer a varios de estos tipos. Esta clasificación se puede ver en la figura 4.

Figura 4. Tecnologías Geoespaciales



Fuente: Autores (imágenes tomadas de cada sitio)

6.2.2 La OGC y los estándares abiertos.

La OGC⁸⁰ como consorcio de la industria geoespacial participan en el desarrollo, pruebas y la documentación de estándares de código abierto, protocolos y servicios que apoyan el intercambio interoperable de información geoespacial. Los tres principales estándares OGC, Web Map Service (WMS), Web Feature Service (WFS) y servicio de cobertura Web (WCS) se utilizan para la visualización, el acceso y la edición de contenido geoespacial. Estos tres servicios se utilizan para visualizar la información espacial, pero varían en función de sus entradas, salidas, y la funcionalidad del lado del cliente, tal como se expresa en la Tabla 1.

Tabla 1. Comparación de los servicios web OGC más populares

Servicio/Estándar	Entradas	Salidas	Funcionalidades Cliente
Web Map Service (WMS)	Mapa (creado a partir de vectores y/o bases de datos de mapa de bits)	Imagen: PNG, GIF, JPEG o SVG	Solicitud
Web Feature Service (WFS)	Vector datasets (puntos, líneas, polígonos)	Codificación XML para transporte y manipulación de información geográfica (o GML - Geography Markup Language) incluye datos espaciales y los metadatos de la información	Solicitud, consultar y manipular

⁸⁰OPEN GEOSPATIAL CONSORTIUM - (OGC). <http://www.opengeospatial.org/>.

Tabla 1 (Continuación)

Servicio/Estándar	Entradas	Salidas	Funcionalidades Cliente
Web Coverage Service (WCS)	Mapas Raster y datasets (basada en píxeles o características delimitadas en el espacio)	Imágenes binarias codificadas (GeoTIFF, NetCDF, etc.) y los metadatos	Solicitud y consulta

Fuente: Autores

Se puede resumir que existen tres organizaciones internacionales que confluyen en el término software Libre y código abierto, redefiniéndolo como FOSS (Free and Open Source Software). Las tres organizaciones con los proyectos:

- OGC crea estándares técnicos para la interoperabilidad de software geomático.
- OSGeo crea software libre para la geomática (usando estándares OGC)
- OSM crea mapas (usando software libre de OSGeo)

6.2.3 Los servicios web geográficos o Geoservicios

- Geographic Markup Language (GML)⁸¹.

Lenguaje de marcado geográfico -Geography Markup Language (GML)-, es una codificación XML para el transporte y el almacenamiento de información geográfica, incluyendo las propiedades tanto espaciales como no espaciales de los elementos geográficos. En términos generales, un documento GML es un tipo de documento XML que representa información geográfica.

⁸¹ OPEN GEOSPATIAL CONSORTIUM. Standards and Supporting Documents: Geographic Markup Language. <http://www.opengeospatial.org/standards/gml>

- Web Feature Service (WFS)⁸².
Servicios de características Web -Web Feature Service (WFS)-, permite a un cliente acceder de manera uniforme a los elementos geográficos, codificados en GML, almacenados en un servidor desde diferentes servicios web. Esta especificación define interfaces para operaciones de acceso y manipulación de información de entidades geográficas, a través del protocolo HTTP.
- Web Map Service (WMS)⁸³.
Servicio de Mapas Web - Web Map Service (WMS). Este estándar define un mapa como una representación de la información geográfica en forma de un archivo de imagen digital, conveniente para la visualización en una pantalla. Los mapas producidos por WMS se generan en formato de imagen como PNG, GIF, JPEG o SVG.
- Web Map Context (WMC)⁸⁴
Contexto de Mapas Web -Web Map Context (WMC)-, especifica cómo servidores de mapas individuales describen y proveen el contenido de sus mapas procedentes de uno o más servidores de mapas, en una plataforma portable e independiente del formato para almacenarla en un repositorio o para transmisión entre clientes.

⁸² OPEN GEOSPATIAL CONSORTIUM. Standards and Supporting Documents: Web Feature Service. https://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=7174

⁸³ OPEN GEOSPATIAL CONSORTIUM. Standards and Supporting Documents: Web Map Service. <http://www.opengeospatial.org/standards/wms>

⁸⁴ OPEN GEOSPATIAL CONSORTIUM. Standards and Supporting Documents: Web Map Context. <http://www.opengeospatial.org/standards/wmc>

- Web Coverage Service (WCS)⁸⁵
Servicio de Cobertura Web -Web Coverage Service (WCS)-, especifica cómo servidores de mapas, proporciona una interfaz que permite realizar peticiones de cobertura geográfica a través de la web utilizando llamadas independientes de la plataforma. Las coberturas son objetos (o imágenes) en un área geográfica.
- Simple Features for SQL (SFS)⁸⁶
Características Simples para SQL -Simple Features for SQL(SFS)-, define una extensión de SQL para consultar información geográfica. Define tanto tipos de datos como predicados y operaciones espaciales.
- Styled Layer Descriptor (SLD)⁸⁷
Descriptor de Estilos de Capa -Styled Layer Descriptor (SLD)-. Define un lenguaje XML para representar la definición de estilos de visualización en capas y origen de los datos y apariencia gráfica de los estilos. Se aplica al Web Map Service, mostrando su capacidad para producir mapas mas allá del simple acceso a datos específicos.

⁸⁵ OPEN GEOSPATIAL CONSORTIUM. Standards and Supporting Documents: Web Coverage Service. <http://www.opengeospatial.org/standards/wcs>

⁸⁶ OPEN GEOSPATIAL CONSORTIUM. Standards and Supporting Documents: Simple Feature for SQL. https://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=25354

⁸⁷ OPEN GEOSPATIAL CONSORTIUM. Standards and Supporting Documents: Styled Layer Descriptor. https://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=25364

- Filter Encoding⁸⁸

La especificación Filter Encoding define un lenguaje XML para definir filtros de Consultas (Operaciones del WFS, Peticiones a catálogos.). Este estándar define un conjunto de operadores espaciales y alfanuméricos y un lenguaje XML para representarlo. Los filtros se utilizan en las reglas de los archivos de estilos SLD para obtener un subconjunto de objetos que se visualizarán y discriminar qué estilos se aplicarán a qué objetos.

6.2.4 Infraestructura de datos espaciales (IDE).

La definición oficial de la IDE es:

Una Infraestructura de Datos Espaciales (IDE) es un sistema informático integrado por un conjunto de recursos (catálogos, servidores, programas, aplicaciones, páginas web,...), que permite el acceso y la gestión de conjuntos de datos y servicios geográficos (descritos a través de sus metadatos), disponibles en internet, que cumple una serie normas, estándares y especificaciones que regulan y garantizan la interoperabilidad de la información geográfica.⁸⁹

⁸⁸ OPEN GEOSPATIAL CONSORTIUM. Standards and Supporting Documents: Filter Encoding. <http://www.opengeospatial.org/standards/filter>

⁸⁹ INFRAESTRUCTURA DE DATOS ESPACIALES DE ESPAÑA – IDDE. Consejo superior geográfico: Introducción a las IDE. <http://www.idde.es/web/guest/introduccion-a-las-ide>

La infraestructura de datos de España (IDDE⁹⁰), la define como:

- “... un sistema informático integrado por:
- Un conjunto de recursos (catálogos, servidores, programas, datos, aplicaciones, páginas Web, ...)
 - Dedicados a gestionar Información Geográfica (mapas, ortofotos, imágenes de satélite, topónimos, ...),
 - Esos recursos están disponibles en Internet, y cumplen una serie de condiciones de interoperabilidad (normas, especificaciones, protocolos, interfaces, ...)
 - Los recursos permiten que un usuario, utilizando un simple navegador, pueda utilizarlos y combinarlos según sus necesidades”

Como característica fundamental presenta una arquitectura orientada en servicios o expresada servicios (SOA) tipo cliente/servidor, que presta servicios web geográficos o Geoservicios.

6.2.5 Servicios basados en localización -*Location Based Service* (LBS)-

JOOST KOPPERS, indica “Estos servicios son un conjunto de herramientas que proporcionan servicios personalizados con ayuda de la localización geografía del usuario o algún otro objeto. Los servicios basados en localización proporcionan información precisa sobre la localización, mediante dispositivos móviles como teléfonos celulares, GPS o RFID.

⁹⁰ INFRAESTRUCTURA DE DATOS ESPACIALES DE ESPAÑA – IDDE. Op. Cit.

Actualmente existen una gran variedad de tecnologías al servicio del posicionamiento geoespacial. Muchas de ellas hacen parte de redes celulares y/o satélites y otras se basan en posicionamiento por radio. Las primeras utilizan la red y el dispositivo móvil en sí. Las otras son conocidas como redes inalámbricas como son las tecnologías de *Bluetooth, Wi-Fi, Wi-Max, infrarrojos o banda Ultra-Ancha*⁹¹.

6.2.6 Tecnologías de posicionamiento.

Lo primero que debe hacer un Servicio Basado en Localización es encontrar la posición del usuario o del dispositivo. MARTÍNEZ G & URÍOS DE LAS HERAS, indican

... en respuesta al problema de localización se han desarrollado tecnologías como las que usan los GPS (Global Positioning System), los sistemas basados en RFID (Radio Frequency *Identification*) o técnicas de localización basadas telefonía celular [con información provista por proveedores de servicios, WIFI, y combinación de ellas] y de manera más reciente las tecnologías híbridas.

Un ejemplo es el GPS asistido (A-GPS), se basa en que si el operador emplaza sus estaciones base (siempre en una posición fija) con línea de visión de los satélites GPS y las provee de un receptor GPS, puede ser la propia red la que proporcione al terminal información de efemérides, satélites

⁹¹ JOOST KOPPERS. Op, Cit p. 20.

en vista y estimaciones más precisas de los rangos de fase o doppler, de tal forma que se mejore la realización de la localización.⁹²

En este sentido RASHID, O., COULTON, P., & EDWARDS indican:

Para dispositivos móviles tipo smart phone el uso de GPS no es práctico debido a que los móviles deben estar equipados con sistemas GPS dentro del equipo. Su más grande ventaja es proporcionar la posición con gran precisión y estar disponible en todo el planeta, pero tiene limitaciones en ambientes urbanos debido al fenómeno llamado *urban canyon* que impide a los satélites ubicar al dispositivo GPS⁹³.

Un ejemplo de este fenómeno puede observarse al usar el dispositivo dentro de un edificio de varios pisos.

Las técnicas de localización que pueden usarse para determinar la ubicación de un teléfono celular sin necesidad de un GPS u otro dispositivo extra, haciendo uso de los datos del proveedor de servicios de telefonía son:

“COO (*Cell of Origin*): Encontrar el ID de la celda dónde se encuentra conectado un dispositivo móvil, cuya información puede orientar sobre la

⁹² MARTÍNEZ GENS & URÍOS DE LAS HERAS, M., Tecnologías de Localización y Posicionamiento para Servicios Basados en Localización (LBS). En: Bit. Colegio oficial de Ingenieros de España. Ed. 154. p. 68 (ene-dic 2006). <http://www.coit.es/publicaciones/bit/bit154/68-70.pdf>

⁹³RASHID, O., COULTON, P., & EDWARDS. Providing location based information/advertising for existing mobile phone users. En: Personal Ubiquitous Comput. (2008). <http://dx.doi.org/10.1007/s00779-006-0121-4>.

zona dónde se encuentra el usuario, la cual varía según la zona urbana (entre 2 km y 20 km).

ToA (*Time of Arrival*): Es el tiempo que tarda en llegar la señal de una torre al dispositivo móvil. Para obtener su posición se necesitan al menos 3 torres para hacer una triangulación.

AoA (*Angle of Arrival*): Mide el ángulo de arribo de 2 estaciones para determinar el cruce y así saber la localización del dispositivo móvil.”⁹⁴

Adicionalmente existe la localización por medio de redes inalámbricas (WiFi). Intenta obtener la ubicación del usuario por medio de triangulación o búsqueda en bases de datos de las direcciones IP de la red para intentar una aproximación.

6.2.7 Bases de datos geográficas y el modelo georelacional

EL INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL DE ESPAÑA⁹⁵, establece que una base de datos geográfica, también conocida como base de datos espaciales, son una base de datos con extensiones para el almacenamiento, consulta y manipulación de información geográfica y datos espaciales.

⁹⁴ CASTAÑEDA, H., GÓMEZ, J. & LEA, A., Proveedor de Servicios Basados en Localización para Dispositivos Móviles. Universidad Nacional de Colombia. (junio de 2006). http://pisis.unalmed.edu.co/avances/archivos/ediciones/2006/castaneda_et al06.pdf

⁹⁵ INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL DE ESPAÑA. Cartografía y bases geográficas. <http://www.ign.es/ign/layoutIn/actividadesBDGintro.do>

Las *Geodatabases* relacionan datos en el espacio, incluyendo puntos, líneas y polígonos. A esta base de datos accede un servidor de información geográfica para almacenar, modificar, obtener y ofrecer datos solicitados por las aplicaciones cliente. Ejemplos de bases de datos geográficas son PostgreSQL con la extensión PostGIS, Oracle con la extensión Oracle Spatial e IBM DB2 con la extensión Spatial.

En cuanto a las bases de datos relacionales y el modelo georrelacional, SARRIA. F⁹⁶ expresa que “es habitual utilizar Bases de Datos para almacenar la información temática y los SIG para la información geométrica y topológica. Una de las funcionalidades del modelo georrelacional es el enlace de ambos tipos de información que se almacena de formas completamente diferentes”.

6.2.8 Representación espacial de la información.

La ISO al respecto indica “... de manera histórica, la información geográfica se ha tratado en términos de dos tipos fundamentales llamados él [modelo espacial vectorial y modelo espacial raster]:

- **MODELO ESPACIAL VECTORIAL**

Tratan sobre fenómenos discretos, cada uno de los cuales se concibe como un objeto. Las características espaciales de un fenómeno discreto del mundo real se representan mediante un conjunto de una o más primitivas geométricas (puntos, curvas, superficies o sólidos).

⁹⁶SARRÍA, F. Sistemas de Información geográfica.http://www.um.es/geograf/sigmur/temariohtml/node63_mn.html

Otras características del fenómeno se registran como atributos del objeto. Por lo regular, un objeto individual se relaciona con un solo conjunto de valores del atributo.

- **MODELO ESPACIAL RASTER**

Por otro lado, los “datos ráster” se refieren a fenómenos del mundo real que varían constantemente en el espacio.

Contiene un conjunto de valores, cada uno de ellos asociado con uno de los elementos en una disposición regular de puntos o celdas. Por lo regular se asocia con un método para interpolar valores en posiciones espaciales entre los puntos o dentro de las celdas. En vista de que esta estructura de datos no es la única que puede usarse para representar fenómenos que varían constantemente en el espacio, esta norma internacional usa el término “cobertura”, tomado de la especificación Abstracta del Consorcio de SIG Abiertos (OGC), para hacer referencia a cualquier representación de datos que asigne valores directamente a una posición espacial.”⁹⁷

6.2.9 Arquitectura cliente/servidor.

“Es un sistema informático en el que las tareas se distribuyen entre diferentes aplicaciones. Es decir, en vez de construir una sola aplicación en la que se contemple la realización de todos los trabajos, estos trabajos se realizan por varias aplicaciones que incluso pueden ejecutarse en máquinas diferentes.

⁹⁷INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION - IPGH.Op. cit.p. 42.

Existen dos tipos de aplicaciones:

- La aplicación servidora que suele realizar las tareas de más trabajo y consumo de recursos.
- La aplicación cliente que se encarga fundamentalmente de hacer peticiones de datos a la aplicación servidora

Los sistemas cliente/servidor se suelen ejecutar en máquinas distintas: una máquina en la que se ejecuta la aplicación servidora y otra u otras en la que se ejecuta la aplicación cliente. Por eso, hay que disponer de un PC potente para la aplicación servidora y varios PCs domésticos dónde se ejecute la aplicación cliente”⁹⁸

6.2.10 Modelo Cliente /Servidor de 3 capas.

“Con la arquitectura cliente/servidor en tres capas se añade una nueva capa entre el cliente y el servidor dónde se implementa la lógica de la aplicación. De esta forma el cliente es básicamente una interface, que no tiene por qué cambiar si cambian las especificaciones de la base de datos o de la aplicación. Queda aislado completamente del acceso a los datos.

En este caso se tiene total libertad para escoger dónde se coloca la lógica de la aplicación: en el cliente, en el servidor de base de datos, o en otro(s) servidor(es).

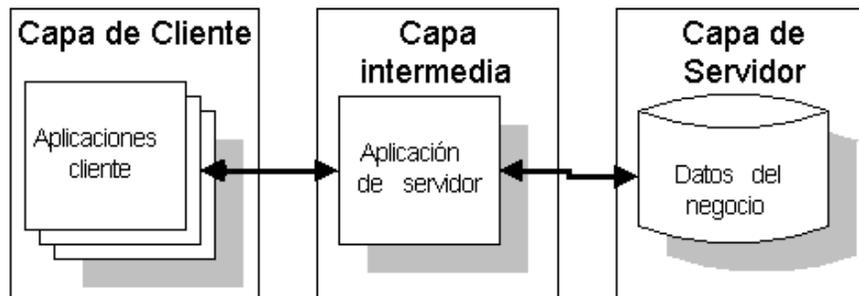
⁹⁸IAN SOMMERVILLE. Ingeniería del Software. Pearson Educación, 2005. Pag. 245.

También se tiene total libertad para la elección del lenguaje a utilizar por lo que no existen restricciones de funcionalidad, no existe compromiso alguno con el uso de lenguajes propietarios, por lo que las aplicaciones serán totalmente portables sin cambio alguno.

Puede determinarse en qué servidor(es) se quiere hacer funcionar estos procedimientos. En aplicaciones críticas se pueden agregar tantos servidores de aplicación como sean necesarios, de forma simple, y sin comprometer en absoluto la integridad de la base de datos, obteniéndose una escalabilidad muy grande sin necesidad de tocar el servidor de dicha base de datos”⁹⁹

La figura 5 muestra gráficamente una arquitectura de 3 capas.

Figura 5. Arquitectura Cliente/Servidor en tres capas.



Fuente: http://docente.uco.mx/sadanary/public_html/bd/cs.htm

⁹⁹Ibid. Pag. 249.

6.2.11 Proceso de software

“Los procesos de software comprenden el conjunto de actividades, tanto técnicas como administrativas, que son necesarias para la fabricación de un sistema de software. Estas actividades van desde el análisis de requisitos hasta la evolución o el mantenimiento del software, pasando por la implantación, la administración de configuraciones, el aseguramiento de la calidad, las pruebas, etc. Tener un proceso adecuado significa, primero, que está definido y segundo, que sirve para lo que se especificó, es decir que se puede verificar que los objetivos para los que fue definido se satisfacen. Definir un proceso de software implica precisar los objetivos, las personas (roles) involucradas, las entradas y salidas del proceso, los criterios de entrada y salida, las actividades, los métodos y las herramientas que se utilizarán y la manera como se medirán elementos dentro del proceso que permitan verificar resultados”¹⁰⁰

¹⁰⁰ACIS. Una visión basada en los permanentes cambios tecnológicos y otros aspectos relacionados. Edición N° 93 Julio - septiembre de 2005. www.acis.org.co/index.php?id=547

7. MARCO METODOLÓGICO

7.1 TIPO DE INVESTIGACION

La presente investigación presenta una postura racionalista (la razón en la adquisición del conocimiento) y cuantitativa, basada en el principio de investigación aplicada (Teórico-práctica) circunscrita al área disciplinar de Informática y geografía temática. Racionalista en cuanto a los métodos de superposición temática de capas, ya que es el primer paso en la difusión de procedimientos de análisis espacial que favorece el desarrollo conceptual de una lógica de pensamiento espacial y cuantitativa en cuanto al tratamiento numérico de las bases de datos, debido a que en el interior de un mapa, las categorías de una variable tienen relación entre ellas simplemente por ser diferentes (nominales), establecen una situación de orden (ordenadas) o establecen una situación de proporcionalidad (cuantitativas).

En cuanto a la función de la investigación se consideran los siguientes niveles relacionados al tipo de conocimientos a obtener:

- Exploratoria: Busca conocimientos generales y estructurales en una primera aproximación que tiende a verificar el comportamiento de variables individuales y de conjunto incorporando la dimensión espacial a través de la interacción entre bases de datos alfanuméricas, gráficas y cartografía digital, mediante técnicas interactivas entre los usuarios y el desarrollo SIG.
- Descriptiva: Representa la superficie terrestre desde un punto de vista geométrico (proyecciones y escalas) y descriptivo (tablas con atributos

vinculadas a los mapas), con la finalidad de ubicar con exactitud las diferentes entidades geográficas fruto del inventario y caracterización de fenómenos de remoción en masa.

- Clasificatoria: Desde un punto de vista racionalista pueden definirse clases (regiones geográficas formales) a partir de la superposición de mapas (capas); desde una perspectiva cuantitativa pueden definirse clases de variables a partir de una matriz de datos tradicional o bases de datos espaciales.

Inicialmente estas relaciones se producen en los datos contenidos en la base de datos y cuando ellos deben ser representados cartográficamente, interviene el componente de cualificación que corresponde a las características con las cuales las entidades gráficas serán incorporadas sobre un mapa base y sus diferencias se expresan a través del uso de variables visuales como:

Las dimensiones del plano (latitud, longitud, altura), tamaño, valor, grano, color, orientación, forma, etc.

Al analizar el modelado de representación de un SIG vectorial los puntos, líneas y áreas se utilizan como entidades gráficas, fundamentales para la realización de un mapa.

- Explicativa: Permite apreciar comportamientos específicos del mundo real, considerando relaciones espaciales de causalidad. Corresponde a la asociación espacial de distribuciones que pueden ser analizadas a través de la superposición de mapas y la aplicación de cálculos lógico-matemáticos, gracias al uso y aplicación del lenguaje de consultas espaciales (SQL).

7.2 FASES DE LA INVESTIGACION

SABINO¹⁰¹, resume “... la investigación científica constituye la actividad que permite generar conocimientos científicos y esta actividad se debe realizar mediante el cumplimiento de ciertos lineamientos generales en una secuencia lógica”.

En este sentido, es fundamental identificar ¿qué elementos intervienen en el sistema a desarrollar?, como su estructura, sus relaciones, su evolución en el tiempo y los detalles de su funcionalidad, los cuales son importantes para determinar el sistema a construir. La presente investigación sigue el método de investigación propuesto por BUZAI Y BAXENDALE¹⁰², quienes proponen abordar la investigación científica para temas relacionados con Geografía Aplicada basada en el uso de Sistemas de Información Geográfica a través de la definición de cinco fases secuenciales con sus correspondientes componentes (ver cuadro 3).

¹⁰¹SABINO, Carlos. El proceso de investigación. Primera edición. Buenos Aires: Lumen/Humanitas, 1996. 31p. <http://es.slideshare.net/male2712/sabino-carlos-el-proceso-de-investigacion>

¹⁰²BUZAI, Gustavo y BAXENDALE, Claudia. Análisis Socioespacial con Sistemas de Información Geográfica. Buenos Aires: Lugar Editorial, 2006.

Cuadro 3. Fases y componentes del proceso investigativo en el desarrollo SIG.

ID	Fase	Componente
1	Conceptual	Marco epistémico Base empírica Zona teórica Prácticas geográficas Definición del objeto modelo conceptual
2	Conceptual-metodológica	Antecedentes teóricos y metodológicos Alcances teóricos y metodológicos de la investigación Título de la investigación Hipótesis Objeto modelo operacional Cronograma de tareas
3	Metodológica-técnica	Definición de tareas y técnicas Recolección y sistematización de datos Procesamiento de los datos Obtención de resultados
4	Validación y elaboración teórica	Análisis e interpretación de los resultados Validación de Hipótesis Modelo Explicativo de la Realidad
5	Transferencia	Transferencia para la investigación y docencia Transferencia para la planificación y gestión

Fuente: Resumen de BUZAI, Gustavo y BAXENDALE, Claudia. Análisis Socio espacial con Sistemas de Información Geográfica. Buenos Aires: Lugar Editorial, 2006.

Las Fases 1 y 2: conceptual y conceptual-metodológica, corresponden a la formulación general del proyecto y el diseño de la investigación.

La Fase 3: metodológica-técnica, contiene los componentes que permiten concretar lo diseñado, a partir de la definición de tareas y técnicas que hacen operativas las metodologías. Para ello se recurre a la ingeniería de software como disciplina de las ciencias de la computación, que ofrece conocimientos, técnicas y métodos, además de permitir la ejecución de tareas de investigación como:

Recolección y sistematización de datos: La tarea de recolección y sistematización de datos, con Sistemas de Información Geográfica (SIG) incluye un componente gráfico (cartografía analógica a ser digitalizada o cartografía digital existente), mapas bases, formatos existentes para el inventario de los fenómenos de remoción en masa en terreno, un

componente numérico (tablas y atributos de las entidades geográficas consideradas) y la caracterización y selección de la infraestructura tecnológica basada en software libre, adecuada para la implementación de geographic information system (GIS) expresada en servicios.

La sistematización u organización de los datos está compuesta de bases de datos con asociaciones de cardinalidad fruto del modelo entidad-relación de la AppWeb GIS utilizando LBS (*Location Based Services*), que permite dar paso a la tarea de procesamiento.

Procesamiento de los datos: Está relacionado con el trabajo concreto que se hará con los datos obtenidos y organizados. Corresponde a la infraestructura tecnológica expresada en servicios y su subsistema de tratamiento de datos y operaciones estandarizadas que permite obtener diferentes resultados. Los datos procesados por la AppWeb GIS utilizando LBS (*Location Based Services*) y las decisiones espaciales que se pueden tomar sobre el inventario de fenómenos de remoción en masa.

Obtención de resultados: A partir del procesamiento de datos se llega a la obtención de resultados en forma numérica, gráfica o cartográfica, siendo esta última el resultado más importante de los Sistemas de Información Geográfica y las infraestructuras de datos espaciales. Son resultados que corresponden básicamente a la distribución espacial de las relaciones y problemáticas analizadas.

La Fase 4: Validación y elaboración teórica, corresponde al **análisis e interpretación de los resultados**. En el caso de la Geografía Aplicada estos

resultados corresponderán a las relaciones espaciales de los factores sociales, es decir la toma de decisiones asociadas al inventario y caracterización de fenómenos de remoción en masa en la Área Metropolitana Centro Occidente de Risaralda, municipios de Pereira y Dosquebradas.

Con la finalización del análisis se procede a la **validación de hipótesis** al confrontar los resultados con la hipótesis formulada y a la generación del **modelo explicativo de la realidad** a través de las conclusiones y recomendaciones de la investigación.

La Fase 5: Transferencia, corresponde a los productos y resultados de la investigación y hacia dónde van dirigidos. Específicamente **transferencia para la investigación y docencia** y **transferencia para la planificación y gestión**, por lo tanto, los resultados de la investigación ayudarán a reforzar la teoría, las prácticas geográficas, sirven de referencia para estudios futuros y aportes en el campo de la didáctica vinculados a la enseñanza.

En cuanto a la transferencia para la planificación y gestión, los resultados serán destinados hacia la planificación y gestión pública, ordenamiento territorial y gestión del riesgo, realizada por entidades gubernamentales y hacia la gestión y planificación privada realizada por empresas comerciales y de servicios.

7.3 DISEÑO METODOLÓGICO

Para la concreción del diseño metodológico en la fase Metodológica-Técnica (figura 6) de la investigación, se recurre a la ingeniería de software como disciplina de las ciencias de la computación, que ofrece conocimientos, técnicas y métodos para llevarlo a cabo mediante el seguimiento de las etapas de un proyecto de desarrollo e implementación de software (análisis, diseño, desarrollo/construcción, pruebas e implementación) y la utilización de un proceso de desarrollo.

En este sentido GÓMEZ Y QUIROGA¹⁰³, indican que el que más se ajusta al proceso particular de desarrollo de proyectos SIG, es el evolutivo, tipo espiral o de cuarta generación como Proceso Unificado(UP)¹⁰⁴. Apoyando esta afirmación el IGAC, propone la metodología de desarrollo de software – MDS IGAC¹⁰⁵, la cual está enmarcada por el UP y este a su vez dirigido por casos de uso, centrado en la arquitectura y las llamadas metodologías ágiles. A su vez, se apoya en el lenguaje de modelado unificado (UML)¹⁰⁶ como herramienta de modelado para especificar, construir, visualizar y documentar los artefactos del sistema de información a desarrollar.

¹⁰³GÓMEZ GÓMEZ, Jorge. QUIROGA ARCINIEGAS Vanessa. Sistemas de información geográfica. Bucaramanga. Universidad Industrial de Santander. p. 92.

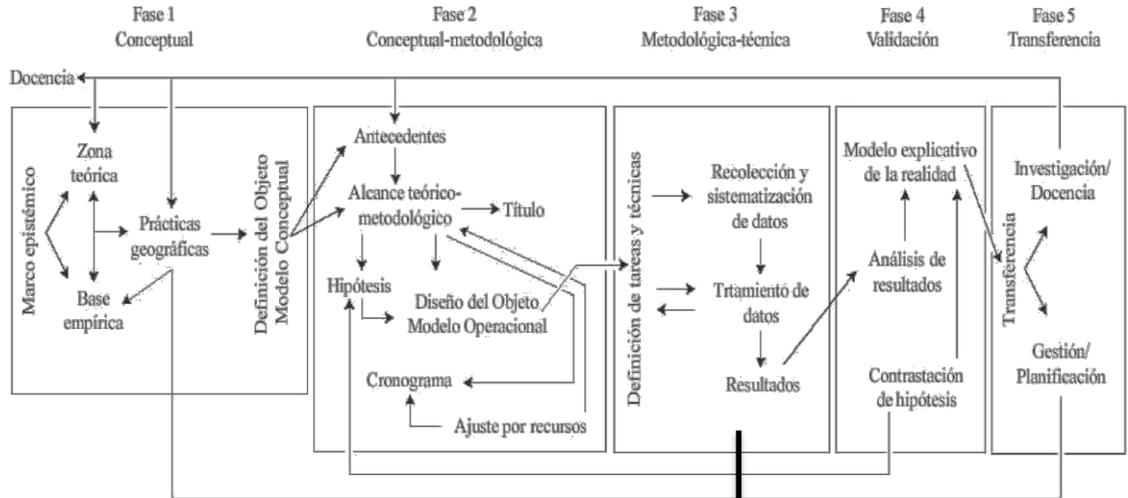
¹⁰⁴JACOBSON, Ivar; BOOCH, Grady; RUMBAUGH, James. El Proceso Unificado de Desarrollo de Software. Pearson Addison-Wesley. p 4.

¹⁰⁵ IGAC. Metodología de desarrollo de Software. <http://geoservice.igac.gov.co/mds/igac/>

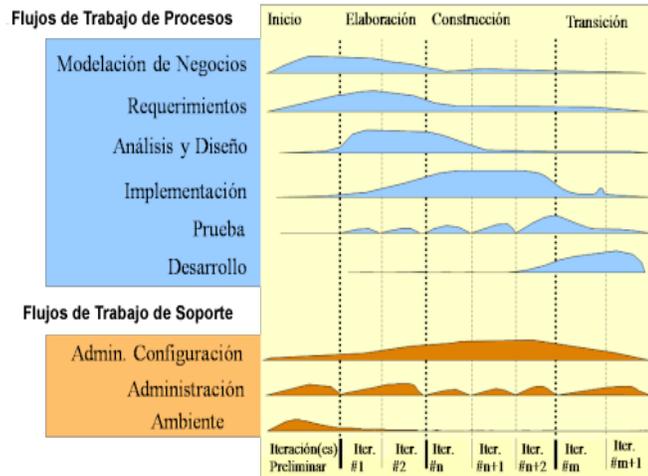
¹⁰⁶ OBJECT MANAGEMENT GROUP (OMG). Introduction to OMG's Unified Modeling Language (UML). Versión 2, Julio de 2005. http://www.omg.org/gettingstarted/what_is_uml.htm

El proceso unificado (UP), redefine el ciclo de desarrollo en cuatro fases fundamentales: fases de inicio, elaboración, construcción y transición; cada una de ellas con actividades, artefactos e hitos, que serán en últimas las fases que se siguen para el desarrollo metodológico de la presente investigación.

Figura 6. Fases y componentes del proceso de investigación en ingeniería de software



PROCESO UNIFICADO DE DESARROLLO



INGENIERIA DE SOFTWARE

Fuente: Autores. Adaptación de BUZAI, Gustavo¹⁰⁷.

¹⁰⁷ BUZAI, Gustavo D. Sistemas de información geográfica SIG: teoría y aplicación. Lujan. 1ra Ed.2013. Universidad Nacional de Luján. p. 67.

De esta forma el cumplimiento de los objetivos planteados se realiza con el seguimiento de la metodología propuesta en el cuadro 4: diseño metodológico.

Cuadro 4. Diseño metodológico fase metodológica-técnica

Fase	Actividades	Artefactos/Salidas	Objetivo Investigación
Fase de inicio	Planeación del trabajo de desarrollo	Plan de desarrollo de Software. Organización del proyecto Glosario.	Objetivos: 1 – 2 - 3 – 4
	Gestión de riesgos	Listado de riesgos	
	Levantamiento de requerimientos	Recolección de datos Modelado de negocio Listado de requerimientos funcionales (RF) Listado de requerimientos no funcionales (RNF)	
Fase de elaboración	Especificación de casos de uso	Especificación de requerimientos	Objetivos: 1 - 2 - 3
	Caracterizar y seleccionar IDE	Caracterización y selección Infraestructura IDE	
	Modelamiento	Prototipos de Interfaces de Usuario	
	Definición de arquitectura	Diagramas de Secuencia y Clases Diagrama de componentes	
	Diseño de base de datos	Modelo de despliegue Documento de diseño de BD	
Fase de construcción	Desarrollo de funcionalidades	Modelo de Implementación Construcción componentes y software Instalación y configuración de infraestructura tecnológica	Objetivos: 2 - 3 – 4
	Lanzamiento Interno	Plan de pruebas de integración del sistema y reporte de pruebas.	
	Desarrollo de material de soporte	Manual de usuario Manual de operación	
Fase de transición o lanzamiento	Lanzamientos externos	Instalación en equipos cliente	Objetivos: 2 - 3 – 4
	Entrega material de soporte	Manual de usuario y operación	

Fuente: Autores/Adaptación metodología RUP

8. PRESUPUESTO Y RECURSOS

La tabla 2 muestra los elementos necesarios tanto de software como de hardware para la ejecución de la investigación y la tabla 3 el personal participante.

Tabla 2. Presupuesto y recursos hardware y Software

Elemento	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
Servidor producción PowerEdge R810	1	\$ 10.000.000	\$ 10.000.000
Equipos de desarrollo	2	\$ 1.500.000	\$ 3.000.000
Equipo de Pruebas y apoyo	1	\$ 1.500.000	\$ 1.500.000
Subtotal HARDWARE			\$ 14.500.000
OpenGeo Suite		\$ 0.0	\$ 0.0
Servidor web Apache		\$ 0.0	\$ 0.0
PostgreSQL		\$ 0.0	\$ 0.0
PostGIS		\$ 0.0	\$ 0.0
GNU PSPP		\$ 0.0	\$ 0.0
Lenguaje de programación PHP		\$ 0.0	\$ 0.0
Plantillas Metronic		\$60.000	\$ 60.000
PHP Maker		\$ 400.000.0	\$ 400.000
Open Office		\$ 0.0	\$ 0.0
Google Docs		\$ 0.0	\$ 0.0
S.O CentOS 5.0/6.4		\$ 0.0	\$ 0.0
Subtotal SOFTWARE			\$460.0000
TOTAL			\$ 14.960.000

Fuente: Autores

Tabla 3. Participantes del proyecto

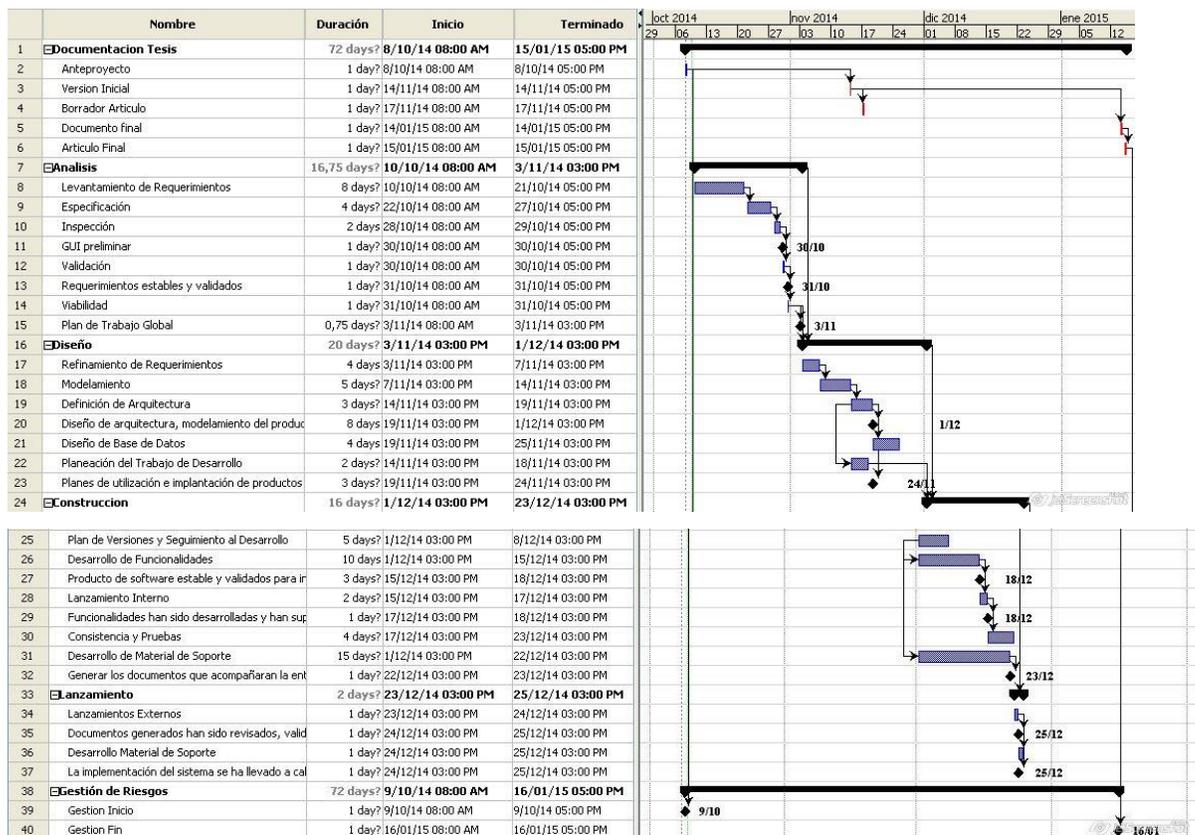
Nombre	Papel	Organización
Ms. Alejandro Álzate Buitrago	Director	Universidad Libre Pereira
Ing. Raúl Alberto Gaviria	Investigador Principal	Universidad Libre Pereira

Fuente: Autores

9. CRONOGRAMA

A continuación, se presenta la planificación del proyecto (figura 7) con las principales tareas. Al ser el proceso unificado, iterativo e incremental (UP) se caracteriza por la realización simultánea de todas las actividades a desarrollar a lo largo del proyecto.

Figura 7. Planificación del proyecto.



Fuente: Autores

10. PLAN DE DESARROLLO

Se presenta a continuación el desarrollo completo del sistema objetivo para obtener un resultado operativo que dé respuesta al problema planteado. De esta forma el cumplimiento de los objetivos de investigación planteados se concreta con el cumplimiento de la metodología propuesta en el diseño metodológico. El documento central es el plan de desarrollo de software.

Se destaca que de acuerdo a la filosofía del proceso unificado (UP) y al proceso iterativo e incremental utilizado, todos los artefactos son objeto de modificaciones a lo largo del proceso de desarrollo, por lo tanto, sólo al término del proceso se tiene una versión definitiva y completa de cada uno de ellos. El resultado de cada iteración y los hitos del proyecto están enfocados a conseguir un cierto grado de completitud y estabilidad de los artefactos.

10.1. INTRODUCCIÓN

Este documento provee una visión global del enfoque de desarrollo propuesto. Se centra principalmente en el desarrollo del software y complementarios, como la caracterización y selección de la infraestructura tecnológica basada en software libre, adecuada para la implementación de *geographic information system* (GIS) expresada en servicios y la integración con el desarrollo AppWeb GIS-LBS, con la infraestructura tecnológica, describe roles, plan de riesgos, entregables por cada fase del desarrollo, tiempos para cada actividad según el cronograma y el producto final que se entrega.

10.1.1 Propósito

El propósito del plan de desarrollo de software es proporcionar la información necesaria para controlar el proyecto, tomando en cuenta todos los aspectos importantes. El jefe del proyecto lo utiliza para realizar seguimiento y control del cronograma y necesidades de recursos y los demás roles, para saber lo que deben hacer, tiempo establecido para hacerlo y ¿qué otras actividades dependen de ellos?

10.1.2 Entregables del proyecto

El cuadro 5, describe cada uno de los artefactos que serán generados y utilizados por el proyecto y que constituyen los entregables, basados en el diseño metodológico propuesto.

Cuadro 5. Entregables del proyecto.

ENTREGABLE	DESCRIPCION
Plan de Desarrollo del Software	Documento central
Organización del proyecto	Describe el personal participante, las fases del proceso de desarrollo, objetivos a ser cumplidos y calendario del proyecto.
Glosario	Define los principales términos usados en el proyecto, proporcionando una terminología consistente que ayuda a evitar los malos entendidos
Listado de riesgos	
Recolección de datos	Se refiere al análisis de formatos existentes para la caracterización e inventario de fenómenos de remoción en masa, mapas base existentes en formatos compatibles o su conversión (tablas y atributos de las entidades geográficas consideradas).
Modelado de Negocio	Modelo de las funciones de negocio, permite situar al sistema en el contexto del proyecto
Visión en términos de: Listado de requerimientos funcionales (RF) Listado de requerimientos no funcionales (RNF)	Define la visión del producto desde la perspectiva del cliente, especificando las necesidades y características del producto. Proporciona una base contractual más detallada en cuanto a los requisitos técnicos del sistema
Especificaciones de Requerimientos	Describe de manera detallada la funcionalidad del sistema representada inicialmente a través del modelo de casos de uso. Cada caso de uso debe ser especificado mediante un documento que incluye flujos de eventos básicos y alternos, pre condiciones, post condiciones, y requisitos especiales (requisitos no-funcionales asociados).
Caracterización y selección Infraestructura SIG	Caracterización y selección de la infraestructura tecnológica basada en software libre, adecuada para la implementación del SIG expresada en servicios
Prototipos de Interfaces de Usuario	Definición de características de la interfaz de usuario que permiten que el software sea fácil de entender, aprender. Incluye la descripción del prototipo de la interfaz. Su propósito es exponer y probar la funcionalidad y la utilidad del sistema antes del comienzo verdadero del diseño y del desarrollo.
Documento de la Arquitectura de Software	Contiene la estructura interna del sistema, es decir la descomposición del sistema en subsistemas, así como la identificación de los componentes que integran los subsistemas y las relaciones de integración entre ellos. Se compone por diagramas de clases, secuencia, interacción, actividades y estado.
Componentes	Conjunto de unidades de código relacionadas

Cuadro 5. (Continuación)

ENTREGABLE	DESCRIPCION
Modelo de Despliegue	Este modelo muestra el despliegue la configuración de tipos de nodos del sistema, en los cuales se hará el despliegue de los componentes
Documento de diseño de BD	Modelo que describe la representación lógica de los datos persistentes, de acuerdo con el enfoque para modelado relacional de datos. Se utiliza un diagrama entidad-relación que represente a las tablas, campos, campos llave y relaciones entre éstas y script DDL
Modelo de Implementación	Este modelo es una colección de componentes y los subsistemas que los contienen. Los componentes incluyen entregables, tales como ejecutables, y los componentes de los cuales se producen los entregables, por ejemplo archivos del código de fuente.
Construcción componentes y software	Contiene el detalle de los componentes que permite de manera evidente la construcción y prueba en el ambiente de programación.
Instalación y configuración de infraestructura tecnológica	Instalación y configuración de infraestructura IDE
Plan de Pruebas de Integración del sistema	Contiene el orden de integración de los componentes o subsistemas, guiado por la parte arquitectónica del <i>Diseño</i> . Pruebas que se aplicarán para verificar la interacción entre los componentes
Reporte de Pruebas	Registro pruebas ejecutadas y su funcionamiento
Manual de Usuario	Documento electrónico o impreso que describe la forma de uso del software con base a la interfaz del usuario.
Manual de Operación	Documento electrónico o impreso que contenga la información indispensable para la instalación y administración del software, así como el ambiente de operación (sistema operativo, base de datos, servidores, etc.).

Fuente: Autores/Adaptación metodología RUP

10.2 ORGANIZACIÓN DEL PROYECTO

El desarrollo metodológico del proyecto requiere de la participación de al menos los siguientes participantes que ejercen diferentes roles y responsabilidades (Tabla 4). En la práctica, para la realización del proyecto se dispone del director y el maestrante.

Tabla 4. Roles y responsabilidades.

Rol	Responsabilidad
Director del proyecto	
Jefe del proyecto	
Analista	Realizar la Ingeniería de requerimientos para dar respuesta al problema planteado a través de una solución SIG.
Diseñador	Transformar los RF y RNF en el diseño de la solución a desarrollar.
Programador	Transformar el diseño en el producto final mediante sentencias de programación
Ingeniero de infraestructura	Instalar, configurar y documentar (S.O, BD, lenguajes de programación, redes, muro de seguridad etc)
Integrador	Realizar y llevar a cabo pruebas de integración y del sistema entre las infraestructura seleccionada y la AppWeb desarrolla
Documentador	Realizar los manuales operativos y de usuario

Fuente: Autores

La tabla 5 muestra la duración en semanas y número de iteraciones de cada fase, durante el desarrollo del proyecto y el cuadro 6 lista los objetivos a ser cumplidos en cada iteración.

Tabla 5. Fases del proceso de desarrollo

Fase	Número Iteraciones	Duración
Fase de Inicio	1	4 semanas
Fase de Elaboración	2	4 semanas
Fase de Construcción	2	6 semanas
Fase de Transición	2	2 semanas

Fuente: Autores

Cuadro 6. Lista de objetivos a ser cumplidos en cada iteración.

Fase UP	Hito	Objetivos de Fase
Fase de Inicio	<p>Esta fase genera la documentación para describir las actividades del análisis, ingeniería de requerimientos y modelo del negocio.</p> <p>Se desarrollan las características del producto, los cuales serán establecidos en el artefacto Visión.</p>	<p>Realizar las actividades de la fase de inicio.</p> <p>Establecer el Plan de Desarrollo de Software para lograr un entendimiento de lo que se va a realizar.</p> <p>Establecer los requerimientos y las bases de la arquitectura que se desarrollará más adelante.</p> <p>Modelar el negocio dónde quedan establecidos los procesos que se desarrollan.</p>
Fase de Elaboración	<p>Esta fase identifica los principales casos de uso, y en base a esto se genera documentos que indiquen la funcionalidad de cada caso de uso.</p> <p>Se analizan los requisitos y se desarrolla un prototipo de arquitectura.</p> <p>Posteriormente se realizan prototipos de interfaz que sean utilizables en la fase de construcción, modelamiento, definición de la arquitectura y diseño de la base de datos.</p> <p>La revisión y aceptación del prototipo de la arquitectura del sistema marca el final de esta fase.</p> <p>Iteración 1: Identificación y especificación de los principales casos de uso, así como su realización preliminar en el Modelo de Análisis/Diseño (Diagrama de Clases).</p>	<p>Realizar las actividades de la fase de Análisis y Diseño.</p> <p>Analizar los requerimientos establecidos en la fase de inicio para producir una descripción de la estructura de los componentes de software, la cual servirá de base para la construcción.</p> <p>Realizar el diseño de la arquitectura y el prototipo de la interfaz.</p> <p>Al final de esta fase, todos los casos de uso correspondientes a requisitos que serán implementados en la primera y segunda iteración de la fase de Construcción deben estar analizados y diseñados (en el Modelo de Análisis/Diseño).</p>

Cuadro 6. (Continuación)

Fase UP	Hito	Objetivos de Fase
	<p>Iteración 2: Tendrá el objetivo de validar los casos de uso que fueron especificados, así como el modelamiento y diseño de la arquitectura. De igual forma permitirá hacer una revisión general del estado de los artefactos hasta este punto y actualizar, si es necesario, los artefactos con el fin del cumplimiento de los objetivos planteados.</p>	
<p>Fase de Construcción</p>	<p>Esta fase tiene como énfasis el desarrollo propiamente de los componentes del sistema.</p> <p>Posteriormente se aplicarán pruebas al sistema, de tal manera que sea evaluado para tomar como salida la primera versión.</p> <p>Iteración 1: Tiene como objetivo la refinación de las clases que afectarán al sistema, el modelo entidad-relación y las interfaces de usuario ya elaboradas.</p> <p>Se inicia con la construcción de los componentes de los casos de uso principales, los cuales se manejan en la versión 1.</p> <p>Iteración 2: Tiene como objetivo la construcción de los componentes de la versión 2, así como de la elaboración de los manuales de usuario y operación (guías de instalación y configuración).</p>	<p>Realizar las actividades de la Fase de Construcción, Fase de Integración y Pruebas.</p> <p>Construir e integrar los componentes de software resultantes del análisis y diseño y se realizan las pruebas unitarias.</p> <p>Su resultado son los componentes de software probados.</p>

Cuadro 6. (Continuación)

Fase UP	Hito	Objetivos de Fase
Fase de Transición	<p>Esta fase tiene como finalidad colocar el producto final en producción</p> <p>Iteración 1: Se empaqueta e instala la versión 1.0 del sistema.</p> <p>Se capacita a los potenciales usuarios habiendo elaborado un manual y plan de capacitación.</p> <p>Iteración 2: Se espera un tiempo de prueba de 2 semanas y una vez aceptado se empaqueta e instala la versión 2.0 llevándose a cabo también su respectiva capacitación y aceptación.</p>	<p>Realizar las actividades de la fase de transición.</p> <p>Instalar el software en los clientes, y ejecutar el plan de capacitación, haciendo entrega de los manuales operativos y de usuarios.</p>

Fuente: Autores/Adaptación metodología RUP

10.3 GLOSARIO.

Esta sección provee las definiciones de términos, acrónimos y abreviaturas requeridas para interpretar adecuadamente el Plan de desarrollo de software. Esta información se suministra al inicio de este documento en el apartado Glosario.

10.4 GESTIÓN DEL RIESGO.

La tabla 6 proporciona identificación y clasificación de los riesgos que pueden aparecer en el proyecto:

Tabla 6. Identificación de riesgos del proyecto

Cod	Descripción	Probabil.	Impacto	Exposición
R1	Especificación de requerimientos imprecisa	ALTA	MEDIO	ALTA
R2	Funcionalidad compleja de implementar	MEDIA	ALTO	ALTA
R3	Incorrecta selección infraestructura tecnológica	MEDIA	ALTO	ALTA
R4	Diseño arquitectónico incorrecto o impreciso	MEDIA	ALTO	ALTA
R5	Incumplimiento de estándares OGC Integración AppWeb GIS a IDE seleccionada	ALTA	MEDIO	MEDIA
R6	Planificación imprecisa (optimista o pesimista)	MEDIA	MEDIO	MEDIA
R7	Curva de aprendizaje lenta en herramientas RAD	MEDIA	MEDIO	MEDIA
R8	Recursos tecnológicos no disponibles	BAJA	ALTO	MEDIA
R9	Producto muy grande	BAJA	MEDIO	BAJA

Fuente: Autores

Los riesgos con exposición alta pueden llevar el proyecto al fracaso y deben ser contemplados en las fases tempranas antes de iniciar el diseño y la codificación. La tabla 7 muestra los planes de contingencia planeados para estos riesgos.

Tabla 7. Planes de contingencia

Riesgo	Descripción Riesgo	Contingencia
R1	Si la especificación de requisitos no es clara y no se conocen las funcionalidades que deberá soportar la AppWeb GIS - LBS, entonces, la elección de la arquitectura y estructuras fundamentales podrán ser erróneas	Realizar revisión de la especificación de requisitos funcionales y no funcionales, lo que permite comprobar y establecer el cumplimiento de los requisitos
R2	Si se encuentra una funcionalidad muy compleja o difícil de implementar, el producto final no cumpliría con las funcionalidades requeridas.	<ul style="list-style-type: none"> • Conocer las librerías, bibliotecas de componentes y herramientas de desarrollo, sus funcionalidades y posibilidades. • Realizar una implementación aproximada de la especificación original. • Posponer la implementación a una versión posterior del producto.
R3	Incorrecta selección infraestructura tecnológica SIG, impediría la integración con los desarrollo presentes y futuros	Hacer correcta selección y caracterización de la infraestructura SIG, mediante estudios y experiencias de investigaciones
R4	Un diseño arquitectónico erróneo conduce a un proyecto con retrasos y posibles fracasos. Si los requisitos funcionales y no funcionales no están claros, la elección de la arquitectura será correcta	se recomienda la elección en arquitecturas conocidas y probadas, lo mismo que los diseños de los distintos componentes

Fuente: Autores

Los riesgos con exposición media (R5, R6, R7 y R8) deben ser observados y controlados a lo largo del desarrollo del proyecto, para evitar que se transformen en riesgos de exposición alta. No es necesario definir planes de contingencia, pero, si por algún motivo escalan a riesgo de exposición alta deben crearse medidas de contingencias en la iteración 2.

10.5 RECOLECCION DE DATOS.

10.5.1 Componente gráfico IGAC.

Compuesto por mapas base del país, suministrados por IGAC (Cuadro 7), en formato SHP (un shapefile es un formato vectorial de almacenamiento digital dónde se guarda la localización de los elementos geográficos y los atributos asociados a ellos), y los componentes numéricos asociados (Tablas y atributos de las entidades geográficas) con normalización de objetos (figuras 8 a 12) y que cumplen con los estándares:

NTC 5204 - Precisión de redes geodésicas

NTC 5205 - Precisión de datos espaciales

NTC 4611 - Metadato Geográfico

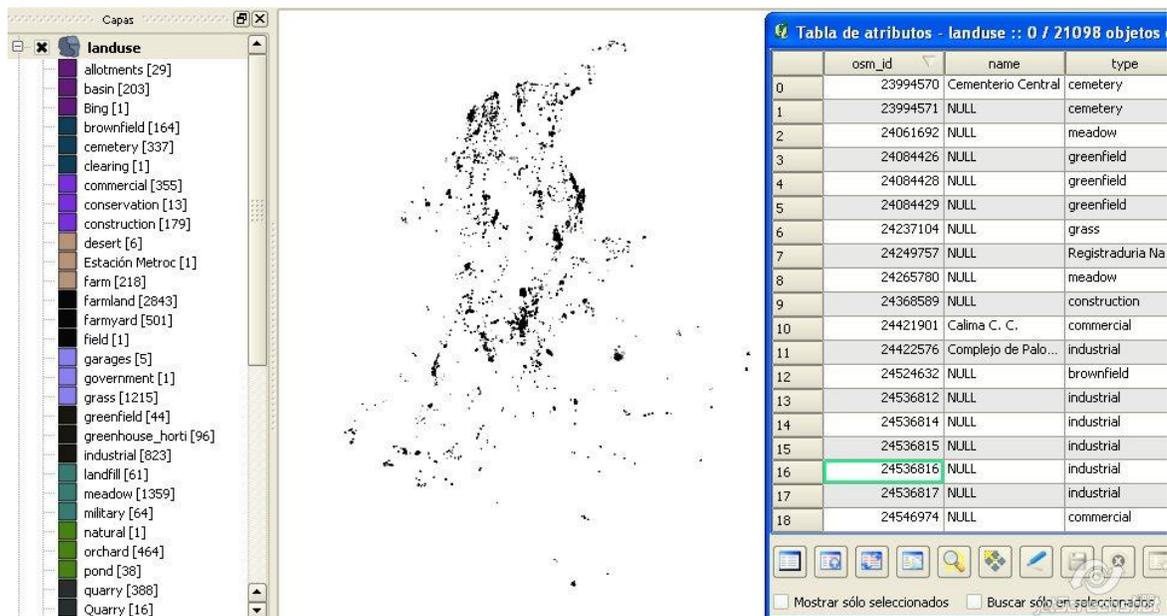
NTC 5043 - Calidad de los datos geográficos

Cuadro 7. Mapas base suministrados por IGAC.

Shapefile	Descripción	Número de objetos espaciales
landuse.shp	Uso del suelo Colombia	21098
roads.shp	Carreteras Colombia	277362
waterways	Ríos Colombia	11724
buildings.shp	Edificaciones Colombia	130524
places.shp	Plazas Colombia	47030
points.shp	Comercios Colombia	21452
Generalidades		
Escala	1:5000	
Sistema de referencia de coordenadas	WGS84 EPSG:4326	
Proyección	+proj=longlat +datum=WGS84 +no_defs	

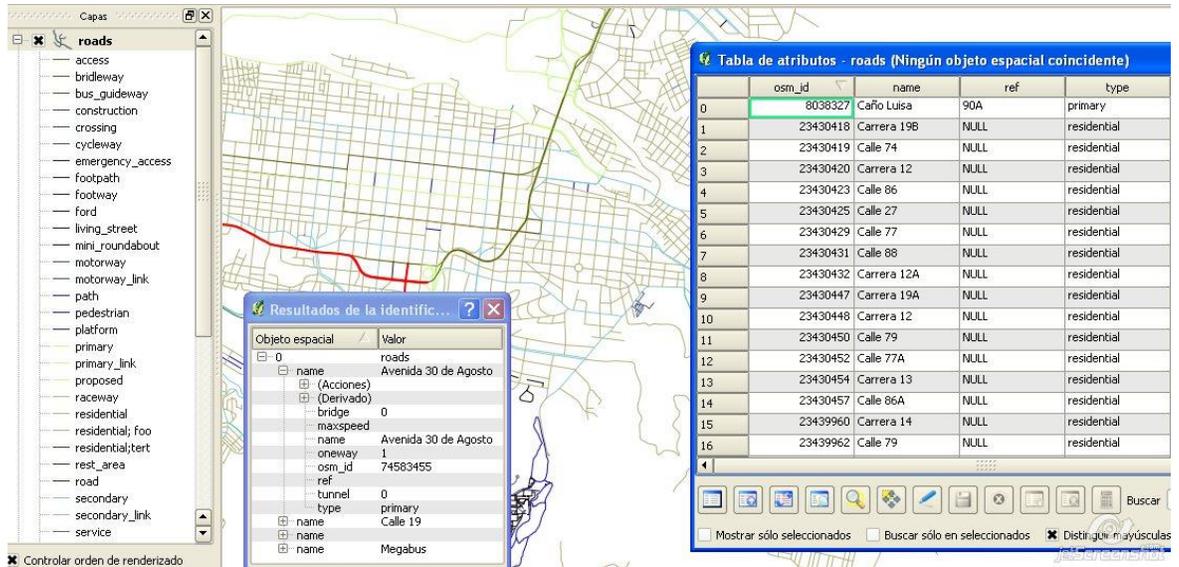
Fuente: Autores

Figura 8. Mapa base y componente numérico landuse



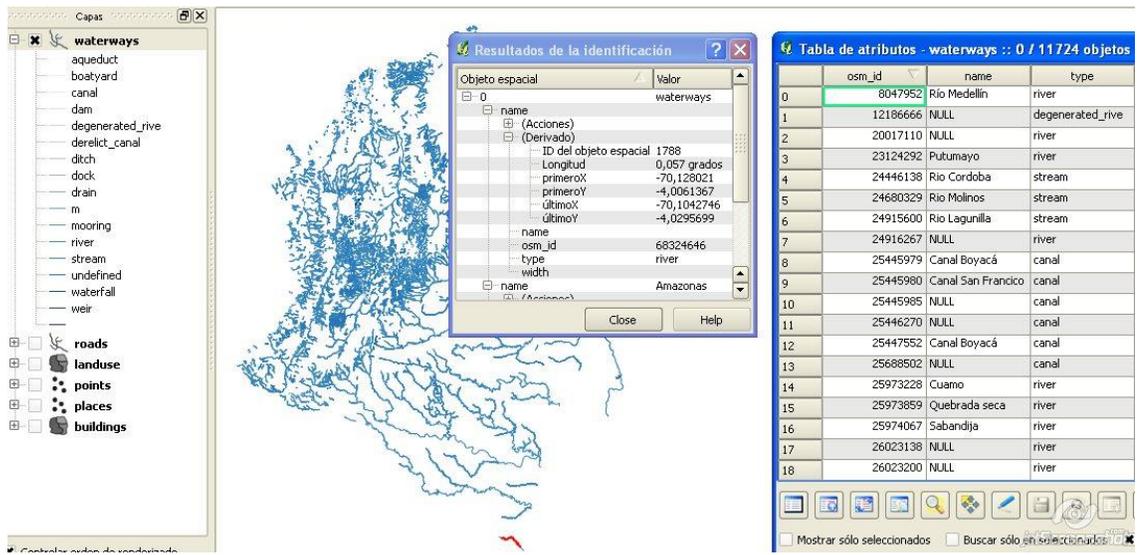
Fuente: Autores

Figura 9. Mapa base y componente numérico roads.shp



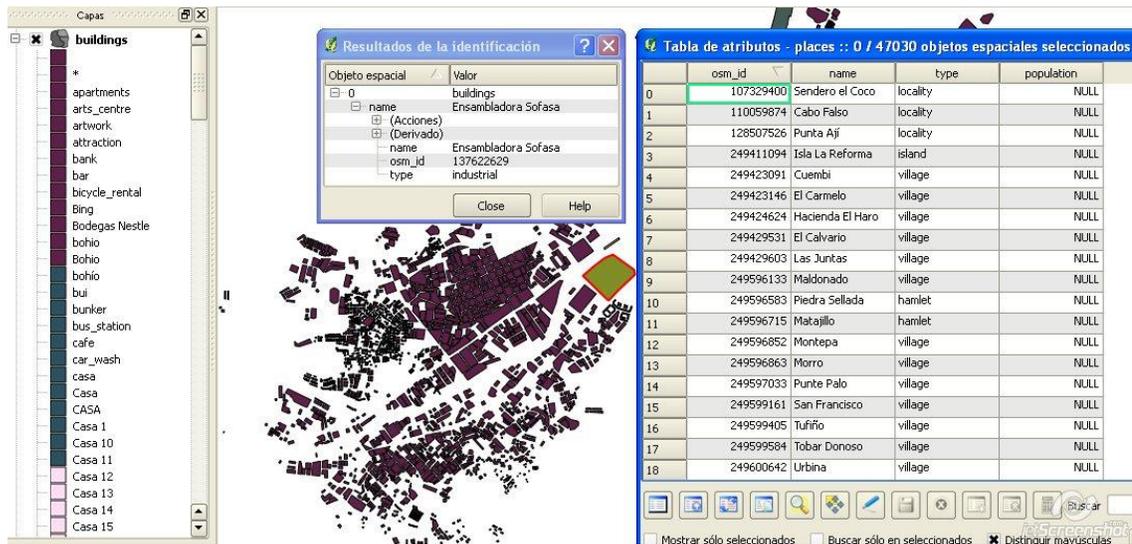
Fuente: Autores

Figura 10. Mapa base y componente numérico waterways



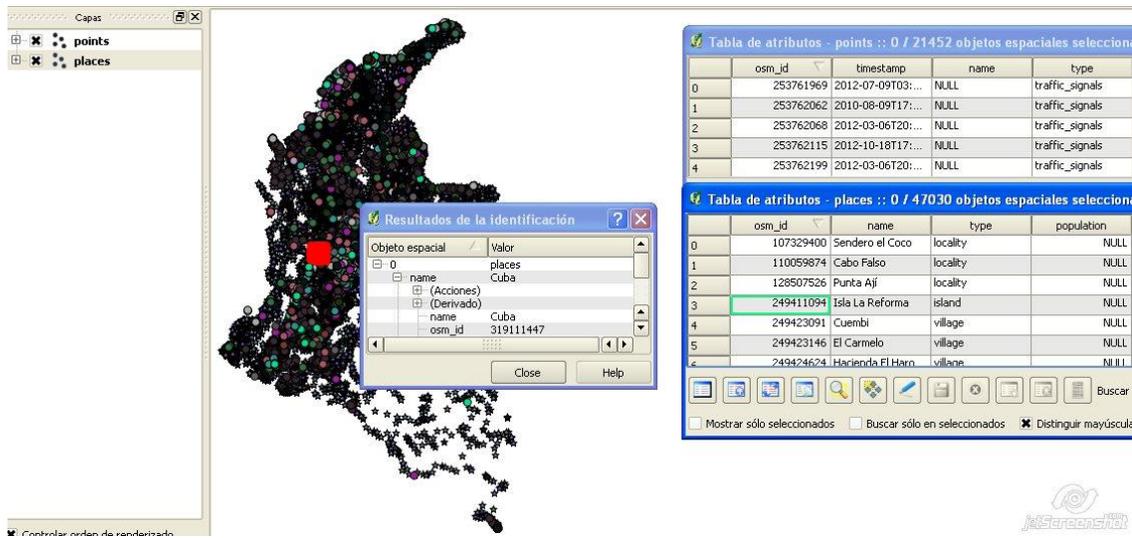
Fuente: Autores

Figura 11. Mapa base y componente numérico buildings



Fuente: Autores

Figura 12. Mapa base y componente numérico places - points



Fuente: Autores

10.5.2 Componente gráfico otras fuentes

Compuesto por mapas base, suministrados por el director del proyecto (Cuadro 8), en formato SHP y los componentes numéricos asociados (Tablas y atributos de las entidades geográficas), mapas que se visualizan en las figuras 13 a 16 y que cumplen con los estándares:

NTC 5204 - Precisión de redes geodésicas

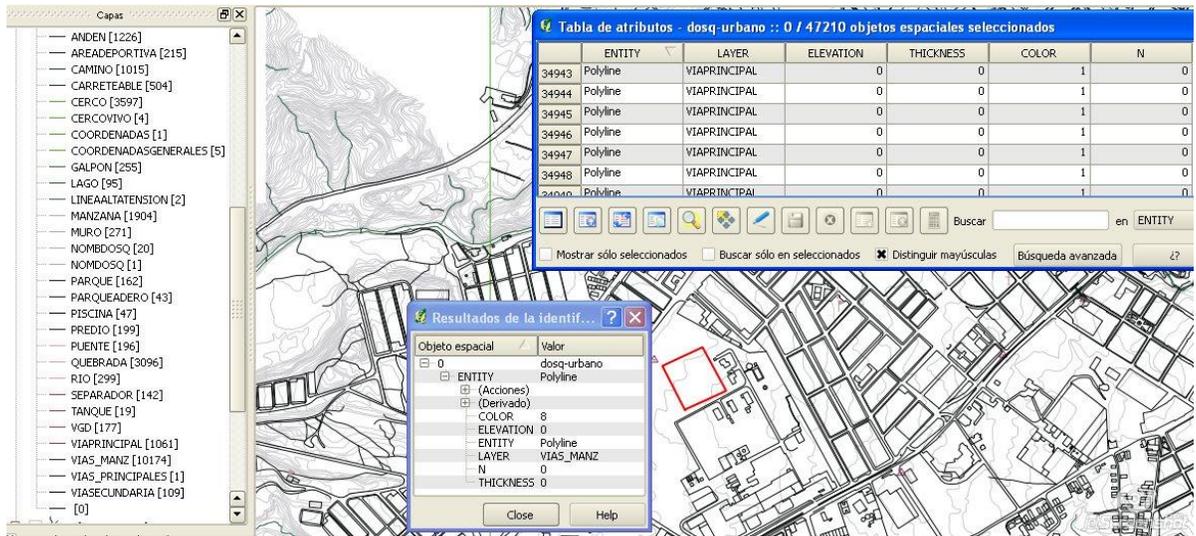
NTC 5205 - Precisión de datos espaciales

Cuadro 8. Mapas base suministrados por otras fuentes.

Shapefile	Descripción	Número de objetos espaciales
dosq-urbano.shp	Mapa urbano del municipio de Dosquebradas	47210
dosq-micros.shp	Microcuencas municipio de Dosquebradas	13
dosq-riosordenes.shp	Ríos y quebradas municipio de Dosquebradas	1449
dosq-geo.shp	Geología municipio de Dosquebradas	16
dosqlim.shp	Limites del municipio de Dosquebradas	1
Generalidades		
Escala	1:5000	
Sistema de referencia de coordenadas	WGS84 EPSG:4326	
Proyección	+proj=longlat +datum=WGS84 +no_defs	

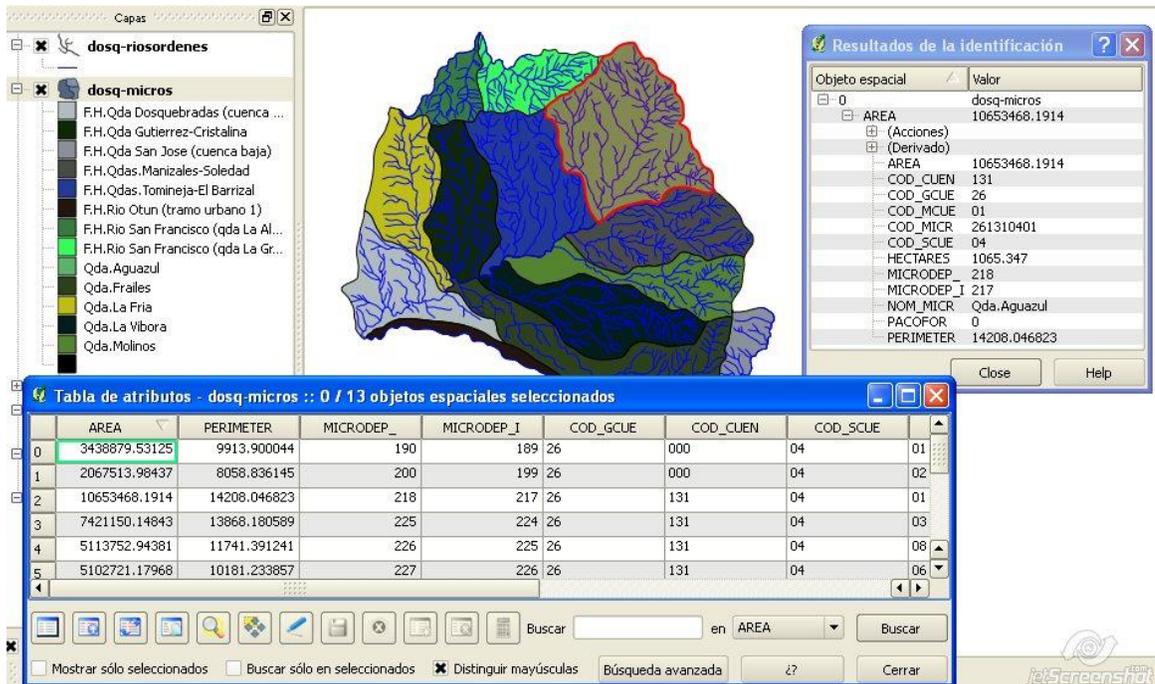
Fuente: Autores

Figura 13. Mapa base y componente numérico dosq-urbano



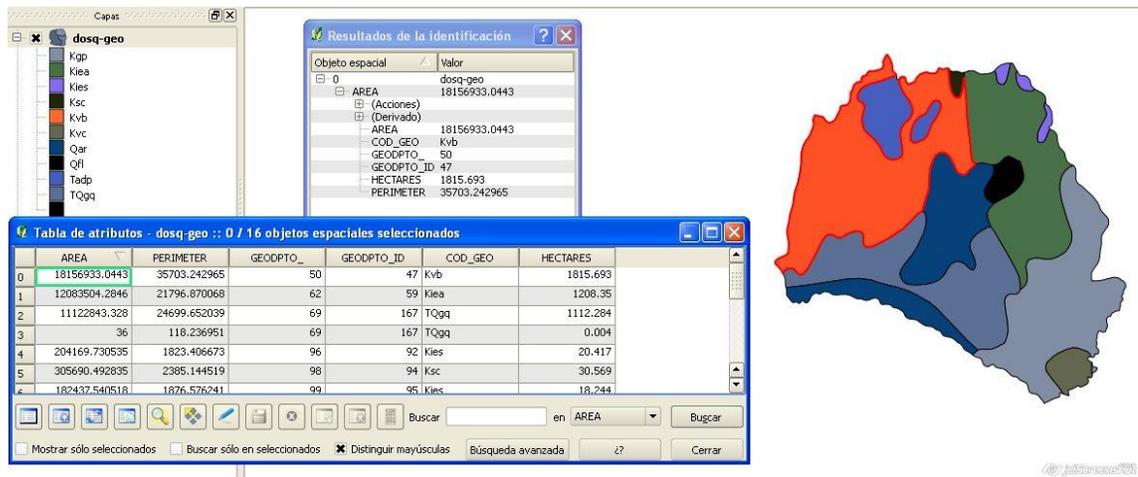
Fuente: Autores

Figura 14. Mapa base y componente numérico dosq-micros y dosq-riosordenes



Fuente: Autores

Figura 15. Base y componente numérico dosq-geo



Fuente: Autores

Figura 16. Mapa base y componente numérico dosqlim



Fuente: Autores

10.5.3 Formatos existentes

Los fenómenos de remoción en masa no sólo se presentan en el eje cafetero sino en todo el país, con mayor índice en la región andina. Se generan en su gran mayoría por intervención humana (figura 17) como la construcción ilegal y sin normas técnicas de viviendas en zonas de riesgo, movimiento de tierras, escombros y basuras sobre laderas inclinadas y geotécnicamente inestables, ausencia de obras de canalización y conducción de aguas, excavaciones en la base de los taludes, sobrecargas y viviendas pesadas sobre laderas inestables, cultivos limpios sobre altas pendientes, daños en redes de alcantarillado, entre otras.

Figura 17. Fenómenos de remoción en masa comuna 14 de Bucaramanga¹⁰⁸



Fuente: Prensa/Alcaldía de Bucaramanga. Foto en: www.espectador.com

Para el registro de información de campo se propone la ficha de caracterización y/o inventario de fenómenos de remoción en masa, suministrado por la Oficina municipal para la Atención y Prevención de Desastres de la Alcaldía municipal de Dosquebradas y la Universidad Libre seccional Pereira, la cual tiene 5 secciones que se describen a continuación:

¹⁰⁸Comuna 14 está incluida en el 'más importante' proyecto de gestión del riesgo de Colombia. En: Prensa Alcaldía de Bucaramanga. Últimas noticias agosto 2012.

En la **sección 1** se recopilan datos generales, entre los cuales se tiene la fecha de inventario y ocurrencia del fenómeno, dirección, barrio, coordenadas geográficas (latitud, longitud, A.S.N.M) capturadas con GPS, evaluador.

La **sección 2** corresponde a la geología del terreno dónde se presenta el fenómeno de remoción en masa. Esta sección se subdivide en:

Geología: El evaluador marca con una "X" la geología del terreno, tipo de material y el espesor en metros (m), lo que permite generar la columna estratigráfica o descripción de materiales (horizontes o estratos).

Descripción de materiales: Se marca con una "X" la descripción de materiales, textura del suelo, origen y color.

Morfometría del fenómeno: pendiente (ángulo), altura (m), longitud total (m), longitud cara libre (m), marca con "X" la forma de la pendiente, forma de la masa desplazada, el volumen (m³) y área (m²).

Clasificación del movimiento: Se marca con "X" cómo el evaluador clasifica y subclasifica el movimiento.

Uso del suelo: Se marca con una "X" la dedicación del terreno (pasto, arboles, café, etc.)

Adicionalmente se debe indicar la presencia de agua en el sitio, la cuenca o microcuenca y el estado de actividad (activo – inactivo – estabilizado – dormido)

La **sección 3** corresponde a los daños o implicaciones generadas por el fenómeno de remoción en masa categorizada en grave, moderada, leve o nula. En caso de daños se indica con una “X” el tipo de daño, la unidad y cantidad de elementos implicados.

En la **sección 4** se indican las causas detonantes o contribuyentes, que generaron el fenómeno y su origen (naturales y antrópicas), según los valores disponibles en el formato.

La **sección 5** cuenta con espacio para un registro fotográfico y para que el evaluador redacte alguna recomendación u observación que considere necesaria al momento de realizar el inventario y caracterización del fenómeno de remoción en masa.

La figura 18, muestra la ficha de caracterización y/o inventario de fenómenos de remoción en masa, documento que se convierte en insumo fundamental para la concreción del diseño del software específicamente el artefacto **Documento de diseño de BD**.

Figura 18. Ficha de caracterización y/o inventario de fenómenos de remoción en masa

ALCALDIA DE DOSQUEBRADAS - UNIVERSIDAD LIBRE SECCIONAL PEREIRA OFICINA MUNICIPAL PARA LA ATENCION Y PREVENCION DE DESASTRES FICHA DE CARACTERIZACION Y/O INVENTARIO DE FENOMENOS DE REMOCION EN MASA.							
FECHA:		LEVANTADO POR:		1		BARRIO:	
DIRECCION:		A.S.N.M.:		FECHA EVENTO:			
COORDENADAS:		Ladera natural:		Ladera intervenida:		Exploatacion:	
		Basurero:		Ronda:		Izda:	
				Dcha:			

GEOLOGIA	TIPO DE MATERIAL		DESCRIPCION DE MATERIALES (x)		USO DE SUELO	
	SUELO		TEXTURA DEL SUELO		Arboles	
	1. Basuras... (Rb)	1	Arcillosas		Platano	
	2. Rell. antropico botado...(Rab)	2	Limosa		Granadilla	
	Hidraulico... (Rah)	2a	Arenosa		Rastrojo	Maracuya
	Conformado... (Rac)	2b	Rocosa		Café	Urbano
	3. Limo organico... (Mo)	3	Negro		Guadua	Descubierto
	4. Cenizas y residuales... (Qc1)	4	Gris			
	Arena	4a	Pardo			
	Limosas... (Qc1m)	4b	Amarrado			
Arcillosas... (Qc1c)	4c	Refractario				
5. Otros transportados	5	COLOR DEL SUELO		CLASIFICACION DEL MOVIMIENTO		
Ahuviales... (Qal)	5a			1. Caído		
Coluviales... (Qcv)	5b			2. Inclinacion o volteo		
Torrenciales... (Qt)	5c			3. Reptacion		
6. Residuales de rocas... (Sr)	6	ORIGEN		4. Deslizamiento:		
ROCA				a. Rotacional		
7. Flujos volcanicos... (FQfv)	7	MORFOLOGIA		b. Translacional		
8. Roca ignea... (Ri)	8	Pendiente (Angulo)		c. Planar		
9. Roca metamorfica... (Rm)	9	Altura (m)		5. Flujo:		
10. Roca sedimentaria... (Rs)	10	Longitud total (m)		a. Flujo en roca		
11. Depositos de caida... (Qc)	11	Longitud cara libre		b. Flujo de detritos		
MATERIAL		FORMA DE LA PENDIENTE		c. Flujo de suelo		
A	Nivel 1	Plana o lisa		d. Flujo de lodo		
B	Nivel 2	Concava		6. Esparcimiento lateral		
C	Nivel 3	Convexa		7. Avalanchas		
D	Nivel 4	FORMA DE LA MASA DESPLAZADA		8. Complejo		
		Paralelepipedo		9. Socavacion lateral		
		Prismatica		10. Erosion laminar:		
		Rectangular		a. Surcos		
		Cono		b. Carcavas		
		Volumen (m3)		11. Asentamiento		
		Area (m2)				
HUMEDAD (x)		CUENCA / MICROCUENCA		ESTADO DE ACTIVIDAD (x)		
1. Seco				1. Activo	3. Dormido	
2. Humedo	3. Mojado			2. Inactivo	4. Estabilizado	
	4. Muy mojado					

DANOS: Implicaciones (Grave, Moderada, Leve, Nulas)			
DESCRIPCION	UNID.	CANT.	IMPLICACIONE
1. Viviendas			
2. Via principal			
3. Via secundaria			
4. Via terciaria			
5. Alcantarillado	3		
6. Acueducto			
7. Puente			
8. Obras de contencion			
9. Cultivos			
10. Zona social, cancha			
11. Hospital			
12. Escuela			
13. Otro			

CAUSAS			
Detonantes (D) y Contribuyentes (C)			
NATURALES		ANTROPICA	
Alta precipitacion	D	Vertimientos	
Sismo	C	Obstruccion de drenaje	D
Erosion hidrica	C	Destruccion de infraestructura	D
Sobrec. Vegetal	D	Mal uso de suelo	C
Sobrec. Material		Sobrec. Llenos	
Socavacion		Sobrec. Edificacion	
Tipo de suelo		Corte y excavacion	
Pendiente		Otra:	

OBSERVACIONES:	ESQUEMA REGISTRO FOTOGRAFICOS
5	

Fuente: Oficina Municipal para la atención y prevención de desastres/Alcaldía de Dosquebradas/ Universidad Libre seccional Pereira

10.5.4 Captura de datos en campo con dispositivos móviles

La captura de datos en terreno se lleva a cabo con dispositivos móviles equipados con GPS. Puede ser un teléfono inteligente o un GPS, los cuales brindan buena calidad y precisión del trabajo en campo. En la investigación se recurrió al dispositivo móvil GARMIN eTrex H, Personal Navigator (figura 19) y al módulo móvil LBS, para la georeferenciación de los fenómenos de remoción en masa.

Figura 19. Dispositivo móvil GPS Garmin eTrex H



Fuente: Autores

10.5.4.1 Sobre el manejo del equipo

- La carga de la batería tiene una duración de aproximadamente 72 horas de operación continua.
- La antena está integrada al equipo y siempre esta activada.
- Se debe probar que el dispositivo móvil esté funcionando correctamente antes del trabajo de campo.

10.5.4.2 Sobre la captura de datos

- Se deben leer las guías de uso antes de salir al trabajo de campo y realizar las consultas necesarias.¹⁰⁹
- La recepción de señal del GPS es muy difícil en espacios cerrados, por tal motivo en el momento de la georeferenciación la persona encargada de la captura de datos debe situarse preferiblemente en un lugar abierto y despejado (alejado de construcciones, árboles), por ejemplo, canchas deportivas, jardines, plazoletas, etc. Dado el caso que se desee georeferenciar una edificación que no tenga espacios al aire libre debe situarse al frente de ella.
- Una vez se active el receptor GPS este durará entre 5 a 15 minutos aproximadamente en recibir señal.
- Sólo se debe capturar un solo punto por fenómeno, además de registrar y validar la información necesaria en el dispositivo.
- Revise la información antes de retirarse del sitio.

¹⁰⁹ GARMIN. http://static.garmincdn.com/pumac/eTrexH_OwnersManual.pdf

10.5.4.3 Parámetros clave para la captura de datos

Los datos deben ser correctamente capturados para garantizar la fiabilidad y la precisión al momento de ser utilizados, por tal motivo deben tenerse en cuenta los siguientes parámetros en el proceso de captura de datos con los dispositivos móviles:

- DATUM: MAGNA / WGS84
- FORMATO: Grados – Minutos - Segundos
- UNIDADES: Sistema Sexagesimal
- HUSO HORARIO: UTC -5 Colombia

10.6 MODELADO DEL NEGOCIO

10.6.1 Operación del sistema

La infraestructura tecnológica GIS expresada en servicios como patrón de diseño, que soporte la integración con aplicaciones Web GIS utilizando LBS (*Location Based Services*), debe ser un sistema de información integrado de fácil implementación, de bajo costo, que permita tomar la cartografía almacenada en diferentes formatos y sistemas de almacenamiento y exponer estos productos cartográficos en un ambiente web que incrementen las posibilidades de uso de los mismos, que garantice el intercambio de información geográfica, obteniendo de esta forma una mayor interoperabilidad entre las partes que usan los productos cartográficos, fácil de usar y accesible desde cualquier dispositivo tanto para la visualización como para la captura de datos a través de los servicios basados en

localización (LBS), al contar con una arquitectura ágil para visualizar, mapear, analizar y compartir información en constante cambio y actualización.

La secuencia lógica que permita la operación debe ser:

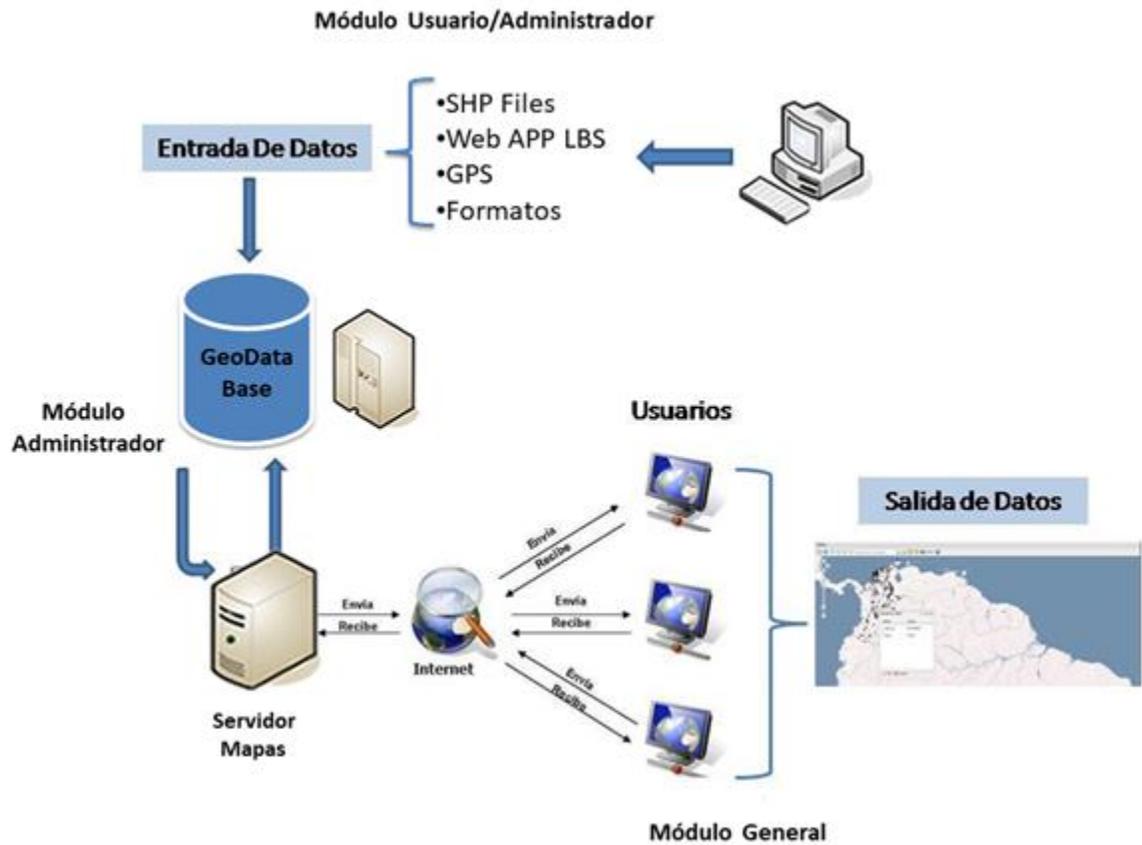
- Debe existir una infraestructura tecnológica GIS o infraestructura de datos espaciales.
 - Servidor de mapas
 - Geodatabase
- Proceso de entrada de datos (AppWeb GIS – LBS)
- Otros procesos (Orígenes de datos - Capas - Estilos)
- Consultas geoespaciales /salida de datos

10.6.2 Funcionalidad del sistema

Tal como lo muestra la figura 20, la funcionalidad de la infraestructura tecnológica (GIS), expresada en “servicios” como patrón de diseño, para el inventario y caracterización de fenómenos de remoción en masa, está integrada en un único sistema, que desde el punto de vista arquitectónico puede ser dividida en múltiples módulos o componentes. Desde el punto de vista funcional, se descompone en tres módulos dependiendo de la interacción con los diferentes tipos de usuario que hacen uso de la herramienta. Los usuarios identificados son:

- Usuario no registrado - Usuario registrado - Usuario administrador

Figura 20. Funcionalidad del sistema



Fuente: Autores

Los módulos identificados son:

Módulo general: A este módulo tiene acceso cualquier usuario, esté o no registrado en el sistema. El acceso lo hace a través de un visor de mapas Web, y podrá, consultar, buscar y descargar mapas por diferentes parámetros. Los resultados de las consultas se visualizan gráficamente en el visor de mapas.

Módulo de usuario: El acceso está restringido a usuarios existentes en el sistema y que se validen mediante el *Proceso Login*. Cada usuario tiene un perfil y dependiendo de éste, realizar acciones específicas en el sistema. Este tipo de usuarios accede al sistema a través de la AppWeb GIS y las opciones que estén disponibles en este.

Módulo de administrador: Este usuario tiene privilegios especiales actuando tanto como administrador de la AppWeb GIS y como administrador de la infraestructura tecnológica GIS implementada.

10.7 VISION

El propósito de este documento es recoger, analizar y definir las necesidades y características del desarrollo de una AppWeb GIS utilizando LBS (*Location Based Services*), para el inventario y caracterización de fenómenos de remoción en masa. Se centra en las capacidades necesarias y los stakeholders.

Los detalles de cómo la AppWeb GIS utilizando LBS, satisface estas necesidades se detallan con el listado de requisitos funcionales (RF) y requisitos no funcionales (RNF).

10.7.1 Participantes.

Los participantes en el proyecto de investigación se detallan en el cuadro 9.

Cuadro 9. Participantes del proyecto

Participante	Raúl Alberto Gaviria
Rol	Ingeniero de Software – Desarrollador - Integrador
Es desarrollador	Sí
Es cliente	No
Es usuario	No
Participante	Beneficiario
Rol	Fuente de información
Es desarrollador	No
Es cliente	Sí
Es usuario	No
Participante	Alejandro Alzate Buitrago
Rol	Director del Proyecto
Es desarrollador	No
Es cliente	Sí
Es usuario	Sí

Fuente: Autores

10.7.2 Actores.

Los actores se describen en el cuadro 10.

Cuadro 10. Actores del Sistema

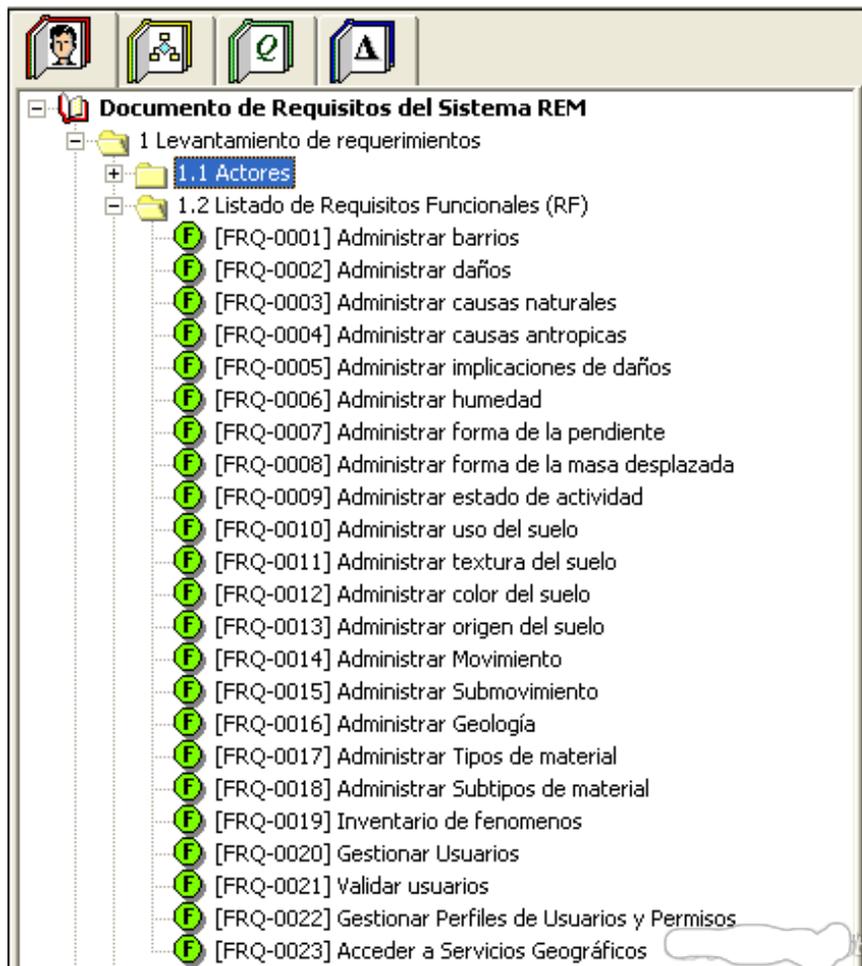
ACT-0001	Administrador del sistema
Versión	1.0 (16/10/2014)
Autores	<u>Raúl Alberto Gaviria</u>
Fuentes	<u>Raúl Alberto Gaviria</u>
Descripción	Este actor representa <i>Usuario del sistema con derechos administrativos para crear, modificar y borrar datos sobre las tablas maestras, auxiliares e intermedias</i>
ACT-0002	Encuestador
Versión	1.0 (16/10/2014)
Autores	<u>Raúl Alberto Gaviria</u>
Fuentes	<u>Alejandro Alzate Buitrago</u>
Descripción	Este actor representa <i>Usuario del sistema que realiza trabajo de campo caracterizando e inventariando los fenómenos de remoción en masa</i>
ACT-0003	Usuario
Versión	1.0 (27/11/2014)
Autores	<u>Raúl Alberto Gaviria</u>
Fuentes	<u>Raúl Alberto Gaviria</u>
Descripción	Este actor representa <i>a un administrador, un encuestador o cualquier usuario de servicios cartográficos a través de la Web o un cliente SIG de escritorio</i>

Fuente: Autores

10.7.3 Listado de requisitos (RF – RNF)

Los requisitos funcionales (RF) obtenidos durante el levantamiento de requisitos se muestran en la figura 21.

Figura 21. Listado de requisitos funcionales.



Fuente: Autores

Los requisitos no funcionales (RNF) se muestran en la figura 22.

Figura 22. Listado de requisitos no funcionales.

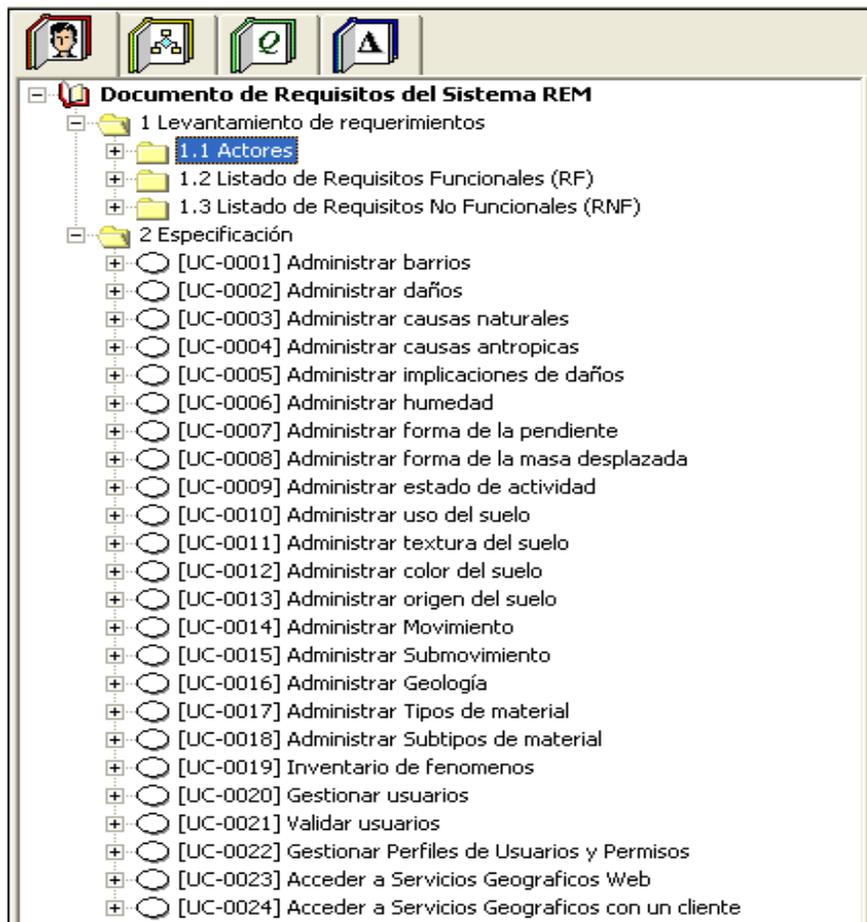


Fuente: Autores

10.8 ESPECIFICACION DE REQUISITOS

La especificación de requisitos del sistema se muestra en la figura 23, describiendo la interacción entre usuarios y el sistema. Sin ahondar en aspectos técnicos del desarrollo de los productos de software, esta especificación se constituye en el insumo fundamental para las fases siguientes, incluyendo la codificación.

Figura 23. Especificación de requisitos.



Fuente: Autores

10.9 CARACTERIZACIÓN Y SELECCIÓN DE INFRAESTRUCTURA SIG.

Desde una perspectiva investigativa y para dar cumplimiento del objetivo específico “caracterizar y seleccionar la infraestructura tecnológica basada en software libre, adecuada para la implementación de geographic information system (GIS) expresada en servicios”, después de realizar los planteamientos teóricos necesarios, se debe identificar, describir los componentes y los estándares de manejo de información geográfica.

Para la caracterización de la infraestructura tecnológica adecuada se tienen en cuenta los siguientes aspectos:

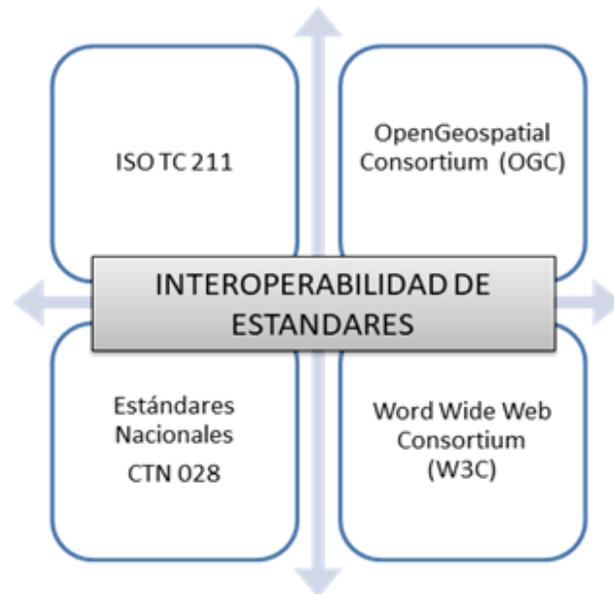
10.9.1.1 Cumplimiento de los estándares.

La interoperabilidad o la capacidad de los sistemas heterogéneos en comunicarse, intercambiar recursos y trabajar en conjunto, a menudo es limitado debido a la heterogeneidad de los datos espaciales. La heterogeneidad es resultado de los métodos de recolección de datos, análisis, los formatos de archivos o el software usado para crear, almacenar y modificar los datos disponibles en la web.

La heterogeneidad plantea un problema importante, en especial el intercambio de datos y la interoperabilidad de estándares y datos. Como solución a esta problemática y gracias al rápido desarrollo y adopción de los servicios y estándares de código abierto que proporcionan una base estable para el desarrollo, el crecimiento, y el uso de sistemas de información geográfica expresados en

servicios, el Open Geospatial Consortium (OGC) como facilitador de servicios web geoespaciales de código abierto y en Colombia, la infraestructura de datos espaciales (IDEC) quien materializa los servicios y estándares definidos por el Comité Técnico de Normalización de Información Geográfica –CTN 028 a partir de la adopción de Estándares del Comité Técnico ISO/TC 211 y en últimas los propuestos por el Open Geospatial Consortium (OGC), garantiza la interoperabilidad de estos estándares (Figura 24).

Figura 24. Interoperabilidad de estándares en Colombia.



Fuente: Autores.

Es claro que los estándares web geoespaciales de código abierto constituyen el marco para la incorporación y el intercambio de conjuntos de datos espaciales heterogéneos y la superación de los problemas de interoperabilidad y el intercambio de datos.

La adopción de los servicios y estándares de código abierto en Colombia se traducen en estándares:

- Oficiales
 - NTC 5204 - Precisión de redes geodésicas
 - NTC 5205 - Precisión de datos espaciales
 - NTC 4611 - Metadato Geográfico
 - NTC 5043 - Calidad de los datos geográficos
 - NTC 5660 - Eval. de calidad, procesos y medidas
 - NTC 5661 – Metodología para la catalogación de OG
 - NTC 5662 - Especificaciones técnicas de productos geográficos
 - NTC 5798 - Referencia espacial por coordenadas

- En proceso de oficialización
 - DE 121 - Referencia espacial por identificadores
 - DE 122 - Esquema temporal
 - DE 123 - Terminología
 - DE 203 - Interfaces de servicios web de mapas

- En elaboración
 - PNT - Guía de implementación de interfaz de servidor de mapas web - WMS
 - PNT - Levantamientos topográficos

Estándares que incluyen los propuestos por la OGC, Web Map Service (WMS), Web Feature Service (WFS) y servicio de cobertura Web (WCS); por lo tanto, la herramienta de desarrollo SIG expresada en servicios debe cumplir con al menos estos estándares y/o servicios.

10.9.1.2 Adaptabilidad al problema

La infraestructura seleccionada debe permitir su integración con las ya existentes. Escalabilidad, eficiencia y acceso desde locaciones y equipos remotos, facilitar la emisión/recepción de peticiones a un servidor de información geográfico y la visualización de resultados en una interfaz gráfica vía Web, es decir la infraestructura a seleccionar. Corresponde a una Infraestructura de Datos Espaciales (IDE).

Esta infraestructura debe tener una **arquitectura orientada en servicios o expresada servicios (SOA) tipo cliente/servidor**, de tres niveles, dónde se intercambie información entre un cliente y un servidor a través de una red.

El principal servicio, WFS (*Web Feature Service*), es utilizado en esta arquitectura para proporcionar a los usuarios acceso a la información espacial a través de una red distribuida, pero requiere de componentes o servicios adicionales de software como WCS (*Web Coverage Service*), WMS (*Web Map Service*) para permitir crear, editar, y consultar información en línea.

El estándar WFS permite a los usuarios solicitar información utilizando una de las tres operaciones básicas de solicitud: *GET CAPABILITIES*, *DESCRIBE FEATURES TYPE* y *GET FEATURES*. Estas solicitudes le dicen al servidor geográfico, qué componentes de la WFS debe retornar al usuario. Una solicitud *GET CAPABILITIES* retorna un documento XML que enumera todas las funciones disponibles para el usuario, retorna descripciones de las propiedades y

características solicitadas (atributos y sistema de referencia espacial).¹¹⁰

Existen diversos software clientes SIG, servidor de mapas e infraestructuras de datos espaciales, tanto propietarios como de código abierto que tienen capacidades para crear, publicar, o acceder a componentes WFS (*Web Feature Service*). Cada uno de ellos con una variada gama de posibilidades, con especificaciones únicas para crear, publicar o acceder a este servicio (WFS), lo cual puede afectar la solidez resultante del servicio. De estos servidores se descarta de facto las soluciones propietarias debido al alcance del presente proyecto, aunque solo por mencionarla, la solución de este tipo más popular a nivel mundial es **ArcGIS for Server**, según lo anterior, la selección de la infraestructura tecnológica más adecuada, pasa por los siguientes aspectos:

- El cumplimiento de estándares del OGC y que pertenezcan al proyecto OSGeo.
- Poseer una Arquitectura Orientada en servicios o expresada servicios (SOA) tipo cliente servidor.
- Uso de licencia FOSS o FLOSS (*free/libre and open source software*)
- Facilidad de uso y robustez.
- Tiempo de desarrollo

La fuente de información para la comparación es el proyecto OsGeo (Fundación para el Código Abierto Geoespacial). El encabezado de las figuras de descripción de productos se describe a continuación (Figura 25).

¹¹⁰ OPEN GEOSPATIAL CONSORTIUM. Standards and Supporting Documents: Web Feature Service. https://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=7174

Figura 25. Encabezado de descripción de servidores de mapas.

Name	Year	OSGeo	Live	License	Ohloh	Tech
------	------	-------	------	---------	-------	------

Fuente: OsGeo. http://wiki.osgeo.org/wiki/Panorama_SIG_Libre_2014/Servidores

- Name:** Nombre del producto
- Year:** Año de aparición del producto como *Software Libre*
- OSGeo:** Indica si el producto forma parte de OsGeo, especificando si el producto está Graduado (estable) o en Incubación (release).
- Live:** Indica si el producto forma parte del *Live DVD* que empaqueta el proyecto OsGeo Live.
- License:** Licencia con la que se distribuye el producto
- Ohloh:** Enlace, si existe, a la página del producto en la web de estadísticas de proyecto de software Libre Ohloh.net (<http://ohloh.net>)
- Tech:** Indica la tecnología principal con la que se ha desarrollado el producto.

En la figura 26 se presentan las características principales de los servidores de mapas según la OsGeo.

Figura 26. Información general sobre servidores geográficos.

Name	Year	OSGeo	Live	License	Ohloh	Tech
MapServer	1994	G	✓	Estilo MIT	ohloh	C/C++
deegree	1998	G	✓	LGPL	ohloh	Java
GeoServer	2001	G	✓	GPL2	ohloh	Java
GeoNetwork	2003	G	✓	GPL 2	ohloh	Java
52°north SOS	2004?	⊗	✓	GPL	ohloh	Java
MapGuide OpenSource	2005	G	⊗	LGPL	ohloh	C++
PyWPS	2006	⊗	⊗	GPL 2	ohloh ^[1]	Python
GeoWebCache	2007	⊗	✓	LGPL	ohloh	Java
TileCache	2007	⊗	⊗	BSD	ohloh	Python
52°north WPS	2008?	⊗	✓	GPL 2	ohloh	Java
MapProxy	2010	⊗	✓	Apache	ohloh	Python
PyCSW	2010	I	✓	MIT	ohloh	Python
QGIS Server	2010	G ^[2]	✓	GPL	ohloh	C++
TileStache	2010	⊗	⊗	BSD	ohloh	Python
ZOO Project	2010	I	✓	MIT/X11	ohloh	C/C++
EOxServer	2011	⊗	✓	MIT Style	ohloh	Python
TileStream	2011	⊗	⊗	BSD?	⊗	NodeJS

Fuente: OsGeo. http://wiki.osgeo.org/wiki/Panorama_SIG_Libre_2014/Servidores

La figura 27 muestra la implementación de estándares OGC por parte de los servidores analizados.

Figura 27. Implementación estándares OGC

Nombre	WMS	WFS	WFS-T	WCS	WMTS	TMS	WPS	SOS	CSW
MapServer	✓	✓	✓ ^[3]	✓	✓ ^[4]	✓ ^[4]	⊗	✓	⊗
deegree	✓	✓	✓	✓	✓	⊗	✓	⊗	✓
GeoServer	✓	✓	✓	✓	✓ ^[5]	✓ ^[5]	✓	⊗	✓
GeoNetworkK	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	✓
52north SOS	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	✓	⊗
MapGuide OpenSource	✓	✓	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗
PyWPS	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	✓	⊗	⊗
GeoWebCache	✓	⊗	⊗	⊗	✓	✓	⊗	⊗	⊗
TileCache	⊗	⊗	⊗	⊗	✓	✓	⊗	⊗	⊗
52north WPS	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	✓	⊗	⊗
MapProxy	✓	⊗	⊗	⊗	✓	✓	⊗	⊗	⊗
PyCSW	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	✓
QGIS Server	✓	✓	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗
TileStache	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	✓	⊗	⊗	⊗
Zoo Project	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	✓	⊗	⊗
EOxServer	✓ ^[6]	⊗	⊗	✓ ^[6]	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗
TileStream	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	✓	⊗	⊗	⊗

Fuente: OsGeo. http://wiki.osgeo.org/wiki/Panorama_SIG_Libre_2014/Servidores

Lo anterior permite seleccionar al menos tres servidores de mapas que cumplen con los aspectos indicados para su selección, estos son: MapServer (versión 6.4.1), GeoServer (versión 2.6.1) y Deegree (versión 3.3.13).

Estos tres servidores trabajan en los principales sistemas operativos, permiten múltiples formatos de entrada, cumplen con los estándares OGC, tienen comunidades muy activas con soporte y actualizaciones permanentes (Tabla 8).

Tabla 8. Comparación de MapServer, GeoServer, y Deegree.

Categoría	MapServer	GeoServer	Deegree
Website	http://www.mapserver.org	http://geoserver.org	http://www.deegree.org
Sistema Operativo Soportado	Windows, Linux, Mac OSX	Windows, Linux, Mac OSX	Windows, Linux
Licencia	Open Source (Estilo MIT)	Open Source (GPL2)	Open Source (LGPL)
Interface	Línea de comandos e interface gráfica si se instala por separado.	Interfaz gráfica de usuario (web)	Graphical user interface
Formatos de entrada soportados	<ul style="list-style-type: none"> • Vector: shapefile, TIGER, etc. • Raster: TIFF, GeoTIFF, JPEG, GIF, PNG, etc. • Databases: Microsoft SQL, Oracle, PostGIS/PostgreSQL, etc. 	<ul style="list-style-type: none"> • Vector: shapefile, TIGER, etc. • Raster: TIFF, GeoTIFF, JPEG, GIF, PNG, etc. • Databases: Microsoft SQL, Oracle, PostGIS/PostgreSQL, etc. 	<ul style="list-style-type: none"> • Vector: shapefile, TIGER, etc. • Raster: TIFF, GeoTIFF, JPEG, GIF, PNG, etc. • Databases: Microsoft SQL, Oracle, PostGIS/PostgreSQL
Estándares/Web services OGC	<ul style="list-style-type: none"> • WMS • WFS • WCS 	<ul style="list-style-type: none"> • WMS • WFS • WCS 	<ul style="list-style-type: none"> • WMS • WFS • WCS

Fuente: Autores / Recopilación sitios Web de cada herramienta

Según lo anterior, las tres herramientas son viables para su selección. Aún así, la selección de un servidor de mapas no necesariamente da solución al problema de investigación, por lo tanto se debe escalar a una solución tipo IDE (Infraestructura de Datos Espaciales), basada en un servidor de mapas. La mejor alternativa es entonces seleccionar Geoserver en su versión IDE, lo cual corresponde a OpenGeo Suite, infraestructura que se describe a continuación, aunque para información más detallada se puede recurrir a su sitio Web.

10.9.1.3 OpenGeo Suite como Infraestructura tecnológica seleccionada

“OpenGeoSuite es una plataforma geoespacial completa para la gestión de mapas y aplicaciones a través de navegadores web, equipos de escritorio y dispositivos móviles [Con arquitectura Cliente/Servidor y orientado a servicios]. Construido sobre código abierto, cuenta con una arquitectura robusta y flexible que permite gestionar y publicar datos geoespaciales fácilmente”¹¹¹.

Sus principales características son:

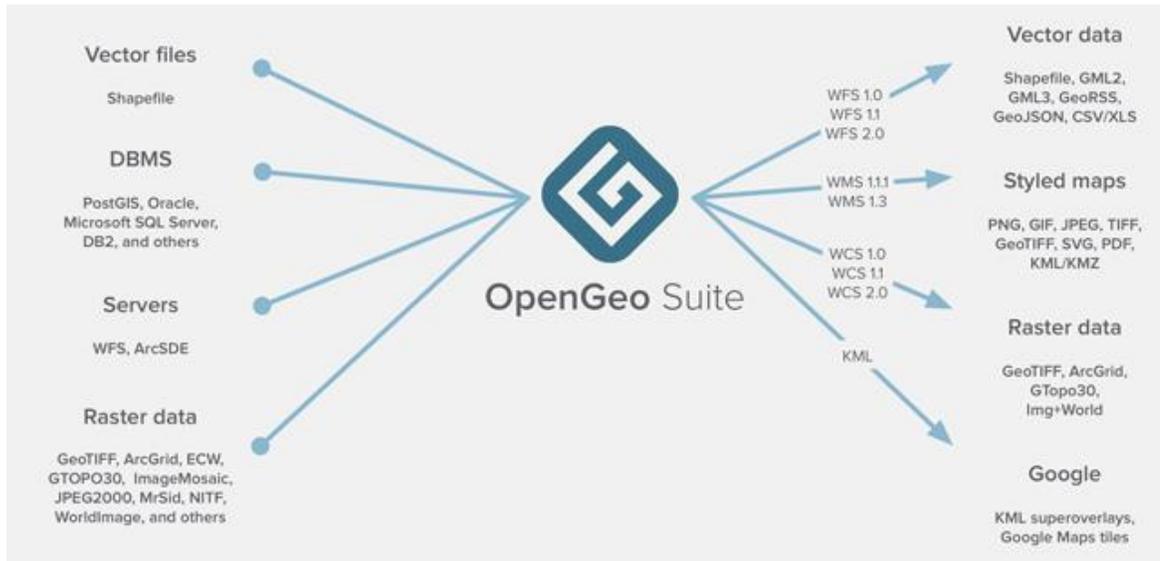
- Implementa arquitectura cliente/Servidor SOA.
- Disponible para diferentes sistemas operativos: Windows, Mac OS X, CentOS/RHEL, Fedora, Ubuntu y Application Servers.
- Cumple con los estándares de la OGC
 - Web Feature Service (WFS) 1.0, 1.1, 2.0
 - Web Map Service (WMS) 1.1.1, 1.3
 - Web Coverage Service (WCS) 1.1.0
 - Web Processing Service (WPS) 1.0.0
 - Styled Layer Descriptor (SLD) 1.0.0, 1.1.0
 - Geography Markup Language (GML) 2.1.2, 3.0, 3.1.1, 3.2.1
 - Keyhole Markup Language (KML) 2.2.0
 - SQL Simple Features 1.0
 - Filter Encoding 1.1
- Se integra con los sistemas existentes (propietarios u *open source*), como **Google, Oracle, ESRI y Microsoft**.

¹¹¹OPENGEO SUITE.Boundless.Versión 4.1.1.<http://boundlessgeo.com/solutions/opengeo-suite/>

- Es OPEN SOURCE, construido con componentes de código abierto.
- OpenGeo se construye sobre **PostGis**, una base de datos espacial; **GeoServer**, un servidor de datos y mapas compatible con los estándares; **GeoWebCache**, un acelerador de la visualización de los mapas y servidor de los mosaicos de mapas; y **GeoExt**, un cliente API de mapas construido sobre **OpenLayers**.
- Está diseñado para manejar millones de peticiones por hora.
- Soporta múltiples bases de datos e imágenes vectoriales y raster
Oracle Spatial, PostgreSQL / PostGIS, Esri ArcSDE, IBM DB2, Microsoft SQL Server
Esri Shapefile, MapInfo MIF/MID, TIFF, GeoTIFF, BigTIFF, ECW, JPEG2000, MrSID, GTOPO30
- Formatos de salida
KML, GML, Shapefile, GeoRSS, GeoJSON, CSV, Excel, PDF, SVG, JPEG, GIF, PNG

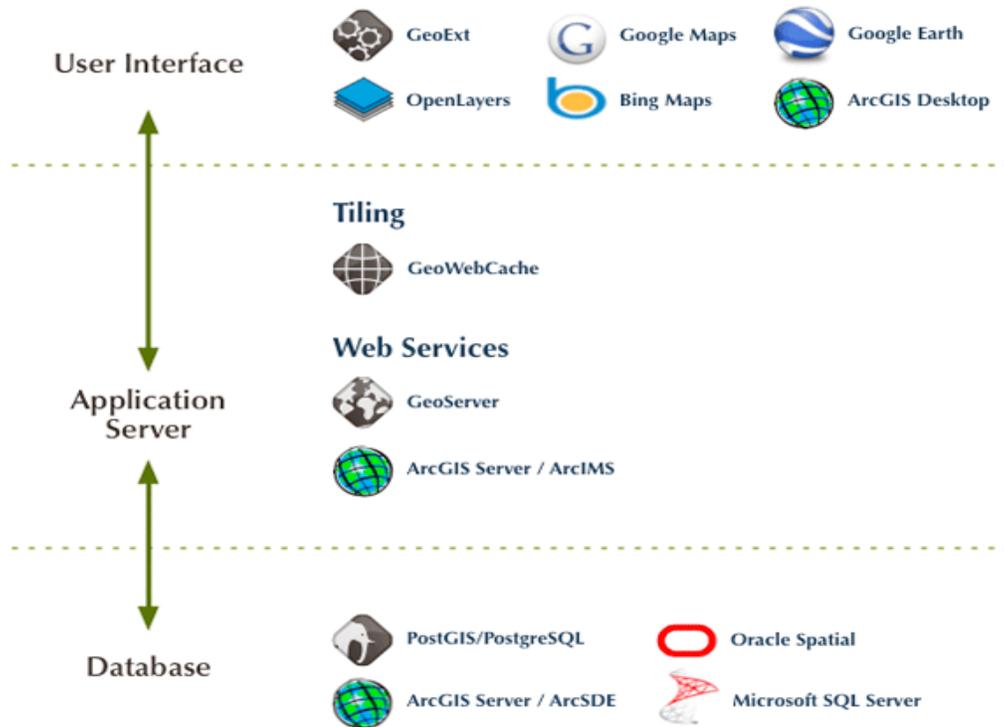
Toda esta interoperabilidad se resume en la figura 28 y las capas del modelo arquitectónico y sus componentes en la figura 29.

Figura 28. Interoperabilidad IDE OpenGeo Suite



Fuente: Boundlessgeo

Figura 29. Modelo arquitectónico y componentes de OpenGeo Suite



Fuente: Boundlessgeo

Dónde sus componentes fundamentales son:

GeoExt: Es una biblioteca JavaScript que permite la creación de aplicaciones cartográficas en la web. Combina OpenLayers con Ext JS lo que permite un entorno gráfico ágil y funcional de mapas.

OpenLayers: Es una biblioteca JavaScript para visualizar o editar datos geoespaciales en cualquier cliente SIG (Escritorio, navegador web o dispositivo móvil). OpenLayers es desarrollado para promover el uso de la información geográfica de todo tipo y poder mostrar o manipular mosaicos de mapas y sus características de muchas fuentes.

PostGis: Es una extensión de base de datos espaciales para la base de datos objeto-relacional PostgreSQL, añade soporte para objetos geográficos que permiten consultas de ubicación para ejecutarse en SQL.

Geoserver: Es servidor de mapas, permite compartir, analizar y editar datos geoespaciales de fuentes de datos espaciales utilizando estándares abiertos del OGC

GeoWebCache: Es un componente construido dentro de Geoserver que acelera la visualización de mapas en pequeños mosaicos.

GeoExplorer es un visor de mapas Web que permite editar mapas, dar estilos gráficos y publicar mapas.

QGIS: Una aplicación de escritorio para trabajar como mapas y datos Geoespaciales.

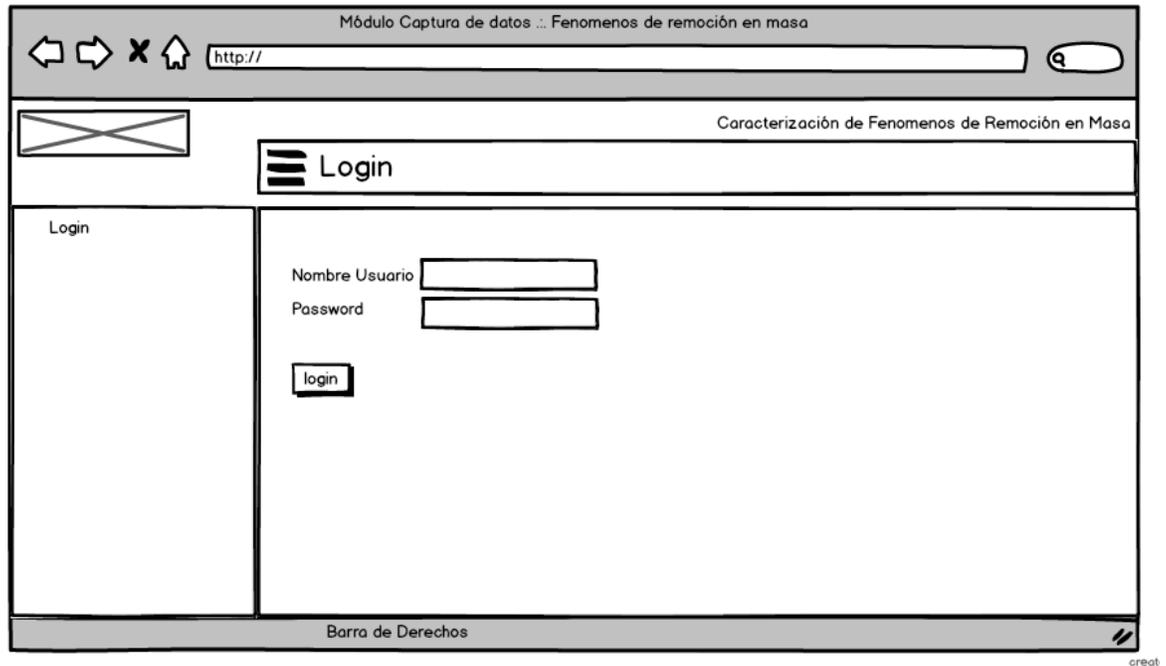
10.10 PROTOTIPOS DE INTERFAZ GRÁFICA DE USUARIO

A continuación, se presentan las principales interfaces gráficas que se deben desarrollar. Para ello se ha tomado como patrón de diseño el **GRID**, por lo tanto, todas las interfaces deben cumplir con dicho patrón de diseño gráfico.

10.10.1 Interfaz validar usuario

Descripción: La figura 30 y la tabla 9 especifican la pantalla para la validación de usuarios en el sistema, definiendo el perfil de acceso y dar inicio al módulo de captura de datos.

Figura 30. Interfaz Validar Usuario



Fuente: Autores

Tabla 9. Eventos Interfaz Validar Usuario

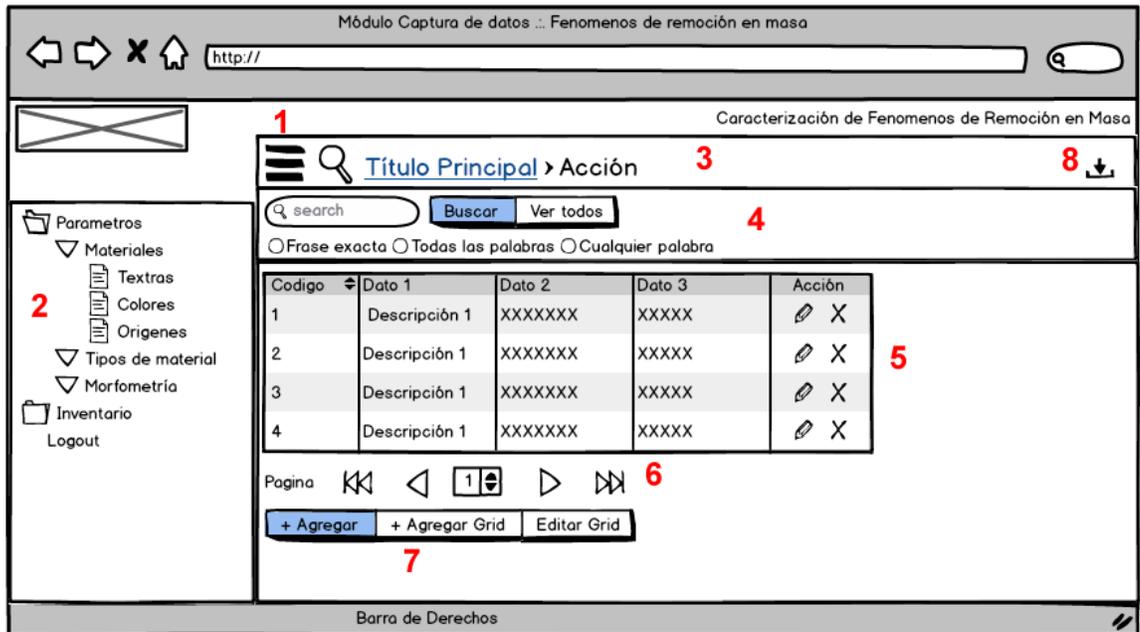
EVENTO	ACCIÓN
Login	Valida el usuario determinando el perfil, si el usuario no es inválido retorna un mensaje de error.

Fuente: Autores

10.10.2 Interfaz Principal

Descripción: La figura 31 y la tabla 10 describen la interfaz principal para acceder a todas las opciones disponibles.

Figura 31. Interfaz Principal



Fuente: Autores

Tabla 10. Eventos Interfaz Principal

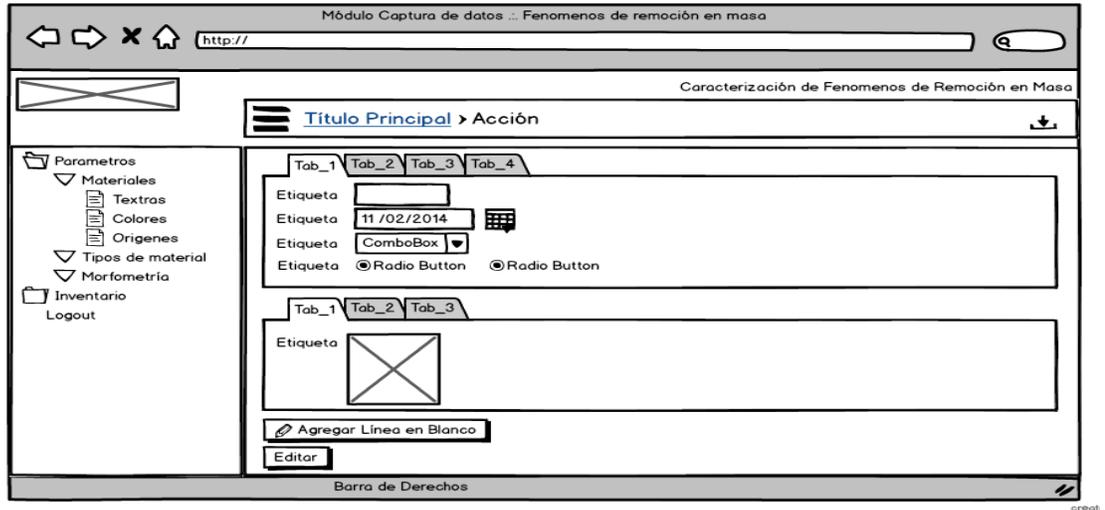
	EVENTO	ACCIÓN
1	Menú adaptable	Permite activar el menú de opciones para vista de escritorio y al seleccionarse se visualice para acceder a las opciones desde un dispositivo móvil (responsive).
2	Menú de Opciones	Permite al Usuario ingresar a los diferentes módulos del sistema según su perfil y permisos establecidos.
3	Breadcrumb	Línea de texto que indica el recorrido seguido y la forma de regresar, está compuesto por la opción y acción (Editar, Agregar, etc).
4	Barra de Búsqueda	Permite realizar búsquedas de diferentes tipos, de los registros actuales.
5	Grid	Listado de los registros actuales de la opción seleccionada, permite adicionar y eliminar los registros seleccionados.
6	Navegación de registros	Esta barra le permite al usuario navegar entre los registros disponibles listados en el GRID.
7	Acciones	Permite realizar múltiples acciones como: Agregar: Un solo registró. Agregar en grid: Agregar múltiples registros. Editar en grid: Edita múltiples registros.
8	Exportar	Permite exportar los registros en formato .DOC, .XLS, .PDF y CSV.

Fuente: Autores

10.10.3 Interfaz captura de datos

Descripción: La figura 32 y la tabla 11 describen la pantalla para capturar los datos al momento de agregar o modificar un registro. En el caso de tener muchos campos se realizan separaciones mediante **TAB`S**

Figura 32. Interfaz captura de datos



Fuente: Autores

Tabla 11. Eventos Interfaz Captura de Datos

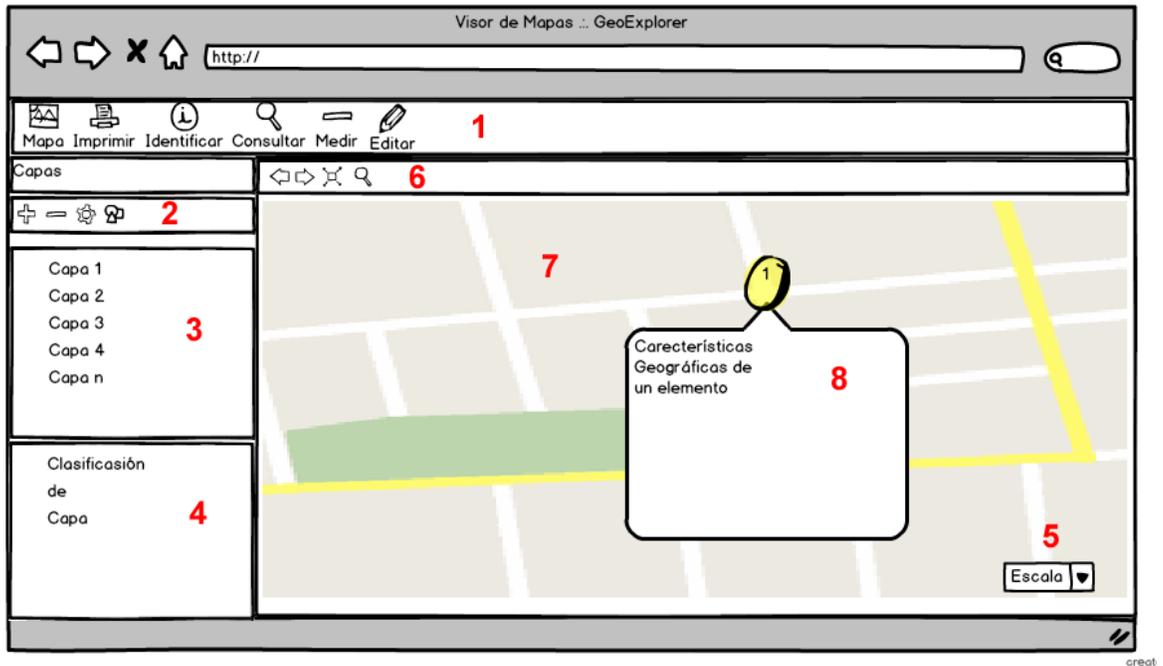
EVENTO	ACCIÓN
Tab	Permite seleccionar los campos disponibles separados por categorías en los TAB.
Acciones	Permite realizar múltiples acciones como: Editar: Un solo registró. Agregar Línea en Blanco: Crea una un registro en blanco.

Fuente: Autores

10.10.4 Interfaz visor de mapas

Descripción: La figura 33 y la tabla 12 describen la pantalla que permite a los usuarios del sistema, acceder a los servicios web geográficos WFS y WMS, por medio de un navegador, un cliente o un visor de mapas del geoportal.

Figura 33. Interfaz Visor de Mapas



Fuente: Autores

Tabla 12. Eventos Interfaz Visor de Mapas

	EVENTO	ACCIÓN
1	Barra de mapas	Permite al usuario, exportar, imprimir, consultar, medir, editar e identificar elementos geográficos de la capa seleccionada.
2	Barra de Capas	Permite agregar, eliminar, parametrizar y dar estilos gráficos a una capa (SDL).
3	Capas	Permite seleccionar una capa de mapas específica.
4	Clasificación Capa	Visualiza la clasificación de la capa según consultas SQL y estilos SDL
5	Escala	Permite seleccionar la escala de visualización ej. 1:5000
6	Barra de visualización	Permite al usuario realizar zoom y moverse por el mapa o capa.
7	Mapas	Visualiza la capa y sus atributos sobre un mapa base
8	Identificación	Muestra información de un punto geográfico

Fuente: Autores

10.11 DOCUMENTO DE LA ARQUITECTURA DEL SISTEMA

10.11.1 Propósito.

En el siguiente apartado se presenta la visión general de la arquitectura de:

- La AppWeb GIS utilizando LBS (Location Based Services)
- La infraestructura tecnológica (GIS) Geographic Information System, expresada en “servicios” como patrón de diseño
- La integración de la AppWeb GIS - LBS, con la infraestructura tecnológica GIS expresada en servicios para el inventario y caracterización de fenómenos de remoción en masa.

Representada a través de las siguientes vistas arquitectónicas que involucran diferentes aspectos.

- Diagramas de secuencia
- Diagrama de clases
- Diagrama de componentes
- Diagrama arquitectónico o de alto nivel
- Diagrama de despliegue
- Modelado BD

10.11.2 Referencias

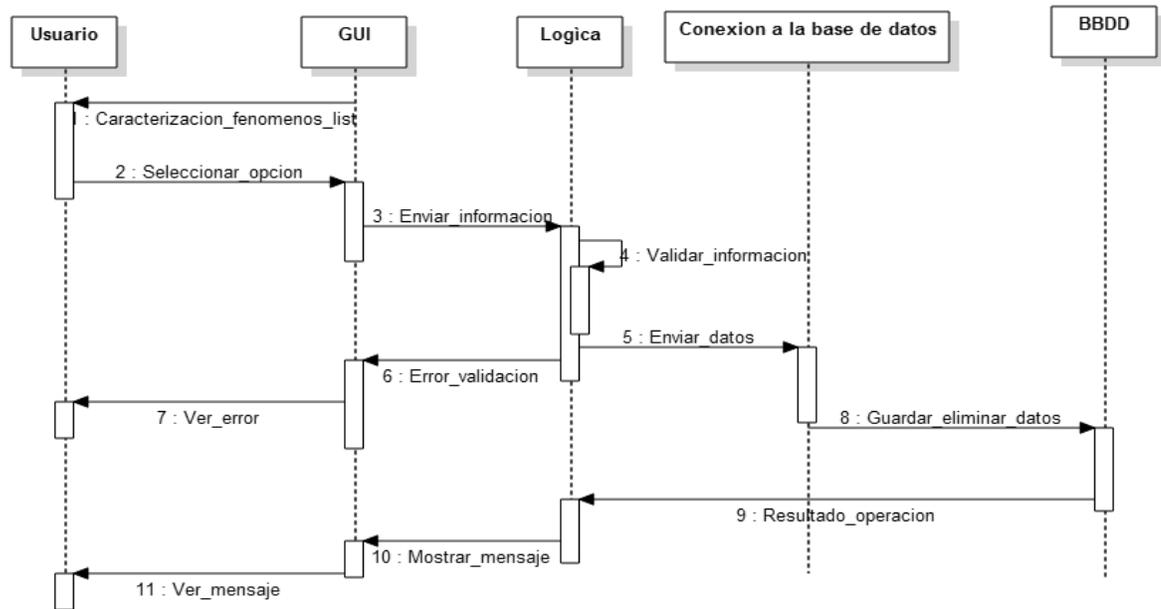
Se toman como referencia los siguientes documentos:

- Listado de requisitos del sistema.
- Documento de la visión del sistema.
- Modelo del negocio
- Caracterización de la infraestructura tecnológica SIG
- Especificación de requisitos o de casos de uso.
- Plan de desarrollo.

10.11.3 Diagramas de secuencia

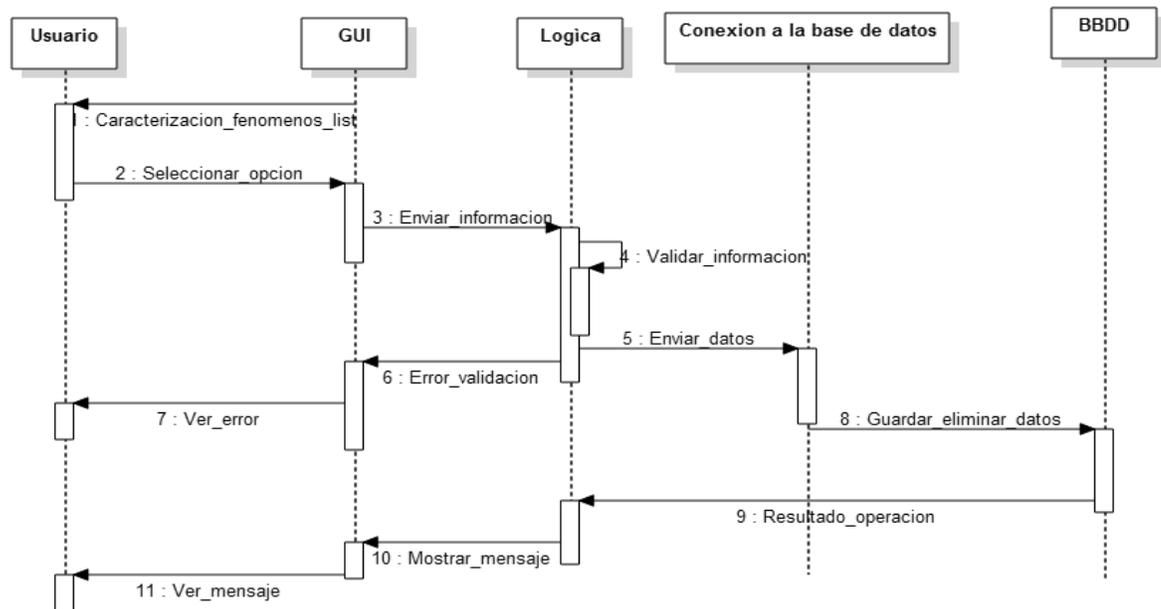
Las figuras 34 a la 54 describen la vista dinámica de la AppWeb GIS usando LBS, la interacción y secuencia de mensajes entre las clases identificadas, los componentes, subsistemas y actores, a través de los diagramas de secuencia.

Figura 34. Diagrama de secuencia Validar Usuario.



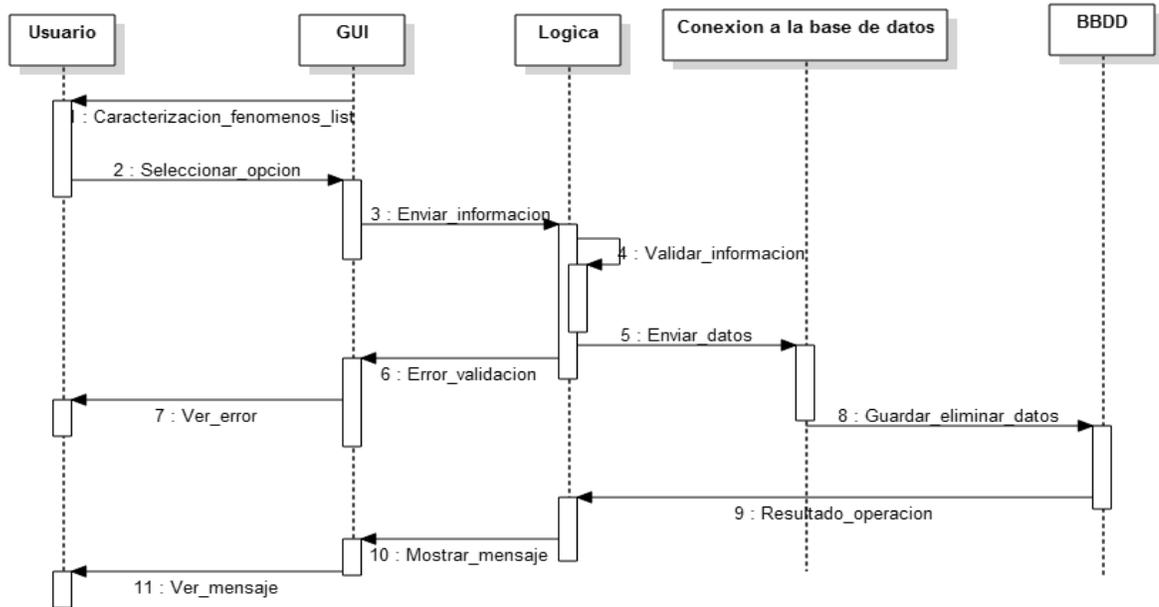
Fuente: Autores.

Figura 35. Diagrama de secuencia gestionar Perfiles de Usuarios y Permisos



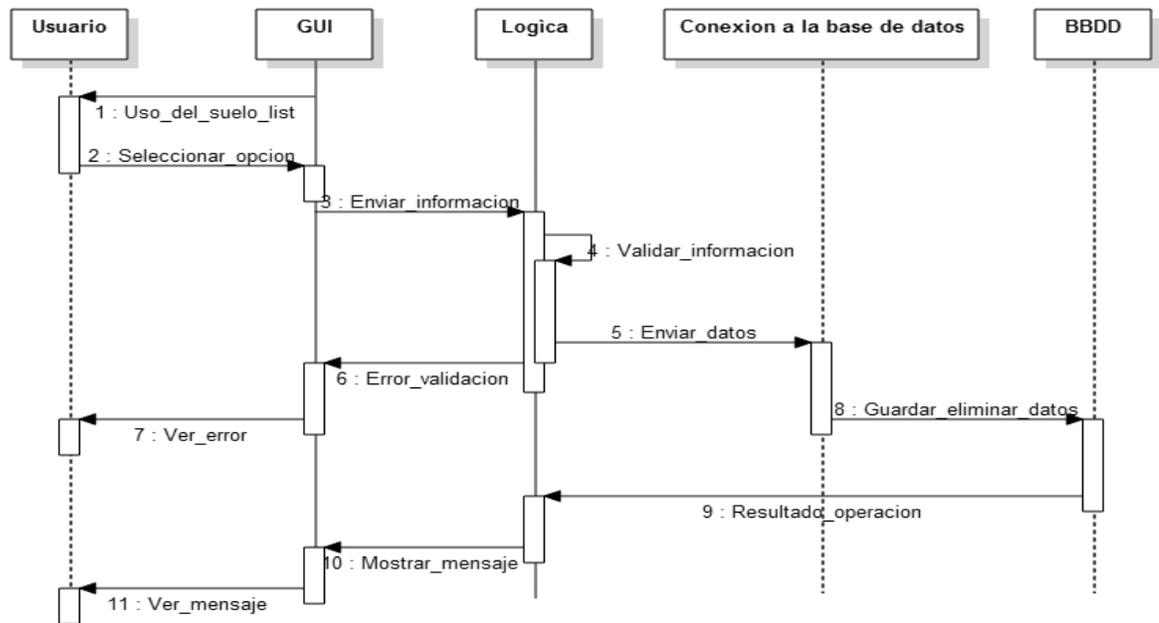
Fuente: Autores.

Figura 36. Diagrama de secuencia Administrar Caracterización de Fenómenos



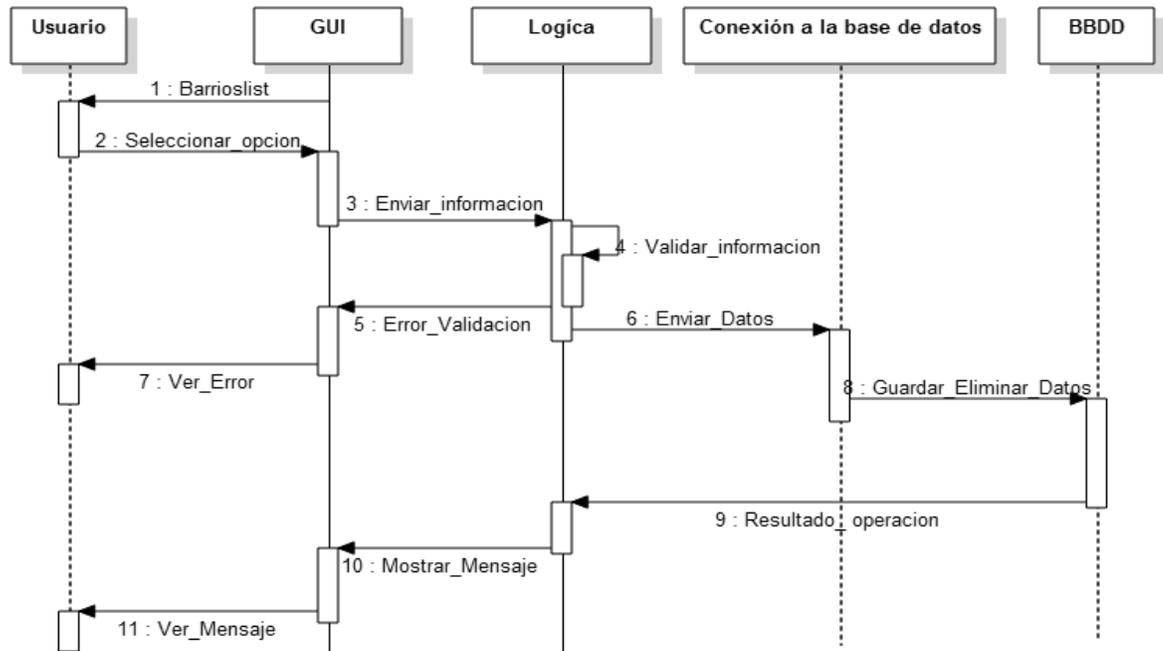
Fuente: Autores

Figura 37. Diagrama de secuencia Administrar Uso del Suelo.



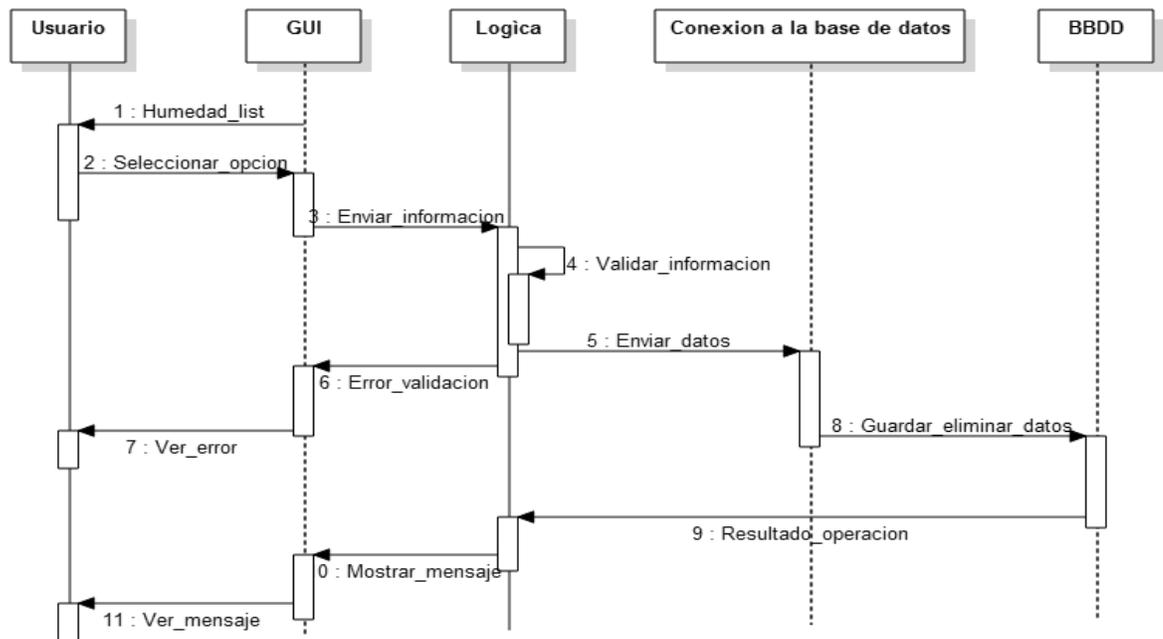
Fuente: Autores

Figura 38. Diagrama de secuencia Administrar Barrios



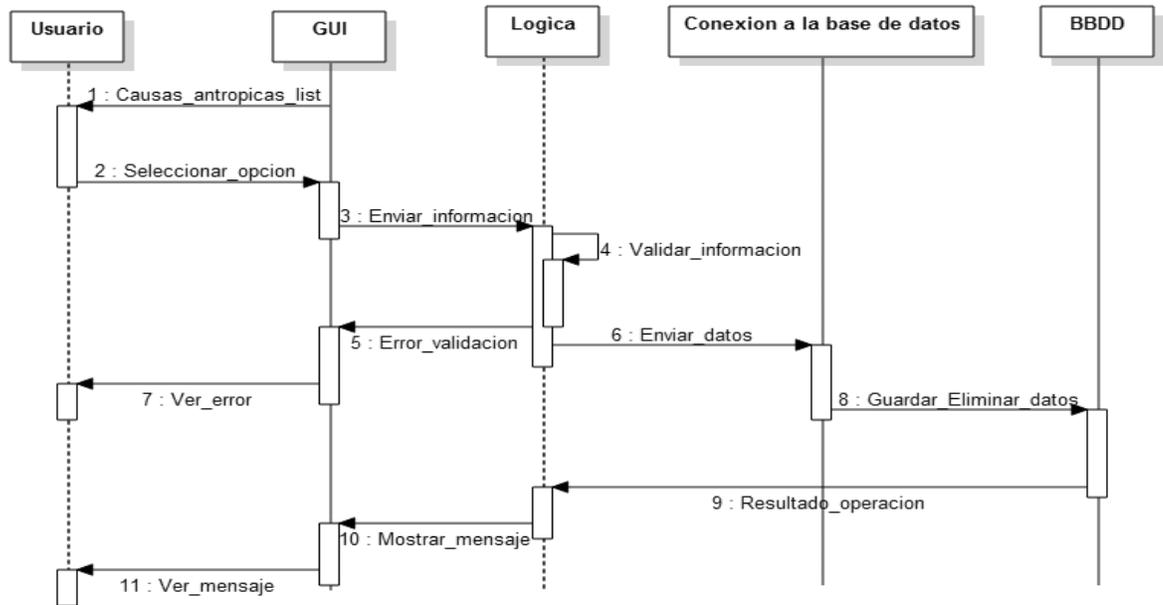
Fuente: Autores

Figura 39. Diagrama de secuencia Administrar humedad.



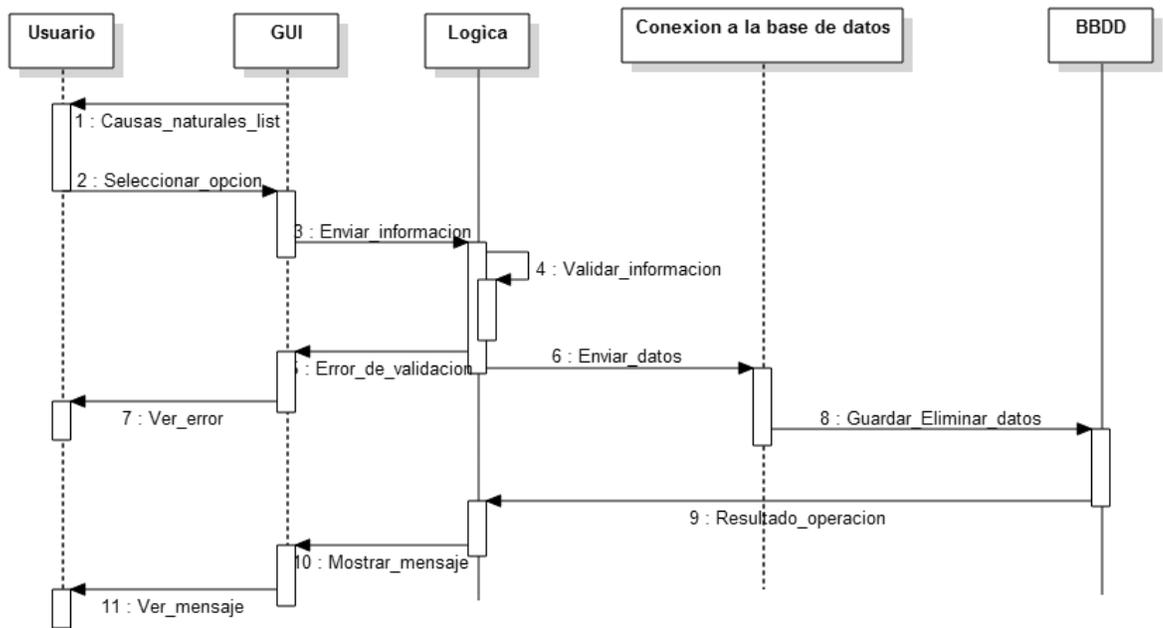
Fuente: Autores

Figura 40. Diagrama de secuencia Administrar Causas Antrópicas



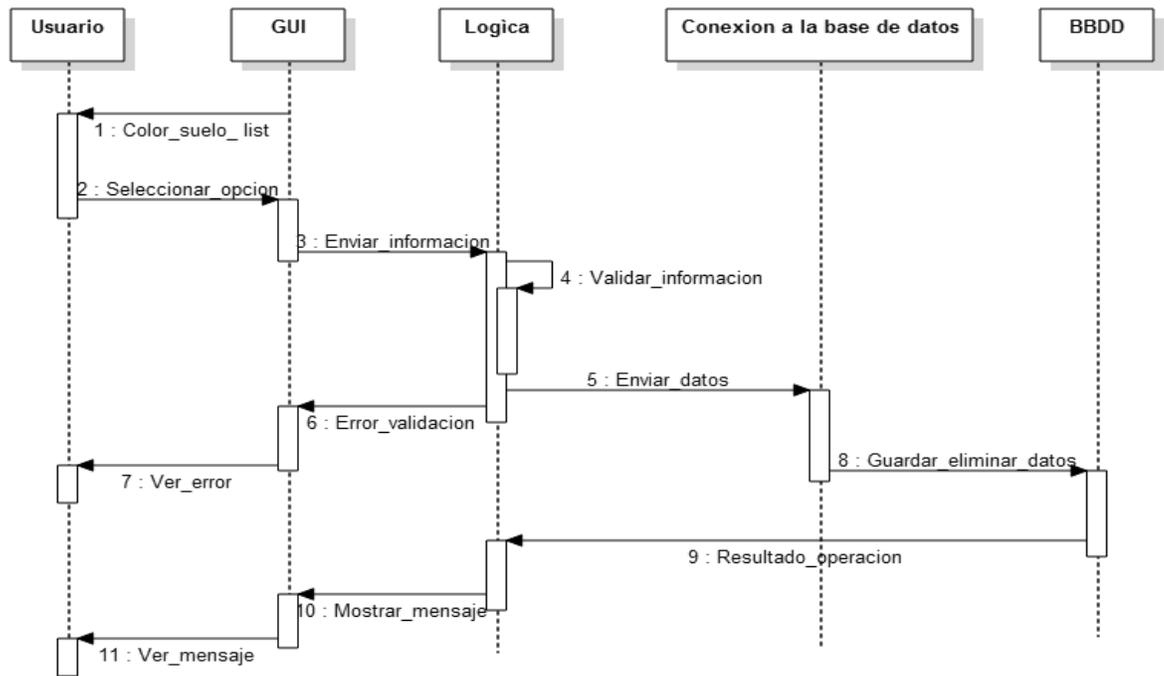
Fuente: Autores

Figura 41. Diagrama de secuencia Administrar Causas Naturales



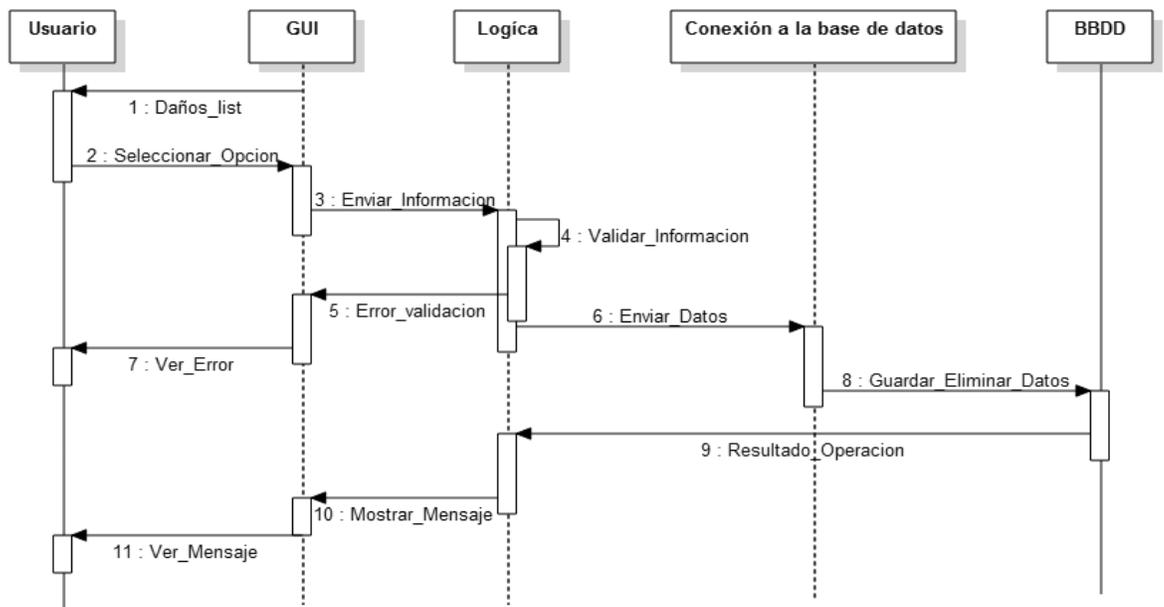
Fuente: Autores

Figura 42. Diagrama de secuencia Administrar Color del Suelo.



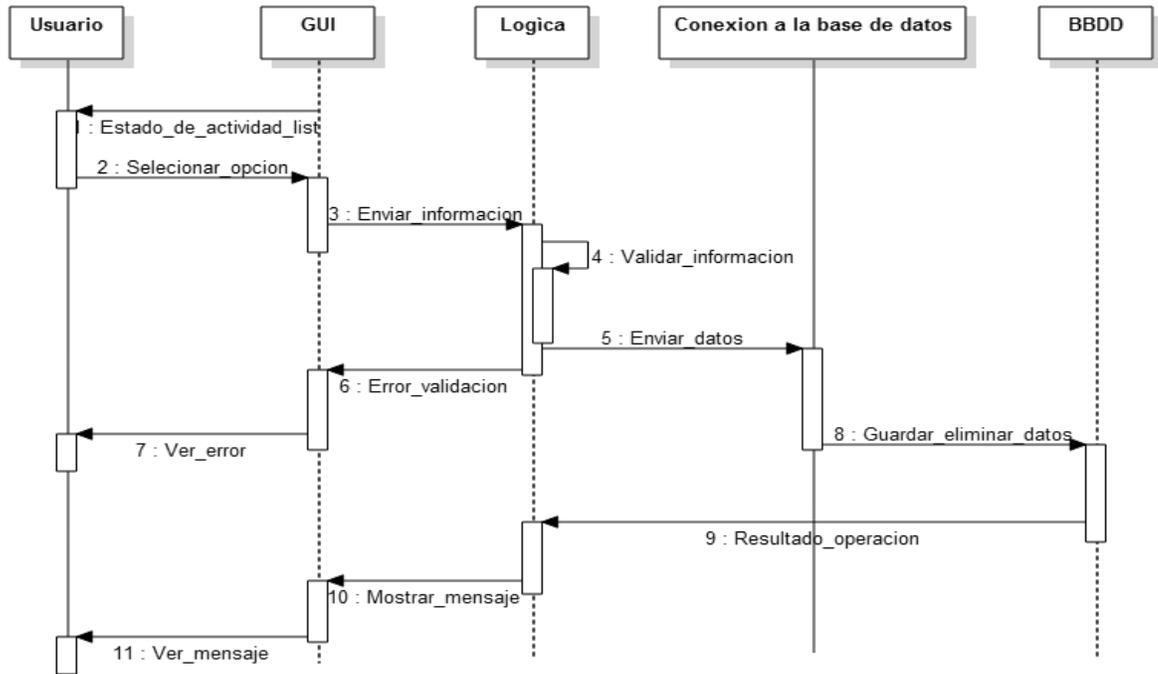
Fuente: Autores

Figura 43. Diagrama de secuencia Administrar Daños



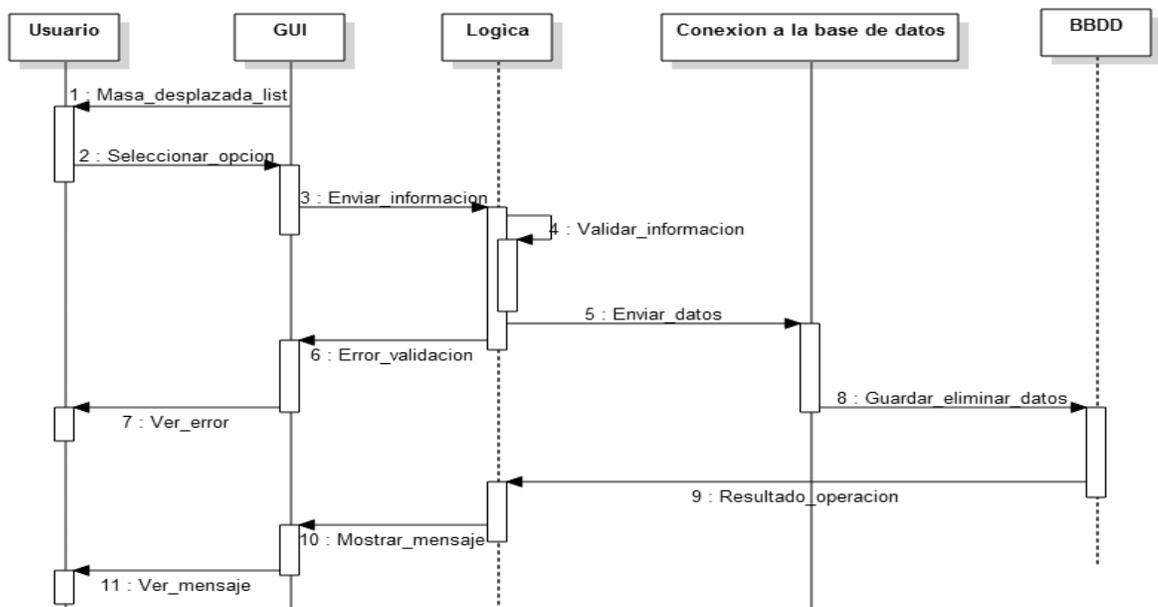
Fuente: Autores

Figura 44. Diagrama de secuencia Administrar estados de actividad



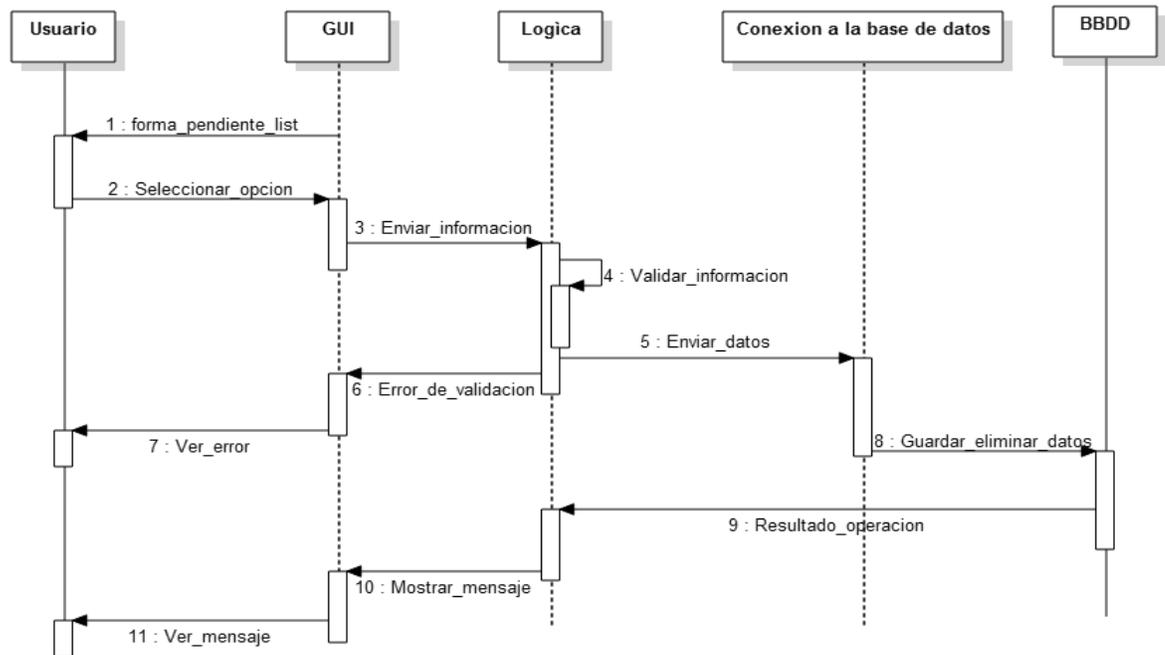
Fuente: Autores

Figura 45. Diagrama de secuencia Administrar Masa Desplazada.



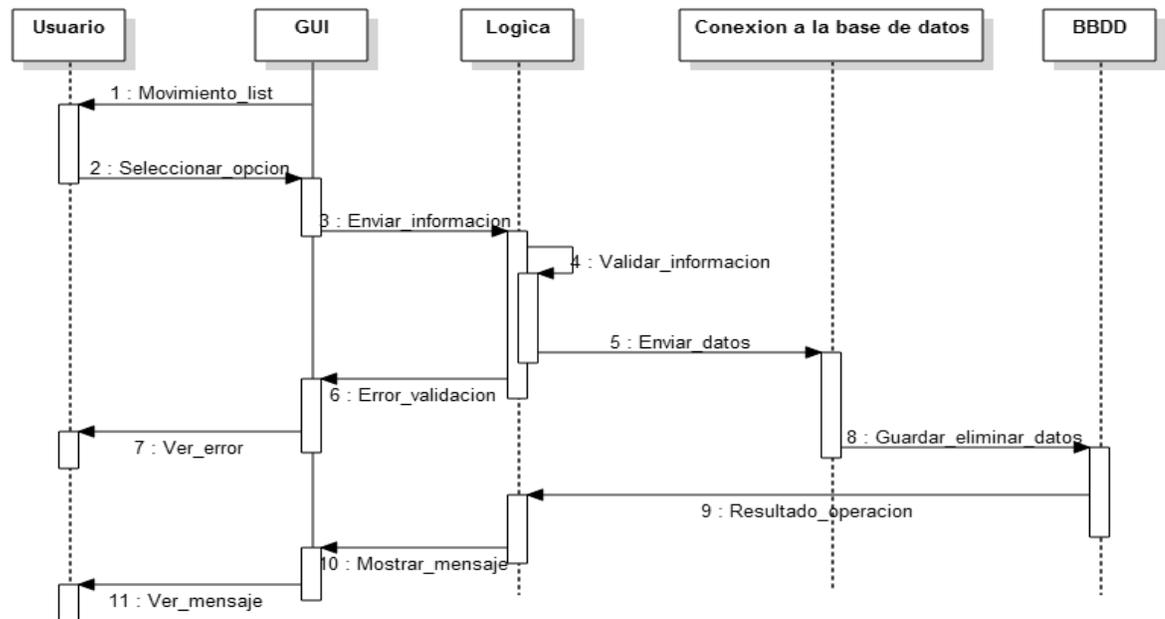
Fuente: Autores

Figura 46. Diagrama de secuencia Administrar Forma de la Pendiente.



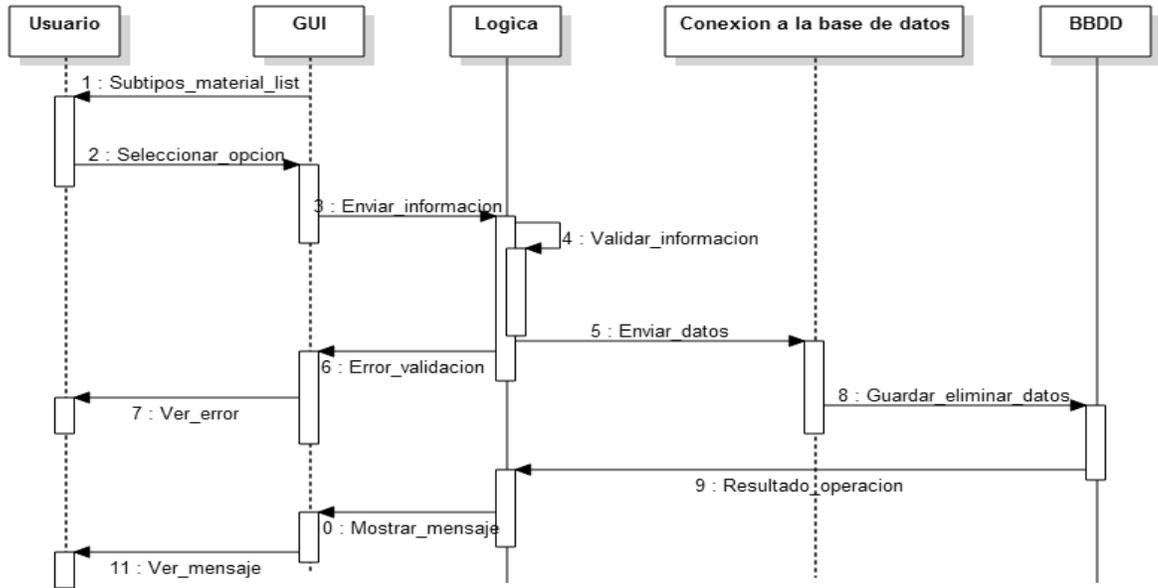
Fuente: Autores

Figura 47. Diagrama de secuencia Administrar Tipos de Movimiento



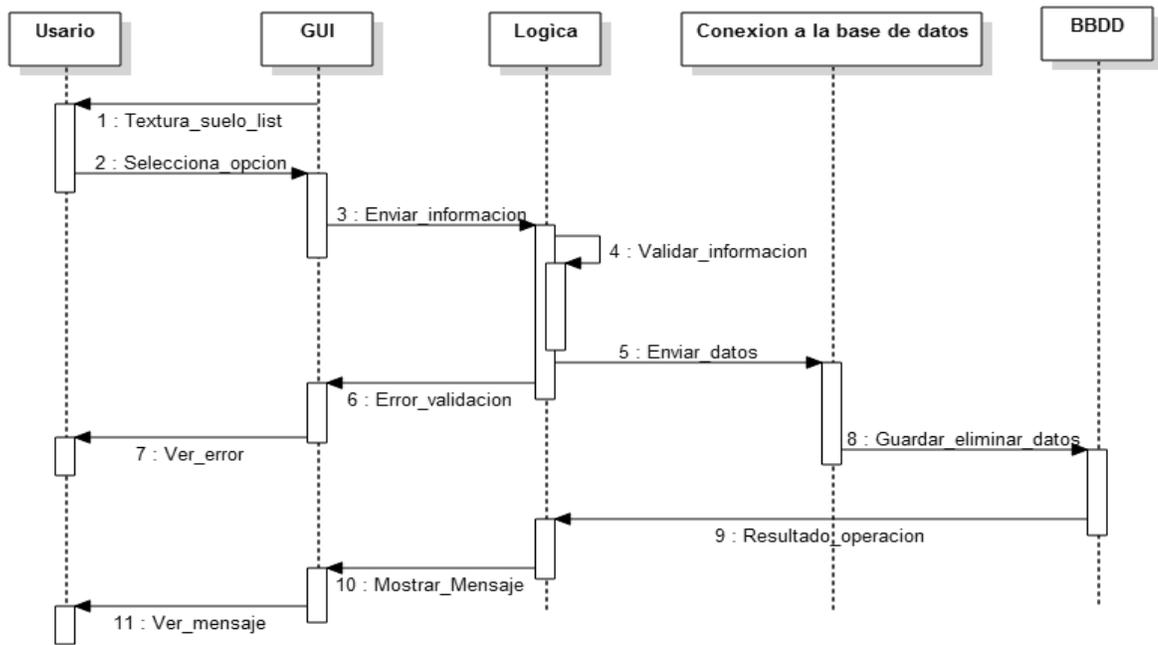
Fuente: Autores

Figura 50. Diagrama de secuencia Administrar Subtipos de Material.



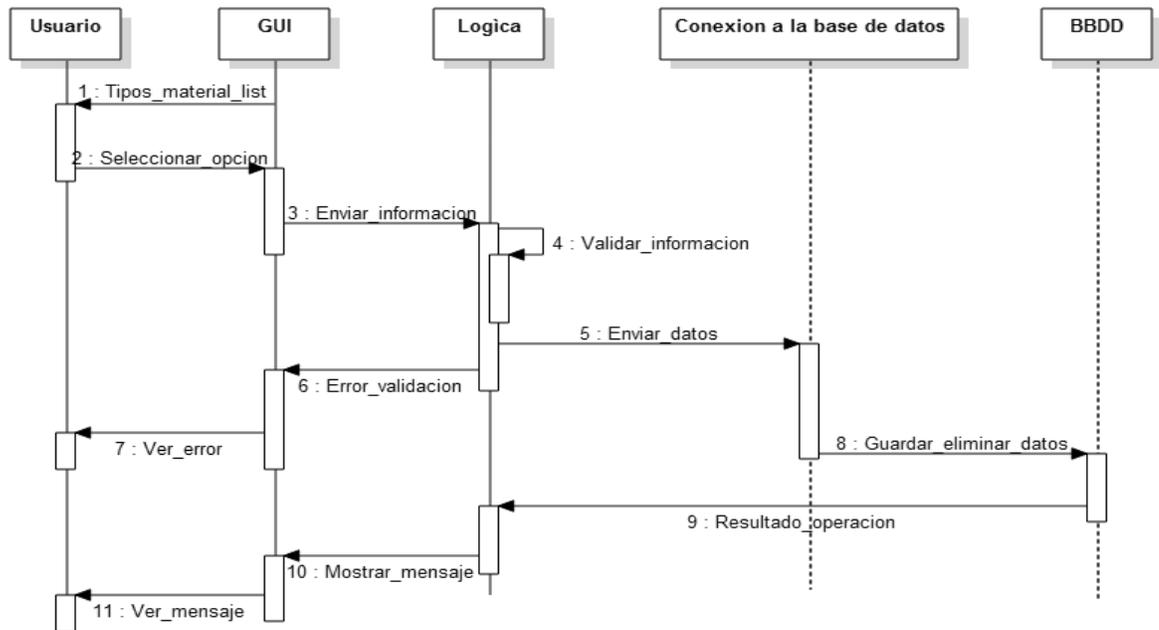
Fuente: Autores

Figura 51. Diagrama de secuencia Administrar Textura del Suelo



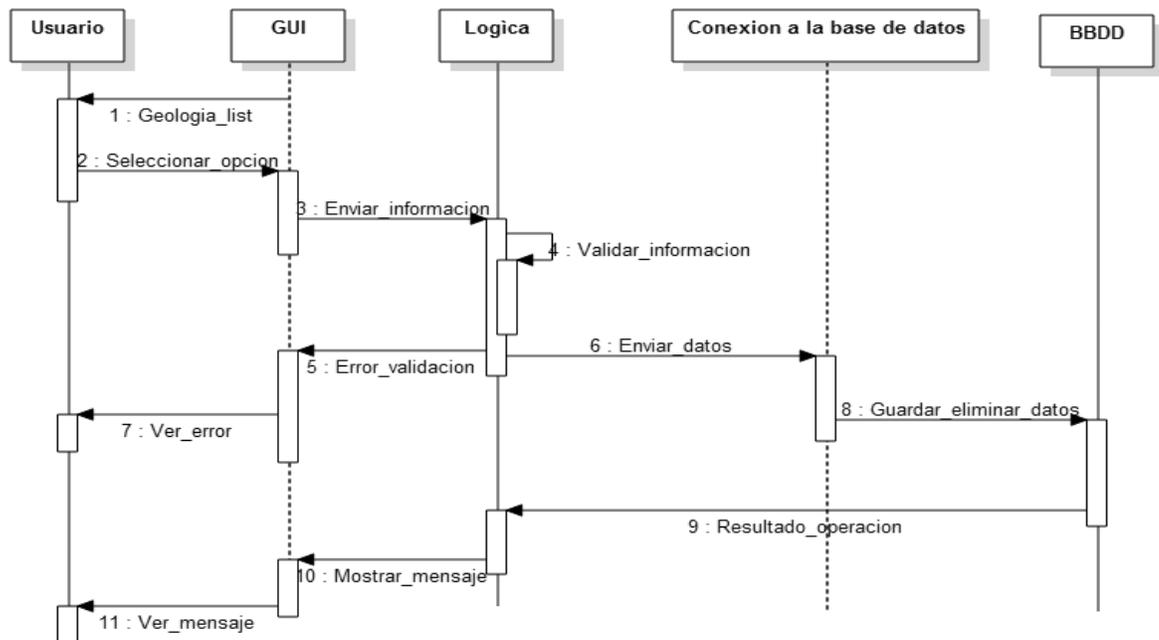
Fuente: Autores

Figura 52. Diagrama de secuencia Administrar Tipos de Material.



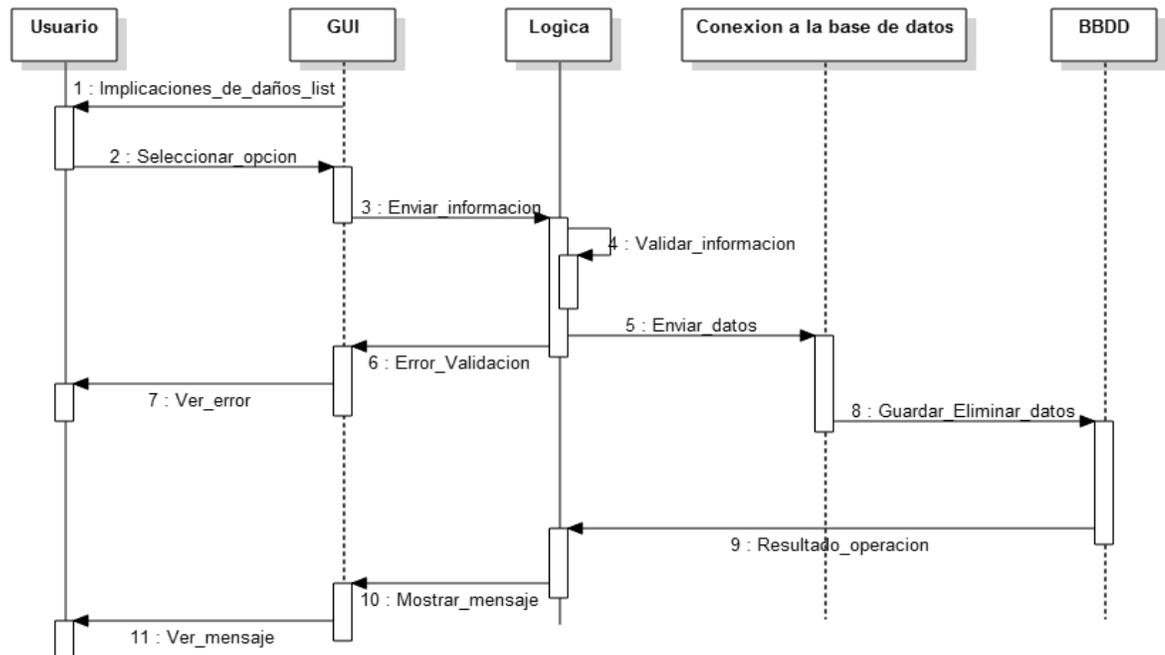
Fuente: Autores

Figura 53, Diagrama de secuencia Administrar Geología



Fuente: Autores

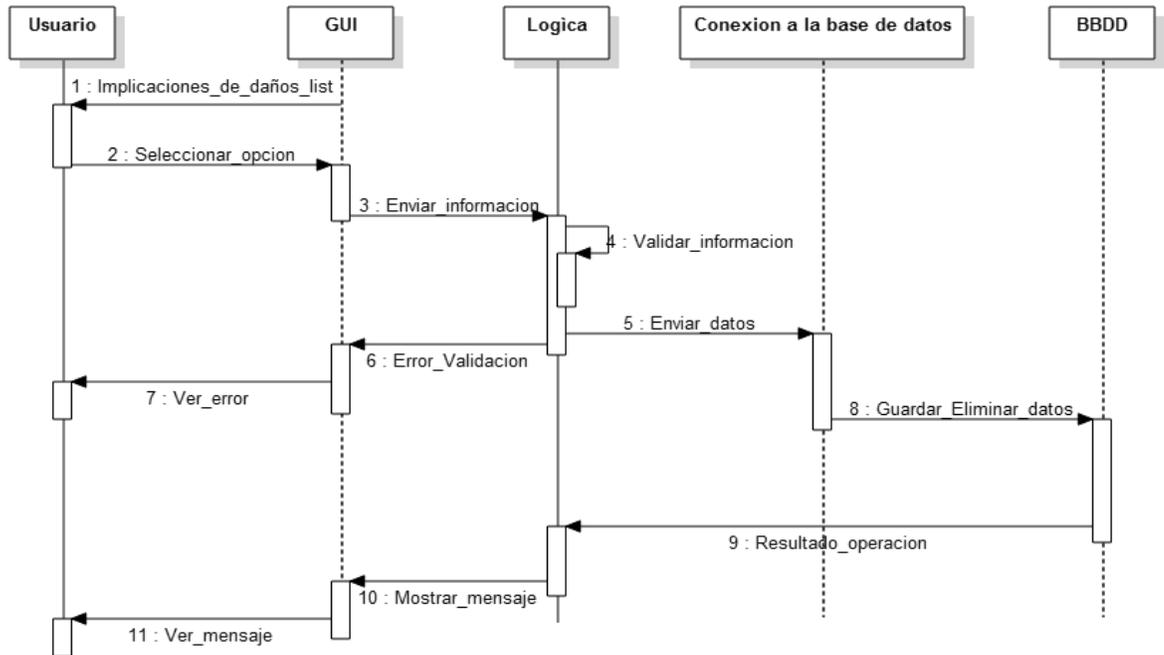
Figura 54. Diagrama de secuencia Administrar implicaciones de Daños



Fuente: Autores

La figura 55 describe la vista dinámica del visor de mapas mediante un navegador o una aplicación cliente GIS, la interacción y secuencia de mensajes componentes, subsistemas y actores.

Figura 55. Diagrama de secuencia Acceder a Servicios Geográficos Web



Fuente: Autores

10.11.4 Diagrama de clases

La figura 56, describe la estructura estática de la AppWeb GIS – LBS, las clases que la componen y la relación entre ellas.

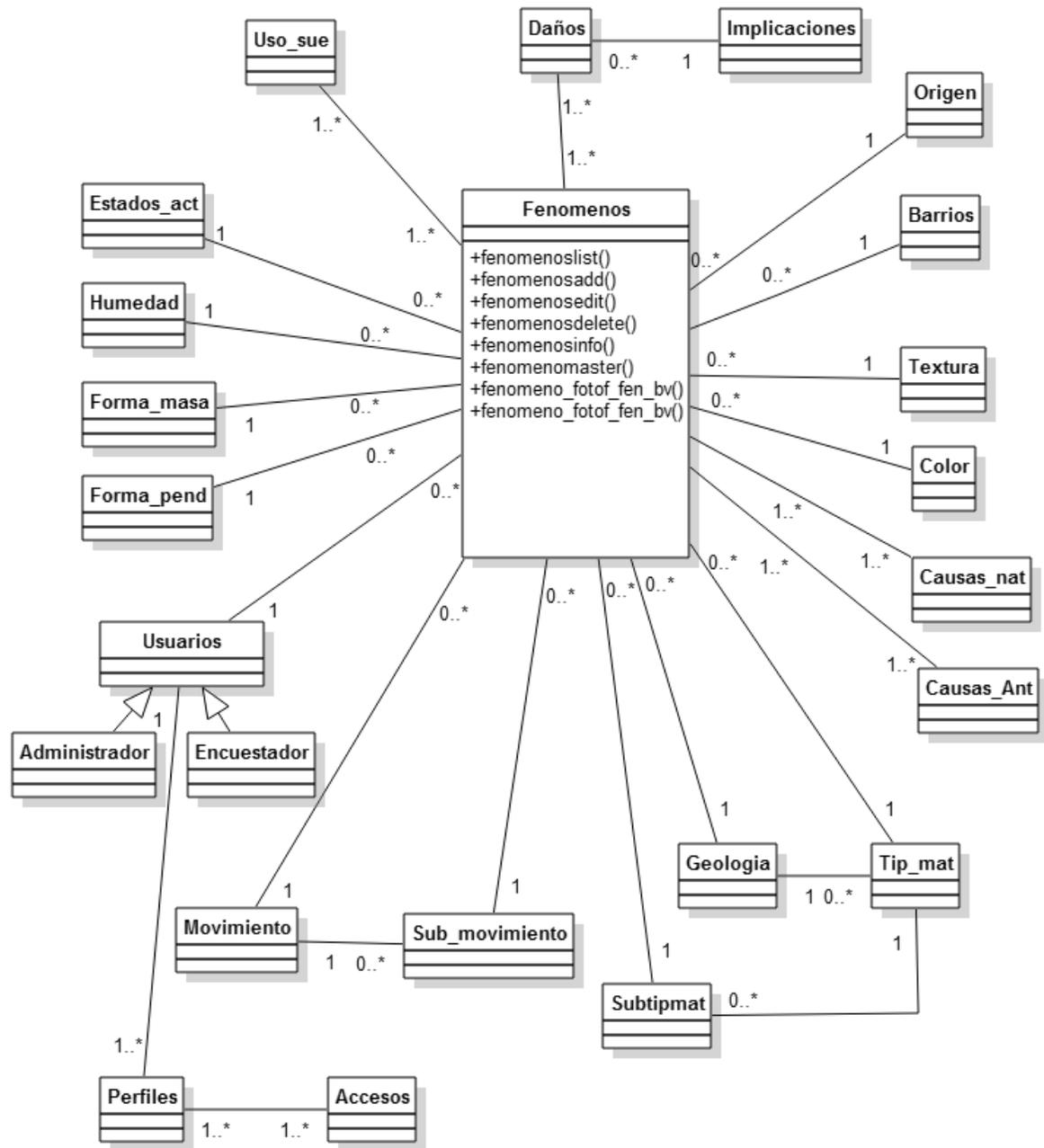
Todas las clases identificadas tienen operaciones generales, bajo la sintaxis **nombre/clase/operación ()**, donde **operación**, son las que se indican en la tabla 13.

Tabla 13. Métodos generales a todas las clases.

Operación o Método	Descripción
list()	Lista de los registros de la clase
delete()	Borra un registro teniendo en cuenta la integridad referencial para clases con asociación muchas a muchas
add()	Adiciona uno o múltiples registros.
edit()	Edita uno o múltiples registros.
info()	Contiene información referente a la clase, como persistencia, nombre de atributos y operaciones.

Fuente: Autores

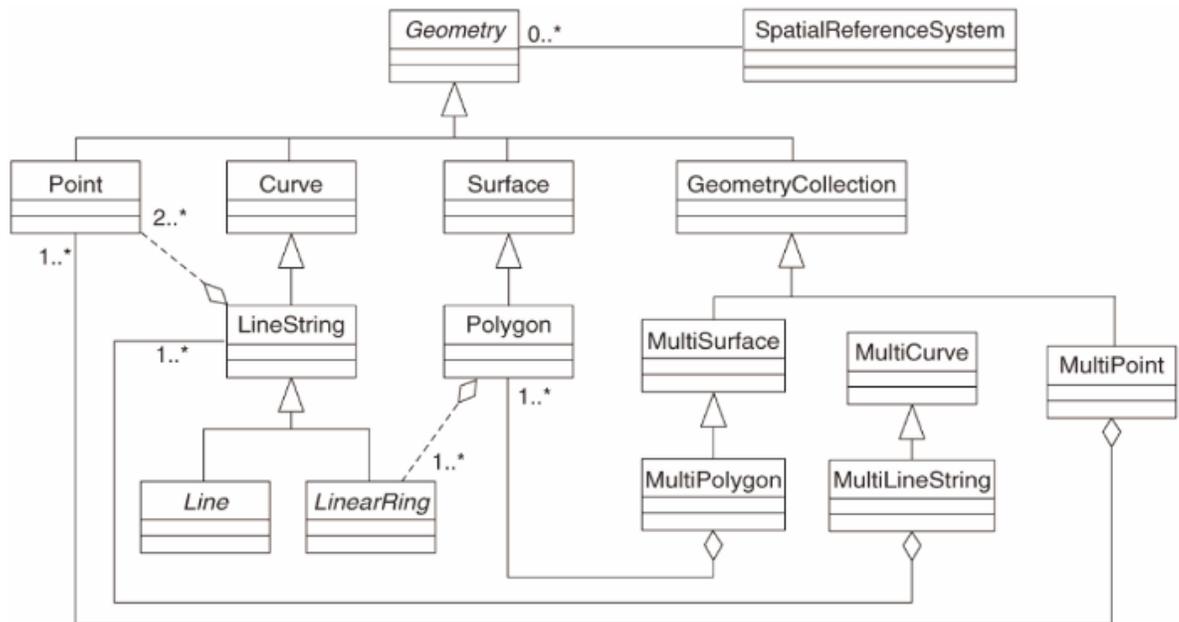
Figura 56. Diagrama de clases AppWeb GIS



Fuente: Autores

Para la definición de las geometrías que son almacenadas en la base de datos, la OGC (Open Geospatial Consortium), recomienda el esquema de generalización, representado en el siguiente diagrama de clases. (Figura 75).

Figura 57. Diagrama de clases Geometría.

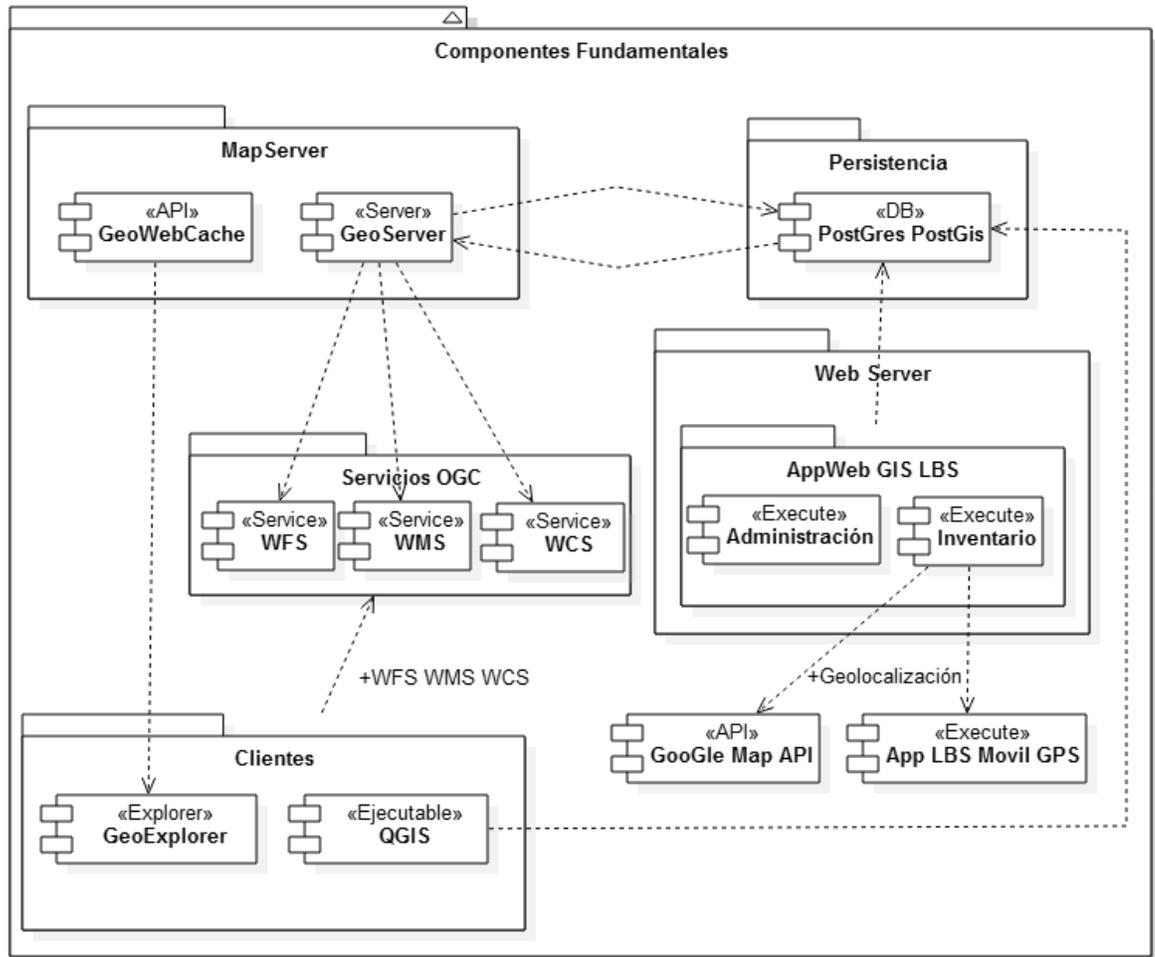


Fuente: Open Geospatial Consortium

10.11.5 Diagrama de componentes fundamentales

La figura 58 muestra el diagrama de componentes, el cual visualiza la estructura general de la Infraestructura tecnológica (GIS) Geographic Information System, expresada en “servicios” como patrón de diseño y su integración con la AppWeb GIS LBS, para el inventario y caracterización de fenómenos de remoción en masa y el comportamiento de los servicios que los componentes proporcionan y utilizan a través de las interfaces.

Figura 58. Diagrama de componentes fundamentales



Fuente: Autores

10.11.6 Diagrama arquitectónico o de alto Nivel

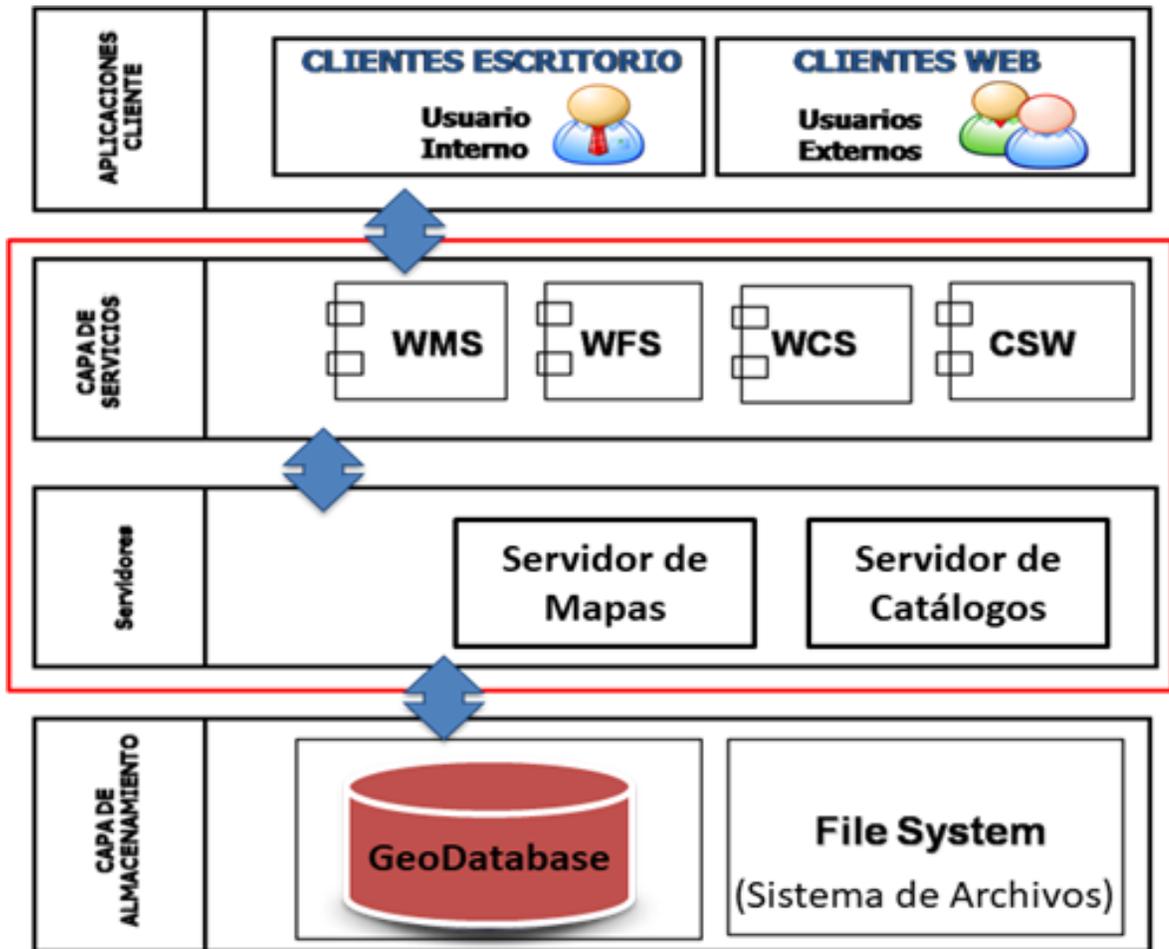
Para el diseño e implementación de la infraestructura tecnológica SIG basada en servicios como patrón de diseño y su integración con la AppWeb GIS desarrollada y posteriores desarrollos (**escalabilidad**), se recurre al patrón arquitectónico **Modelo - Vista - Controlador** (MVC) el cual permite la separación entre la lógica y la vista o interfaz gráfica, mediante un controlador que los mantiene desacoplados. Las diferentes capas se organizan en paquetes, como se aprecia en la figura 61 (Diagrama de componentes fundamentales).

Cuando se implementan o desarrollan infraestructuras de datos espaciales el modelo vista controlador (MVC) está representado por una arquitectura orientada a servicios o también conocida como arquitectura de servicios Web OGC (Figura 59).

El modelo funcional de la arquitectura orientada a servicios, es crear servicios funcionales en el ámbito geoespacial para publicarlos en diferentes registros o catálogos, para que el cliente los pueda encontrar, enlazar y utilizar.

El principal servicio de esta arquitectura WFS (*Web Feature Service*), es proporcionar a los usuarios acceso a la información espacial a través de una red distribuida, pero requiere de componentes o servicios adicionales de software como WCS (*Web Coverage Service*), WMS (*Web Map Service*) para permitir crear, editar, y consultar información en línea.

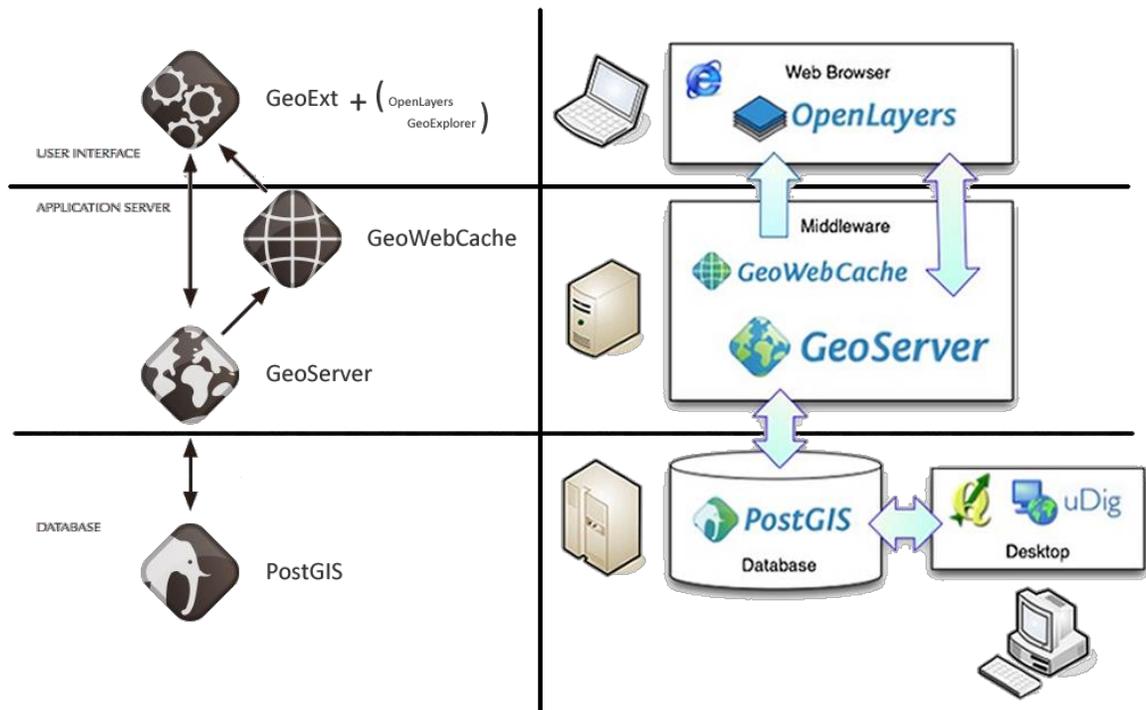
Figura 59. Arquitectura Orientada a Servicios



Fuente: Autores adaptación del IGAC

La arquitectura de servicios propuesta se materializa con la implementación de una arquitectura cliente/servidor, dónde el eje de la arquitectura es OpenGeo Suite, como infraestructura de datos espaciales (Figura 60).

Figura 60. Arquitectura Cliente/Servidor OpenGeo Suite

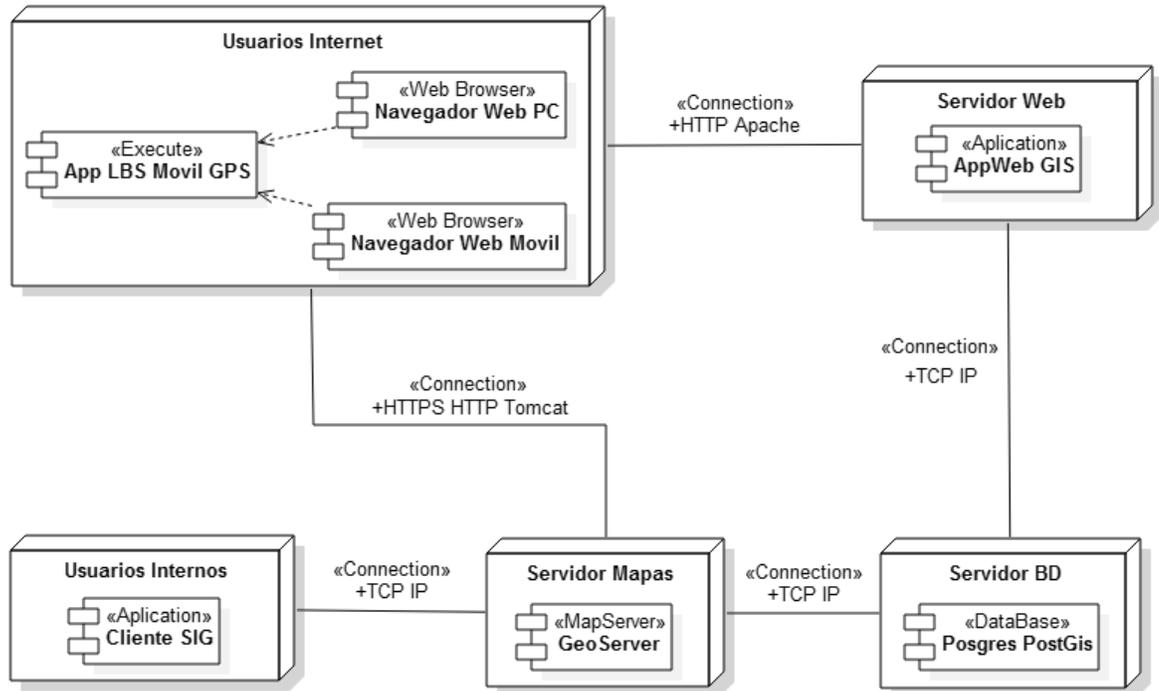


Fuente: Autores (Composición de imágenes Boundlessgeo)

10.11.7 Diagrama o vista de despliegue

La figura 61, modela el hardware utilizado en la implementación de la infraestructura tecnológica SIG y las relaciones entre componentes, AppWeb GIS, es decir la modela un mapa SW/HW, al igual que los diagramas de componentes y la dependencia entre ellos.

Figura 61. Diagrama de despliegue



Fuente: Autores

10.11.8 Documento de diseño de BD

Este apartado presenta el diseño de la base de datos de la AppWeb GIS – LBS, así:

Cuadro 11: Lista de entidades

Cuadro 12: Lista de relaciones

Figura 62: Diagrama entidad/relación

Cuadro 11. Lista de entidades.

Name	Primary key constraint name
Barrios	PK_barrios
causas_ant	PK_causas_ant
causas_ant_fenomeno	PK_causas_ant_fenomeno
causas_nat	PK_causas_nat
causas_nat_fenomeno	PK_causas_nat_fenomeno
Color	PK_color
Danos	PK_danos
danos_fenomeno	PK_danos_fenomeno
estados_act	PK_estados_act
Fenomeno	PK_fenomeno
forma_masa	PK_forma_masa
forma_pend	PK_forma_pend
Geologia	PK_geologia
Geologia_fenomeno	PK_geologia_fenomeno
Humedad	PK_humedad
implicaciones	PK_implicaciones
movimiento	PK_movimiento
Origen	PK_origen
Subtipmat	PK_subtipmat
sub_movimiento	PK_sub_movimiento
Textura	PK_textura
tip_mat	PK_tip_mat
userlevelpermissions	PK_userlevelpermissions
Userlevels	PK_userlevels
uso_sue	PK_uso_sue
uso_sue_fenomeno	PK_uso_sue_fenomeno
Usuarios	PK_usuarios

Fuente: Autores

Cuadro 12. Lista de relaciones.

Name	Parent	Child	Cardinality
barrios_fenomeno	barrios	Fenomeno	Zero Or More
causas_ant_causas_ant_fenomeno	causas_ant	causas_ant_fenomeno	Zero Or More
causas_nat_causas_nat_fenomeno	causas_nat	causas_nat_fenomeno	Zero Or More
color_fenomeno	color	Fenomeno	Zero Or More
danos_danos_fenomeno	danos	danos_fenomeno	Zero Or More
estados_act_fenomeno	estados_act	Fenomeno	Zero Or More
fenomeno_causas_ant_fenomeno	fenomeno	causas_ant_fenomeno	Zero Or More
fenomeno_causas_nat_fenomeno	fenomeno	causas_nat_fenomeno	Zero Or More
fenomeno_danos_fenomeno	fenomeno	danos_fenomeno	Zero Or More
fenomeno_geologia_fenomeno	fenomeno	geologia_fenomeno	Zero Or More
fenomeno_uso_sue_fenomeno	fenomeno	uso_sue_fenomeno	Zero Or More
forma_masa_fenomeno	forma_masa	Fenomeno	Zero Or More

Cuadro 12 (Continuación)

Name	Parent	Child	Cardinality
forma_pend_fenomeno	forma_pend	Fenomeno	Zero Or More
geologia_geologia_fenomeno	geologia	geologia_fenomeno	Zero Or More
geologia_tip_mat	geologia	tip_mat	Zero Or More
humedad_fenomeno	humedad	Fenomeno	Zero Or More
implicaciones_danos_fenomeno	implicaciones	danos_fenomeno	Zero Or More
movimiento_fenomeno	movimiento	Fenomeno	Zero Or More
movimiento_sub_movimiento	movimiento	sub_movimiento	Zero Or More
origen_fenomeno	origen	Fenomeno	Zero Or More
subtipmat_geologia_fenomeno	subtipmat	geologia_fenomeno	Zero Or More
sub_movimiento_fenomeno	sub_movimiento	Fenomeno	Zero Or More
textura_fenomeno	textura	Fenomeno	Zero Or More
tip_mat_geologia_fenomeno	tip_mat	geologia_fenomeno	Zero Or More
tip_mat_subtipmat	tip_mat	subtipmat	Zero Or More
userlevels_userlevelpermissions	userlevels	userlevelpermissions	Zero Or More
userlevels_usuarios	userlevels	usuarios	Zero Or More
uso_sue_uso_sue_fenomeno	uso_sue	uso_sue_fenomeno	Zero Or More
usuarios_fenomeno	usuarios	fenomeno	Zero Or More

Fuente: Autores

10.12 MODELO DE IMPLEMENTACION

El diseño arquitectónico se materializa en un sistema de software que tiene como última representación el código fuente de los componentes de la AppWeb GIS – LBS, la instalación y configuración de la infraestructura tecnológica GIS expresada en servicios como patrón de diseño y la integración entre estas.

Acompaña el código fuente, los elementos de soporte necesarios para realizar la construcción de los componentes, de manera que facilite su uso, su escalabilidad y mantenimiento, por lo tanto una vez analizados los requisitos funcionales y no funcionales, se implementa una herramienta como aplicación web por su orientación a múltiples usuarios, independencia de las máquinas donde se ejecute y a la localización geográfica de contenidos, orientada a un uso online, donde los contenidos dependen de las aportaciones de diferentes usuarios en diferentes locaciones geográficas.

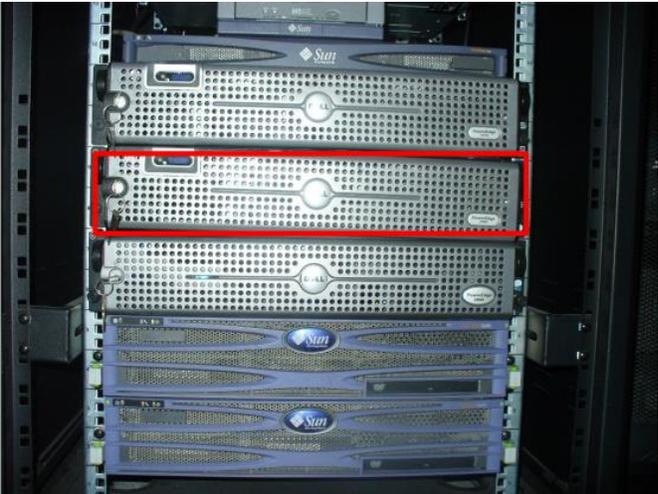
De manera adicional, se desarrolla un componente standalone LBS, para dispositivos móviles android, esto como herramienta de apoyo opcional en la recolección de datos. Dado el caso de no contar con GPS, los dispositivos móviles puedan actuar como tal.

Las tecnologías utilizadas en la implementación de la infraestructura tecnológica basada en software libre expresada en servicios como patrón de diseño, y el desarrollo de la AppWeb GIS utilizando LBS (*Location Based Services*), para el inventario y caracterización de fenómenos de remoción en masa son:

10.12.1 Hardware

El cuadro 13 describe las características del hardware que actúa como servidor y en el que se implementa la infraestructura de datos espaciales.

Cuadro 13. Servidor de aplicaciones.

Dato	Valor	Imagen
Procesador	Intel Xeon Serie 650	
Memoria RAM	4 Gigas	
Almacenamiento	1.5 Teras	
Marca	Dell PowerEdge R810	
Plataforma	Virtualizado con VMware Server 2.0	

Fuente: Autores

10.12.2 Componentes del software servidor de mapas

Los paquetes indicados en el cuadro 14, contiene los componentes de servidor de OpenGeo Suite.

Cuadro 14. Componentes del Servidor OpenGeo Suite.

Paquete/Componente	Descripción	Dependencia
Postgis21-postgresql93	PostGIS 2.1 extensions for PostgreSQL 9.3	postgis21postgresql93-server
Pointcloud-postgresql93	Point cloud extensions for PostgreSQL 9.3	postgresql93-serverght
Geoserver	GeoServer geospatial data server	
Opengeo-jai	Java Advanced Imaging, enhanced image rendering abilities	
Geowebcache	GeoWebCache tile caching server	
Geoexplorer	GeoExplorer map composing application	
Opengeo-dashboard	OpenGeo Suite Dashboard	
Opengeo-docs	OpenGeo Suite documentation	
Opengeo-tomcat	OpenGeo Suite webapps for Tomcat	tomcat (Fedora) tomcat6 (CentOS/RHEL 6) tomcat5 (CentOS/RHEL 5)

Fuente: Boundless Company¹¹²

¹¹²BOUNDLESS COMPANY. <http://boundlessgeo.com/>

10.12.3 Componentes cliente/librerías

Los siguientes paquetes (Cuadro 15) contienen los componentes cliente para acceder al servidor de mapas.

Cuadro 15. Librerías Cliente OpenGeo Suite

Paquete/Componente	Descripción	Dependencias
Postgis21	PostGIS 2.1 userland binaries and libraries	postgresql93-libsgeosprojgdal
Pgadmin3	pgAdmin database manager for PostgreSQL	wxGTK
Ght	GeoHash Tree library for point cloud data	
Pdal	Point Cloud format library	libgeotiff laszipgdalgeospostgresql93-libs
Gdal	GDAL/OGR format library	projgeospostgresql93-libs
Libgeos	GEOS geometry engine	
Laszip	LiDAR compression utility	
Libgeotiff	GeoTIFF library	
Proj	Cartographic projection library	

Fuente: Boundless Company

10.12.4 Extensiones o componentes adicionales de GeoServer

De forma adicional y después de la instalación de los componentes fundamentales se pueden usar extensiones (Cuadro 16) para el servidor de mapas GeoServer.

Cuadro 16. Extensiones adicionales de GeoServer.

Paquete/Componente	Descripción	Dependencias
Geoserver-mapmeter	Mapmeter extension for GeoServer	geoserver
Geoserver-cluster	Clustering extension for GeoServer	geoserver
Geoserver-jdbcconfig	Database catalog and configuration extension for GeoServer	geoserver
Geoserver-css	CSS styling extension for GeoServer	geoserver
Geoserver-csw	Catalogue Service for Web (CSW) extension for GeoServer	geoserver
Geoserver-wps	Web Processing Service (WPS) extension for GeoServer	geoserver
Geoserver-script	Scripting extension for GeoServer	geoserver
Geoserver-mongodb	MongoDB extension for GeoServer	geoserver
Geoserver-geopackage	GeoPackage extension for GeoServer	geoserver

Fuente: Boundless Company

10.12.5 Componentes del servidor de aplicaciones

Los componentes del cuadro 17, corresponden al servidor de aplicaciones.

Cuadro 17. Componentes del servidor de aplicaciones.

Paquete/Componente	Descripción
Apache2	Apache es un servidor web basado en el protocolo HTTP
PHP	Módulo que se conecta a Servidores Web para interpretar código en el lenguaje de programación PHP y retornarlo como HTML.

Fuente: Autores

10.12.6 Herramientas de desarrollo

El cuadro 18 muestra las herramientas utilizadas en el desarrollo de la AppWeb GIS – LBS.

Cuadro 18. Herramientas de desarrollo

Herramienta	Descripción
Boundless SDK	Kit de desarrollo para construir web map applications.
GeoScript	Scripting extension for GeoServer.
PHP 5.4.16	Lenguaje de programación para la web para construir aplicaciones para la Web
PHPMaker	Herramienta de automatización que genera código PHP con el patrón de diseño CRUD y conexión a bases de datos.
AppInventor	Lenguaje de programación para dispositivos móviles Android, utiliza la librería Open Blocks de Java para crear un lenguaje visual a partir de bloques, y a Kawa como compilador.

Fuente: Autores

10.13 CONSTRUCCIÓN DE COMPONENTES Y SOFTWARE

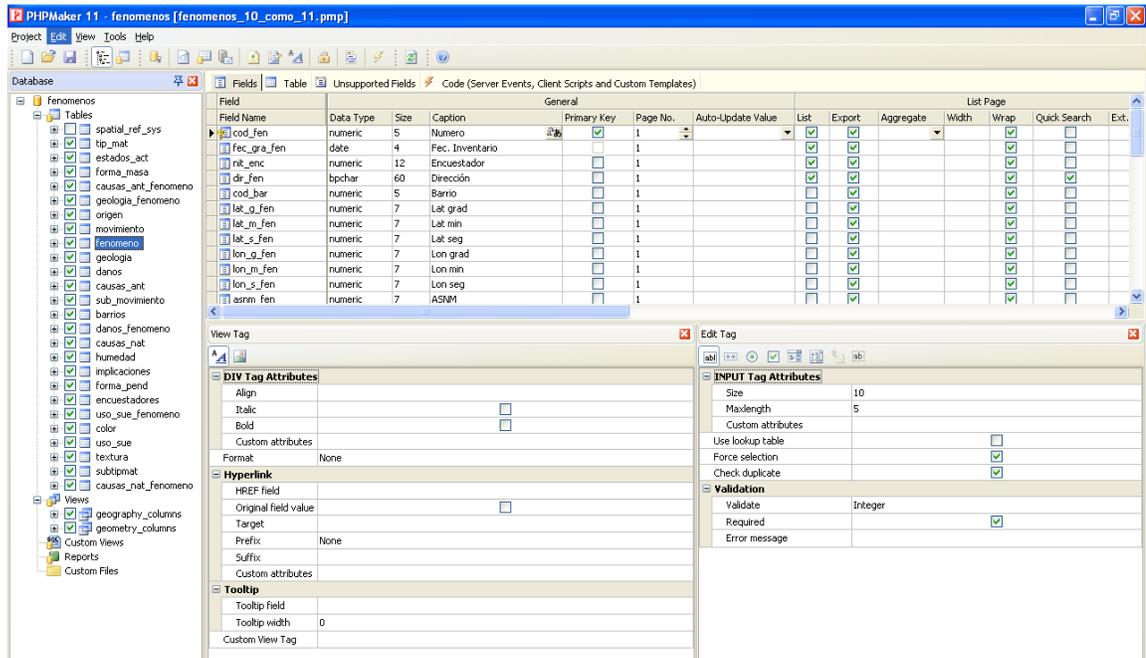
10.13.1 Obtención e instalación del paquete de fuentes AppWeb GIS LBS

El código fuente de la AppWeb GIS LBS se encuentra disponible en el servidor de aplicaciones, en root directory, bajo el directorio *fenomenos* (*sin tilde*).

```
# /var/www/fenomenos
```

En caso de requerir cambios se deben realizar directamente en el código fuente, aunque de manera opcional se puede realizar a través de la herramienta de desarrollo. Para ello el archivo del proyecto es *fenomenos.pmp* y se edita con PhpMaker 11 (figura 63), se recomienda que los cambios que se realicen se hagan en un ambiente de prueba local y una vez comprobados los cambios sean publicados en el ambiente de producción en el servidor de aplicaciones.

Figura 63. Ambiente de desarrollo AppWeb GIS.



Fuente: Autores

10.13.2 Contenido del paquete de fuentes AppWeb GIS LBS

Se describen a continuación los elementos presentes en el paquete de fuentes de la AppWeb GIS LBS, su organización en el directorio del proyecto y el propósito de cada directorio para entender la organización del paquete de fuentes (Tabla 14).

/var/www/fenomenos

Tabla 14. Contenido del paquete de fuentes AppWeb GIS LBS.

Directorio	Propósito directorio
/	Archivos con código fuente de la aplicación todos los archivos son con extensión php, formato <i>nombreamarchivo.php</i>
adodb5	Controladores de acceso a la base de datos.
bootstrap3	Framework para crear la interfaces y diseños web responsive basados en HTML5 y CSS3.
Calendar	Pluggins en javascript para el diseño de los objetos de fecha.
Ckeditor	Pluggins en javascript para el diseño de los objetos tipo observación
Colorbox	Pluggins en javascript para el diseño de los objetos de visualización de imágenes.
dompdf061	Pluggins en javascript para exportación en formato PDF.
Fenómenos	Directorio con archivo XML, con la configuración del proyecto.
Jquery	Biblioteca en javascript para agregar interacciones y animaciones en los documentos HTML

Tabla 14 (Continuación)

Directorio	Propósito directorio
Jqueryfileupload	Biblioteca en javascript para el diseño de los objetos de selección de imágenes
Phpcss	Hojas de estilo utilizadas en el proyecto
Phpfont	Directorio para almacenar las fuentes o tipos de letras utilizadas en el proyecto para el diseño de interfaces gráficas
Phpimages	Directorio para almacenar las imágenes utilizadas en el proyecto para el diseño de interfaces gráficas
Phpjs	Directorio para almacenar diferentes funciones en javascript utilizados en el proyecto para el diseño de interfaces gráficas
Phplang	Directorio que almacena los archivos de lenguajes para permitir que la aplicación sea multi-idioma, en este proyecto solo se usa español.
phpmailer527	Clases y funciones en php para permitir el envío de correos electrónicos desde la aplicación.
Phptxt	Directorio que almacene las plantillas que se envían por correo electrónico para restablecer el password en caso de olvido.
Uploads	Directorio temporal que almacena las imágenes de los fenómenos de remoción en masa, antes de almacenarse definitivamente en la Base de Datos

Fuente: Autores

Obtención e instalación del paquete de fuentes AppMovil LBS

El código fuente del módulo AppMovil LBS se encuentra disponible en el servidor de aplicaciones, en el root directory, bajo el directorio *fenómenos/móvil_lbs* (sin tilde), en el archivo Geolocalizacion.aia y el instalador Geolocalizacion.apk

```
# /var/www/fenómenos/movil_lbs
```

Este módulo ha sido desarrollado en App Inventor 2

10.13.3 Acceso a la base de datos

La configuración de acceso a la base de datos de la AppWeb Gis se presenta en la tabla 15.

Tabla 15. Configuración acceso DB AppWeb GIS LBS

Directriz	Configuración
Archivo	ewcfg11.php
Base de datos	define("EW_IS_POSTGRESQL", TRUE, TRUE); // PostgreSQL
Configuración	// Database connection info define("EW_CONN_HOST", 'ip/hostname', TRUE); define("EW_CONN_PORT", 54321, TRUE); define("EW_CONN_USER", 'Usuario BD', TRUE); define("EW_CONN_PASS", 'Password', TRUE); define("EW_CONN_DB", 'Base_de_datos', TRUE);

Fuente: Autores

El detalle de los componentes que permiten evidenciar la construcción de la AppWeb GIS LBS y el módulo Móvil LBS, es el código fuente que se anexa al proyecto. Desde el punto de vista de la funcionalidad el código fuente se materializa con las interfaces gráficas definitivas.

10.13.4 Interfaces gráficas definitivas AppWeb GIS

10.13.4.1 Interfaz validar usuario

Descripción: Permite la validación del usuario (figura 64) en el sistema, definiendo el perfil de acceso y dar inicio al módulo de captura de datos para el inventario y caracterización de fenómenos de remoción en masa.

Figura 64. Interfaz Validar Usuario

Login

Fenomenos de Remoción en Masa

[Home](#) / Login

User Name

Password

Options ▾

Login

Fuente: Autores

10.13.4.2 Interfaz Principal

Descripción: Esta pantalla describe la interfaz principal (figura 65) para acceder a todas las opciones disponibles en las vistas.

Figura 65. Interfaz Principal

Fenomenos de Remoción en Masa

[Home](#) / Administración Textura del suelo

🔄 🔍 🔍

Exacta ▾ Buscar

Codigo Textura	Nombre Textura			
2	Limosa			
3	Arenosa			
4	Rocosa			
1	Arcillosa			

Pagina << < 1 > >> de 1 Registros 1 to 4 de 4 + +

Fuente: Autores

10.13.4.3 Interfaz captura de datos

Descripción: Esta pantalla (figura 66) se utiliza para capturar los datos al momento de agregar o modificar un registro. En el caso de tener muchos campos se realizan separaciones mediante **TAB`S**

Figura 66. Interfaz captura de datos

Caracterización de Fenómenos de Remoción en Masa

[/ Inventario de Fenómenos / Editar](#)

[Inf. General](#) [Morfometría del fenómeno](#) [Descripción de Materiales](#) [Clasificación de Movimiento](#) [Registro Fotográfico](#)

Textura Limosa

Color Negro

Origen Oxidante

[Geología del Fenómeno](#) [Uso del Suelo](#) [Causas Antropicas](#) [Causas Naturales](#) [Daños Causados](#)

Geología	Material	Submaterial	niv mat I	Nivel	Espesor	
Suelo <input type="text"/>	Otros Transportados <input type="text"/>	Seleccione <input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

+

Aluviales

Coluviales

Torrenciales

Grabar

Fuente: Autores

10.13.4.4 Modificación y eliminación múltiple

Descripción: El sistema permite realizar operaciones masivas (figura 67) de edición, modificación y borrado bajo el patrón de diseño **GRID**.

Figura 67. Acciones masivas

Caracterización de Fenómenos de Remoción en Masa

🏠 / Administración Subtipos de Material

Código Subtipo	Nombre Subtipo	Abreviatura	Material	
2a	Hidraulico	Rah	Rel. antropico botado	🗑️
2b	Conformado	Rac	Rel. antropico botado	🗑️
4a	Arena		Cenizas residuales	🗑️
4b	Limosas	Qclm	Cenizas residuales	🗑️
4c	Arcillosas	Qclc	Seleccione Cenizas residuales Otros Transportados Residuales de Roca Rel. antropico botado Flujos Volvanicos Roca ignea Roca Metamorfica Roca Sedimentaria Depositos de caida Basura Limo organico	🗑️
5a	Aluviales	Qal		🗑️
5b	Coluviales	Qcv		🗑️
5c	Torrenciales	Qt		🗑️

+ ✓ ✗

Fuente: Autores

10.13.4.5 Panel de búsquedas

Descripción: Se pueden realizar búsquedas básicas y avanzadas (figura 68) mediante el panel de búsquedas.

Figura 68. Panel de Búsquedas

Caracterización de Fenómenos de Remoción en Masa

Home / Administración Textura del suelo

Exacta Buscar

Codigo Textura	Nombre Tex			
2	Limosa			
3	Arenosa			
4	Rocosa			
1	Arcillosa			

Página << < 1 > >> de 1 Registros 1 to 4 de 4

Fuente: Autores

10.13.4.6 Exportar vista actual

Descripción: Al seleccionar la opción exportar (figura 69) se pueden exportar los registros de la vista actual en diferentes formatos (Excel, Word, HTML, etc).

Figura 69. Exportar registros

Caracterización de Fenomenos de Remoción en Masa

Administración Subtipos de Material

Exacto

Codigo Subtipo	Nombre Subtipo	Abreviatura		
2a	Hidraulico	Rah		
2b	Conformado	Rac	Rem. antropico colauo	
4a	Arena		Cenizas residuales	
4b	Limosas	Qclm	Cenizas residuales	
4c	Arcillosas	Qclc	Cenizas residuales	
5a	Aluviales	Qal	Otros Transportados	
5b	Coluviales	Qcv	Otros Transportados	
5c	Torrenciales	Qt	Otros Transportados	

Pagina 1 de 1 Registros 1 to 8 de 8

Editar

Fuente: Autores

10.13.4.7 Visualización de imágenes y geodatos

Descripción: Los objetos gráficos se visualizan tal como lo indica la figura 70. Para la visualización de los objetos geográficos se recurre a la API de Google Maps, en caso de dar click sobre una imagen esta se expande (figura 71).

Figura 70. Visualización de imágenes y geodatos (A)

Inf. General Morfometría del fenómeno Descripción de Materiales Clasificación de Movimiento Registro Fotográfico

Observación

Foto Lateral

 foto_fen.jpg 62.46 KB

Foto Frontal

Ubicación 

Fuente: Autores

Figura 71. Visualización de imágenes y geodatos (B)

Sub movimiento	
Humedad	
Estado de Actividad	Activo
Observación	
Foto Lateral	
Foto Frontal	

Fuente: Autores

10.13.4.8 Acciones Maestro/Detalle

Descripción: Para la captura de datos tipo maestro detalle se recurre a la siguiente interfaz gráfica (figura 72).

Figura 72. Captura de datos maestro/detalle

Caracterización de Fenomenos de Remoción en Masa

[Home](#) / Inventario de Fenomenos 🖨️ 🗑️ 🔍

Exacta ▼ Buscar

Numero	Fec. Inventario	Encuestador	Dirección	Fec. Evento	Estado de Actividad				
1. 1	2014/10/01	Raul Gaviria	Av. de las Americas Belmonte	2014/10/01	Activo				

Pagina « < 1 > » de 1 Registros 1 to 1 de 1 20 ▼ + + ✎ +

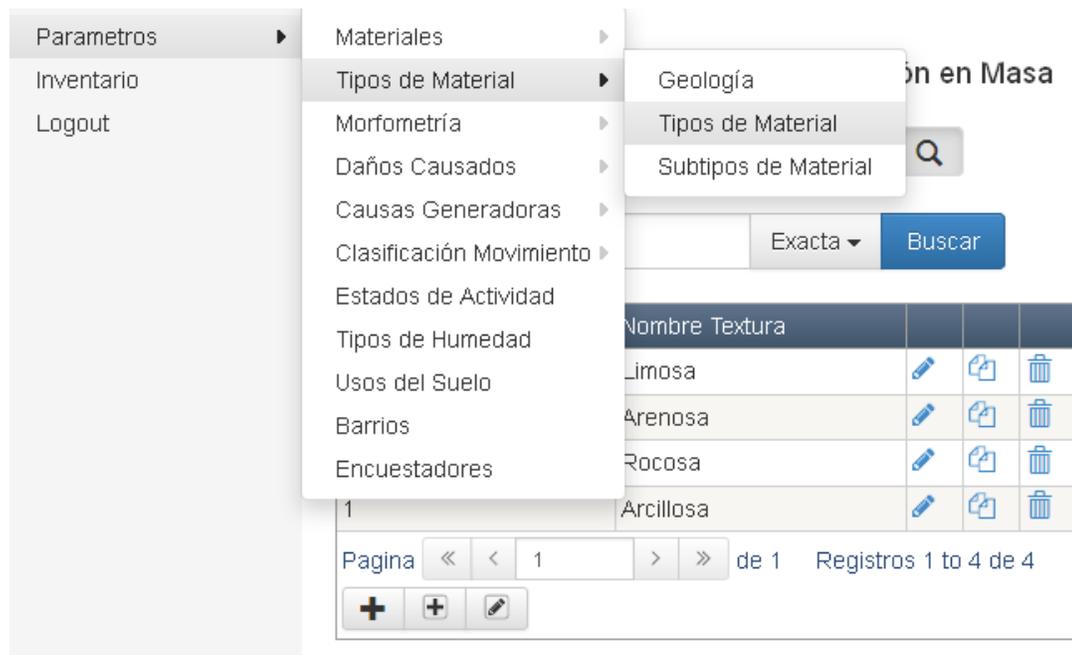
- Maestro/Detalle Ver
- Maestro/Detalle Editar
- Maestro/Detalle Copiar

Fuente: Autores

10.13.4.9 Visualización del menú principal.

Descripción: El menú principal se visualiza en una barra lateral al lado izquierdo de la pantalla, tal como lo muestra la figura 73.

Figura 73. Menú principal

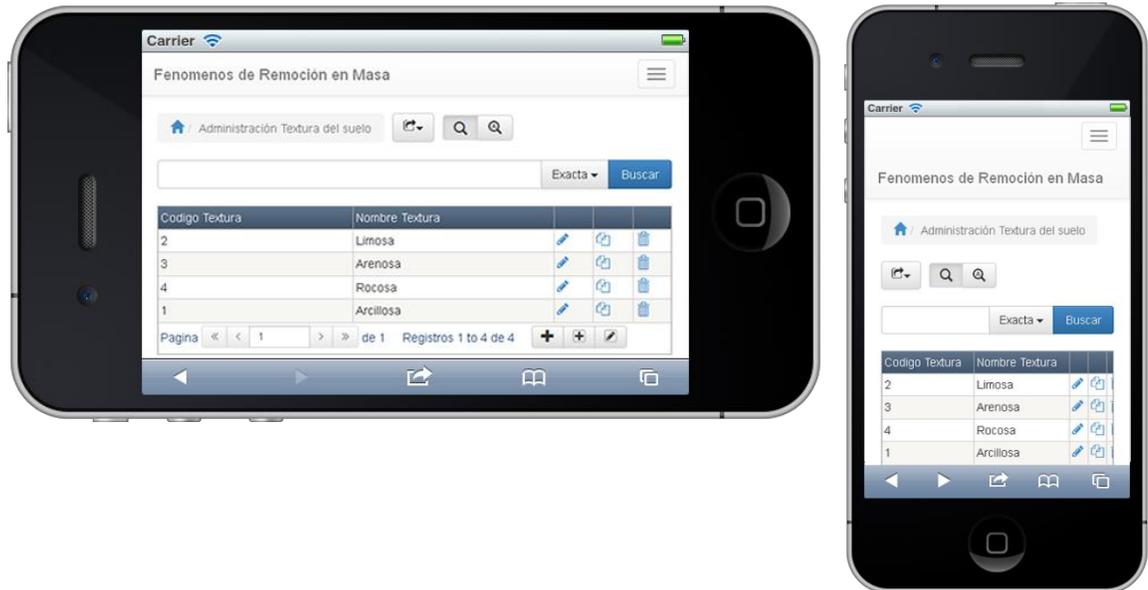


Fuente: Autores

10.13.4.10 Visualización desde dispositivos móviles.

Descripción: La visualización desde dispositivos móviles utiliza la tecnología responsive, dependiendo de la orientación del dispositivo bien sea horizontal o vertical y sin importar el tamaño de la pantalla, la aplicación se adapta (figura 74 y 75).

Figura 74. Visualización desde móviles



Fuente: Autores

Figura 75. Menú adaptable desde móviles



Fuente: Autores

10.13.5 Interfaces gráficas definitivas App Móvil LBS

10.13.5.1 Interfaz App Movil LBS

Descripción: Permite la georeferenciación de los fenómenos de remoción en masa (figura 76) utilizando como apoyo dispositivos móviles con sistema operativo Android.

Figura 76. Interfaz App Módulo LBS



Fuente: Autores

10.14 INSTALACIÓN Y CONFIGURACIÓN DE INFRAESTRUCTURA “IDE”

Una vez seleccionada y caracterizada la infraestructura tecnológica basada en software libre, para la implementación de geographic information system (GIS) expresada en servicios, este apartado documenta el proceso de implantación y adaptación de dicha infraestructura de datos espaciales en un ambiente de producción.

10.14.1 Instalación CentOS 6.4 Minimal

- Iniciar con el DVD de CentOS.
- Seguir los pasos de instalación, seleccionando los parámetros como:

Idioma

Teclado

Zona Horaria

Contraseña de root

Particionamiento de disco

- Una vez finalizada la instalación reiniciar.
- Iniciar sesión con usuario **root** y la clave asignada

```
# cat /etc/centos-release  
CentOS release 6.4 (Final)
```

```
# rpm -q centos-release  
centos-release-6-4.el6.centos.11.2.x86_64
```

```
# uname -m  
x86_64
```

10.14.2 Configurar interface de red

- **Configuración DHCP.**

Editar el archivo ifcfg-eth0 para configurar la tarjeta de red:

```
# vi /etc/sysconfig/network-scripts/ifcfg-eth0
```

Al abrir el editor **vi**, pulsar la tecla “i” (significa insertar y sin las comillas) y dónde dice **ONBOOT=no** hay que cambiarlo por **ONBOOT=yes**

Pulsar la tecla Esc, y escribir “:wq” pulsar enter (wq significa “write quit” escribir y salir).

De esta forma se le informa al sistema que cuando inicia tiene que activar el servicio de red.

Para levantar el servicio de red luego de este cambio, se reinicia el servicio

```
# /etc/init.d/networking restart
```

Para comprobar que la configuración de la red y la IP asignada a la interface eth0 por el servidor **DHCP** de la red, ejecutar el comando.

```
# ifconfig -a
```

- **Configuración IP fija.**

En el Shell escribir:

```
# vi /etc/sysconfig/network-scripts/ifcfg-eth0
```

Abrir el editor vi, pulsar la tecla “i” (significa insertar y sin comillas) debe quedar de la siguiente forma:

```
DEVICE=eth0
TYPE=Ethernet
UUID=397cac28-b7ec-41b2-8e9c-dd980e9f46fc
ONBOOT=yes
NM_CONTROLLED=yes
BOOTPROTO=none
HWADDR=08:00:27:15:66:37
IPADDR=192.168.1.xxx (Acá va la IP)
PREFIX=24
GATEWAY=192.168.1.xxx (Acá va la Puerta de enlace)
DNS1=192.168.1.xxx (Acá va el DNS)
DEFROUTE=yes
IPV4_FAILURE_FATAL=yes
IPV6INIT=no
NAME="System eth0"
NETMASK=255.255.255.0 (Acá va la Máscara de red)
USERCTL=no
```

Especificar el hostname y Gateway en el archivo network.

```
# vi /etc/sysconfig/network
```

Debe quedar una configuración similar a la siguiente:

```
NETWORKING=yes
HOSTNAME= (el nombre de tu pc)
GATEWAY=192.168.1.xxx (Acá va la Puerta de enlace)
```

Por último, se configura los DNS, para ello en el Shell escribir:

```
# vi /etc/resolv.conf
```

Agregar los DNS dependiendo de la configuración de la red, la configuración quedará similar a la siguiente:

```
nameserver: 200.69.193.2  
nameserver: 200.69.193.1
```

Se debe usar los DNS que asigne el proveedor de internet

- **Reiniciar el servicio**

```
# /etc/init.d/networking restart
```

- **Comprobar que hay conexión a Internet**

```
# ping www.google.com
```

10.14.3 Instalar programas de utilidad y activar repositorios

Después de configurar la red, se instalan algunos programas, entre ellos un editor que puede ser gráfico, pero de fácil uso.

En el Shell escribir:

```
# yum install nano wget gd curl zlib
```

Aparece la siguiente respuesta (figura 77).

Figura 77. Instalación de programas de utilidad.

```
Dependencies Resolved
=====
Package                Arch             Version          Repository       Size
=====
Installing:
gd                     x86_64          2.0.35-11.el6   base             142 k
wget                   x86_64          1.12-1.11.el6_5 updates          483 k
Installing for dependencies:
libXpm                 x86_64          3.5.10-2.el6    base             51 k
=====
Transaction Summary
=====
Install                3 Package(s)

Total download size: 675 k
Installed size: 2.4 M
Is this ok [y/N]: 
```

Fuente: Autores

- **Activar repositorios:**

Edita el archivo de repositorios:

```
# nano /etc/yum.repos.d/CentOS-Base.repo
```

Buscar los repositorios “**contrib** y **centosplus**” y dónde dice **Enable=0** cambiarlo por **Enable=1**

Grabar y salir (“**Ctrl + X**”)

- **Actualizar el equipo:**

```
# yum update
```

- **Instalar entorno gráfico y reiniciar**

```
# yum -y groupinstall x11 basic-desktop general-desktop
# Init 0
```

Una vez se reinicie escribir para iniciar una consola gráfica.

```
# startx
```

- **Activar los repositorios RPMForge y EPEL**

RPMForge:

Abrir una terminal y escribir:

```
# wget http://pkgs.repoforge.org/rpmforge-release/rpmforge-release-0.5.3-1.el6.rf.x86_64.rpm
# rpm -Uvh rpmforge-release-0.5.3-1.el6.rf.x86_64.rpm
# wget http://pkgs.repoforge.org/rpmforge-release/rpmforge-release-0.5.3-1.el6.rf.x86_64.rpm
# rpm -Uvh rpmforge-release-0.5.3-1.el6.rf.x86_64.rpm
```

EPEL:

```
# wget http://ftp.riken.jp/Linux/fedora/epel/RPM-GPG-KEY-EPEL-6
# rpm --import RPM-GPG-KEY-EPEL-6
# rm -f RPM-GPG-KEY-EPEL-6
# wget http://dl.fedoraproject.org/pub/epel/6/x86_64/epel-release-6-8.noarch.rpm
# rpm -ivh epel-release-6-8.noarch.rpm
# rm epel-release-6-8.noarch.rpm
```

- **Actualizar el sistema:**

```
# yum update
```

10.14.4 Instalación de apache

```
# yum install httpd
```

- **Reiniciar el servicio**

```
# service httpd start
```

- **Configurar para que se inicie junto al sistema**

```
# chkconfig --level 345 httpd on
```

- **Configuración del puerto IPTABLES:**

```
# nano /etc/sysconfig/iptables
```

Añadir la siguiente línea:

```
-A INPUT -m state --state NEW -m tcp -p tcp --dport 80 -j ACCEPT
```

- **Reiniciar IPTABLES:**

```
# service iptables restart
```

10.14.5 Instalación de MySQL, PHP y PHPMyAdmin

La instalación del servidor de bases de datos MySQL y PHPMyadmin es opcional.

```
# yum install mysql mysql-server
```

- **Iniciar el servicio:**

```
# service mysqld start
```

- **Ejecutar el script de seguridad de mysql:**

```
# mysql_secure_installation
```

Configurar para que MySQL inicie con el sistema.

```
# chkconfig --level 2345 mysqld on
```

- **Instalación de PHP y algunas librerías para conectarlo con MySQL**

```
# yum install php php-mysql php-pdo php-gd php-soap php-xmlrpc  
php-xml php-cli php-mbstring php-pear mod_ssl
```

- **reiniciar el servicio de apache para que cargue las nuevas configuraciones:**

```
# service httpd restart
```

- **Instalación de PHPMyAdmin**

```
# yum install phpmyadmin
```

Dar de alta la librería mcrypt, para lo cual fue necesario tener el repositorio Epel

```
# yum --enablerepo=epel install php-mcrypt -y
```

Editar el archivo de configuración de phpmyadmin

```
# nano /etc/httpd/conf.d/phpmyadmin.conf
```

Dónde dice “Deny from all” cambiar a “Allow from all”.

En el archivo config.inc.php

```
# nano/usr/share/phpmyadmin/config.inc.php
```

Escribir algo dónde dice (Cualquier cosa)

```
$cfg['blowfish_secret'] = 'ponalgoaquí '
```

No importa mucho la cadena de texto, simplemente que no vaya vacía. Con esto se podrá acceder a PHPMyAdmin desde la máquina virtual, con el nombre de usuario y la contraseña que se haya configurado en el script de instalación de MySQL.

10.14.6 Muro de seguridad

- **Desactivación de SELinux**

Además de IPTables, existe otra seguridad en CentOS llamada SELinux. Es necesario desactivarla, para entrar por phpMyadmin y otros servicios remotos.

- **Verificar el estado del comando:**

```
# getsebool
```

- **Para cambiarlo editar**

```
# nano /etc/sysconfig/selinux
```

Queda una configuración similar a la siguiente:

```
This file controls the state of SELinux on the system.
# SELINUX= can take one of these three values:
#   enforcing - SELinux security policy is enforced.
#   permissive - SELinux prints warnings instead of enforcing.
#   disabled - No SELinux policy is loaded.
SELINUX=disabled
# SELINUXTYPE= can take one of these two values:
#   targeted - Targeted processes are protected,
#   mls - Multi Level Security protection.
SELINUXTYPE=targeted
```

Cambiar la última línea por “**SELINUX=disabled**”. Guardar, cerrar, volver a verificar el estado para ver si es necesario reiniciar el servicio.

10.14.7 Instalación de OpenGeoSuite

En la línea de comandos del Shell escribir

```
# cd /etc/yum.repos.d
# wget http://yum.opengeo.org/suite/v3/centos/6/x86_64/OpenGeo.repo
# yum install opengeo-suite
```

Escribir “Y” para que instale las dependencias. Cuando termine de instalar modificar las IPTABLES para dar acceso al puerto 8080, que es como se configura por defecto el Opengeosuite.

```
# nano /etc/sysconfig/iptables
```

- **Añadir la siguiente línea y guardar con (CTRL + X):**
-A INPUT -m state --state NEW -m tcp -p tcp --dport 8080 -j ACCEPT
- **Reiniciar las IPTABLES**

```
# service iptables restart
```

Una vez terminada la instalación se puede acceder a la infraestructura de datos espaciales tal como lo indica la tabla 16.

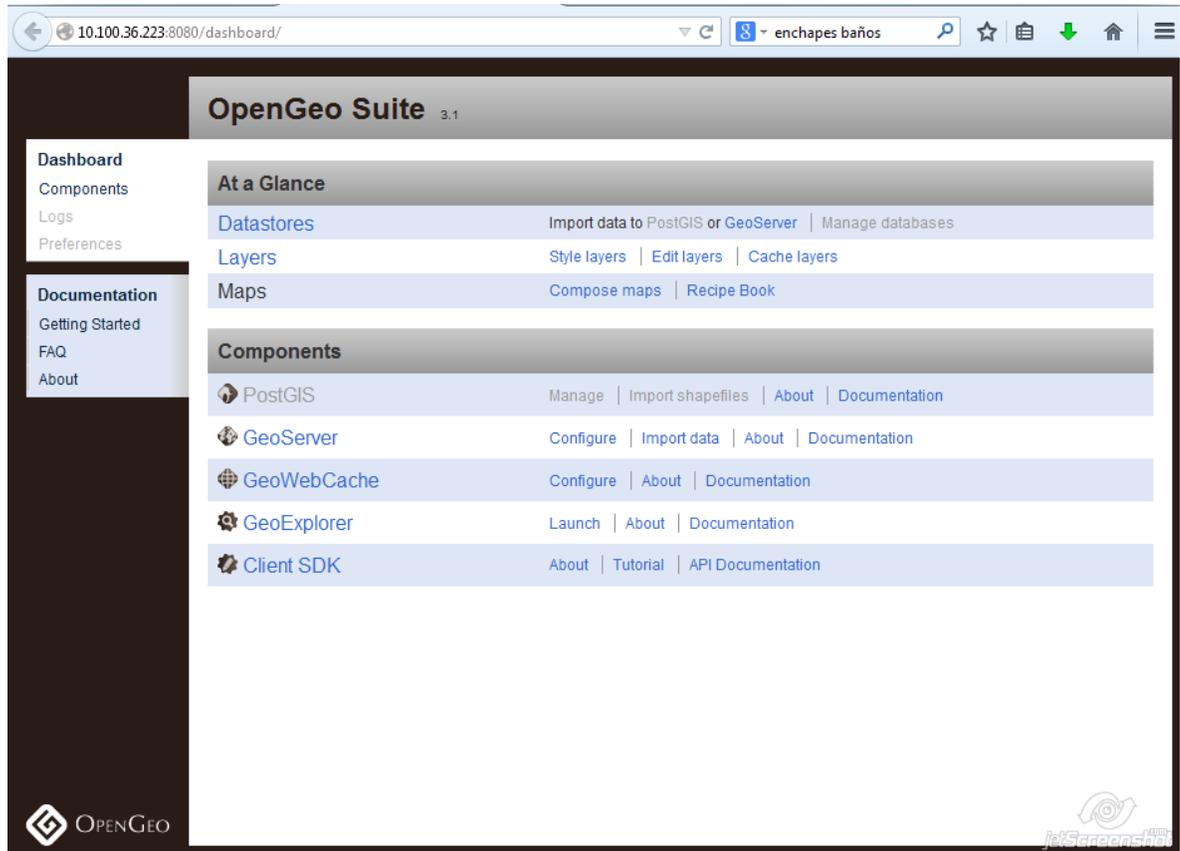
Tabla 16. Acceso a la infraestructura de datos espaciales OpenGeo Suite.

Aplicación	URL
OpenGeo Suite dashboard	http://la.ip.dela.maquina:8080/dashboard/
GeoServer	http://la.ip.dela.maquina:8080/geoserver/
GeoExplorer	http://la.ip.dela.maquina:8080/geoexplorer/
OpenGeo Suite Documentation	http://la.ip.dela.maquina:8080/opengeo-docs/
OpenGeo Recipe Book	http://la.ip.dela.maquina:8080/recipes/

Fuente: Autores

El Dashboard se constituye en el elemento principal de acceso a la infraestructura de datos espaciales. El resultado es un acceso desde un navegador tal como lo muestra la figura 78.

Figura 78. OpenGeo Suite Dashboard componentes.



Fuente: Autores

Notas:

El proceso de instalación arroja tres advertencias, las cuales no impiden que OpenGeo Suite funcione, pero se detallan a continuación y su solución:

Advertencia 1:

```
Installing: opengeo-postgis-3.1-1.x86_64      130/149
Parando el servicio postgresql-9.2:         [ OK ]
Iniciando la base de datos:                  [ OK ]
Iniciando servicios postgresql-9.2:         [ OK ]
Could not start postgresql. Check above for the error and run
/usr/share/opengeo-postgis/postgis-setup.sh once postgresql has
been started.
```

Explicación:

El script `/usr/share/opengeo-postgis/postgis-setup.sh` intenta iniciar el servicio **postgresql**, que se instala por defecto en el sistema operativo, pero este no está instalado, el que se instala con OpenGeo se llama **postgresql-9.2**.

El script trata de configurar **postgis**, al no lograrlo queda inhabilitado en el dashboard los enlaces del PostGis, aun así **PostGis** queda funcional e integrado con **postgresql-9.2**. Para el caso de instalaciones en Windows los enlaces a pgAdmin, y PostGIS, funcionan adecuadamente.

En el caso de CentOS se puede iniciar algún administrador por aparte (pgAdmin) o por línea de comandos (psql).

Advertencia 2:

```
Installing : opengeo-geoserver-3.1-1.x86_64  148/149
Stopping tomcat6:                             [ OK ]
Starting tomcat6:                              [ OK ]
NOTICE: Please run /usr/share/opengeo-suite/geoserver-setup.sh to
complete this installation.
```

Explicación:

`/usr/share/opengeo-suite/geoserver-setup.sh` es el script “GeoServer Post Configuration”, el cual permite cambiar:

URL de acceso al servidor en caso de ser público

Usuario (Por defecto es admin)

Password (Por defecto es geoserver)

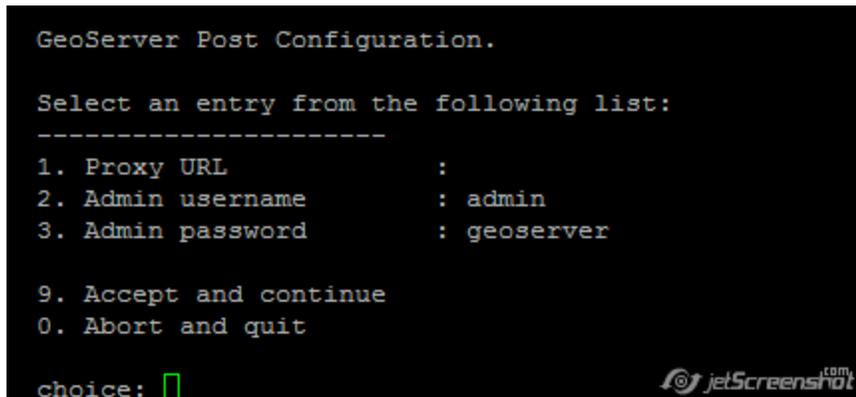
Este script presenta varios errores, el primero es que hace mención al comando:

`/usr/share/opengeo-suite-data/geoserver_data/security/users.properties` el cual no existe, para solucionar este problema debe:

```
# cd /usr/share/opengeo-suite-  
data/geoserver_data/security/users.properties  
# cp users.properties.old users.properties  
# cd /usr/share/opengeo-suite  
# chmod 777 geoserver-setup.sh  
#./geoserver-setup.sh
```

El script `geoserver-setup.sh` muestra las siguientes opciones (figura 79).

Figura 79. Opciones del script `geoserver-setup.sh`



```
GeoServer Post Configuration.  
  
Select an entry from the following list:  
-----  
1. Proxy URL           :  
2. Admin username      : admin  
3. Admin password      : geoserver  
  
9. Accept and continue  
0. Abort and quit  
  
choice: █
```

Fuente: Autores

Al seleccionar alguna de las opciones (1, 2,3) el script hace referencia al servicio tomcat5, pero el servicio instalado es tomcat6, por lo tanto, se deben realizar los cambios respectivos editando el script.

Para no tener problemas con este script, cuando se desee cambiar URL de acceso al servidor en caso de ser público, Usuario y Password, se recomienda realizarlo a través del dashboard en la opción de seguridad en User, Groups, Roles (figura 80).

Figura 80. Opciones de Seguridad OpenGeo.



Fuente: Autores

Advertencia 3:

```
Installing: opengeo-suite-3.1-1.x86_64 149/149
NOTICE: Please run /usr/share/opengeo-suite/tomcat-admin-setup.sh
to complete this installation.
```

Explicación:

El script `/usr/share/opengeo-suite/tomcat-admin-setup.sh`, (figura 81) se encarga de postconfigurar el servidor tomcat, pero este ya es funcional con la instalación de OpenGeo-Suite.

Figura 81. Administración de servicio Tomcat de OpenGeo.

```
Tomcat Manager Configuration for OpenGeo Suite.  
  
Select an entry from the following list:  
-----  
1. Manager username      : manager  
2. Manager password     : manager  
  
9. Accept and continue  
0. Abort and quit  
  
choice: █
```

Fuente: Autores

Con lo anterior el servidor está en funcionamiento para gestión de mapas **shpfiles**, pero para mapas con bases de datos no, por lo tanto, es necesario configurar el servidor de bases de datos **Postgresql**.

10.14.8 Configuración de PostgreSQL.

Cuando se instala PostgreSQL como parte de OpenGeo-Suite se crean:

- Los archivos de configuración postgresql.conf y pg_hba.conf en el directorio /var/lib/pgsql/9.2/data
- El usuario opengeo con password opengeo con privilegios administrativos
- El usuario administrador postgres y no posee contraseña

Por seguridad se le debe asignar una contraseña al usuario **postgres**, para ello:

- **Loguearse con el usuario postgres**

```
# su - postgres
psql -c "ALTER user postgres WITH password 'contraseña'"
```

Para listar las bases existentes

```
psql -l
```

La figura 82 muestra que hay bases de datos geográficas de prueba y el componente geográfico PostGIS en el *template_postgis*.

Figura 82. Bases de datos creadas por OpenGeo Suite.

List of databases					
Name	Owner	Encoding	Collate	Ctype	Access privileges
geoserver	opengeo	UTF8	en_US.UTF-8	en_US.UTF-8	
medford	opengeo	UTF8	en_US.UTF-8	en_US.UTF-8	
postgres	postgres	UTF8	en_US.UTF-8	en_US.UTF-8	
template0	postgres	UTF8	en_US.UTF-8	en_US.UTF-8	=c/postgres + postgres=CtC/postgres
template1	postgres	UTF8	en_US.UTF-8	en_US.UTF-8	=c/postgres + postgres=CtC/postgres
template_postgis	postgres	UTF8	en_US.UTF-8	en_US.UTF-8	
(6 rows)					

Fuente: Autores

- **Acceder a la base de datos**

```
psql geoserver
psql (9.2.0)
Type «help» for help.

geoserver=#
```

- **Prueba de consulta**

```
geoserver=# SELECT version();
```

- **Para salir de psql**

```
geoserver=# \q
-bash-4.1$ exit
```

- **Configurar postgresql.conf**

Editar el archivo `/var/lib/pgsql/data/postgresql.conf` en la sección **Connection Settings**. El puerto por defecto de **PostgreSQL** es 5432 y por defecto viene comentado, así como el parámetro `listen_addresses`, que su opción por defecto es `localhost`, lo que significa que solo escuchará conexiones desde el propio servidor.

```
#-----
# CONNECTIONS AND AUTHENTICATION
#-----
# CONNECTIONS AND AUTHENTICATION
#-----

# - Connection Settings -

#listen_addresses = 'localhost'      # what IP address(es) to
                                     # listen on;
# comma-separated list of addresses;
# defaults to 'localhost', '*' = all
# (change requires restart)
#port = 5432                          # (change requires restart)
```

Para permitir que se conecten los clientes (PgAdmin) desde cualquier equipo de la red, el archivo debe quedar de la siguiente manera:

```

#-----
# CONNECTIONS AND AUTHENTICATION
#-----

# - Connection Settings -

listen_addresses = '*'      # what IP address(es) to listen on;
# comma-separated list of addresses;
# defaults to 'localhost', '*' = all
# (change requires restart)
port = 5432                  # (change requires restart)

```

- **Configurar pg_hba.conf**

Editar el archivo **pg_hba.conf** para especificar el método de autenticación de los clientes. Por defecto solo se habilita al propio servidor con la opción **ident**.

```

# TYPE      DATABASE     USER        ADDRESS          METHOD
host       all         opengeo     127.0.0.1/32    ident
local      all         opengeo

```

"local" is for Unix domain socket connections only

```

local      all         all

```

IPv4 local connections:

```

host       all         all         127.0.0.1/32    ident

```

IPv6 local connections:

```

host       all         all         ::1/128         ident

```

Agregar la red local para acceder a las bases con autenticación md5. También cambiar ident por md5 para el propio servidor.

```

# TYPE      DATABASE     USER        ADDRESS          METHOD
host       all         opengeo     127.0.0.1/32    md5
host       all         opengeo     10.100.37.0/23  md5
local      all         opengeo

```

"local" is for Unix domain socket connections only

```

local      all         all

```

IPv4 local connections:

```
host    all             all             127.0.0.1/32    md5
# IPv6 local connections:
host    all             all             ::1/128         md5
# Red Local connections:
host    all             all             10.100.37.0/23 md5
```

- **Reiniciar PostgreSQL**

```
# service postgresql-9.2 restart
```

- **Configurar para que se inicie junto al sistema**

```
# chkconfig --level 2345 postgresql-9.2 on
```

- **Configuración del puerto IPTABLES:**

Dependiendo del método que se utilice para configurar el firewall, se debe permitir el acceso al puerto 5432 al servidor.

```
# nano /etc/sysconfig/iptables
```

Añadir la siguiente línea:

```
-A INPUT -m state --state NEW -m tcp -p tcp --dport 5432 -j ACCEPT
```

- **Reiniciar IPTABLES:**

```
# service iptables restart
```

- **Acceso desde máquinas remotas**

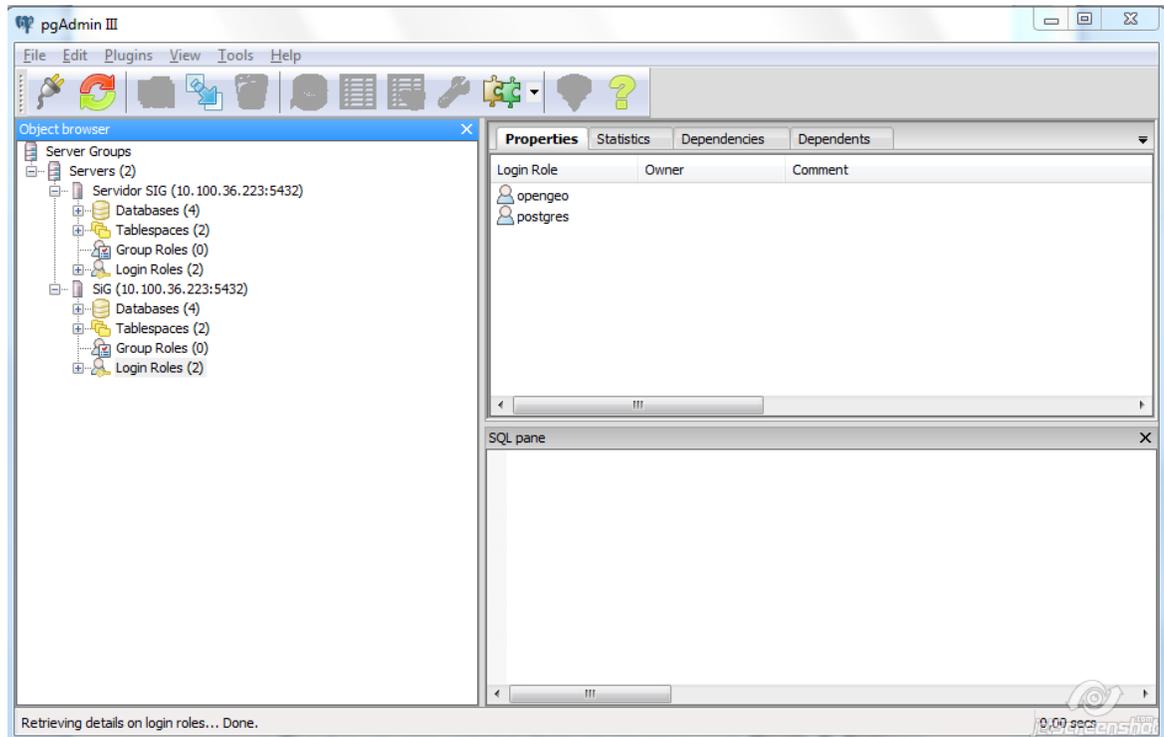
Para acceder desde una máquina remota a la base de datos dónde dbserver es el host (nombre del servidor o IP), postgres es el usuario y midb la base de datos ala que se quiere acceder.

Línea de comandos

```
psql -h dbserver -U postgres -d midb
```

Por ejemplo, desde el cliente gráfico PgAdmin (figura 83).

Figura 83. Cliente gráfico para acceder remotamente a PostgreSQL.



Fuente: Autores

Una vez realizadas estas configuraciones se tiene la infraestructura de datos espaciales configurada en el servidor y lista para ser integrada con la AppWeb GIS y los desarrollos futuros.

10.15 PLAN DE PRUEBAS DE INTEGRACION DEL SISTEMA

El presente apartado describe las especificaciones de integración de los componentes o subsistemas, guiado por el diseño arquitectónico. Estas pruebas garantizan la interacción entre los componentes, para ello se aborda la integración desde 3 aspectos:

- Migración de archivos SHP a BD
- Adaptar la infraestructura tecnológica expresada en servicios.
- Integrar el desarrollo AppWeb GIS - LBS, con la infraestructura tecnológica GIS expresada en servicios.

10.15.1 Migración de archivos SHAPEFILE a PostgreSQL

En la fase de recolección de datos, se suministraron archivos en formato SHP, por lo tanto, estos datos deben ser convertidos a tablas PostGIS. A continuación se describe este proceso.

10.15.1.1 Instalacion de cliente GIS

- Para instalar un cliente de escritorio GIS se recurre a QGIS¹¹³ (Quantum GIS) Version 1.8 o superior. Una vez instalado abrir y se muestra la siguiente interfaz (figura 84) .

¹¹³<http://qgis.org/>. QGIS es un cliente GIS de escritorio parte del OGC

Figura 84. Interface Gráfica de Quantum GIS.

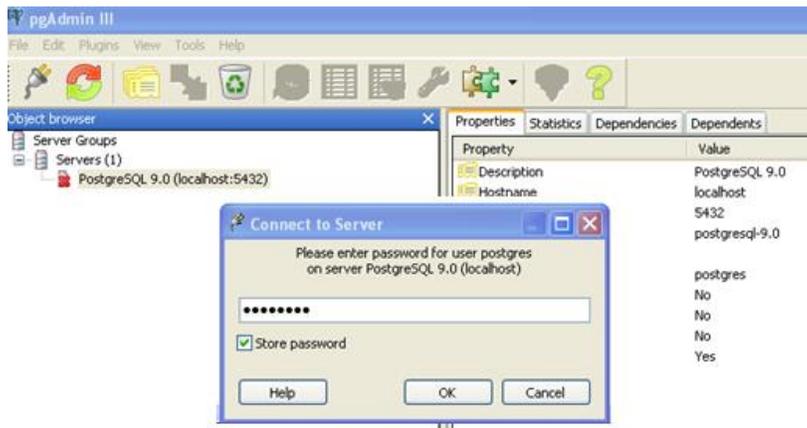


Fuente: Autores.

10.15.1.2 Creacion de DB Postgres/Postgis

- Abrir el **pgAdmin** (figura 85) e ingresar al servidor de BD con el usuario y clave configurado.

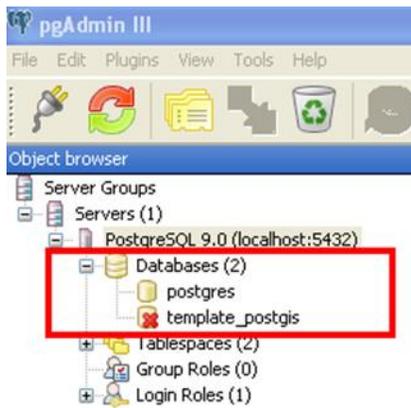
Figura 85. Crear BD Postgres/Postgis.



Fuente: Autores

- Si la conexión es exitosa se muestran las bases de datos y la plantilla de funciones **template_postgis** (figura 86).

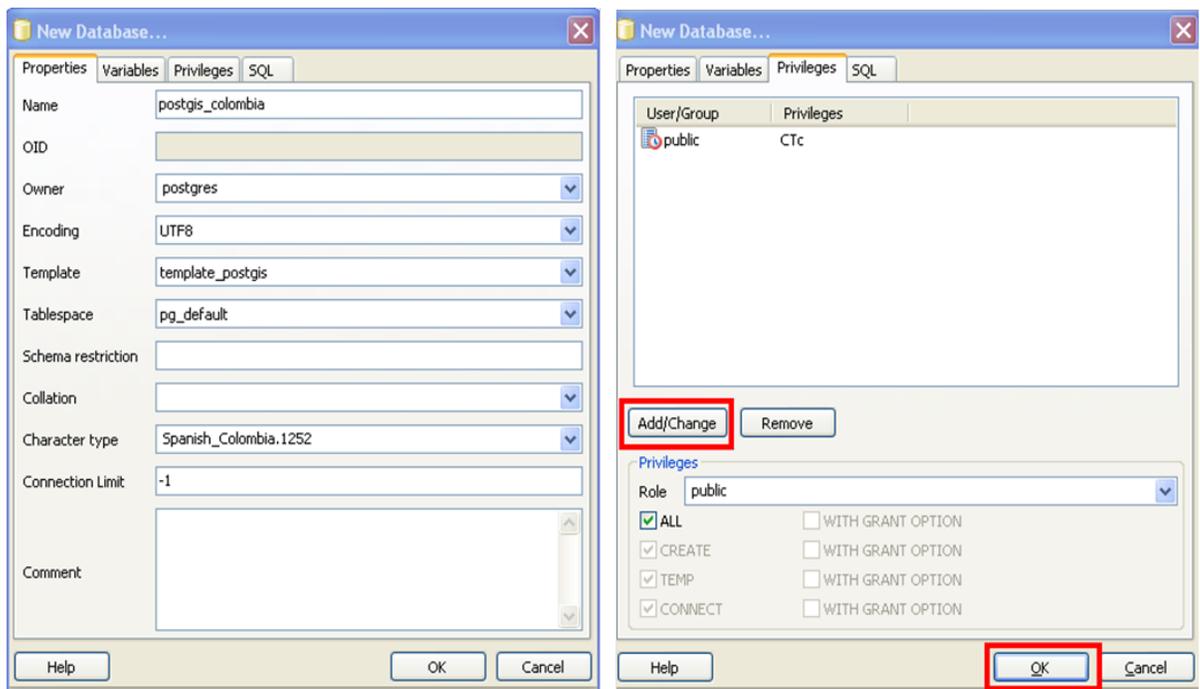
Figura 86. Acceso a la base de datos PostgreSQL



Fuente: Autores

- Se crea una nueva base de datos con el nombre postgis_colombia y la configuración que se muestra en la figura 87.

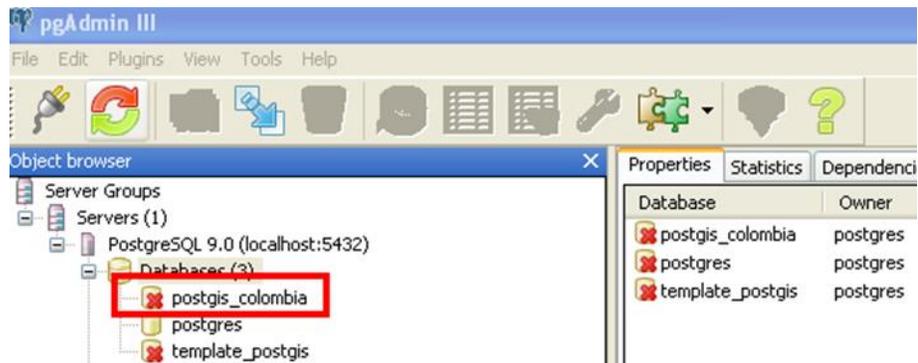
Figura 87. Creación de una nueva base de datos PostgreSQL/PostGIS



Fuente: Autores

El resultado de la creación de la BD es el siguiente (figura 88).

Figura 88. Base de datos PostgreSQL/PostGIS creada.

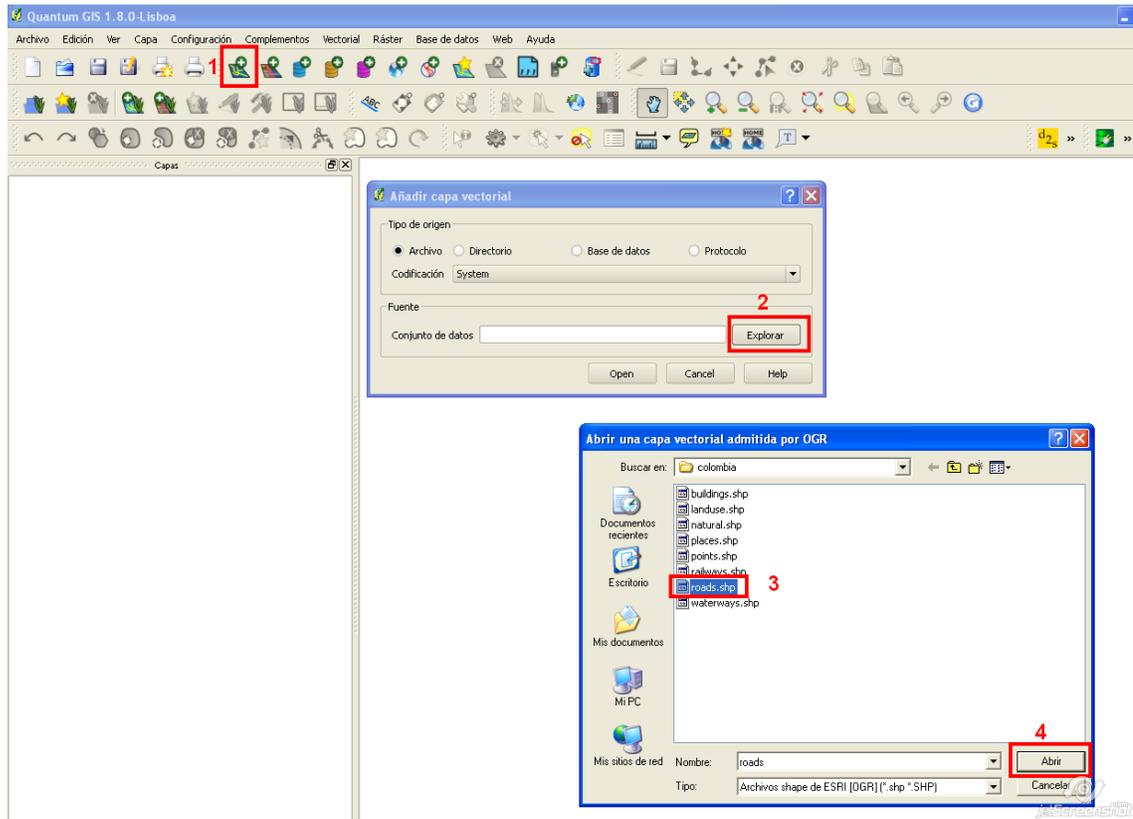


Fuente: Autores.

10.15.1.3 Conversion de Shp a Postgres/Postgis

- Una vez creada la base de datos **postgis_colombia** abrir el Quantum Gis, y seleccionar los archivos **Shp** (figura 89).

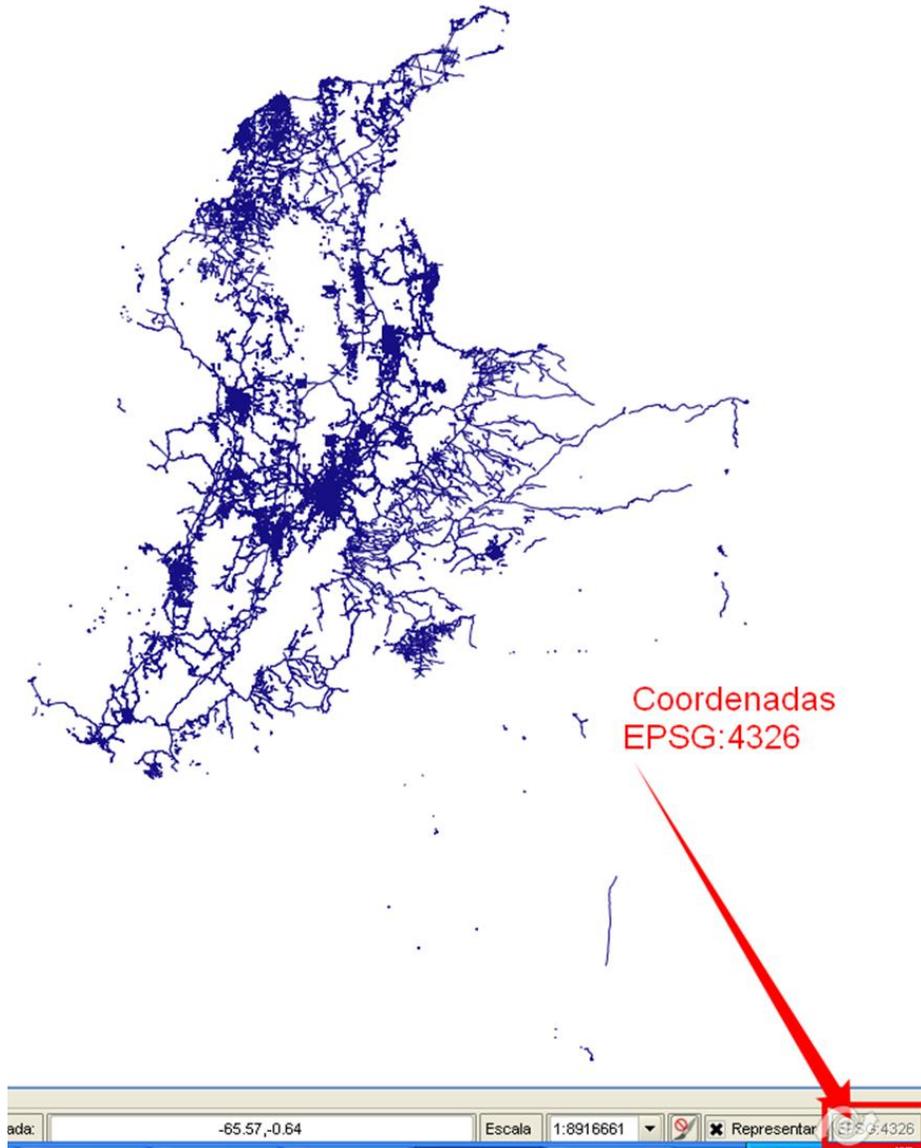
Figura 89. Selección de archivos shp.



Fuente: Autores

- El archivo en formato shape se muestra como lo indica la figura 90, con el origen de coordenadas originales.

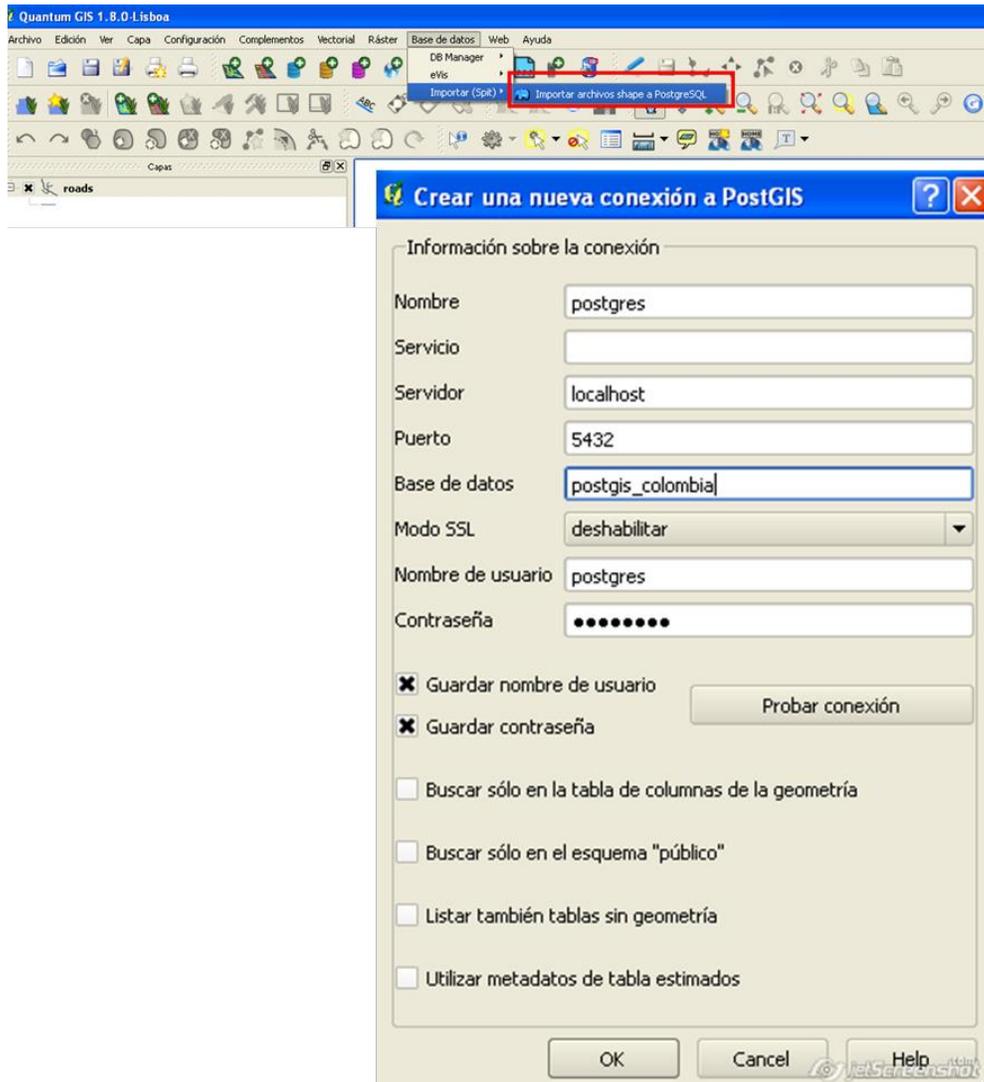
Figura 90. Visualización de dato shape



Fuente: Autores.

- Se debe crear una conexión a Postgres/PostGIS desde QGIS, tal como se aprecia en la figura 91.

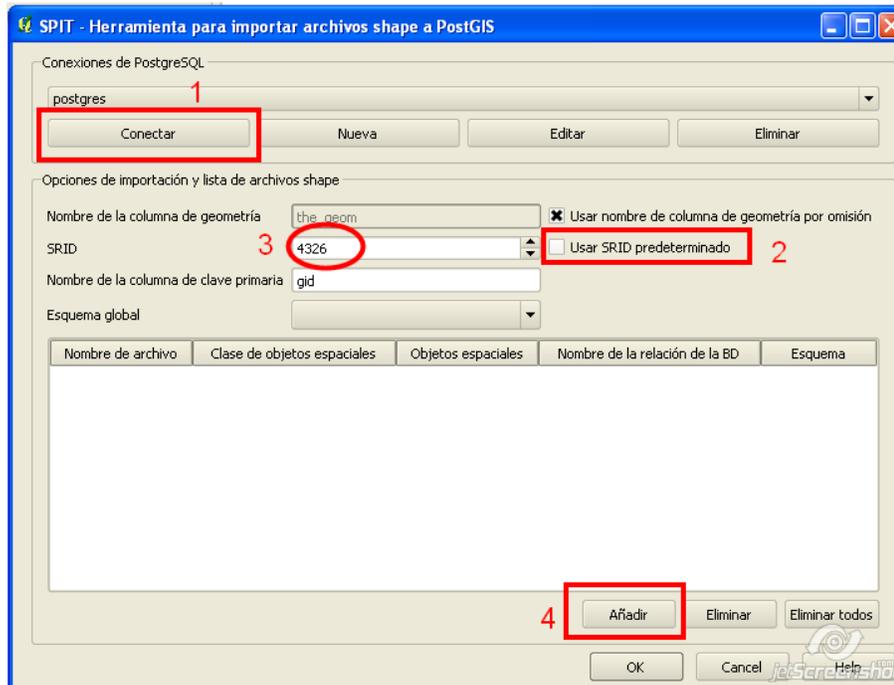
Figura 91. Creación de conexión a PostGIS.



Fuente: Autores

- Seleccionar la herramienta SPIT para importar archivos shape a PostGIS (figura 92), es fundamental seleccionar el SRID para indicar el sistema de coordenada al que pertenece el dato shape a importar.

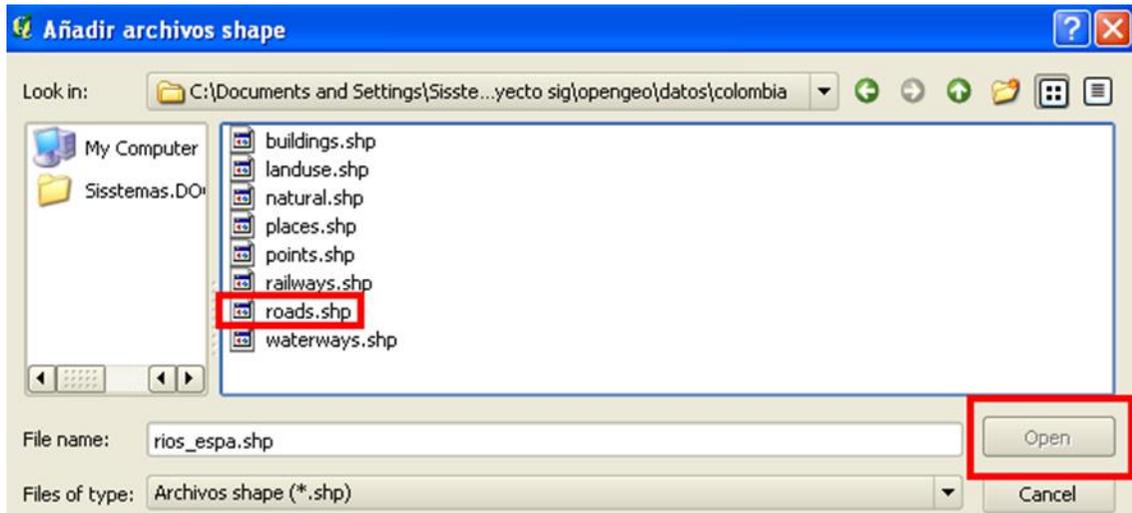
Figura 92. Herramienta de Importación archivos shape a PotGIS.



Fuente: Autores

- Se añade la capa a importar teniendo en cuenta que se pueden añadir todas de una vez y clic en open (figura 93).

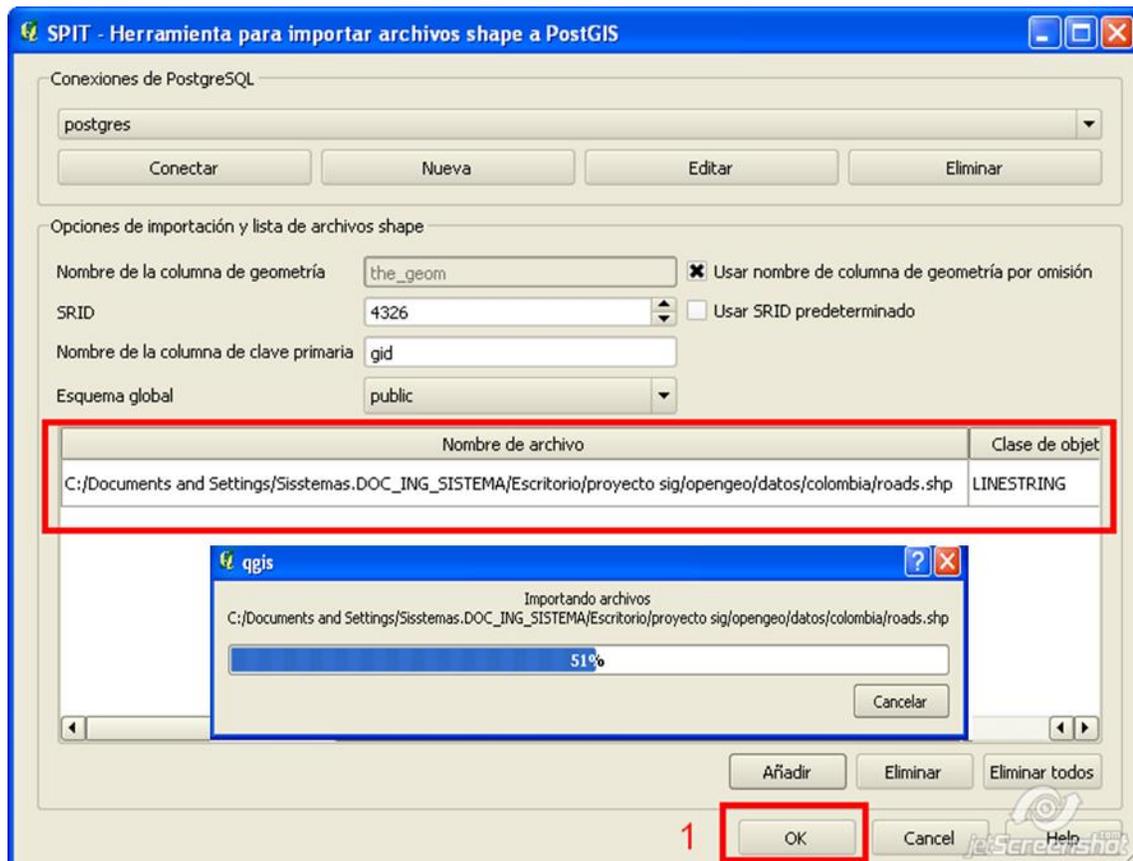
Figura 93. Selección de archivos Shape a importar.



Fuente: Autores

- Una vez seleccionados los archivos SHP se puede realizar la importación de los archivos a PostGIS (figura 94). El proceso se muestra en la figura 99.

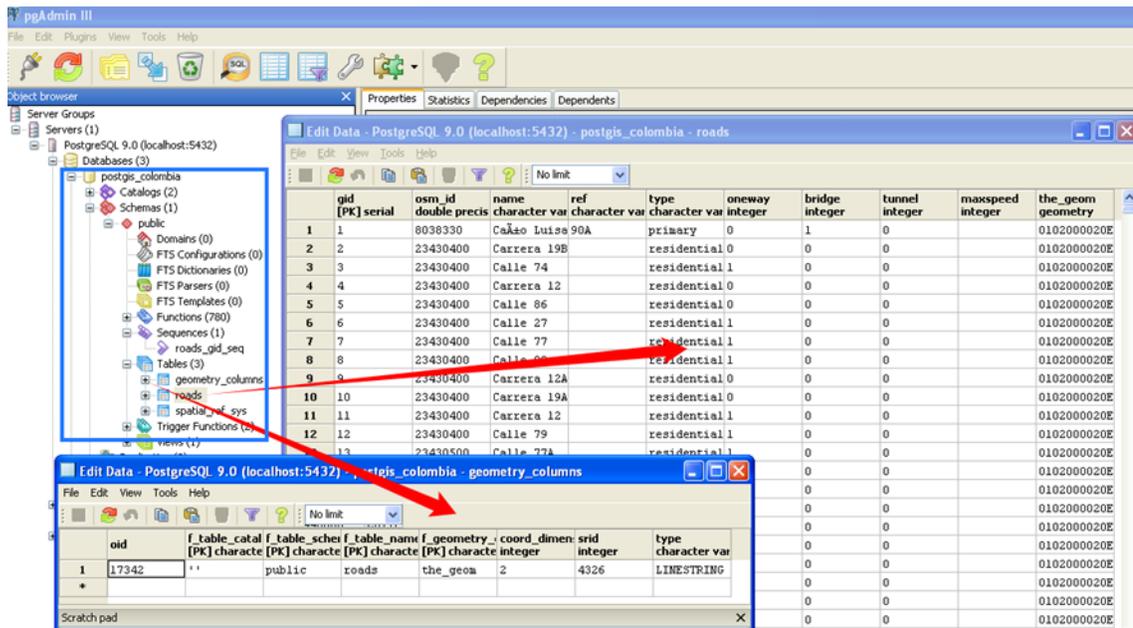
Figura 94. Importando archivos shape a PostGIS.



Fuente: Autores

- Para comprobar y verificar la importación de los archivos SHP, como tablas de la base de datos, se debe verificar en PostGIS mediante la herramienta PgAdmin (figura 95).

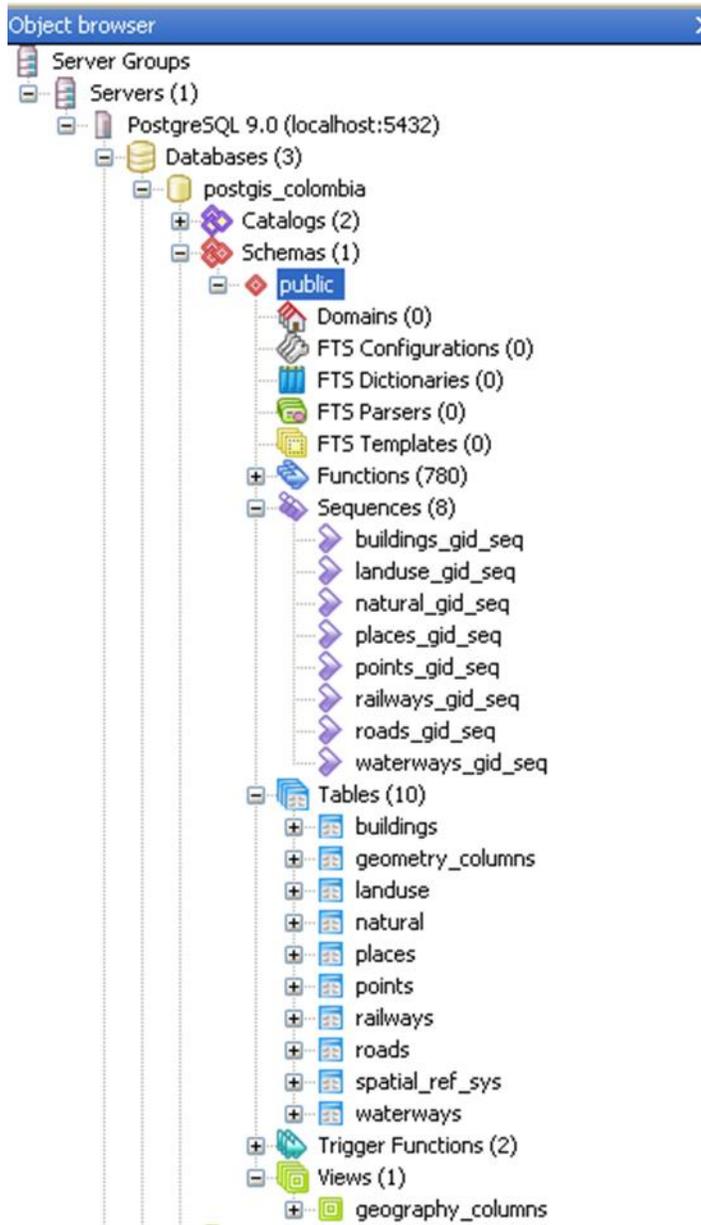
Figura 95. Verificación de importación.



Fuente: Autores

El resultado de la conversión de archivos SHP a tablas en las bases de datos, se aprecia con más detalle en la figura 96.

Figura 96. Resultado de la importación en Postgres/PostGIS



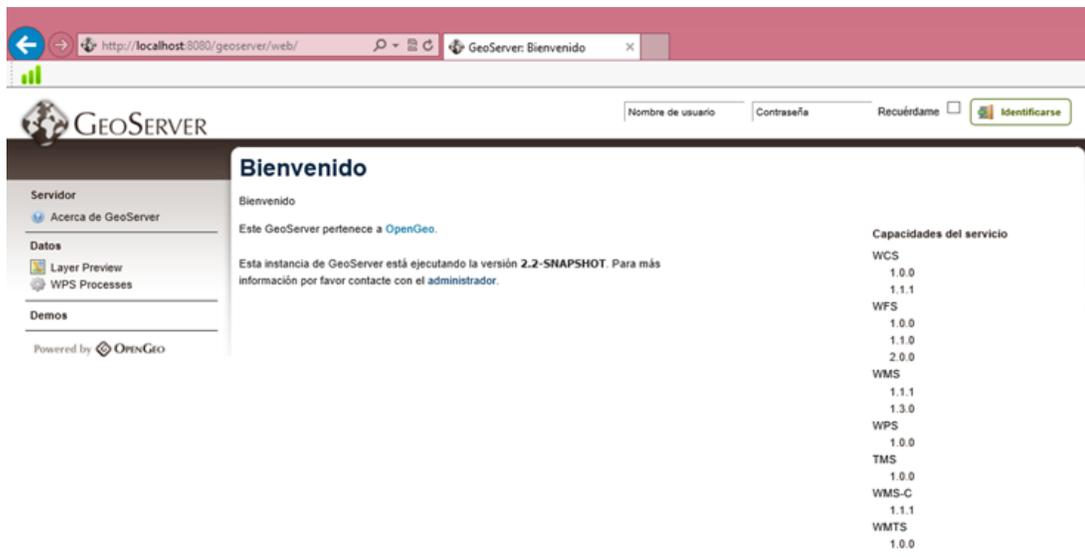
Fuente: Autores.

10.15.2 Adaptar la infraestructura tecnológica expresada en servicios.

- Una vez instalada la infraestructura de datos espaciales esta debe ser configurada (figura 97) para acceder a los diferentes repositorios de datos, tanto SHP como bases de datos Postgres/PostGIS. El acceso se realiza a través de un navegador web.

<http://la.ip.dela.maquina:8080/dashboard/>

Figura 97. Configuración de GeoServer.

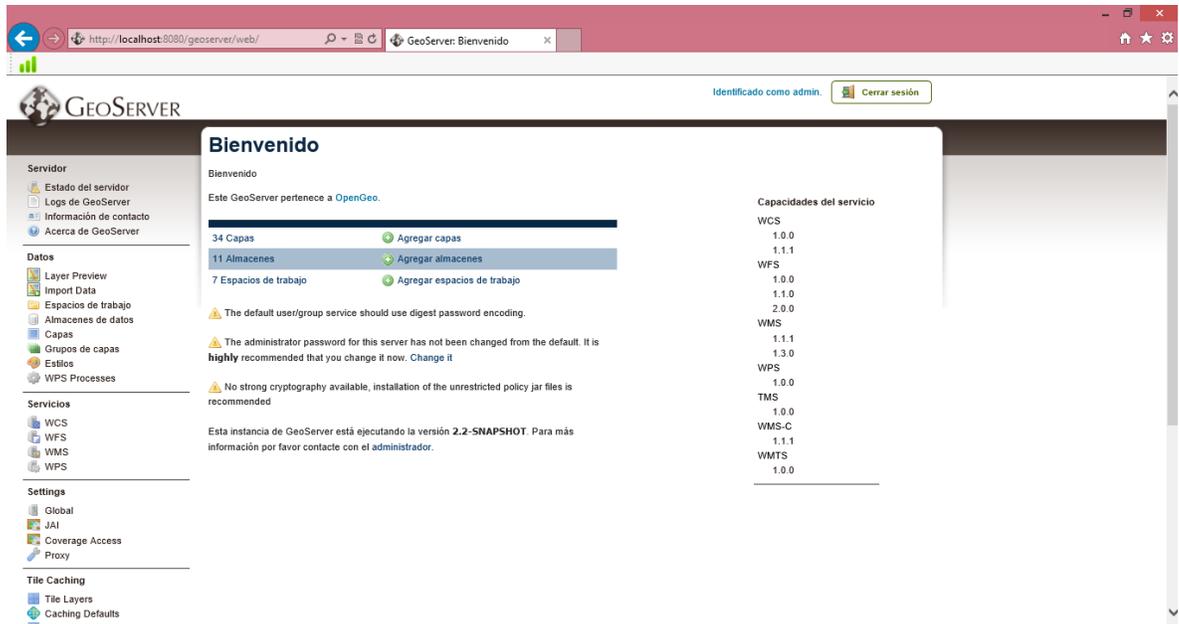


Fuente: Autores

- Al ingresar a la IDE a través del usuario y contraseña, se pueden realizar diferentes acciones de configuración (figura 98) como:
 - Espacios de trabajo
 - Almacenes de datos

- Capas
- Estilos gráficos (SLD)
- Visualización de capas

Figura 98. Interfaz gráfica de configuración de GeoServer.



Fuente: Autores.

10.15.2.1 Espacios de trabajo

- Seleccionar la opción espacios de trabajo (figura 99), y agregar un nuevo espacio de trabajo.

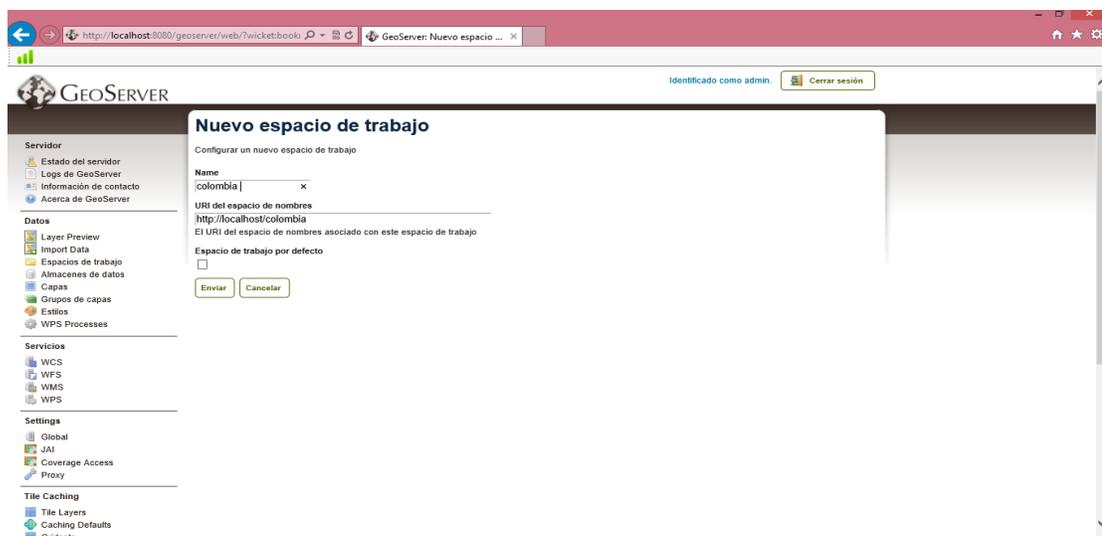
Figura 99. Creación de espacio de trabajo.



Fuente: Autores

- Configurar el espacio de trabajo, con su nombre y el URI, marcarla casilla de espacio de trabajo por defecto y dar clic en enviar (figura 100).

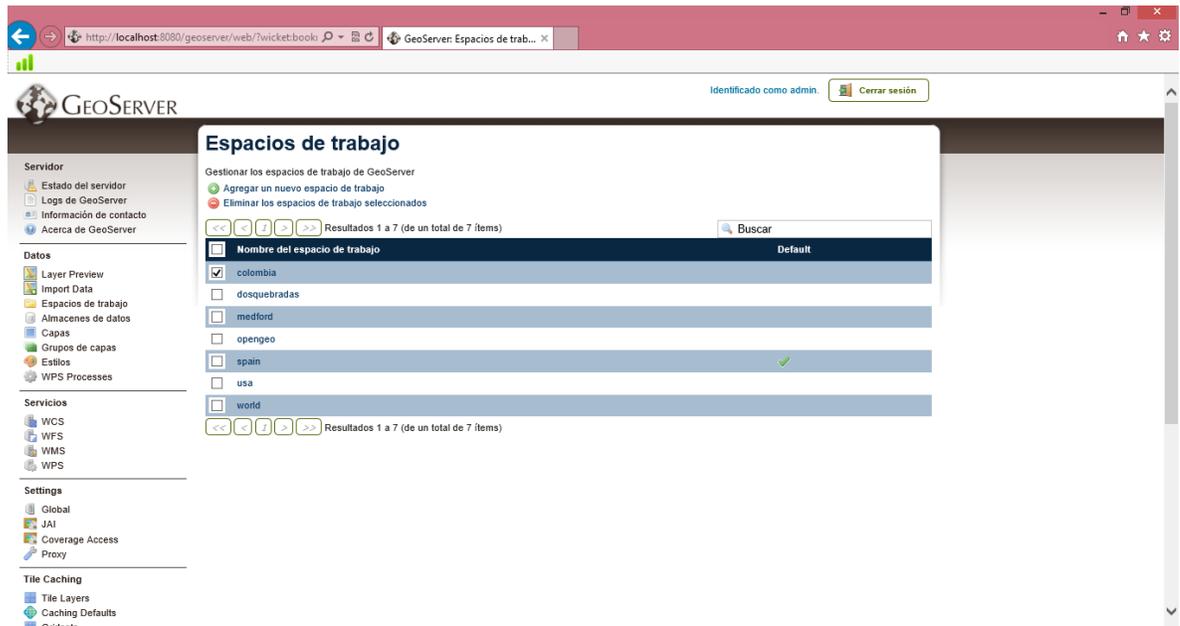
Figura 100. Configuración del espacio de trabajo.



Fuente: Autores

- El listado de los espacios de trabajo creados se muestra en la figura 101.

Figura 101. Espacio de trabajo creado.



Fuente: Autores.

10.15.2.2 Almacenes de datos Shape.

- Los almacenes de datos se pueden crear desde diversos orígenes, siendo los más utilizados los de tipo "ShapeDirectory of spatial files (shapefiles)" figura 102.

Figura 102. Creación de un almacén de datos vectoriales tipo shape



Fuente: Autores

- Una vez creado el almacén de datos Shape, se llena el formulario de orígenes de datos vectoriales como se indica en la siguiente figura 103, para finalizar se debe guardar.

Figura 103. Edición de un origen de datos vectoriales SHP.



Fuente: Autores

Importante:

Los orígenes de datos de OpenGeo-Suite en Linux quedan en el directorio **/usr/share/opengeo-suite-data/geoserver_data**, por tanto, los archivos se deben montar mediante un cliente FTP en esta ruta, ejemplo:

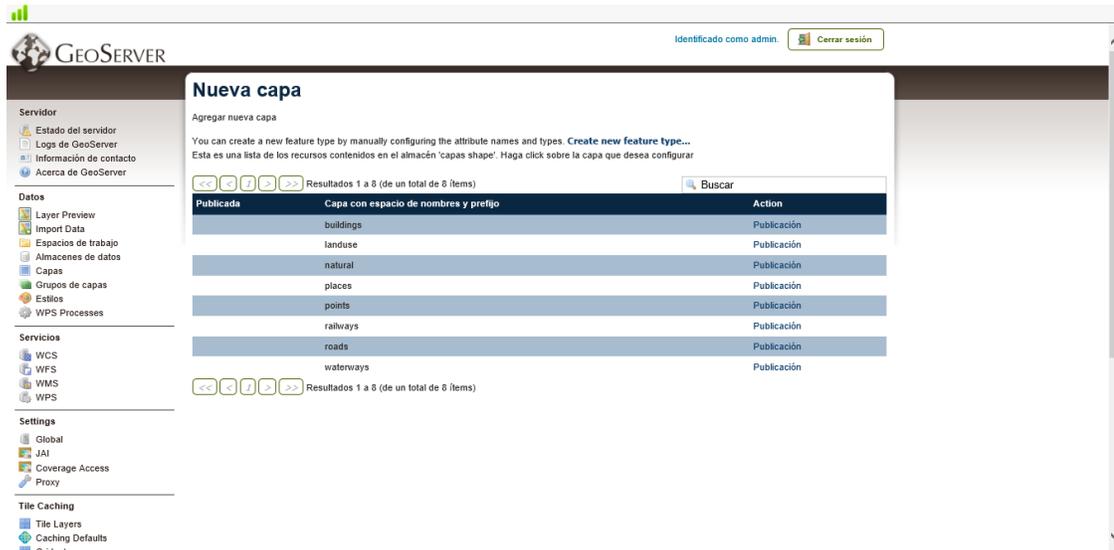
```
# cd /usr/share/opengeo-suite-data/geoserver_data/data  
# mkdir colombia  
# chown tomcat colombia
```

Subir los archivos con un cliente FTP.

10.15.2.3 Publicación de capas y estilos.

Geoserver listará el conjunto de archivos en formato shape válidos que contiene el directorio Colombia. En la columna de la derecha se indica el estado de publicación de la capa, indicando “Publicación” (figura 104) para aquellas capas que aún no han sido publicadas.

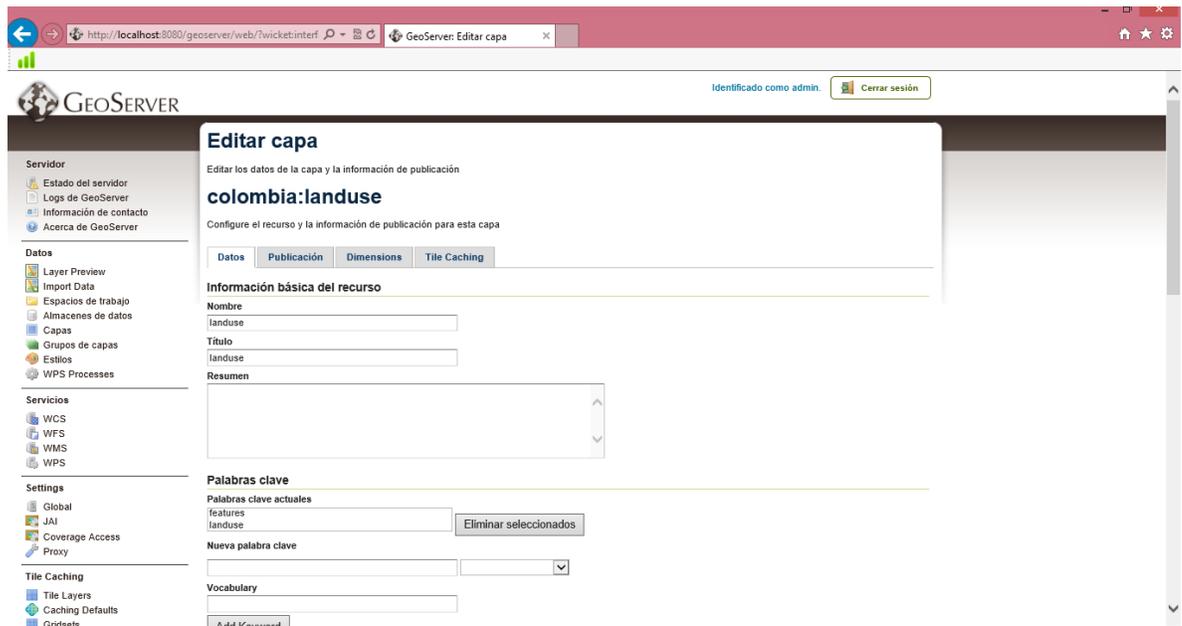
Figura 104. Publicación de capas.



Fuente: Autores

Se debe seleccionar la capa que se desea publicar y proceder a configurarla. De esta manera se despliega un formulario (figura 105) donde se deben ingresar algunos campos obligatorios asociados a propiedades físicas de la capa, como el sistema de referencia, descripción de la capa a publicar, metadato asociado y estilo gráfico (SLD), que define el aspecto visual de la capa.

Figura 105. Edición de capas.

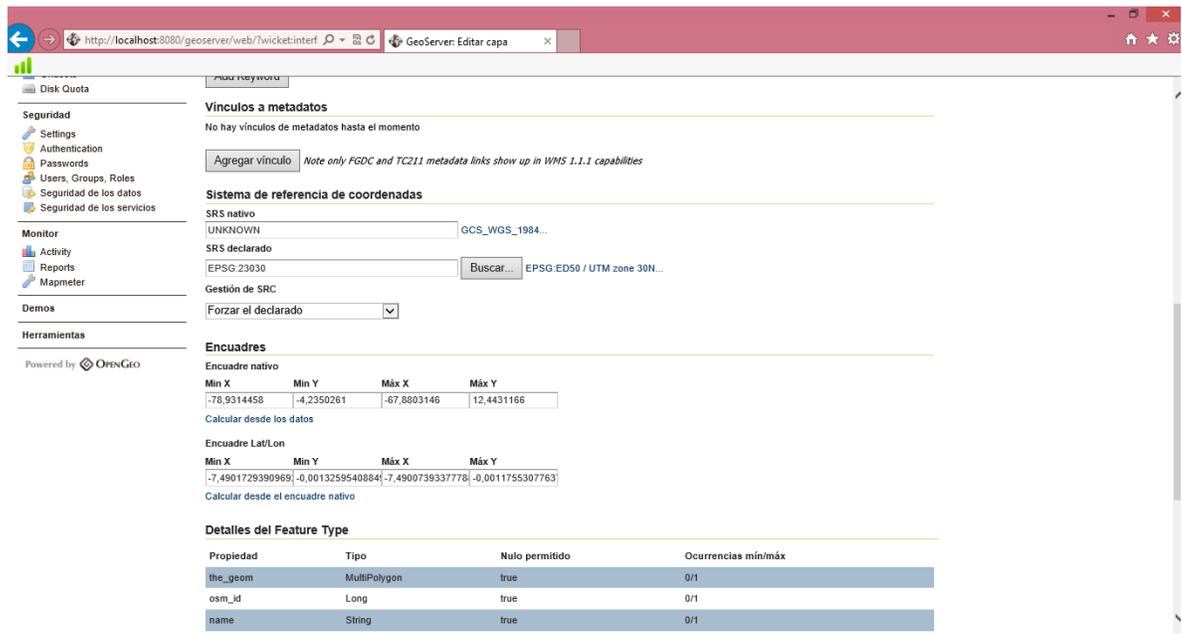


Fuente: Autores.

- **Importante:**

Es de suma importancia calcular los encuadres (figura 106) nativos y **lat/lon**, esto se debe hacer cada vez que se declare un nuevo EPSG.

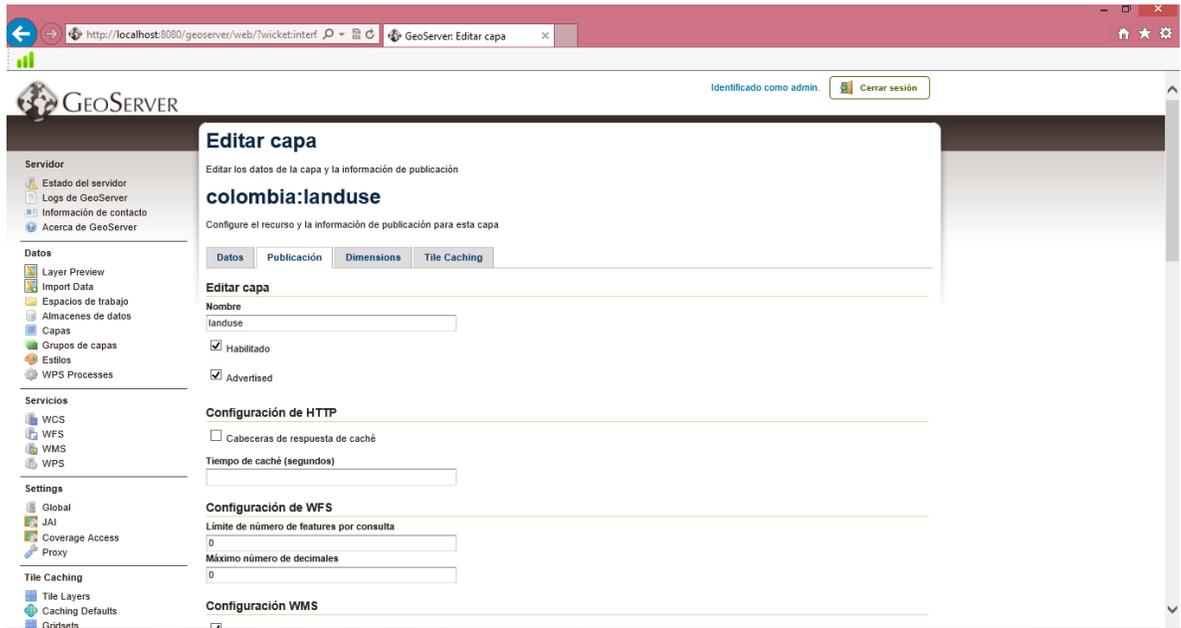
Figura 106. Sistema de referencia de coordenadas.



Fuente: Autores

Aún no se debe guardar, pasar a la pestaña **Publicación**. En este apartado se definen aspectos relacionados con el renderizado de la capa (figura 107), así como el aspecto visual de la misma, es decir la asociación de un estilo en formato SLD.

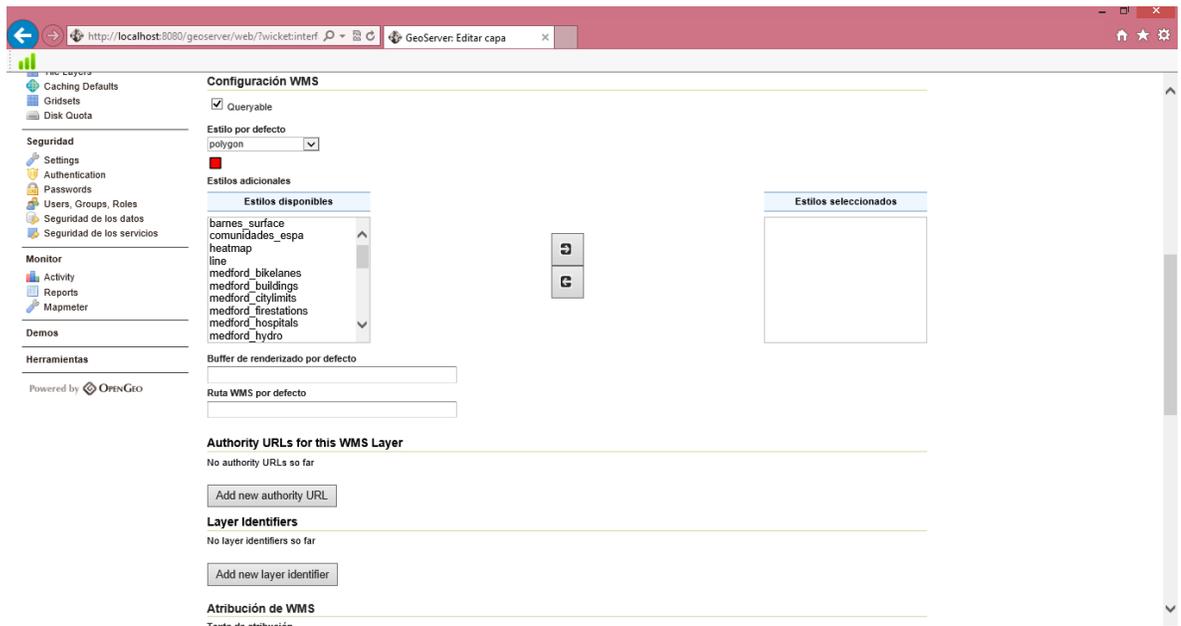
Figura 107. Renderizado de capa y aspecto visual.



Fuente: Autores

- Se debe cambiar el estilo por defecto como se indica la figura 108.

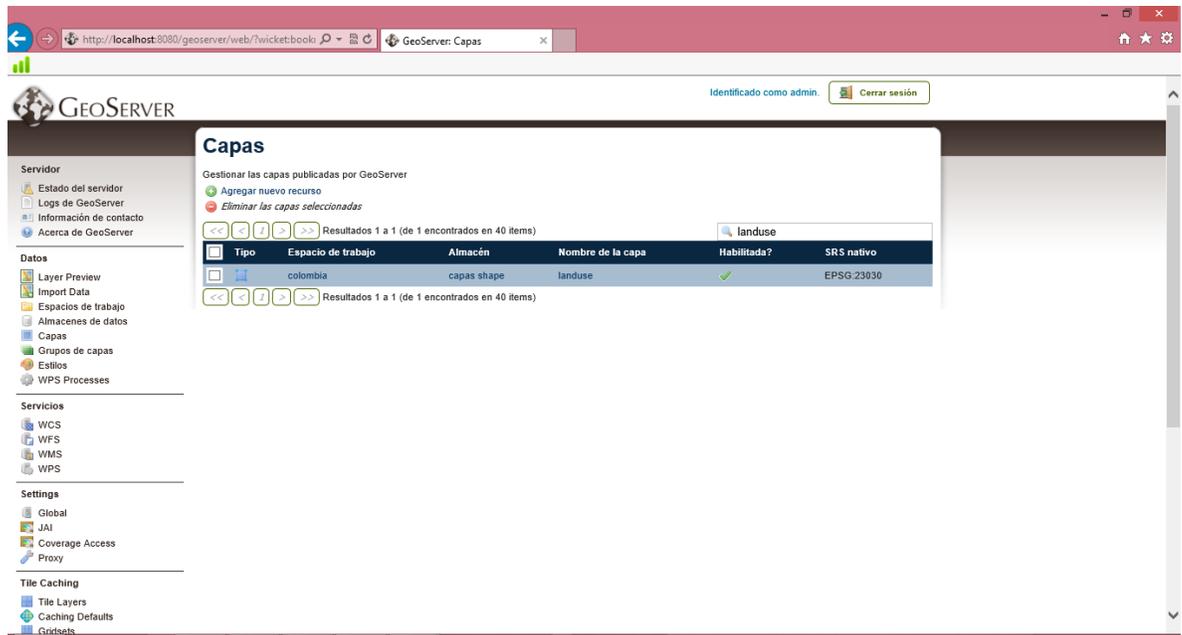
Figura 108. Estilo de la capa.



Fuente: Autores.

- De esta manera se ha publicado en Geoserver una capa con orígenes de datos en un directorio o una base de datos, como lo muestra la figura 109.

Figura 109. Capas publicadas.



Fuente: Autores

10.15.2.4 Almacenes de datos PostGIS.

Para crear un almacén con origen de datos PostGIS (se deben seguir pasos similares a la creación de orígenes de datos **SHAPE** (figura 110).

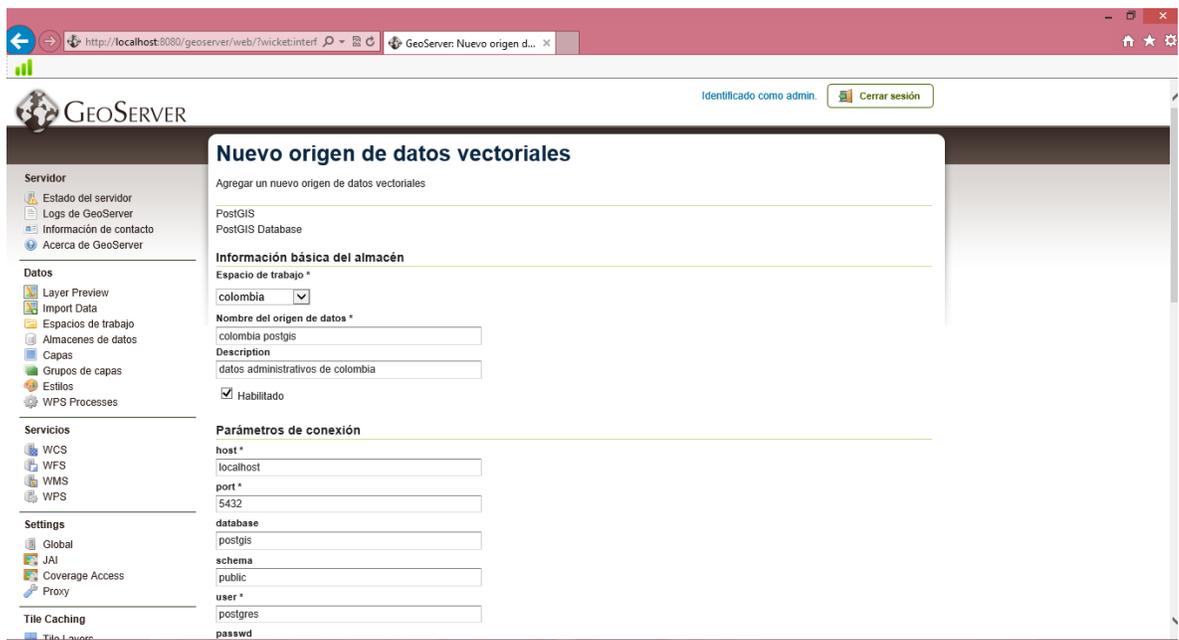
Figura 110. Creacion de almacèn de datos tipo postGIS.



Fuente: Autores

Realizar una conexión (figura 111) con el servidor de bases de datos Postgres/PostGIS, suministrando los parámetros de conexión.

Figura 111. Nuevo origen de Datos vectoriales.



Fuente: Autores

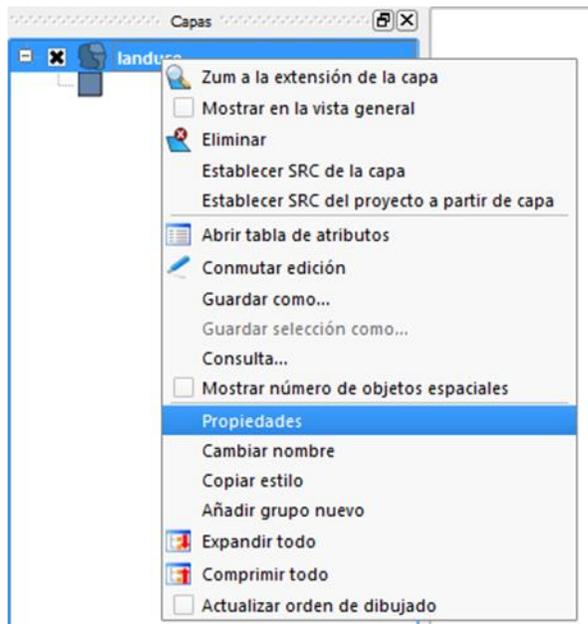
Una vez creado el almacén de datos Postgres/PostGis, se listan todas las capas almacenadas en forma de tablas dentro de la base de datos Postgis que se creó anteriormente. A partir de este momento, cada capa que se almacene dentro de la base de datos PostGis será listada en el almacén, por lo que no hay necesidad de crear un almacén tipo PostGis por cada capa que se almacene.

10.15.2.5 Estilos gráficos

Con la creación de almacenes de datos y sus respectivas capas con estilos gráficos básicos, es suficiente para visualizar los mapas a través de un visor de mapas web como OpenLayer o GeoExplorer), recordando que los estilos gráficos SLD no cumplirán con las características de consulta deseadas, por lo tanto, el paso siguiente será crear un estilo gráfico bajo el estándar SLD de la OGC y asociarlo a la capa creada. Para ello se utiliza el SIG de escritorio QGis.

- La capa de mapas se abre desde los almacenes de datos configurados en la infraestructura de datos espaciales o desde cualquier archivo tipo SHP. Como ejemplo en la figura 112 se carga la capa landuse.shp y se modifican las propiedades de la capa (botón derecho del ratón propiedades).

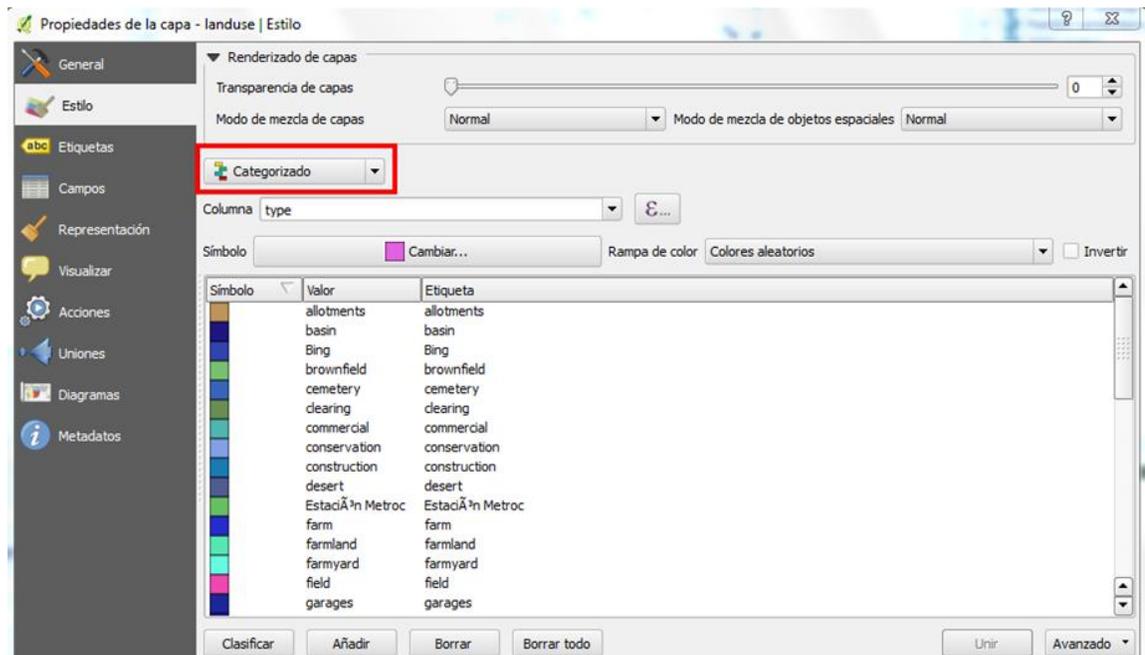
Figura 112. Carga de capa en Qgis.



Fuente: Autores

- Cambiar la simbología única por categorizado (figura 113).

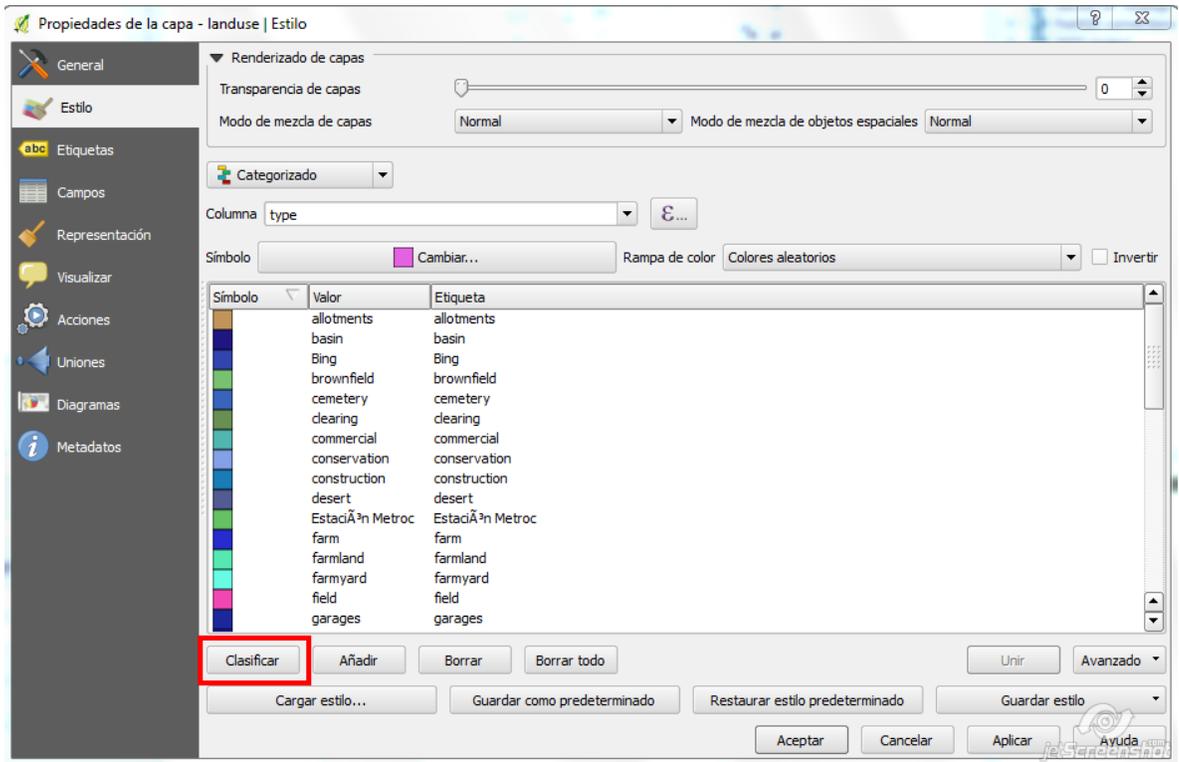
Figura 113. Cambio de estilo de la capa.



Fuente: Autores

Como lo muestra la figura 114, clasificar la leyenda en función de la gama de colores deseados, haciendo click en clasificar.

Figura 114. Clasificación de estilos.

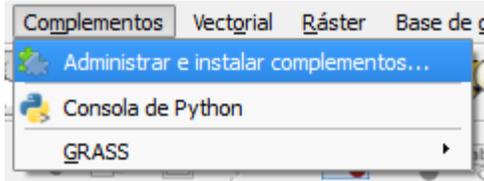


Fuente: Autores

Para continuar con la generación del estilo gráfico y su exportación a GeoServer en formato SLD (Descriptor de capas de estilos), se debe instalar o activar un complemento que permita realizar la conversión. Dependiendo de la versión de QGIS será **SLD converter**, o **SLD4raster**, si es necesario se debe habilitar los repositorios complementarios de QGIS (figura 115).

- Ir al menú complementos y seleccionar la opción Administrar e instalar complementos.

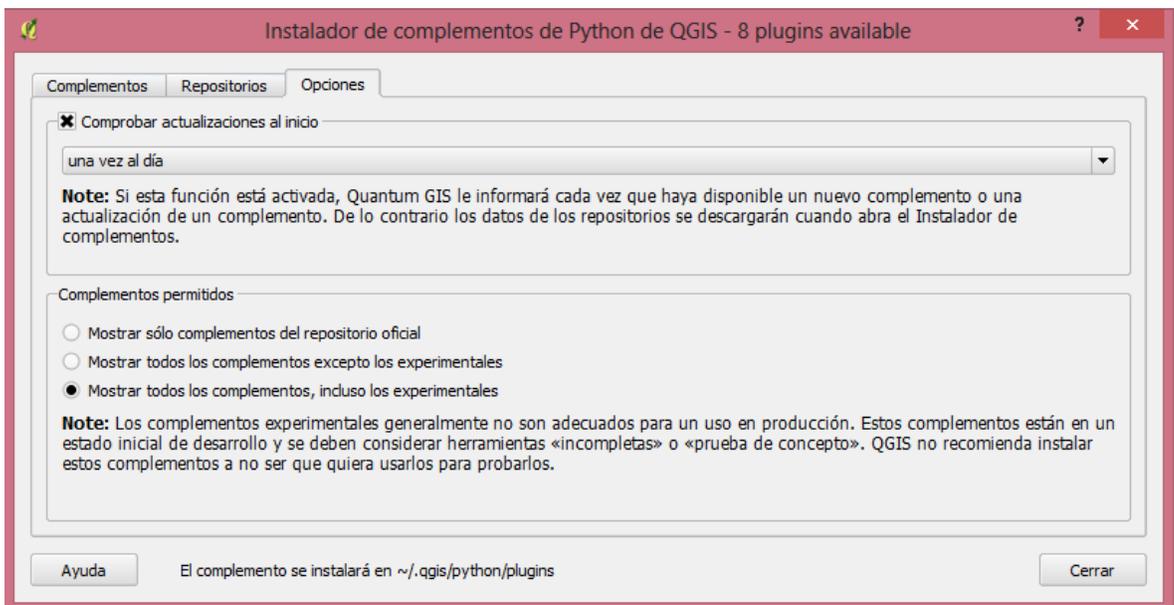
Figura 115. Obtención de complementos.



Fuente: Autores.

- En la pestaña opciones habilitar, mostrar todos los complementos, incluso experimentales (figura 116).

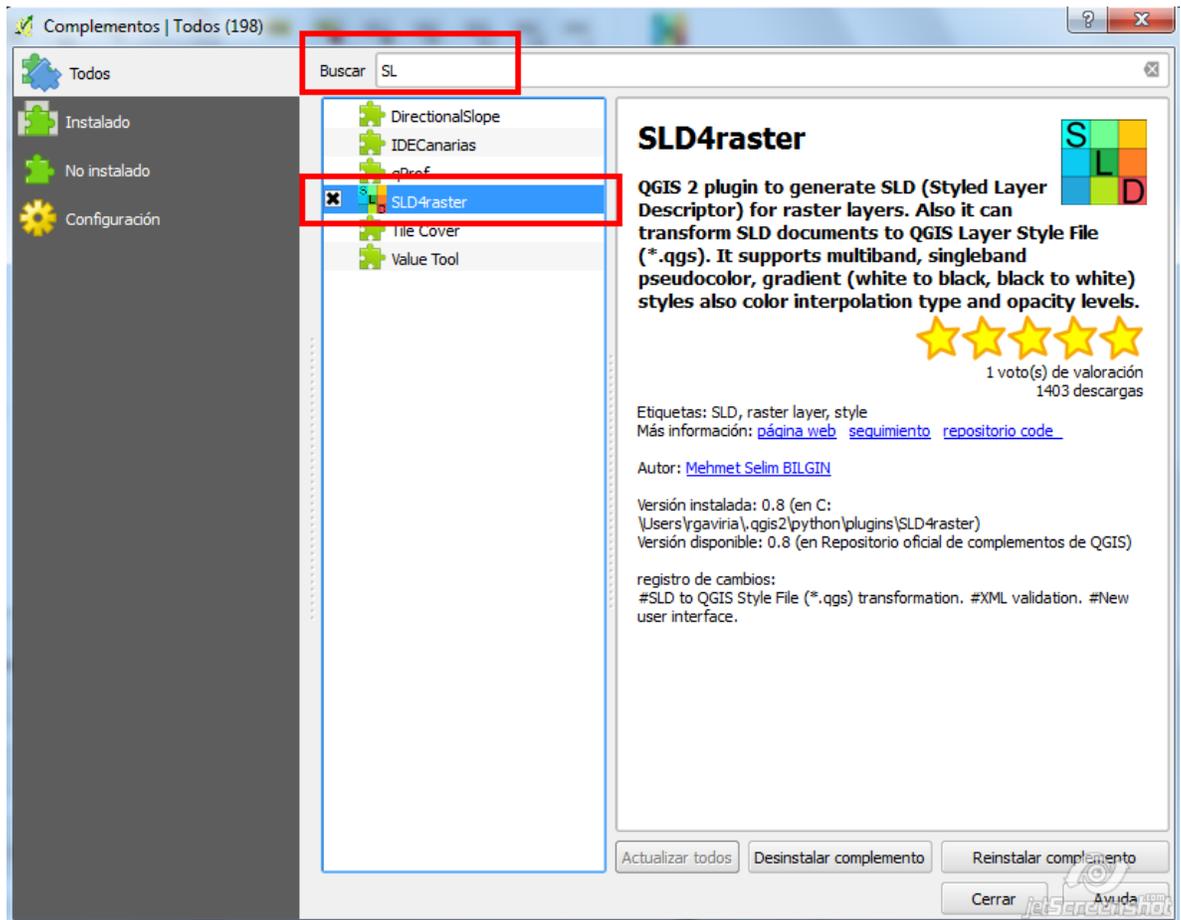
Figura 116. Instalador de complementos.



Fuente: Autores

- Luego ir a la pestaña Buscar (figura 117) y filtrar la búsqueda por la palabra **SLD**, e instalar/seleccionar el complemento **SLD**

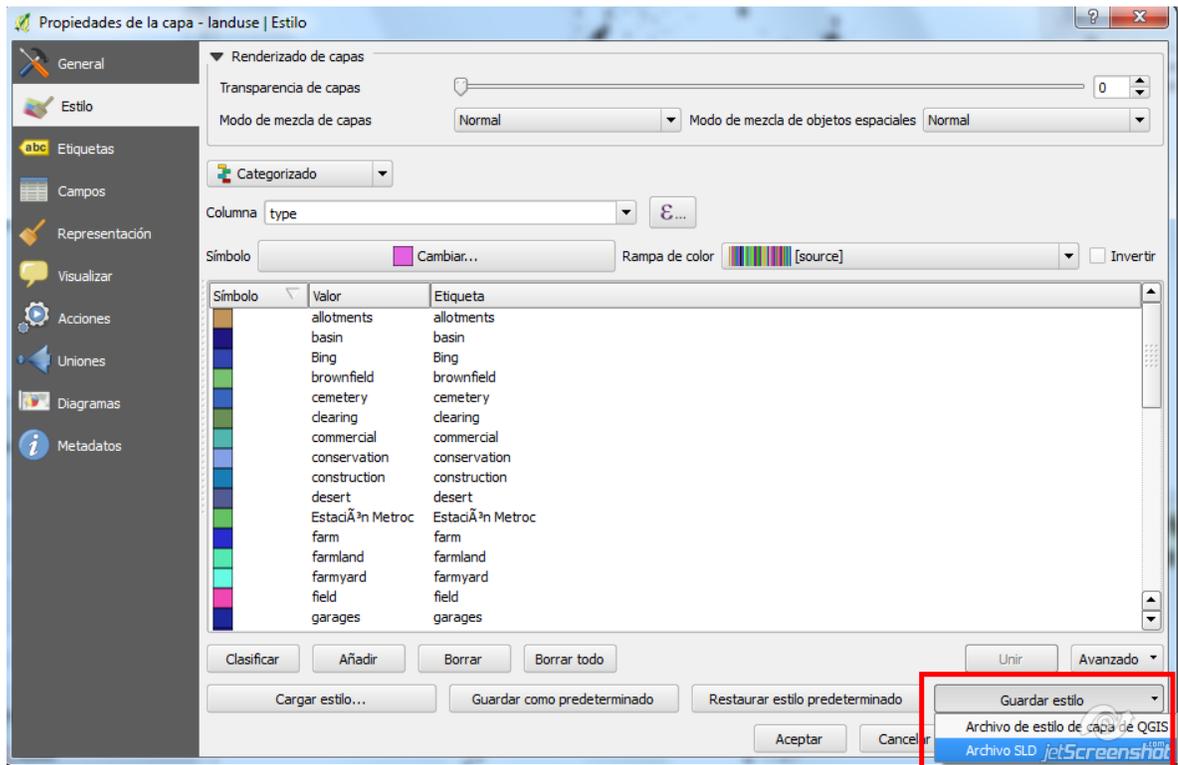
Figura 117. Instalando complementos Python.



Fuente: Autores

- Previo a la conversión del estilo, éste debe ser guardado para ser convertido a formato SLD a través de los complementos previamente instalados. Para ello dar click en la opción Guardar estilo, como lo indica la figura 118.

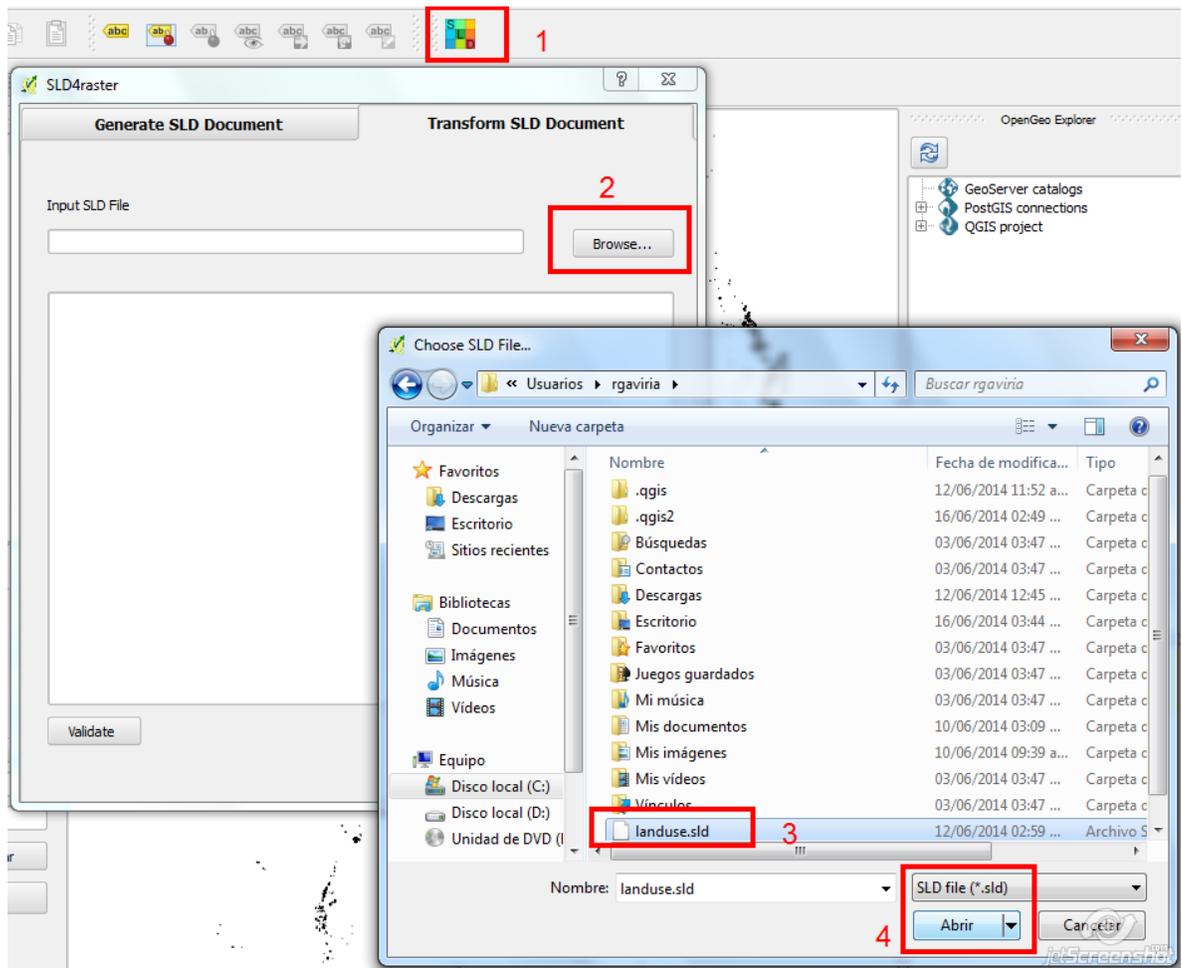
Figura 118. Guardar estilo en formato SLD.



Fuente: Autores

- Después de guardar el estilo este debe ser transformado en formato reconocido por GeoServer bajo el estándar SLD de la OGC, a través de los complementos instalados. Como ejemplo se muestra el complemento **SLD4raster**, figura 119.

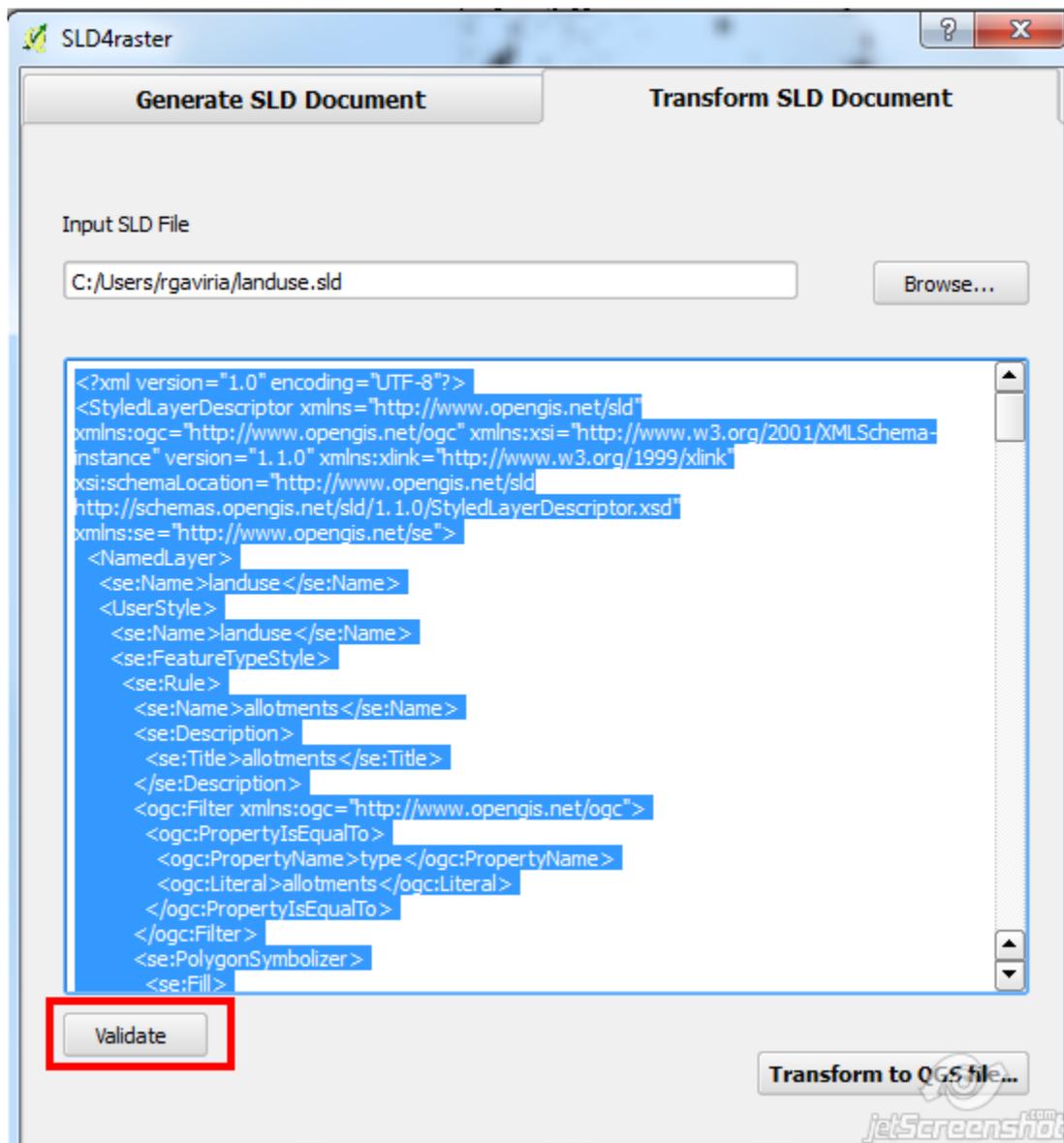
Figura 119. Transformar estilo en formato SLD mediante complemento.



Fuente: Autores.

- Luego se debe validar para su posterior utilización en Geoserver (figura 120).

Figura 120. Validar estilo en formato SLD



Fuente: Autores

- Para comprobar que la transformación y validación del estilo es correcto, se procede a crear un estilo en GeoServer. Con el estilo validado, visualizar su creación en Geoserver, esto depende del complemento utilizado.

Figura 121. Visualización estilos publicados en formato SLD.



Fuente: Autores.

- La figura 121, evidencia que el estilo ha sido creado correctamente. Queda ahora asociarle a la capa, el estilo que corresponda en este caso landuse. Para ello acceder a la opción capas y seleccionar la correspondiente.
- Como ejemplo ilustrador (figura 122) se asocia el estilo creado **landuse**, tanto a la capa de origen shape como a la capa de origen Postgis (ambas capas son idénticas, pero con origen de datos distinto).

Figura 122. Selección de la capa landuse para asociación de estilo.



Fuente: Autores

- Para ello hacer clic sobre el nombre de la capa, luego pasar a la pestaña Publicación y cambiar el estilo existente por el estilo deseado, en este caso landuse (Figura 123).

Figura 123. Selección del estilo landuse.

Configuración WMS

Queryable

Estilo por defecto

landuse

Bing

Estacion Metroc

Quarry

Registraduria Na

allotments

basin

brownfield

cemetery

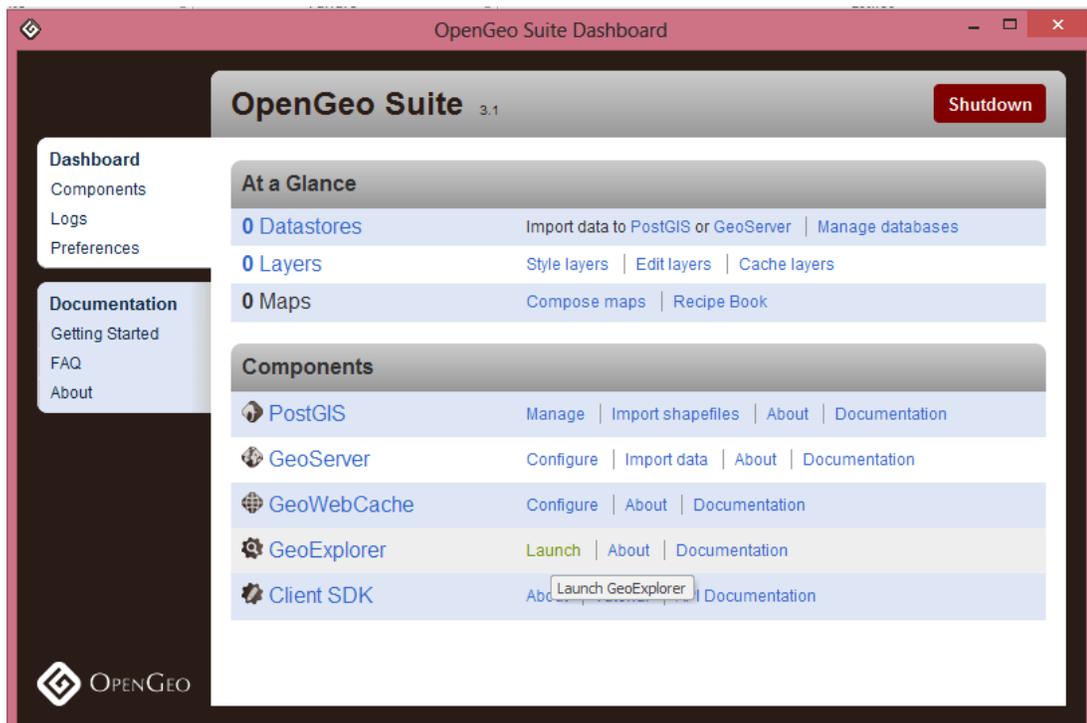
clearing

Fuente: Autores

10.15.2.6 Visualización de capas.

La visualización de capas o consulta de datos Geoespaciales se realiza a través del visor de mapas Geoexplorer, invocando la URL suministrada a través de un **GeoPortal**, el **dashboard** (figura 124) o desde la URL <http://localhost:8080/geoexplorer>.

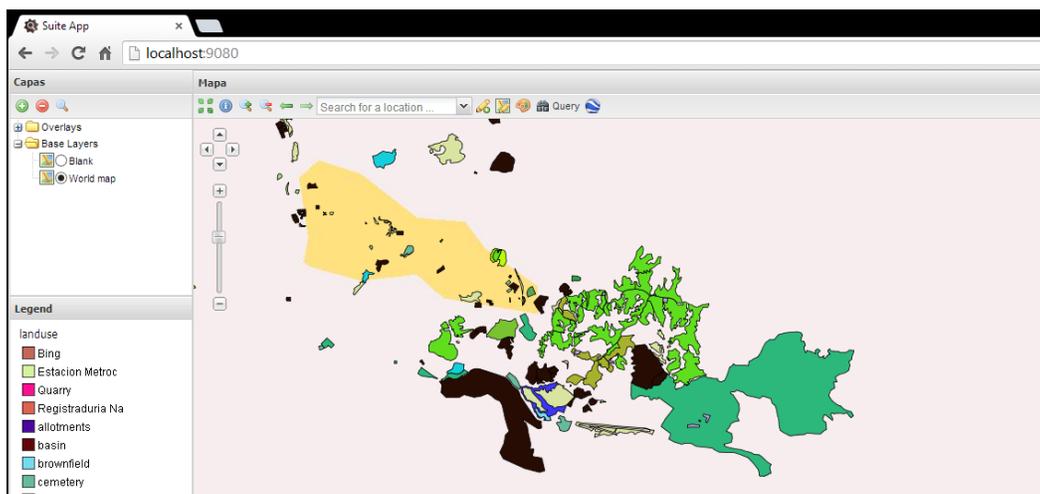
Figura 124. Visualización de capas desde el dashboard.



Fuente: Autores

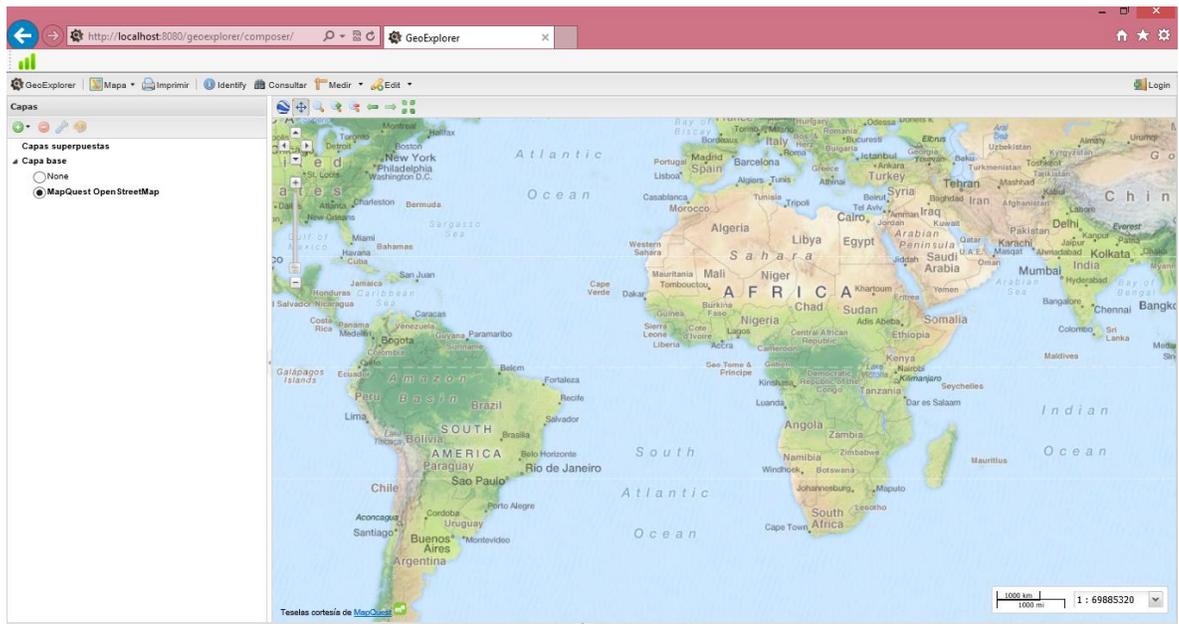
- La visualización de capas y su aspecto final se muestra en las figuras 125 a 127

Figura 125. Visualización de la capa landuse en en el visor GeoExplorer



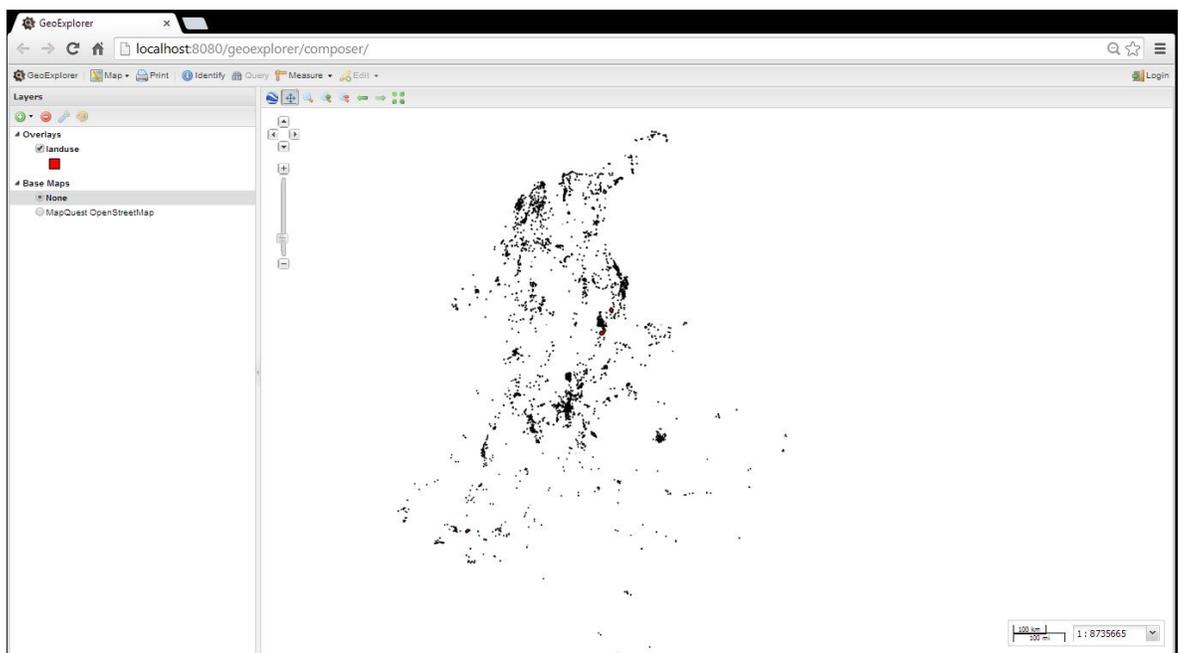
Fuente: Autores

Figura 126. Visualización capa del mundo.



Fuente: Autores.

Figura 127. Visualización de la capa en landuse al 100%.



Fuente: Autores.

10.15.3 Integrar la AppWeb GIS - LBS, con la infraestructura tecnológica.

La integración entre la AppWeb GIS y la infraestructura de datos espaciales, tiene como núcleo fundamental dos (2) componentes, a saber:

- Conversión de coordenadas geográficas (gra, min, Seg) a grados decimales
- Procedimiento almacenado de creación de geometrías espaciales.

10.15.3.1 Conversión de coordenadas geográficas a grados decimales

Los sistemas de información geográficos almacenan la información georreferenciada (Latitud / Longitud) en dos formatos básicos:

NAD83 / sistema de coordenadas WGS84 (grados, minutos, segundos.)

NAD27 / sistema de coordenadas decimales.

Siendo el sistema de coordenadas NAD27 el que se utiliza en la actualidad en materia de autorizaciones de radiodifusión y aplicaciones, como los sistemas de información geográfica y las bases de datos georreferenciada (PostgreSQL + PostGIS), por lo tanto, cada vez que se obtenga un punto georeferenciado (NAD83) con coordenadas geográficas (latitud y longitud) se debe convertir a grados decimales (NAD27).

Conversión:

Hay 60 minutos en un grado y 60 segundos en un minuto. Para convertir de un formato de grados-minutos-segundos a un formato de grados decimales, se puede utilizar la fórmula:

Fórmula 1. Coordenadas geográficas a decimales

$$\text{decimal degrees} = \text{degrees} + \text{minutes}/60 + \text{seconds}/3600$$

Fuente: Autores.

Para convertir de nuevo desde el formato de grados decimales a grados-minutos-segundos se puede utilizar la fórmula:

Fórmula 2. Coordenadas decimales a geográficas

$$\begin{aligned} \text{degrees} &= \lfloor \text{decimal degrees} \rfloor \\ \text{minutes} &= \lfloor 60 * (\text{decimal degrees} - \text{degrees}) \rfloor \\ \text{seconds} &= \lfloor 3600 * (\text{decimal degrees} - \text{degrees} - \text{minutes}/60) \rfloor \end{aligned}$$

Fuente: Autores.

10.15.3.2 Procedimiento almacenado de creación de geometrías espaciales.

Una vez convertidas las coordenadas geográficas a coordenadas decimales, estas deben ser almacenadas en un campo de la tabla que almacene información geográfica. Este campo es un objeto geométrico tipo POINT con sistemas de coordenadas WG84 o SRID 4326, así:

```
fen_punto geometry(Point,4326),
```

Esto garantiza que la infraestructura de datos espaciales pueda suministrar datos espaciales al visor geográfico y este a su vez los muestre en la ubicación correcta.

El procedimiento almacenado y la forma de crearlo se suministra en el cuadro 19.

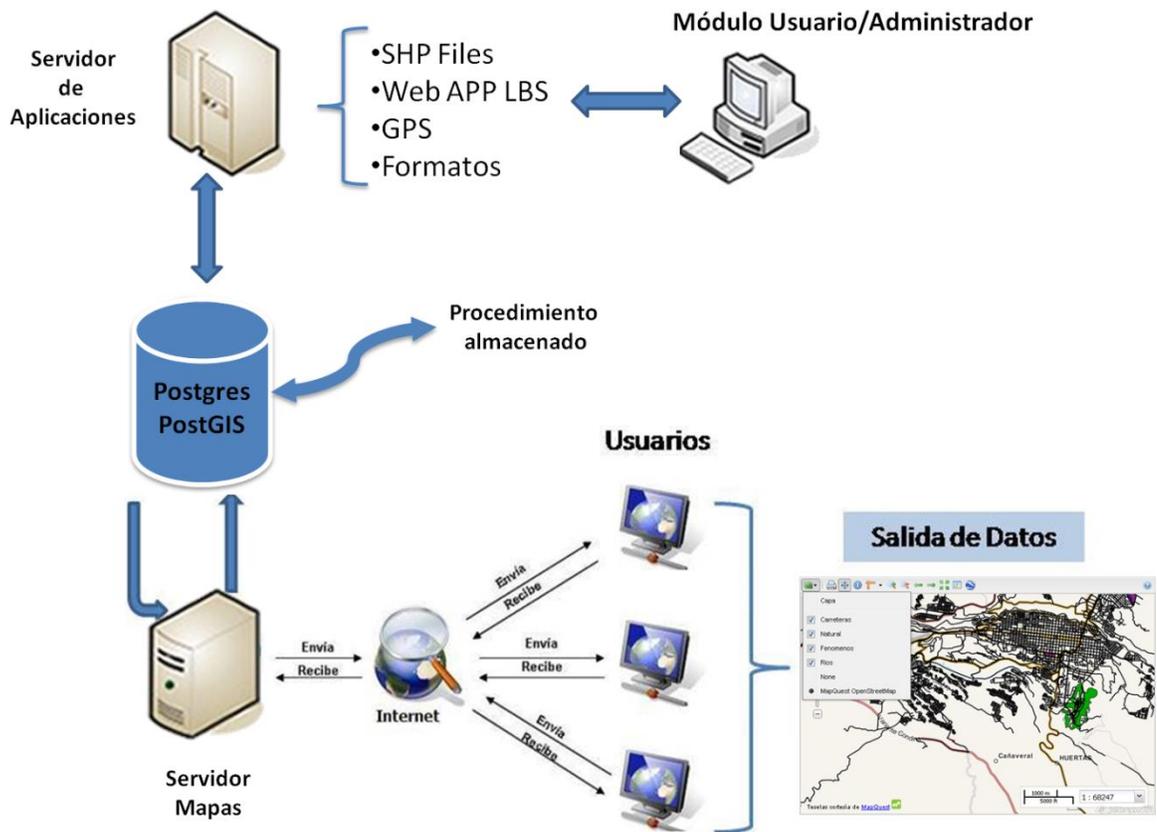
Cuadro 19. Procedimiento almacenado de integración.

Paso	Tipo	Código
1	Función	<pre> CREATE OR REPLACE FUNCTION posicion_talud() RETURNS trigger AS \$BODY\$ DECLARE BEGIN NEW.fen_lat = NEW.lat_g_fen + NEW.lat_m_fen/60 + NEW.lat_s_fen/3600; NEW.fen_lon = (NEW.lon_g_fen + NEW.lon_m_fen/60 + NEW.lon_s_fen/3600) * -1; NEW.fen_punto:=ST_SetSRID(ST_MakePoint(NEW.fen_lon,NEW.fen_lat),4326); RETURN NEW; END; ----- \$BODY\$ LANGUAGE plpgsql VOLATILE COST 100; ALTER FUNCTION posicion_talud() OWNER TO postgres; </pre>
2	Trigger	<pre> -- Trigger: posicion_talud on fenómeno -- DROP TRIGGER posicion_talud ON fenomeno; CREATE TRIGGER posicion_talud BEFORE INSERT OR UPDATE ON fenomeno FOR EACH ROW EXECUTE PROCEDURE posicion_talud(); </pre>

Fuente: Autores

Por lo tanto, la integración se puede visualizar en la figura 128, dónde se ilustra cómo es dicha integración desde el punto de vista funcional.

Figura 128. Integración AppWeb e IDE

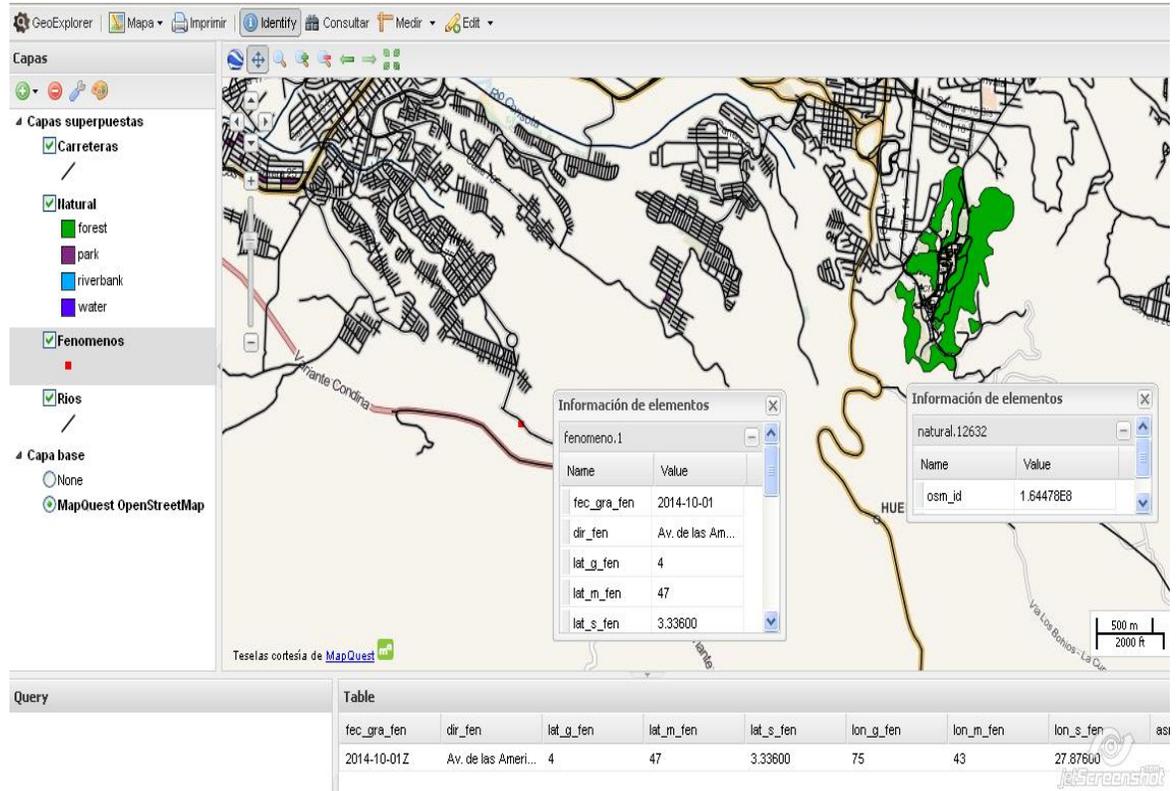


Fuente: Autores

La visualización de la integración se logra mediante un visor geográfico, tal como GeoExplorer, Openlayer o cualquier otro, que en última instancia materializa el resultado de la integración presentada en la figura 128.

La figura 129 muestra la integración en el visor geográfico Geoserver.

Figura 129. Visor gráfico GeoExplorer



Fuente: Autores

La publicación de este mapa se logra a través de un enlace permanente como:

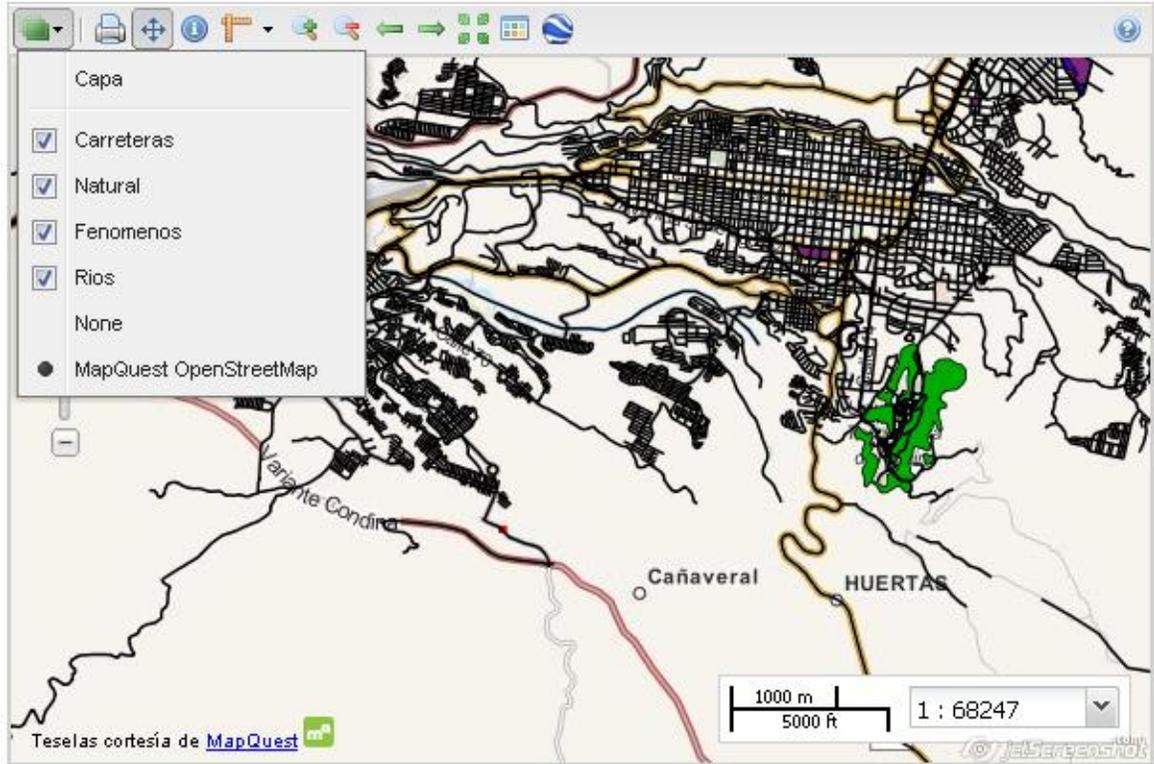
<http://localhost:8080/geoexplorer/composer/?layers=fenomenos%3Awaterways&&bbox=-8795455.970719,-331139.839306,-7746240.554061,1394815.632338#maps/2>

O una pagina web con el siguiente código:

```
<iframe style="border: none;" height="400" width="600"
src="http://localhost:8080/geoexplorer/viewer/#maps/2"></iframe>
```

El resultado es el que se muestra en la figura 130.

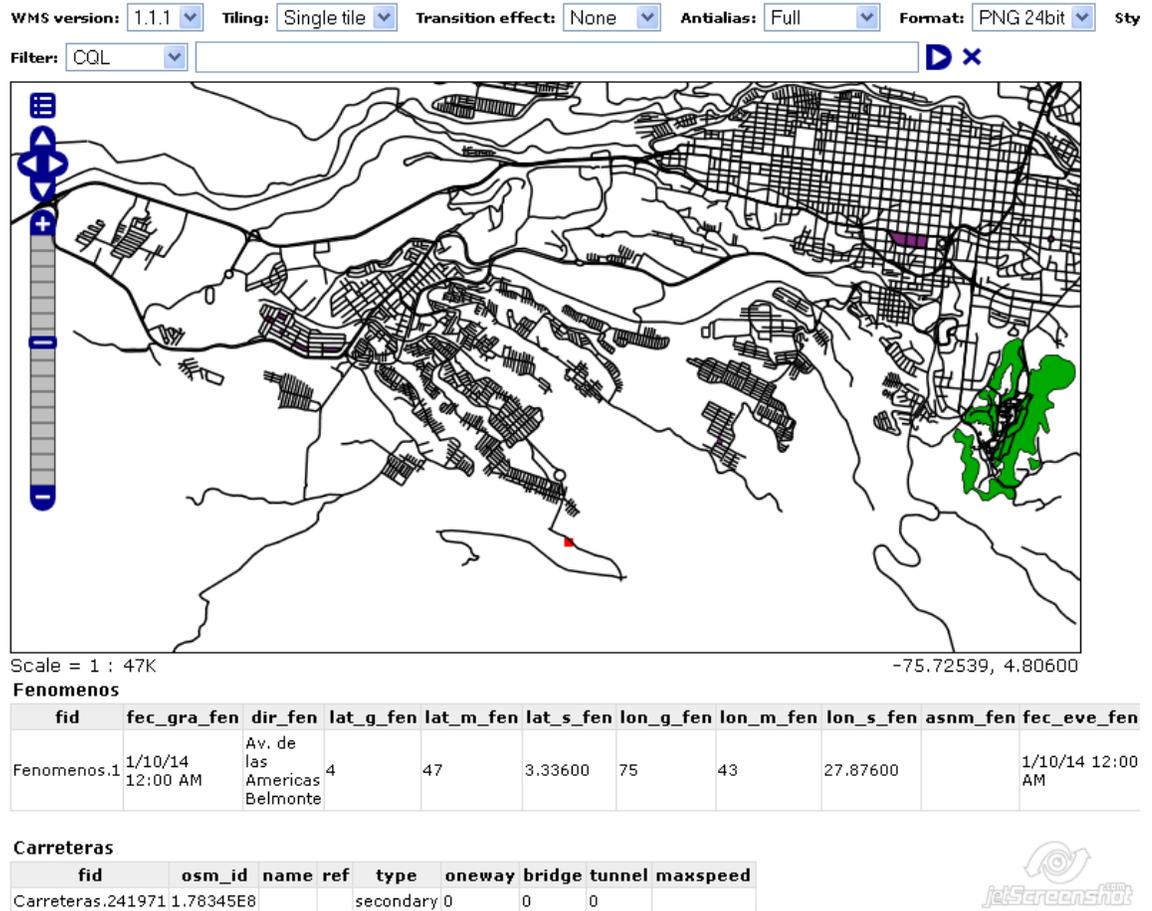
Figura 130. Publicación de mapas mediante HTML



Fuente: Autores

La figura 131 muestra la integración y su visualización con OpenLayer.

Figura 131. Visor gráfico OpenLayer



Fuente: Autores

CONCLUSIONES

- La **correcta caracterización y selección de OpenGeo Suite** como infraestructura de datos espaciales basada en servicios como patrón de diseño, y el cumplimiento de los estándares internacionales propuestos por la ISO/TC 211 y la OGC, facilitan el intercambio de productos y servicios mediante la eliminación de las barreras técnicas, garantiza la interoperabilidad de bases de datos, de fácil integración con fuentes de datos existentes, con la AppWeb GIS desarrollada y futuras aplicaciones que se creen, permitiendo el acceso tanto a la IDE, bases de datos, como a los desarrollos y aplicaciones desde distintos dispositivos.
- El **estricto seguimiento de los estándares nacionales e internacionales propuestos por la ISO/TC 211**, en el desarrollo de la investigación permite el cumplimiento de los objetivos generales del comité técnico colombiano de infraestructura de datos espaciales como:
 - Incrementar la comprensión y el uso de la información geográfica
 - Incrementar la disponibilidad, acceso, integración y distribución de la información geográfica
 - Promover el uso eficiente, eficaz y económico de la información geográfica digital y los sistemas de hardware y software relacionados
 - Contribuir a un enfoque unificado para solucionar los problemas ecológicos y humanitarios globales.
- El **uso de patrones de diseño**, como el patrón arquitectónico MVC (Model-View-Controller) y los patrones adecuados en cada una de las etapas de desarrollo (Transfer Object, Data Access Object, Abstract Factory, GRID Component), facilitó la implementación de la infraestructura de datos

espaciales, el desarrollo de la AppWeb GIS - LBS y su posterior integración, permitiendo el desarrollo de un sistema de información geográfico fácil de escalar, mantener, de bajo costo operativo y funcional. Por ejemplo, la migración de archivos Shape a la base de datos PostGIS se logró de forma inmediata sin importar las diferencias en la generación de identificadores y herramientas en los cuales fueron creados.

- **La utilización de la tecnología RAD** (Rapid Application Development) para el desarrollo de la AppWeb GIS y el módulo Móvil LBS, permitió un desarrollo de alta calidad en tiempo récord con todas las funcionalidades requeridas y determinadas en los RF (Requisitos Funcionales), un producto final robusto y potente, configurable e instalable en cualquier máquina que posea un navegador Web.
- Gracias a la alta cohesión y bajo acoplamiento de la IDE y al patrón de diseño MVC, se concluye que para los desarrollos de aplicaciones futuras y su integración con la infraestructura de datos espaciales, los desarrollos se pueden realizar en **cualquier lenguaje de programación** que se pueda conectar a la base de datos PostGRES/GIS, debido a que es en últimas el procedimiento almacenado quien garantiza la integración entre la IDE y los desarrollos futuros.
- Resulta significativo destacar que para la **visualización de datos Geoespaciales** el visor gráfico se comunica con los servicios web a través del estándar (WFS), hace uso de estilos (SLD) y filtros (FLD), todos ellos transparentes a los usuarios finales, garantizando mantenimiento y escalabilidad y permitiendo que los usuarios interactúen con los datos espaciales generados de manera sencilla e intuitiva y que los desarrolladores

se preocupen por la lógica del negocio y no por la visualización de datos Geoespaciales.

- Al estar la IDE OpenGeo Suite, compuesta por una serie de módulos o ***componentes independientes***, permite su fácil interconexión a través de XML con otros componentes o proyectos que cumplan con los estándares propuestos por la OGC, como MapBuilder como visor de mapas o Atlas Styler para editar estilos gráficos.
- ***La utilización de teléfonos celulares con plataforma Android y el componente LBS desarrollados para la georeferenciación***, permitió un servicio “anytime, anywhere” de gran ayuda para la localización de fenómenos de remoción en masa, sin necesidad de portar GPS stand-Alone.
- **La espacialización georeferenciada de los fenómenos de remoción en masa (FRM)**, no fue la más eficiente en virtud de que dicha acción se adelantó mediante la tecnología de localización WiFi, con su consecuente baja precisión.

RECOMENDACIONES

Aprovechar el Kit de desarrollo (SDK) que trae integrado OpenGeo Suite, para hacer que el visor de mapas tenga un aspecto personalizado, pudiendo añadir nuevas funcionalidades en JavaScript y AJAX y explotando las que ya ofrece, garantizando con ello una manipulación de datos geográficos más amigable y potente.

Desarrollar una aplicación nativa Android y/o iPhone para el inventario y caracterización de fenómenos de remoción en masa que explote las características de hardware y software de los dispositivos Android y Apple, eliminando las limitaciones que se tienen en la aplicación web en cuanto a interfaz gráfica, garantizando mayor velocidad y aprovechando los paquetes de datos de los equipos móviles.

En lo posible usar tecnologías híbridas, para la georeferenciación de puntos ya que las tecnologías GPS o WiFi presentan problemas de precisión que podrían ser eliminadas con el uso de sistemas híbridos, como el caso del A-GPS (*Assisted GPS*). Un dispositivo A-GPS reduce el tiempo de espera al hacer los primeros cálculos en las estaciones base del proveedor de servicios que permitiría mejorar la precisión de localización en menor tiempo.

Recomendar al Centro de Investigación y Desarrollo en Información Geográfica del IGAC, **el estudio e implementación de un proceso de desarrollo de software o metodología ágil**, como estrategia que permita ser más eficiente y eficaz en la construcción de productos de software tipo SIG.

Recomendar al COINFO “Comisión Intersectorial de Política y Gestión de Información en la Administración Pública” incorporar al sistema nacional de referencia MAGNA-SIRGAS, **el estándar NAD27**, el cual es el que se utiliza en la actualidad en materia de autorizaciones de radiodifusión y aplicaciones como los sistemas de información geográfica y las bases de datos georreferenciadas.

Realizar transferencia de esta investigación a empresas del sector público que tengan necesidades de información geoespacial para que realicen sus propias implementaciones de manera fácil y con bajos costos, lo mismo a grupos de investigación de las universidades que tengan necesidades en este sentido

Por último, se recomienda ***desarrollar un módulo de reportes para la toma de decisiones y consultas, así como un geoportal*** que facilite el acceso a las consultas Geoespaciales. Este geoportal no requiere gran despliegue técnico, salvo enlaces a los visores de mapas e información institucional de la empresa o institución que lo desarrolle.

BIBLIOGRAFIA

ACIS. Una visión basada en los permanentes cambios tecnológicos y otros aspectos relacionados. Edición N° 93 Julio - septiembre de 2005. [Consultado 15 de dic. 2014]. Disponible en <www.acis.org.co/index.php?id=547>

AMCO. ¿Quiénes Somos? Área Metropolitana Centro Occidente Pereira. [En línea]: (2014). [Consultado 18 de sep. 2014]. Disponible en <<http://www.amco.goc.co/109-normativida.html#>>.

ARC/INFO. ESRI. [Programa de computador]: Versión 3.2.1. 1982.

BURROUGH, P.A. Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment. Clarendon Press. (1986) Oxford University.

BUZAI, Gustavo D. Sistemas de información geográfica SIG: teoría y aplicación. Lujan. 1ra Ed. 2013. Universidad Nacional de Luján. 312 p.

BUZAI, Gustavo y BAXENDALE, Claudia. Análisis Socioespacial con Sistemas de Información Geográfica. Buenos Aires: Lugar Editorial. 2006. 397 p.

BUZAI, G.D.; ROBINSON, D. Geographical Information Systems (GIS) in Latin America, 1987-2010: A Preliminary Overview. En: Journal of Latin American Geography. [En línea]. Pág. 9-31. (2010). [Consultado 20 de sep. 2014]. Disponible en <<http://www.gesig-proeg.com.ar/documentos/articulos/2010-BUZAI-ROBINSON.pdf>>

CASTAÑEDA, H., GÓMEZ, J., & LEA, A., Proveedor de Servicios Basados en Localización para Dispositivos Móviles. Universidad Nacional de Colombia. (Jun

2006). [En línea] [Consultado 10 de nov 2014.] Disponible en: <http://pisis.unalmed.edu.co/avances/archivos/ediciones/2006/castaneda_etal06.pdf>

COMITÉ TÉCNICO DE NORMALIZACIÓN DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA - CTN 028. [Norma Técnica]. [En línea]. [Consultado 02 de oct. 2014]. Disponible en <www.icde.org.com/web/ctn28/principal>. (CTN 028).

Comuna 14 está incluida en el 'más importante' proyecto de gestión del riesgo de Colombia: En: Prensa Alcaldía de Bucaramanga. [En línea]. Últimas noticias agosto 2012. [Consultado 21 Nov. 2014]. Disponible en <<http://prensaalcaldiabucaramanga.blogspot.com/2012/08/comuna-14-esta-incluida-en-el-mas.html>>

COMUNIDAD ANDINA. Serie: Experiencias significativas de desarrollo local frente a los riesgos de desastres: El conocimiento como hilo conductor en la gestión ambiental del riesgo en el departamento de Risaralda. (2009). ISBN: 978-612-4054-03-7. Primera edición. Lima, Perú. 36 p.

D. ROBEY. E-Science in the arts and humanities: International Journal of Humanities and Arts Computing. [En línea]. Volumen 1, Issue 1, Pág. 1-3, ISSN 1753-8548 (March 2007). [Consultado 23 de sep. 2014]. Disponible en <<http://www.eupublishing.com/doi/abs/10.3366/E1753854807000050>>

ECHEVARRIA. E. El Campus universitario de Alcalá de Henares: Análisis y Evolución. Madrid. 2005, 729 p. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Técnica de Arquitectura de Madrid. Madrid España. [En línea]. [Consultado 30 oct. 2014]. Disponible en: <http://oa.upm.es/2668/2/ERNESTO_ECHEVERRIA_VALIENTE.pdf>

FEDERAL COMMUNICATIONS COMMISSION. Enhanced 9-1-1 - Wireless Services. (2001). [En línea]. [Consultado 27 de oct. 2014]. Disponible en <<http://www.fcc.gov/encyclopedia/enhanced-9-1-1-wireless-services>>

FREE SOFTWARE FOUNDATION. Philosophy of the GNU Project. Boston (MA, USA) Free Software Foundation. (2010). [En línea]. [Consultado 8 de Oct. 2014]. Disponible en: <<http://www.gnu.org/philosophy/philosophy.html>>

GEOSERVER. Open Source Geospatial Foundation. [Programa de computador]. Versión 2.6.0.

GOMEZ GOMEZ, Jorge. QUIROJA ARCINIEGAS Vanessa. Sistemas de información geográfica. Bucaramanga. Universidad Industrial de Santander. Ediciones UIS. 2005. 173p

GOODCHILD M. The use cases of digital earth. International Journal of Digital Earth. Vol.1, No. 1, p. 31-42. (2008). Taylor & Francis Group. ISSN 1753-895. [En línea]. [Consultado 3 de Oct. 2014]. Disponible en <<http://dx.doi.org/10.1080/17538940701782528>>

GOOGLE INC. Google Maps. [En línea] 2014. [Consultado el: 2 de Nov de 2012.] [Programa de computador] <http://maps.google.com/>.

GOOGLE INC. Google Latitude. [En línea] 2014. [Consultado el: 2 de Nov de 2012.] [Programa de computador] http://www.google.com/intl/en_us/latitude/intro.html.

HUMPHREY, W. PSP: a self-improvement process for software engineers. The SEI series in software engineering. (Junio de 2012). Addison-Wesley. 346 p.

IAN SOMMERVILLE. Ingeniería del Software. Pearson Educación. 2005. 687 p

IEEE. Standard Glossary of Software Engineering Terminology 610.12-1990. En: IEEE Standards Software Engineering 1999. Edition, Volumen One: Customer and Terminology Standards. IEEE Press, 1999. [En línea]. [Consultado 10 oct. 2014]. Disponible en: <<http://standards.ieee.org/findstds/standard/610.12-1990.html>> - <<http://soft.vub.ac.be/FFSE/SE-contents.html>>

INFRAESTRUCTURA COLOMBIANA DE DATOS ESPACIALES. Wiki: Geoservicios. [En línea]. [Consultado 7 nov 2014]. Disponible en:<[http://www.icde.org.co/web/guest/wiki/-/wiki/Wiki de la ICDE/Geoservicios](http://www.icde.org.co/web/guest/wiki/-/wiki/Wiki%20de%20la%20ICDE/Geoservicios)>

INFRAESTRUCTURA DE DATOS ESPACIALES DE ESPAÑA – IDDE. Consejo superior geográfico: Introducción a las IDE. [En línea]. [Consultado 7 nov 2014]. Disponible en: <<http://www.idee.es/web/guest/introduccion-a-las-ide>>

INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL DE ESPAÑA. Cartografía y bases geográficas: ¿Que son las bases de datos geográficas? [En línea]. [Consultado 6 nov 2014]. Disponible en:<<http://www.ign.es/ign/layoutIn/actividadesBDGintro.do>>

INFRAESTRUCTURA COLOMBIANA DE DATOS ESPACIALES. [En línea]. [Consultado 7 de oct. 2014]. Disponible en: <www.icde.org.co>.

INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI-IGAC. Metodología de desarrollo de Software. (2014). [en línea]. [Consultado 8 de oct. 2014]. Disponible en: <<http://geoservice.igac.gov.co/mds/igac/>>

INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI-IGAC (2005). Conceptos básicos sobre sistemas de información Geográfica y aplicaciones en Latinoamérica. (2005). [En línea]. [Consultado 29 de Sep. 2014]. Disponible en: <http://webigac.igac.gov.co:8080/igac_web/userFiles/file/ciaf/TutorialSIG_2005_26_02/index.html>

INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGIAS EDUCATIVAS Y FORMACION DEL PROFESORADO – INTEF. Proyecto Biosfera. Las placas litosféricas o tectónicas. [En línea]: (2014). [Consultado 03 de oct. 2014]. Disponible en:<<http://recursos.cnice.mec.es/biosfera/alumno/4ESO/MedioNatural11/contenido3.htm>>

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y CERTIFICACION. DOCUMENTACIÓN: Citas y notas de pie de página. Bogotá: ICONTEC, 2002. 23 p. (NTC 1487).

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. Geographic information/Geomatics. Guía de Normas. [En línea]: (2014). [Consultado 03 de oct. 2014]. Disponible en: <http://www.isotc211.org/Outreach/ISO_TC_211_Standards_Guide_Spanish.pdf>. Instituto Panamericano de Geografía e Historia. 116 p. (ISO/TC211).

JACOBSON, Ivar; BOOCH, Grady; RUMBAUGH, James. El Proceso Unificado de Desarrollo de Software. Pearson Addison-Wesley. Madrid. (2000). 458 p.

J. R. DAVIS. IBM's DB2 Spatial Extender: Managing Geo-Spatial Information within the DBMS. Technical Report IBM Corporation. (1998). Citado por: NIEVES R. BRISABOA, JOSÉ A. & OTROS. Sistemas de Información Geográfica: Revisión de su Estado Actual. En: RITOS2: Ingeniería de Software - Laboratorio de Bases de Datos. Facultad de Informática. Universidad de La Coruña. (2012). p. 82

JOOST KOPPERS. Location Based Services, Een algemeen model voor de keuze tussen locatiebepalingstechnieken. Nijmegen 2013, 138 p. Tesis (Master Informatics for Technical Applications). University of Nijmegen. Computing Science Department.

[En línea]. [Consultado 28 oct. 2014]. Disponible en <www.ru.nl/publish/pages/578936/joostkoppersscriptie.pdf>

KNIGGE, L. & COPE, M. Grounded visualization and scale: a recursive examination of community spaces. En: COPE, M., and ELWOOD, S. (eds) Qualitative GIS: a mixed methods approach. (2009). p. 95-114.

LOGAN JR; ZHANG W, and XU H. (2010). Applying spatial thinking in social science research. En: GeoJournal Vol. 1, No. 75 (feb., 2010). p. 15-27. Berlín (Germany): Springer.

LIU CHUANJIN. On building public service-oriented G-WEB GIS, En: 2010 The 2nd International Conference on Environmental Science and Information Application Technology (ESIAT). 2010. Vol. 2, p. 719-722.

MARTÍNEZ GENS & URÍOS DE LAS HERAS, M., Tecnologías de Localización y Posicionamiento para Servicios Basados en Localización (LBS). En: Bit. Colegio oficial de Ingenieros de España. Ed. 154 (Ene-Dic 2006). p. 68-70. [En línea]: (2006). [Consultado 26 de oct. 2014]. Disponible en:<<http://www.coit.es/publicaciones/bit/bit154/68-70.pdf>>

MOLINA, G. Comportamiento del suelo en la zona no saturada y su relación con la estabilidad de taludes. En: Revista Espiritu Ingenieril. Universidad Libre Pereira. Vol. 3, No 1 (2010); p. 6-15

MAPSERVER. [Programa de computador]. Versión 6.4.1.

NACIONES UNIDAS - CEPAL. El terremoto de enero de 1999 en Colombia: Impacto socioeconómico del desastre en la zona del Eje Cafetero. [En línea]: (1999).

[Consultado 26 de sep. 2014]. Disponible en:<http://www.cepal.org/dmaah/mdn/cd/evaluaciones/t_e_1999.pdf>. 93 p.

NOKIA CORP. Maps de Ovi. [En línea] 2014. [Consultado el: 2 de Nov de 2012.] [Programa de computador] <http://maps.ovi.com/>.

NIEVES R. BRISABOA, JOSÉ A. & OTROS. Sistemas de Información Geográfica: Revisión de su Estado Actual. En: RITOS2: Ingeniería de Software - Laboratorio de Bases de Datos. Facultad de Informática. Universidad de La Coruña. (2012). 77-94. p

OBJECT MANAGEMENT GROUP (OMG). Introduction to OMG's Unified Modeling Language (UML). Versión 2, Julio de 2005. [En línea]. [Consultado 7 nov 2014]. Disponible en: <http://www.omg.org/gettingstarted/what_is_uml.htm>

OPEN GEOSPATIAL CONSORTIUM. Standards and Supporting Documents: Geographic Markup Language. [En línea]. [Consultado 5 nov 2014]. Disponible en <<http://www.opengeospatial.org/standards/gml>>. OGC (GML)

OPEN GEOSPATIAL CONSORTIUM. Standards and Supporting Documents: Web Feature Service. [En línea]. [Consultado 5 nov 2014]. Disponible en <https://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=7174>. OGC (WFS).

OPEN GEOSPATIAL CONSORTIUM. Standards and Supporting Documents: Web Map Service. [En línea]. [Consultado 5 nov 2014]. Disponible en <<http://www.opengeospatial.org/standards/wms>>. OGC (WMS).

OPEN GEOSPATIAL CONSORTIUM. Standards and Supporting Documents: Web Map Context. [En línea]. [Consultado 5 nov 2014]. Disponible en <<http://www.opengeospatial.org/standards/wmc>>. OGC (WMC).

OPEN GEOSPATIAL CONSORTIUM - OGC. About OGC. [En línea]. [Consultado 5 nov 2014]. Disponible en <<http://www.opengeospatial.org/ogc>>. OGC.

OPEN GEOSPATIAL CONSORTIUM. Standards and Supporting Documents: Simple Feature for SQL. [En línea]. [Consultado 5 nov 2014]. Disponible en <https://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=23534>. OGC (SFS).

OPEN GEOSPATIAL CONSORTIUM. Standards and Supporting Documents: Styled Layer Descriptor. [En línea]. [Consultado 5 nov 2014]. Disponible en <https://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=23634>. OGC (SDL).

OPEN SOURCE INICIATIVE – OSI. The open source definition. (2010). [en línea]. [Consultado 8 de oct. 2014]. Disponible en: <<http://www.opensource.org/docs/osd>>

OPENGEO SUITE. Boundless. [Programa de computador]. Versión 4.1.1.

PELEKIS, N., FRENTZOS, E., GIATRAKOS, N., AND THEODORIDIS, Y., "HERMES: Aggregative LBS via a Trajectory DB Engine." En: Proceedings of the 2008 ACM SIGMOD international Conference on Management of Data. (2008). 1255-1258 p. [En línea]. [Consultado el: 29 de Oct de 2014]. Disponible en: <<http://doi.acm.org/10.1145/1376616.1376748>>

POSTGIS. OSGEO. [Programa de computador]. Versión. 2.0

POSTGRESQL GLOBAL DEVELOPMENT GROUP. PostresSQL [en línea]. S..I: postgresql global development group. [Consultado el 03 de oct. 2014]. Disponible en: <<http://www.postgresql.org/>>.

RASHID, O., COULTON, P., AND EDWARDS., Providing location based information/advertising for existing mobile phone users. En: Personal Ubiquitous Comput. (2008). [En línea] [Consultado 1 de Nov 2014]. Disponible en: <<http://dx.doi.org/10.1007/s00779-006-0121-4>>

REPUBLICA DE COLOMBIA. DECRETO LEY 919 de 1989. [En línea]: (1989). [Consultado 03 de oct. 2014]. Disponible en: <http://www.mintic.gov.co/portal/604/articles-3532_documento.pdf>

REPUBLICA DE COLOMBIA. LEY 388 DE 1997. [En línea]: (1987). [Consultado 03 de oct. 2014]. Disponible en: <<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=339>>

SABINO, Carlos. El proceso de investigación. Primera edición. Buenos Aires: Lumen/Humanitas, 1996. 163 p. [En línea]: (1987). [Consultado 12 de Nov 2014]. Disponible en: <<http://es.slideshare.net/male2712/sabino-carlos-el-proceso-de-investigacion>>

SARRÍA, F. Sistemas de Información geográfica. (2006). [En línea]. [Consultado 6 nov 2014]. Disponible en: <http://www.um.es/geograf/sigmur/temariohtml/node63_mn.html>

SPANS.Tydac Technologies Corp's Spatial Analysis System. [Programa de computador]: Versión 5.

TAPPSI. TAPPSI SAS. [Programa de computador]. <https://tappsi.co/>

THE CANADIAN ENCYCLOPEDIA.Geographic Information Systems. [En línea]. [Consultado 5 de oct. 2014]. Disponible en

<<http://www.thecanadianencyclopedia.ca/en/article/geographic-information-systems/>>

THE OPEN GEOSPATIAL CONSORTIUM - OGC.Standarts and Supporting Documents. [En línea]: (2014). [Consultado 26 de oct. 2014]. Disponible en: <<http://www.opengeospatial.org/stardards>>

BERNÁRDEZ JIMÉNEZ, Beatriz y DURÁN TORO, Amador “Metodología para la Elicitación de requisitos de sistemas software”. Internet: (www.lsi.us.es/informes/lsi-2000-10.pdf).

BRUEGGE, Bernd y DUTOIT, Allen H. ingeniería de software orientada a objetos. 1ed. Editorial Prentice Hall. 2002.

COLOMBIA. El Congreso de la República. Ley 1273. (5 enero de 2009). Por medio de la cual se modifica el Código Penal, se crea un nuevo bien jurídico tutelado - denominado de la protección de la información y de los datos. Internet: (http://www.fiscalia.gov.co/justiciapaz/Documentos/Normativa/LEY_975_250705.htm).

DURÁN TORO, A Y BERNÁRDEZ JIMÉNEZ, B. (2000). Metodología para la elicitación de requisitos de sistemas Software. Sevilla. Universidad de Sevilla.

PRESSMAN, Roger S. ingeniería del software un enfoque práctico. 6ed. Editorial Mc Graw Hill. 2005.

SOMMERVILLE, Ian. Ingeniería del software. 7ed. Editorial Pearson Addison Wesley.2007.

