

GEOPORTAL WEB COMO PARTE DE UN SERVICIO PARA LA SIMULACIÓN DE UN  
MODELO DE RADIO-PROPAGACIÓN CON INFORMACIÓN GEOREFERENCIADA

ELKIN ADOLFO DÍAZ VANEGAS  
JUAN SEBASTIÁN AVELLANEDA HERNÁNDEZ

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECAÑICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA  
BUCARAMANGA

2011

GEOPORTAL WEB COMO PARTE DE UN SERVICIO PARA LA SIMULACIÓN DE UN  
MODELO DE RADIO-PROPAGACIÓN CON INFORMACIÓN GEOREFERENCIADA

ELKIN ADOLFO DÍAZ VANEGAS

JUAN SEBASTIÁN AVELLANEDA HERNÁNDEZ

DIRECTOR

PHD. HOMERO ORTEGA BOADA

PROFESOR ESCUELA DE INGENIERIAS ELECTRICA, ELECTRONICA Y  
TELECOMUNICACIONES

CO-DIRECTORA

PHD(C) SONIA CRISTINA GAMBOA SARMIENTO

PROFESORA ESCUELA DE INGENIERIA DE SISTEMAS E INFORMATICA

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECAÑICAS

ESCUELA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA

BUCARAMANGA

2011

## DEDICATORIA

*A la Santísima Trinidad, porque a lo largo de todo el tiempo que llevo en formación académica y profesional, he encontrado la fuerza y motivación para luchar por coronar un nuevo peldaño en la vida.*

*A mis Padres, Elena y Álvaro por su continuo apoyo y acompañamiento en cada etapa de mi vida.*

*A mis amigos y colegas, que formaron parte activa de mi vida académica a lo largo de estos últimos años.*

*Elkin Adolfo Díaz V.*

## DEDICATORIA

*A Dios que me ha brindado la vida y la fuerza para completar esta etapa importante.*

*A mi Madre que con todo su apoyo y esfuerzo siempre estuvo a mi lado, dando lo mejor de sí.*

*A Carmencita, por ser como una segunda madre que siempre estuvo pendiente brindando apoyo y buenos consejos.*

*A mis amigos que de alguna manera formaron parte importante en todo este tiempo de formación y crecimiento personal.*

*Juan Sebastián Avellaneda H.*

## **AGRADECIMIENTOS**

Al profesor Homero Ortega, que con su gran experiencia y visión nos ha guiado, aconsejado y recomendado en el ejercicio de la investigación científica.

Al cuerpo de investigadores y amigos del grupo de investigación y desarrollo RadioGis porque nos ilustraron y contribuyeron a nuestro desarrollo no solo profesional sino también personal.

A la profesora Sonia Gamboa, porque sin su valiosa asesoría no hubiera sido posible la completa realización de este proyecto.

Al profesor Elberto Carrillo, que por su valiosa colaboración, experiencia e incondicionalidad ha hecho de nosotros unos profesionales en todo el sentido de la palabra.

A la Ing. Dorys Ramírez y la Lic. Kelly Gómez, integrantes del Decanato de la Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas, por su inestimable enseñanza, cuidado y ayuda durante tantos años.

A mi compañero de proyecto, que por mas adversidades siempre se mantuvo constante y decidido al desarrollo de esta etapa de formación.

## TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCION .....	23
1. PRESENTACIÓN DEL PROYECTO .....	25
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	25
1.1.1. OBJETIVO GENERAL .....	25
1.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	25
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	26
1.2.1. ANTECEDENTES.....	26
1.3. IMPACTO.....	28
1.3.1. TÉCNICO .....	28
1.3.2. SOCIAL.....	28
1.4. ALCANCE .....	29
2. MARCO TEORICO .....	30
3. ESPECIFICACIÓN DE REQUISITOS PARA EL DISEÑO DEL GEOPORTAL.....	32
3.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	32
3.2. ACTORES DEL SISTEMA.....	34
3.3. MODELO DE CASOS DE USOS .....	36
4. DISEÑO DE COMPONENTES MODULARES QUE INTEGRAN LA APLICACIÓN WEB .....	42
4.1. COMPONENTES MODULARES EN FLASH.....	42
4.2. DIAGRAMA DE PAQUETES.....	46
4.3. DIAGRAMA DE COMPONENTES.....	47

4.4.	DIAGRAMA DE CLASES .....	49
5.	DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA INTERFAZ.....	50
5.1.	DESARROLLO ITERATIVO INCREMENTAL.....	50
5.2.	PROTOTIPO DE INTERFAZ.....	53
5.3.	DIAGRAMAS DE SECUENCIA.....	54
5.4.	VALIDACIÓN .....	56
5.5.	ARQUITECTURA DE LOS SERVICIOS.....	56
5.6.	IMPLEMENTACIÓN .....	58
6.	PRUEBAS VERIFICACIÓN .....	61
6.1.	ANTECEDENTES PARA PRUEBAS .....	61
6.2.	COMPARACIÓN ENTRE DATOS REALES Y DATOS SIMULADOS.....	62
6.2.1.	<i>PROCESO DE LA PRUEBA.....</i>	<i>65</i>
7.	MANUAL DE USUARIO.....	68
	CONCLUSIONES .....	69
	RECOMENDACIONES .....	71
	BIBLIOGRAFIA.....	72
	ANEXOS.....	75

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Modelo de Casos de Uso del sistema .....	36
Figura 2. Caso de uso Simulación .....	37
Figura 3. Caso de Uso Ubicar Antena .....	38
Figura 4. Caso de Uso Ubicar ROI .....	39
Figura 5. Caso de Uso Ejecutar .....	40
Figura 6. Caso de Uso Cargar Resultados .....	41
Figura 7. Directorio raíz del Proyecto.....	42
Figura 8. Componente face .....	43
Figura 9. Componente Simulación .....	44
Figura 10. Paleta de Herramientas.....	45
Figura 11. Vista general de un ViewStack. Fuente: Adobe.....	46
Figura 12. Diagrama de paquetes .....	47
Figura 13. Esquema de flujo de datos .....	47
Figura 14. Estructura del Sistema.....	48
Figura 15. Diagrama de clases.....	49
Figura 16. Modelo Espiral. Fuente: Ciclos de vida del software. Fernando Rojas Morales. pag.24.....	50
Figura 17. Diseño Interfaz Simulación.....	53
Figura 18. Diagrama de secuencia Antena.....	54
Figura 19. Diagrama de secuencia Polígono.....	55
Figura 20. Diagrama de secuencia Response .....	55

Figura 21. Modelos de componentes alfanuméricos. Fuente: RadioGis.....	57
Figura 22. Capa de Servicios del View Service. Fuente: RadioGis .....	58
Figura 23. Geoportal-Simulación.....	59
Figura 24. Propiedades de la Antena .....	59
Figura 25. Controles Portal.....	60
Figura 26. Zona de medición, barrio El Prado (vista superior). Fuente: Google Earth .....	61
Figura 27. Campaña de medidas en el Prado, Ruta 1. Fuente: RadioGis .....	62
Figura 28. Campaña de medidas Simuladas en el prado, Ruta 1 .....	63
Figura 29. Comparación de Medidos Datos v. Simulados. ....	65
Figura 30. Configuración de antena y zona de interés.....	66
Figura 31. Enviar datos.....	66
Figura 32. Área de Interés .....	67
Figura 33. Antena .....	67
Figura 34. ROI fuera de zona .....	67
Figura 35. Esquema de ROI fuera de zona. ....	67
Figura 36. Superposición de capas en un SIG. Tomada de <a href="http://www.mapaeducativo.edu.ar">http://www.mapaeducativo.edu.ar</a> .....	81
Figura 37. Ejemplo de un SIG. Tomada de <a href="http://www.mapaeducativo.edu.ar">http://www.mapaeducativo.edu.ar</a> .....	82
Figura 38. Ejemplo de Visualización de un SIG. Tomada de Gabinete de Teledetección y Sistemas de Información Geográfica.....	85
Figura 39. Planisferios. Tomada de Gabinete de Teledetección y Sistemas de Información Geográfica.....	89
Figura 40. Los conjuntos de datos espaciales en la misma proyección pueden visualizarse juntos. Tomada de Gabinete de Teledetección y Sistemas de Información Geográfica.....	90
Figura 41. Los conjuntos de datos espaciales en diferentes proyecciones no se muestran juntos apropiadamente. Tomada de Gabinete de Teledetección y Sistemas de Información Geográfica .....	91
Figura 42. Componentes generales de PostgreSQL.....	94
Figura 43. Relación entre Geoide, Elipsoide y Topografía. Tomada de <a href="http://www.docentes.unal.edu.co">http://www.docentes.unal.edu.co</a> ...	102

Figura 44. El Geoide y los elipsoides .....	103
Figura 45. Superficies Básicas en Geodesia. Tomada de <a href="http://www.docentes.unal.edu.co">http://www.docentes.unal.edu.co</a> .....	103
Figura 46. Sistemas de Proyección. Tomada de <a href="http://www.docentes.unal.edu.co">http://www.docentes.unal.edu.co</a> .....	105
Figura 47. El Geoide. Tomada de <a href="http://www.docentes.unal.edu.co">http://www.docentes.unal.edu.co</a> .....	107
Figura 48. ITRF2000 y sus velocidades. Tomada de Instituto Geográfico Agustín Codazzi .....	109
Figura 49. SIRGAS: Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas. Tomada de Instituto Geográfico Agustín Codazzi .....	110
Figura 50. de velocidades para América del Sur. Tomada de Instituto Geográfico Agustín Codazzi .....	111
Figura 51. Estructura de una Aplicación Web Tradicional.....	120
Figura 52. Estructura de una RIA.....	123
Figura 53. Relación de los Principios de la Orientación a Servicios.....	129
Figura 54. Arquitectura General de los Servicios .....	132
Figura 55. Funcionamiento del Web Service.....	134
Figura 56. Fusión de Tecnologías en las que se basa LBS.....	138
Figura 57. Componentes de un Sistema Basado en Localización.....	141
Figura 58. Proceso de Solicitud del LBS.....	142
Figura 59. Esquema de Medición .....	148
Figura 60. Ruta Campaña de Medición .....	148
Figura 61. Trazado de Rayos para la Observación Ruta 1. (Distancia en metros).....	151
Figura 62. Resultados de medición y simulación para LAT .....	153
Figura 63. Vista de la página de inicio del portal web.....	156
Figura 64. Modulo de Simulación.....	157
Figura 65. Barra Herramientas .....	157
Figura 66: Componente Mapa .....	158
Figura 67. Control Ubicar Antena.....	158
Figura 68. Ubicación de Antena sobre el Mapa .....	159

Figura 69. Propiedades de la Antena .....159

Figura 70: Configuración ROI.....161

Figura 71. Control ubicar ROI .....161

Figura 72: Cargar datos de medición: .....162

Figura 73. Control. Cargar Datos de Medición .....162

Figura 74. Control Home .....163

Figura 75. Control Simular.....163

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Usuarios del Sistema.....	35
<b>Tabla 2. Caso de uso Simulación .....</b>	<b>37</b>
Tabla 3. Caso de Uso Ubicar Antena .....	38
Tabla 4. Caso de Uso Ubicar ROI .....	39
Tabla 5. Caso de Uso Ejecutar .....	40
Tabla 6. Caso de Uso Cargar Resultados .....	41
Tabla 7. Ruta 1 de Medición (Color amarillo).....	64
Tabla 8. Datos medición en LAT .....	152
Tabla 9. Cálculo del error medio cuadrático para las curvas de la Figura 62 .....	153

## LISTA DE ANEXOS

ANEXO A. Modelos de Radiopropagación.....	76
ANEXO B. Sistemas de Información Geográfico (SIG).....	80
ANEXO C. PostGreSQL y PostGis.....	94
ANEXO D. Sistemas de Referencia Geográficos.....	100
ANEXO E. Interacción Hombre-Máquina.....	114
ANEXO F. Aplicaciones de Internet Enriquecidas (RIA).....	119
ANEXO G. Arquitectura Orientada a Servicios (SOA).....	125
ANEXO H. Servicio Web (Web Service).....	130
ANEXO I. Servicios Basados en Localización (LBS).....	138
ANEXO J. Adobe Flex.....	144
ANEXO K. Pruebas de Medición.....	147
ANEXO L. Manual de Usuario.....	155

## RESUMEN

**TITULO:** GEOPORTAL WEB COMO PARTE DE UN SERVICIO PARA LA SIMULACIÓN DE UN MODELO DE RADIO-PROPAGACIÓN CON INFORMACIÓN GEOREFERENCIADA\*.

**AUTORES\*\*:** ELKIN ADOLFO DIAZ VANEGAS  
JUAN SEBASTIAN AVELLANEDA HERNANDEZ

**Palabras Clave:** Servicio Web, Simulación, DeJong, Radiopropagación, RadioGis,

### DESCRIPCIÓN

En la actualidad existen herramientas de uso comercial para calcular la cobertura de sistemas de Telefonía Móvil Celular (TMC), estas herramientas son costosas y no son de acceso público. Una de las principales actividades realizadas en la planeación y optimización de redes de comunicación de telefonía móvil, es la utilización de herramientas de diseño asistido por computador para la predicción de la propagación de las ondas de radiofrecuencia en una zona determinada, con el fin de determinar la zona de cobertura. Este tipo de herramientas pueden ser clasificadas de acuerdo a los modelos que describen el canal inalámbrico, destacándose la clasificación según modelos empíricos, teóricos y específicos del sitio que se desea estudiar

Por otro lado, los modelos de propagación implementados en dichas herramientas, se basan en condiciones de entornos ajenos a la topografía colombiana, por lo que los niveles de error pueden ser altos, sin contar con el hecho que estos algoritmos no son lo suficientemente complejos para determinar información con un error real mínimo.

El algoritmo de radiopropagación DeJong- RadioGIS, implementado por el grupo de investigación RadioGIS\*\*\* hace parte de un conjunto de proyectos que contribuyen al desarrollo de una herramienta de apoyo a la gestión del espectro radioeléctrico.

El principal objetivo de este proyecto es la implementación de un GeoPortal interactivo que simule el algoritmo de radiopropagación anteriormente nombrado, integrándolo con un servicio basado en un Sistema de Información Geográfico, y utilizando herramientas como Adobe Flex para crear una interfaz interactiva basada en la filosofía RIA.

---

\*Trabajo de Grado – Modalidad: Investigación

\*\* Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería de Sistemas e Informática.  
Director: PhD. Homero Ortega Boda. Codirectora: PhD(c). Sonia Cristina Gamboa Sarmiento

\*\*\* Grupo de investigación y desarrollo de la UIS: <http://radiogis.uis.edu.co>

## SUMMARY

**TITLE:** WEB GEOPORTAL AS A SERVICE TO A SIMULATION OF A RADIO PROPAGATION MODEL WITH GEOREFERENCED INFORMATION\*.

**AUTHORS\*\*:** ELKIN ADOLFO DIAZ VANEGAS  
JUAN SEBASTIAN AVELLANEDA HERNANDEZ

**Keywords:** Web Service, Simulation, Dejong, Radio propagation, RadioGIS

### ABSTRACT

Currently there are commercial tools used to calculate the Mobile Telephony Systems coverage, these tools are expensive and are not access to the public. One of the main activities done in the planning and optimization of Mobile Telephony Network is the use of computer aided design tools for predicting of radio frequency waves propagation in a given area, to determinate the coverage zone. This kind of tools can be classified according to the models that describe the wireless channel, highlighting the classification according to empirical, theoretical and specific models from the site to be studied.

In other hand, the implemented propagation models in those tools are based in environment conditions different from Colombian topography, so the error levels can be high, not to mention that those algorithms are not enough complex to determinate information with a real minimal error

The Dejong-RadioGIS radio propagation algorithm, developed by the research group RadioGIS\*\*\* is part of a set of projects that contribute to development of a radio electric spectrum management support tool

The main Project goal is the implementation of an interactive GeoPortal that simulate the radio propagation algorithm previously named, integrating it with a service based in Geographic Information System and using design tools like Adobe Flex to create an RIA philosophy based interactive interface.

---

\*Research Thesis

\*\* Physicosmechanical Engineerings Faculty. Informatic and Systems Engineering Department. Manager: PhD Homero Ortega Boada. Co-director: PhD(c). Sonia Cristina Gamboa Sarmiento

\*\*\* Development and Research Group at UIS University: <http://radiogis.uis.edu.co>

## GLOSARIO

<b>Omnidireccional</b>	Dícese de la antena que transmite en todas direcciones del plano horizontal con la misma ganancia.
<b>Ganancia de la antena</b>	Cociente entre la cantidad de energía irradiada en la dirección preferencial y la que irradiaría una antena isotrópica alimentada por el mismo transmisor
<b>dBm</b>	Decibelio referido a un miliwatt (mW). La potencia de una señal relativa a un miliwatt (0 dBm corresponde a 1 mW)
<b>Cliente</b>	En el contexto de los Servicios, el cliente compra productos o servicios de una Empresa/Entidad ó recibe ofertas ó servicios gratuitos. Un cliente puede ser una persona ó un negocio, y podrían existir muchos usuarios por cliente.
<b>Frecuencia</b>	El número de ondas completas o ciclos por segundo que pasan por un determinado punto. La unidad es el Hertz (1 Hz = 1 ciclo por segundo).

<b>UIT</b>	(INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION) Es la organización más importante de las Naciones Unidas en lo que concierne a las tecnologías de la información y la comunicación. En su calidad de coordinador mundial de gobiernos y sector privado, la función de la UIT abarca tres sectores fundamentales, a saber: radiocomunicaciones, normalización y desarrollo.
<b>XML</b>	En Inglés eXtensible Markup Language y es un lenguaje de descripción de documentos que no incluye ninguna información relativa al diseño de éstos.
<b>API</b>	(del inglés <i>Application Programming Interface</i> ) es el conjunto de funciones y procedimientos (o métodos, en la programación orientada a objetos) que ofrece cierta biblioteca para ser utilizado por otro software como una capa de abstracción.
<b>ACID</b>	En bases de dato, se denomina a un conjunto de características necesarias para que una serie de instrucciones puedan ser consideradas como una transacción.
<b>GPS</b>	<b>(Global Positioning System: sistema de posicionamiento global)</b> o <b>NAVSTAR-GPS</b> es un sistema global de navegación por satélite (GNSS) que permite determinar en todo el mundo la posición de un objeto, una persona o un vehículo con una precisión hasta de

centímetros (si se utiliza GPS diferencial), aunque lo habitual son unos pocos metros de precisión.

### **Interfaz de Usuario**

Medio con que el usuario puede comunicarse con una máquina, un equipo o una computadora, y comprende todos los puntos de contacto entre el usuario y el equipo, normalmente suelen ser fáciles de entender y fáciles de accionar.

## INTRODUCCION

La gestión del espectro radioeléctrico es un tema estratégico y trascendental para el ámbito de las comunicaciones, debido a que éste es un recurso limitado, costoso y de gran impacto para el desarrollo de las tecnologías de la información y las comunicaciones de todo un país. A pesar de los esfuerzos de la comunidad internacional, resulta difícil encontrar respuesta inmediata y objetiva a todos los interrogantes existentes.

Por lo tanto, el manejo de dicho recurso es una tarea compleja que involucra muchos procesos administrativos, de planeación, vigilancia y control, con decisiones muy comprometedoras y de alto impacto sobre este limitado recurso, y requiere que éste sea monitoreado constantemente utilizando instrumentos de medición sofisticados y de alto costo ubicados en diferentes sitios.

Así que, todo estado tiene la obligación de velar por el uso adecuado del espectro radioeléctrico, en el caso de Colombia, así lo establece la ley 1341 del 2009<sup>1</sup>, la cual se basa en el reglamento de radiocomunicaciones de la UIT<sup>2</sup>. Esto implica la necesidad de procesos de gestión, planeación, vigilancia y control del espectro.

---

<sup>1</sup> Congreso de la Republica de Colombia. Ley 1341 30 julio de 2009 "Por la cual se definen principios y conceptos sobre la sociedad de la información y la organización de las tecnologías de la información y las comunicaciones -TIC-, se crea la agencia nacional del espectro y se dictan otras disposiciones"

<sup>2</sup> Unión Internacional de Telecomunicaciones.

Específicamente la necesidad que se intenta satisfacer por medio de esta propuesta de investigación es desarrollar una herramienta software que permita apoyar el proceso de manera remota.

Para atacar esta necesidad se propone aprovechar el enorme potencial de los Servicios Basados en Localización (LBS) para apoyar el monitoreo del espectro y por ende la gestión de éste, teniendo en cuenta las necesidades reales del país.

Con el propósito de aprovechar los mismos avances en las comunicaciones tanto alambicas como inalámbricas para crear soluciones propias de bajo costo para apoyar las labores de monitoreo del espectro. Específicamente se busca aprovechar las experiencias ganadas por el grupo de investigación RadioGis en el desarrollo de Servicios Basados en Localización (LBS) para crear servicios de monitoreo remoto del espectro.

Por otra parte, RadioGIS ha venido trabajando en los dos últimos años en el diseño de una plataforma orientada a prestar servicios de telecomunicación orientados a NGN<sup>3</sup>.

De aquí surgió Praconco<sup>4</sup>, un planteamiento de gran envergadura, el cual ha sido apoyado por fondos provenientes de Colciencias, y en el que han sido participantes estudiantes de pregrado y postgrado de las escuelas de la E3T y Sistemas de la UIS. Bajo este modelo de Praconco se está consolidando la plataforma de servicios de RadioGIS, la cual busca implementar servicios de telecomunicación basados en localización (LBS).

---

<sup>3</sup> En inglés: Next Generation Networking.

<sup>4</sup> Proyecto para la Convergencia de las Comunicaciones en Colombia.

## **1. PRESENTACIÓN DEL PROYECTO**

### **1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO**

#### **1.1.1. OBJETIVO GENERAL**

Desarrollar un Geoportal web interactivo que tenga la capacidad de integrar un Servicio basado en SIG para simulación de un modelo de radiopropagación, adaptando un algoritmo en dos dimensiones provisto por el grupo de investigación RadioGis.

#### **1.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Elaborar la especificación de requisitos necesarios para el diseño y posterior desarrollo del Geoportal.
- Diseñar los componentes modulares que integran la aplicación web, utilizando para ello UML.
- Diseñar la interfaz simulación, la cual debe ser atractiva, intuitiva e interactiva para el usuario, utilizando ActionScript y la herramienta Adobe Flex.
- Desarrollar pruebas piloto que permitan verificar la correcta implementación del Servicio de simulación de modelos de radiopropagación, utilizando en este caso el modelo de radiopropagación De Jong Modificado.

## **1.2. JUSTIFICACIÓN**

### **1.2.1. ANTECEDENTES**

Al comienzo de la planificación de una red de telefonía celular, es necesario identificar las limitaciones y puntos estratégicos que puedan crear problema en la prestación de un servicio de calidad, tales como topografía o construcciones que puedan afectar la propagación de las ondas de telefonía celular; también se debe tener en cuenta la ubicación de las antenas para evitar inconvenientes de salud a las personas que reciben este tipo de radiación por ondas electromagnéticas.

Aunque en el mercado se encuentran herramientas dan soporte a la toma de decisiones al momento de realizar la planificación para dicho sistema, estas requieren un profundo conocimiento técnico en uso y recursos monetarios altos que faciliten la adquisición. La mayoría de estas herramientas son desarrolladas en países con topografía y estructuras muy diferentes a la de Colombia, por lo tanto la información arrojada no sería confiable.

El grupo de investigación RadioGIS, ha venido trabajando en los últimos años a través de diversas tesis de Maestría, en el desarrollo y adaptación de diversos modelos de radiopropagación y enlaces, que permitan predecir de una manera más acertada la cobertura de las comunicaciones móviles en distintas geografías. Es de vital importancia mencionar un modelo específico formulado por el doctor Yvo .L.C De Jong, el cual ha desarrollado un modelo basado en óptica geométrica que permite tener en cuenta elementos de la topografía de una ciudad y obstáculos tales como edificios, árboles, etc. El doctor Homero Ortega, profesor asociado a la Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones de la UIS, en trabajo conjunto con investigadores expertos del grupo RadioGIS, han logrado implementar dicho modelo teórico, junto con algunas adaptaciones

(teniendo en cuenta variables del entorno urbano colombiano), en un algoritmo especializado<sup>5</sup>

El diseño e implementación del Geoportal, como plataforma funcional de servicios web, que hace parte del proyecto GESTEL, facilita el acceso a un algoritmo de radio propagación como servicio web, ajustado a condiciones locales, logrando resultados de la simulación más acordes a la realidad y más fáciles de entender; además la plataforma es escalable, brindando la oportunidad en el futuro, de implementar más servicios que estén estrechamente relacionados con la simulación de los sistemas de telefonía celular.

La implementación de dicho algoritmo se realizó utilizando el lenguaje de programación Java, y una suite especializada para el manejo de topologías y geometrías (JTS: Java Topology Suite<sup>6</sup>). Como tal, representa una lógica que permite localizar fuentes virtuales de reflexión y difracción a partir de una antena transmisora, y teniendo en cuenta las geometrías de obstáculos presentes en una región de interés, brindando la posibilidad de encontrar las pérdidas de potencia en un punto específico de dicha región de interés.

Adaptar este complejo algoritmo a una plataforma de servicios, para que utilizando información cartográfica real se permita presentar a cualquier usuario en internet información especializada y basada en mapas, para la gestión y toma de decisiones en el tema del análisis y planificación de redes de telefonía móvil celular, sobrelleva un proceso de alto nivel en el tema de diseño e ingeniería de software, en donde se requiere utilizar altas competencias en desarrollo orientado a la presentación web, con bases en SIG, así como de un alto conocimiento en el

---

<sup>5</sup> Navarro, Andrés, Duva, Pineda Marcos y Ortega, Homero. 2010. Modified version of de Jong propagation model. *Simposio Internacional de Comunicaciones*. [En línea] 13,14 y 15 de Diciembre de 2010. [http://www.i2ts.org/papers/full\\_english/78677\\_1.pdf](http://www.i2ts.org/papers/full_english/78677_1.pdf).

<sup>6</sup> API que proporciona un modelo de objetos espaciales y funciones fundamentales geométricas 2D. JTS ha sido desarrollada por la empresa Vivid Solutions y esta implementada íntegramente en el lenguaje de programación Java, distribuyéndose bajo licencia LGPL.

tema de arquitecturas distribuidas que permitan implementar el desarrollo en forma de un servicio de telecomunicaciones.

### **1.3. IMPACTO**

#### **1.3.1. TÉCNICO**

El desarrollo de una nueva plataforma en el área de las telecomunicaciones y más específicamente en la radio-propagación celular brinda un gran avance no solo para la creación o fortalecimiento de la infraestructura de las redes celulares en Colombia, sino también para que el público en general conozca su entorno y opine o colabore con las empresas de telefonía o con el gobierno para que estas tecnologías puedan coexistir de una manera limpia y sin incurrir en daños a la salud de los ciudadanos que tienen que lidiar diariamente con la potencia de las antenas sobre su humanidad.

#### **1.3.2. SOCIAL**

El hecho de brindarle a los expertos interesados en el tema, una herramienta que pueda mostrar de manera entendible, sin necesitar demasiado conocimiento de telecomunicaciones unos estimados de potencia de antena que los afecta de forma directa, ya sea para tomar decisiones de compra de vivienda o cobertura de red celular o cualquier otro factor que pueda ser tenido en cuenta dependiendo del punto de vista o situación de la población a la que va dirigido el proyecto.

También se puede mencionar el incremento en el rendimiento en la planeación de redes celulares por parte de las empresas prestadoras de servicios, ya que con el servicio de simulación de radio-propagación de antenas para celular, se tiene un soporte realista evitando así demoras, o errores a la hora de ubicar antenas en una zona donde no produzca un impacto deseado.

## 1.4. ALCANCE

Inicialmente, para poder desarrollar la interfaz de usuario, se tuvo en cuenta todos los aspectos que dicta el estándar UML para la creación de proyectos, como iniciar con la fase de obtención de requerimientos, análisis, diseño, implementación y pruebas para garantizar un trabajo limpio y de la mejor calidad posible, empleando la menor cantidad de tiempo y recursos disponibles, pues es un programa el cual su principal función es la interacción con usuarios y otras clases de actores secundarios como el servidor.

Al término de la fase de implementación, e inicio de la fase de pruebas, los datos deben tener la propiedad de ser recibidos y aceptados por un programa desarrollado en Java el cual procesará dicha información y retornará una serie de resultados por medio del servicio web a la plataforma, que a su vez interpretará dichos datos y los mostrará al usuario, estos datos retornados por el programa consisten en la atenuación de amplitud de la onda propagada desde la antena en decibelios (dBm)<sup>7</sup>, este resultado será desplegado sobre un mapa de la zona de interés que fue escogida inicialmente por el usuario, con esta información se puede observar de una manera muy gráfica el rango de acción de las antenas en alguna zona determinada.

---

<sup>7</sup> Unidad de medida utilizada en las telecomunicaciones para expresar potencia absoluta.

## 2. MARCO TEORICO

En el desarrollo de este proyecto se consultó una amplia gama de bibliografía, que abarca tanto conceptos, teorías, publicaciones, filosofías tanto de diseño como de gestión de datos y otros temas que son pilar básico para un entendimiento y desarrollo del mismo. Al momento de referirse a dichos temas de una manera apropiada, resultaría en un documento realmente extenso y desenfocado en lo que en realidad quiere mostrar este proyecto.

Por lo tanto, los autores identificaron grupos marcados con números romanos dentro del marco teórico, que son muy necesarios y que se podrán encontrar en los Anexos correspondientes a la letra con la que se enlistan:

### I. Radiopropagación

#### A. Modelos de Radiopropagación

- ¿Qué son?, ¿Cuál es su importancia? Relación con la comunicación móvil

### II. Información Georeferenciada.

#### B. Sistemas de Información Geográficos (SIG)

- Definición, componentes, funcionamiento, manejo y tipo de datos.

#### C. PostGreSQL y PostGis

- Conceptos básicos e importancia para el manejo de información georeferenciada

#### D. Sistemas de Referencia

- Tipos de sistemas, conceptos básicos, información del sistema de referencia en Colombia.

### III. Relación Hombre-Máquina

#### E. Interacción Hombre-Máquina

- Definiciones, objetivos y componentes

#### F. Aplicaciones de Internet Enriquecidas (RIA)

- Funcionamiento, diferencia entre una aplicación web normal

### IV. Arquitectura Orientada a Servicios

#### G. Arquitectura Orientada a Servicios (SOA)

- Definición y Principios

#### H. Servicio Web (Web Service)

- Definición, Arquitectura, funcionamiento.

#### I. Servicios Basados en Localización

- Fundamentos y aplicación

#### J. Adobe Flex

- Principios básicos

### **3. ESPECIFICACIÓN DE REQUISITOS PARA EL DISEÑO DEL GEOPORTAL**

#### **3.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA**

El Geoportal hace parte de una plataforma tecnológica de servicios diseñada con el fin de manejar información concerniente a la radiación electromagnética, planeación de redes celulares, gestión y control del espectro radioeléctrico entre otros servicios; lo que implica hacer un producto diseñado para interactuar con el usuario final que contemple las siguientes funcionalidades:

- Consultar información de campañas de Medición de radiación y espectro realizadas previamente y en un lugar estratégicamente dispuesto para realizar estudios.

Para efectos de consultar la información de las campañas de medición de radiación y espectro, la aplicación debe contener un mapa donde se pueden consultar las campañas de medición por nombre, que se encuentren almacenadas en la base de datos, estos resultados deben contener los datos de potencia en cada punto, discrepadas en valor máximo, valor mínimo y promedio según lo estipula la UIT<sup>8</sup>, y la imagen del analizador de espectro que soporte dicha información.

- Simulación de radiación en zonas urbanas.

Para la simulación de radiación, deben existir varios tipos de controles:

---

<sup>8</sup> Unión Internacional de Telecomunicaciones.

- Mapa: Control principal que contendrá los demás controles sobre él, brindando así una interfaz más interactiva e intuitiva.
- Antena: Control que contiene información de tipo específico sobre antenas de tipo microceldas para simular la radiación radioeléctrica que emite, los datos que debe contener son: Potencia (dBm), Frecuencia de Operación (MHz), Altura de la Torre (m)<sup>9</sup>, Altura de la Antena(m), si es isotrópica, Condiciones ideales de una antena; en caso contrario se debe completar datos de: Patrón de radiación el cual se da en dos archivos con formato txt<sup>10</sup> con el patrón de radiación brindado por el fabricante de la antena" Inclinação (Grados °) y acimut<sup>11</sup>(Grados °), ancho del Haz(Grados °).
- Zona de Interés: También denominada ROI <sup>12</sup>, control encargado de escoger en el mapa una zona de entre 200mm<sup>2</sup> y 2Km<sup>2</sup> que contendrá máximo 3 Antenas, ya que en condiciones reales una antena no está muy cerca de otra, también la ROI es un dato indispensable para calcular las pérdidas de potencia de la antena o antenas en una zona controlada por el software para evitar lecturas negativas o fuera de control, todo esto con el fin de limitar el usuario a las condiciones reales.

Dicha simulación está diseñada sobre una aplicación de internet Enriquecida (RIA), ya que este tipo de tecnología brinda una interfaz interactiva y de alto impacto con el usuario, adicionalmente cuenta con las herramientas necesarias para acoplar los servicios que ofrece el grupo de investigación.

En la documentación generada para el grupo de Investigación, se especifica cómo añadir más módulos<sup>13</sup> a la plataforma, con el fin de darle continuidad al proyecto y

---

<sup>9</sup> Se debe tener en cuenta la torre pues las antenas son instaladas en torres con una altura que puede variar según el comportamiento que necesite el operador para dicha antena

<sup>10</sup> Archivo de texto plano

<sup>11</sup> Orientación.

<sup>12</sup> En ingles: Region Of Interest.

<sup>13</sup> Campañas de medición y la simulación son dos módulos distintos.

garantizar mantenimiento por parte de terceros que no hayan participado en la creación del portal.

Al tener todos los datos diligenciados en el formulario, se debe habilitar el control para enviar la información servidor para ser procesada, vale la pena mencionar que toda la información tiene que ser validada teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- No se deben recibir caracteres especiales, tales como \$,€ etc, solo números reales que representen las propiedades de la antena.
- No se puede ejecutar una simulación si sobre el mapa de la aplicación no se encuentran los controles de ROI y Antena.
- Para poder ejecutar el envío de la información, la o las antenas que se vayan a diligenciar deben estar dentro de la zona de interés, no se permite por ningún motivo que dicho control se encuentre por fuera de la ROI.
- Debido a la naturaleza de las bases de datos geoespaciales, no se permite ubicar una ROI fuera del área metropolitana de Bucaramanga, puesto que no se cuenta con la información adecuada para instanciar dicho experimento.

### 3.2. ACTORES DEL SISTEMA

Los usuarios de la plataforma SIG:

- **Usuario General:** Debido a que el Geoportal no maneja información neurálgica interna del grupo, solo hay un único tipo de usuario del sistema quien tiene acceso a todas las funciones sin ningún tipo de restricción.
- **Servidor de Aplicaciones:** Dispositivo que contiene implementado los servicios que han de ser consumidos por las aplicaciones de lado del cliente
- **Desarrollador:** Rol que ocupa el administrador de los contenidos de la plataforma; también encargado de implementar lo que el arquitecto considere necesario.

- **Arquitecto:** Es el rol que ocupa el ingeniero de sistemas que encabeza el diseño del sistema como tal.

En la relación de usuarios de la plataforma están contemplados los dos tipos de usuarios que intervienen directamente en el desarrollo de la aplicación, pero como se menciona en la especificación del problema, el actor que interactúa con el sistema no tiene alguna distinción especial por parte del sistema, es decir cualquier actor que interactúe con el sistema se denomina Usuario General.

Tabla 1. Usuarios del Sistema

<b>Actor:</b>	Usuario General.
<b>Casos de Uso:</b>	Simulación, Ubicar antena, Ubicar ROI, Ejecutar, Cargar.
<b>Tipo:</b>	Primario.
<b>Descripción:</b>	Cualquier actor que interactúe con el sistema.

### 3.3. MODELO DE CASOS DE USOS

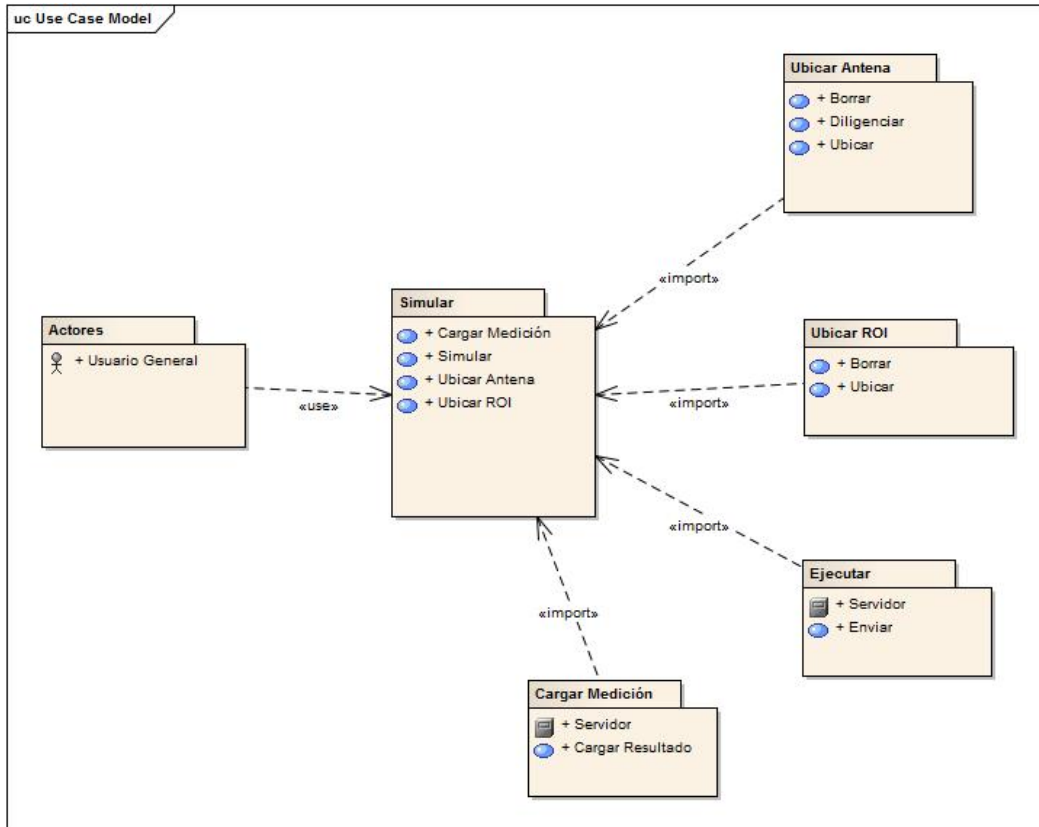


Figura 1. Modelo de Casos de Uso del sistema

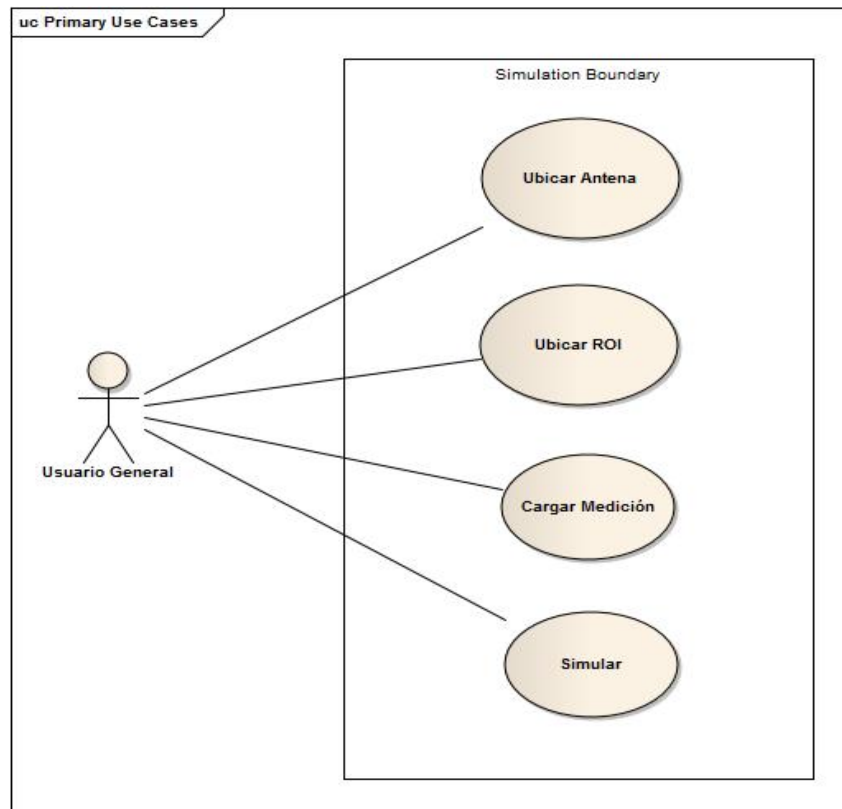


Figura 2. Caso de uso Simulación

Tabla 2. Caso de uso Simulación

<b>Caso de Uso:</b>	Simulación.
<b>Actores:</b>	Usuario General.
<b>Tipo:</b>	Generalización.
<b>Propósito:</b>	Gestiona y valida los datos necesarios que deben ser enviados al servidor de aplicaciones.
<b>Resumen:</b>	Ubicado en la capa de aplicaciones del modelo general del sistema praconco, encargado de administrar la información que fluye entre el usuario y las herramientas hardware.
<b>Precondiciones:</b>	Acceder a la plataforma del grupo de Investigación RadioGis vía URL.
<b>Flujo Principal:</b>	Se presenta al usuario la pantalla Simulación. (P-1) El usuario puede seleccionar entre las siguientes actividades: "Ubicar Antena", "Ubicar ROI", "Cargar Medición", "Simular".
<b>Subflujos:</b>	Ninguno.
<b>Excepciones:</b>	Ninguno.

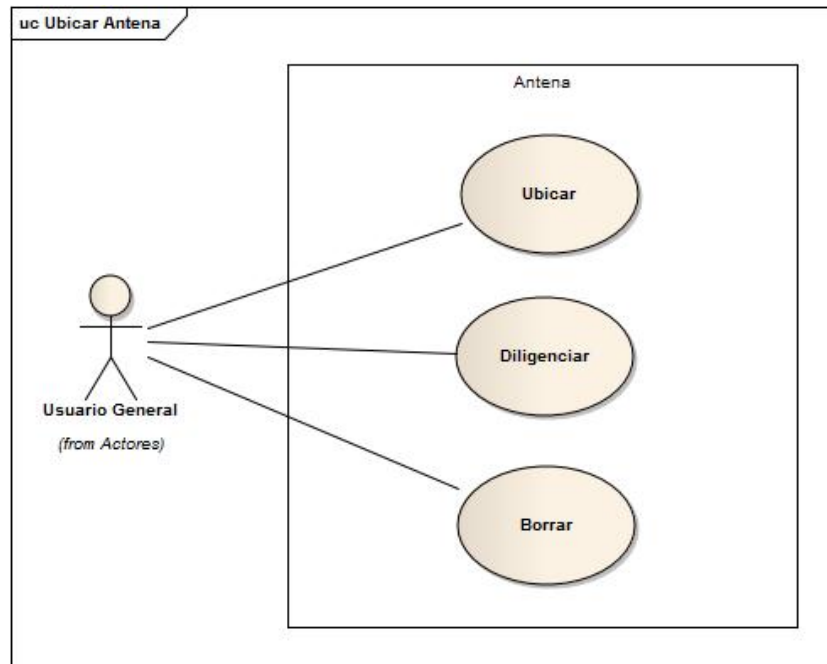


Figura 3. Caso de Uso Ubicar Antena

Tabla 3. Caso de Uso Ubicar Antena

<b>Caso de Uso:</b>	Ubicar Antena
<b>Actores:</b>	Usuario General
<b>Tipo:</b>	Generalización
<b>Propósito:</b>	Situar sobre el mapa de la aplicación un componente que representa una antena de celular.
<b>Resumen:</b>	La antena que se inserta sobre el mapa, es versátil, es decir puede moverse según el usuario lo considere y tiene información que la caracteriza.
<b>Precondiciones:</b>	Se requiere haber ejecutado previamente el caso de uso Simulación.
<b>Flujo Principal:</b>	Al situar la antena sobre el mapa, el usuario puede introducir la información pertinente a las propiedades de la antena ejecutando el evento click sobre ella.
<b>Subflujos:</b>	(s-1) El actor puede eliminar la antena en el momento que lo deseé. (s-2) Si la antena no está ubicada en la zona que el Actor corresponda, este puede ubicarla nuevamente en un lugar más adecuado según su conveniencia.
<b>Excepciones:</b>	Ninguna.

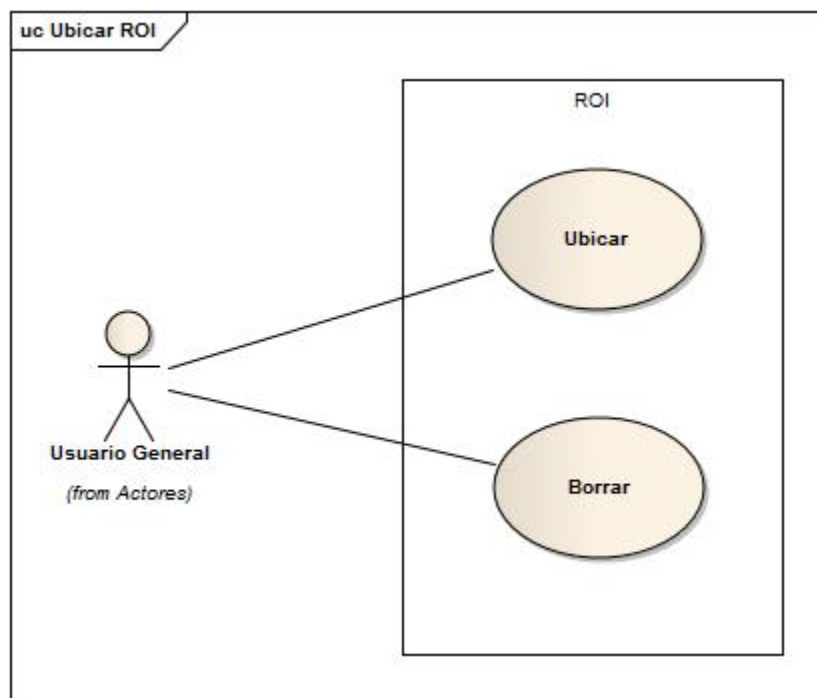


Figura 4. Caso de Uso Ubicar ROI

Tabla 4. Caso de Uso Ubicar ROI

<b>Caso de Uso:</b>	Ubicar ROI
<b>Actores:</b>	Usuario General.
<b>Tipo:</b>	Generalización
<b>Propósito:</b>	Situar sobre el mapa de la aplicación un componente que representa una ROI.
<b>Resumen:</b>	ROI representa el área del mapa de mínimo $200m^2$ y máximo $2Km^2$ que debe contener las antenas.
<b>Precondiciones:</b>	Se requiere haber ejecutado previamente el caso de uso Simulación.
<b>Flujo Principal:</b>	Al situar la ROI sobre el mapa, el usuario puede moverla al lugar que considere adecuado dentro de la zona permitida. (P-1) En caso de querer eliminar la ROI se puede situar el mouse sobre el control y ejecutar el evento click.
<b>Subflujos:</b>	Ninguno
<b>Excepciones:</b>	La ROI no puede ser ubicada por fuera del área delimitada por las coordenadas: 7.165619 y 7.061371 latitud norte y -73.175468 y -73.080368 Longitud oeste.

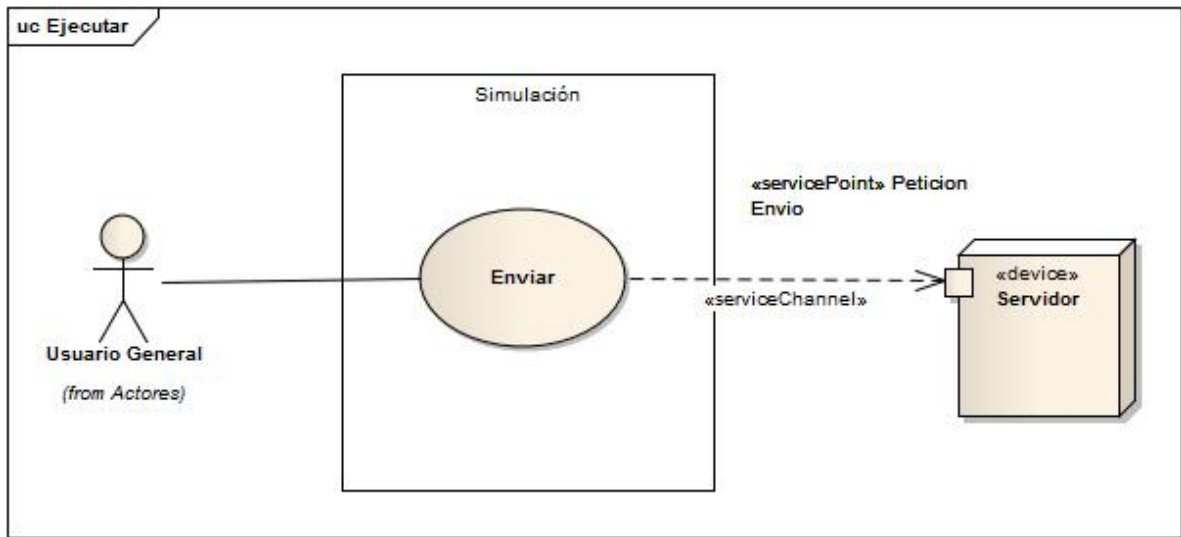


Figura 5. Caso de Uso Ejecutar

Tabla 5. Caso de Uso Ejecutar

<b>Caso de Uso:</b>	Caso de uso Ejecutar.
<b>Actores:</b>	Usuario General, Servidor de aplicaciones.
<b>Tipo:</b>	Inclusión.
<b>Propósito:</b>	Enviar los datos por la red.
<b>Resumen:</b>	Al ejecutar se envían datos diligenciados en la aplicación de tipo antena y ROI al servidor de aplicaciones por medio de protocolos de transferencia de datos.
<b>Precondiciones:</b>	(P-1) Se requiere haber ejecutado previamente el caso de uso Simulación. (P-2) Los datos de antena deben estar correctamente bien diligenciados. (P-3) ROI debe estar sobre el mapa. (P-4) Las antenas que estén sobre el mapa, deben estar dentro de la ROI.
<b>Flujo Principal:</b>	Al enviar los datos, la interfaz se vuelve en modo espera, hasta que llegue la respuesta del servidor ya sea positiva o negativa.
<b>Subflujos:</b>	Ninguno.
<b>Excepciones:</b>	(E-1) El servidor se encuentra fuera de servicio. (E-2) Los datos de la antena no se han diligenciado correctamente. (E-3) ROI no se encuentra en la zona de interés general. (E-4) Antena o ROI o ambos no se encuentran sobre el mapa.

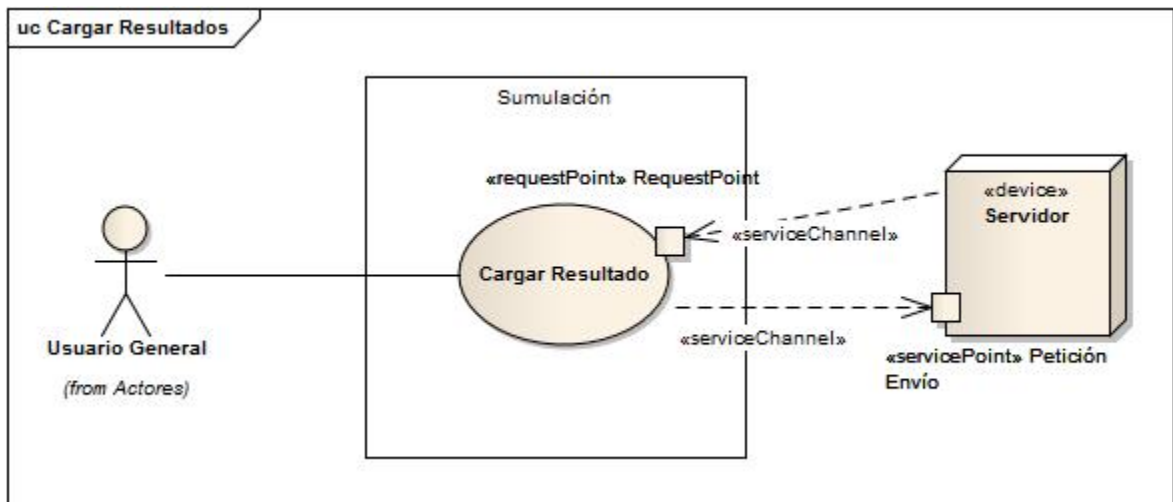


Figura 6. Caso de Uso Cargar Resultados

Tabla 6. Caso de Uso Cargar Resultados

<b>Caso de Uso:</b>	Cargar Resultados.
<b>Actores:</b>	Usuario General, Servidor de aplicaciones.
<b>Tipo:</b>	Inclusión.
<b>Propósito:</b>	Recibir datos
<b>Resumen:</b>	Al ejecutar, se envía una petición al servidor para consultar los resultados en el punto que se especificó en la petición y el servidor responde con el valor deseado.
<b>Precondiciones:</b>	(P-1) Se requiere haber ejecutado previamente el caso de uso Simulación. (P-2) Se requiere haber ejecutado previamente el caso de uso Ejecutar.
<b>Flujo Principal:</b>	Al ejecutarse, un control extrae las coordenadas del punto deseado para hacer la petición. Al llegar la respuesta, se muestra en pantalla el valor de potencia en el punto seleccionado.
<b>Subflujos:</b>	Ninguno.
<b>Excepciones:</b>	(E-1)El servidor se encuentra fuera de servicio. (E-2)El punto de consulta, se encuentra fuera de la ROI.

## 4. DISEÑO DE COMPONENTES MODULARES QUE INTEGRAN LA APLICACIÓN WEB

Como se mencionó anteriormente, el Geoportal está integrado por distintos módulos, como por ejemplo menús, la caratula, mapas etc. En esta sección se detalla la fase de implementación y documentación de cada uno de estos componentes en un esquema UML.

### 4.1. COMPONENTES MODULARES EN FLASH

El IDE<sup>14</sup> Flash Builder 4 fue desarrollado en java, es por esta razón que también es un ambiente que permite crear aplicaciones orientadas a objetos pero especializando en aplicaciones de tipo XML y ActionScript 3.

Geoportal fue diseñado, inicialmente para albergar un modulo de simulación, pero con capacidad de incluir fácilmente nuevos módulos según el grupo de Investigación RadioGis lo requiera.

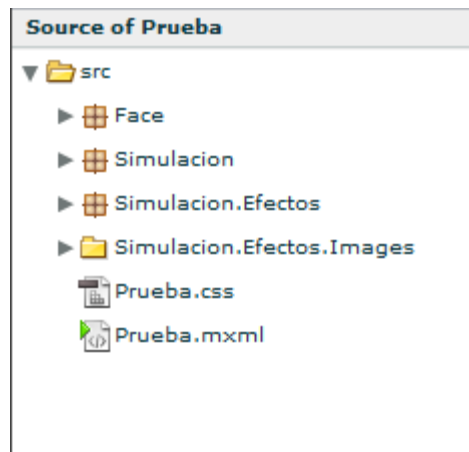


Figura 7. Directorio raíz del Proyecto

<sup>14</sup> En inglés: Integrate Development Environment.

Como se aprecia en la figura 7, la raíz del proyecto al que denominamos Prueba, está constituida por 4 paquetes:

- **Face:** Contiene únicamente lo que corresponde a la página de presentación del portal, que en este caso está compuesto por un menú con 3 enlaces a tres diferentes sitios de interés relacionado al portal como la wiki del grupo RadioGis, Mediciones y Simulación, también se comparte algo de información de contacto con el grupo. Para efectos del proyecto, no se hizo un diseño exhaustivo en este módulo pues, el diseño de este tipo de interfaz gráfica de usuario se pretende sea llevado a cabo directamente por diseñadores gráficos especializados en tal tarea.

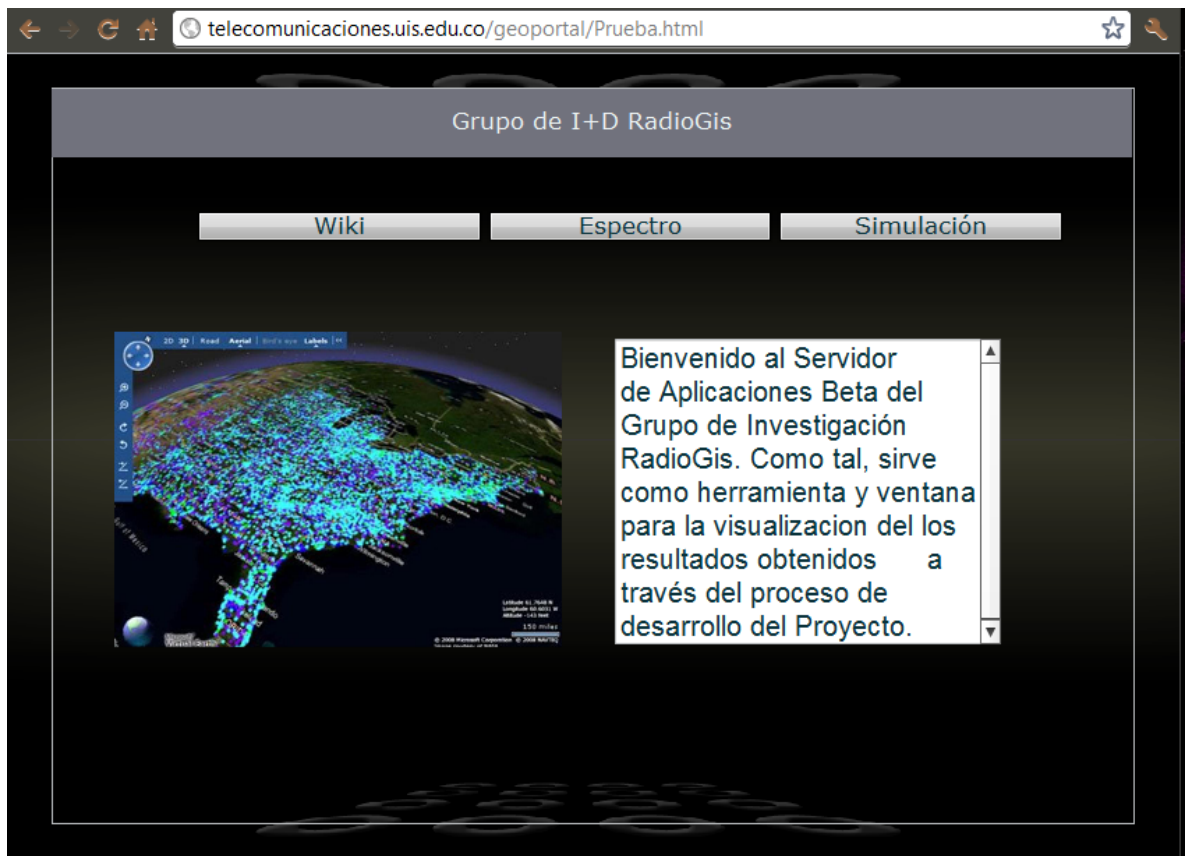


Figura 8. Componente face

- **Simulación:** El componente simulación es donde se concentró el diseño e implementación del proyecto, está constituido por 3 clases que representan la antena, la ROI y el mapa.



Figura 9. Componente Simulación

En Simulación, se pueden notar dos secciones que componen dicho módulo, el primero es la barra de herramientas que contiene los controles de la aplicación como son la Antena, ROI, Consulta de medición, Home y Simular. La segunda sección es el mapa sobre el cual se van a manejar todas las herramientas de la barra anteriormente mencionada.

Se escogió este diseño, rigiendo las normas de la estética y la interacción entre las aplicaciones y los usuarios según se menciona en el Anexo E.

- **Efectos:** éste paquete hace referencia a los efectos visuales implementados en la simulación principalmente, se destacan la paleta de herramientas dinámica llamada *PaletaData* y la clase *AntenaData*, encargada de la gestión de los datos de la antena tales como potencia, altura, ubicación entre otros. En este módulo también se alberga la carpeta

de las imágenes, llamada *Images* con el fin de tener una locación específica con este fin.



Figura 10. Paleta de Herramientas

- **Default:** Por decirlo de alguna manera, es el paquete que contiene los demás maquetes, en este caso la raíz *default* cuenta con una sola clase que se encarga de llamar las demás y administrar los recursos del sistema completo, esta clase se llama *Prueba.MXML*.

Además de la clase *Default* cuenta con un archivo de tipo *.css* que maneja el estilo, la fuente colores y demás de toda la plataforma. De manera más concreta, la clase prueba implementa un componente nativo de Flex llamado "ViewStack Navigator Container"<sup>15</sup>.

---

<sup>15</sup> En español: Navegador de vista de Pilas.

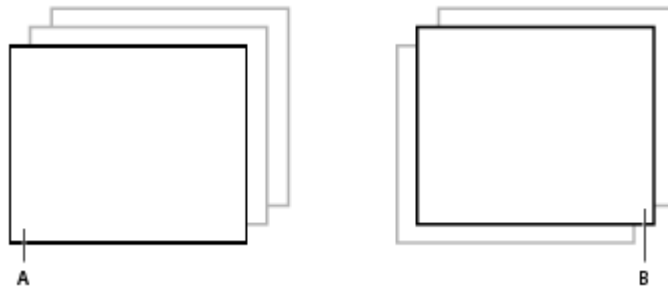


Figura 11. Vista general de un ViewStack. Fuente: Adobe

Como se muestra en la Figura 11, la sección A representa el contenedor hijo 1 activado, la sección B representa el contenedor hijo 2 activado, esto implica que el componente ViewStack puede contener un gran número de paneles o “módulos” para visualizar distintos tipos de desarrollos que pueden haber sido desarrollados posteriormente.

Como se aprecia en la figura 8, es desde este módulo donde se maneja el ViewStack, para recorrerlo de manera ágil pudiendo de esta manera explorar la aplicación de manera cómoda y sin confusiones.

## 4.2. DIAGRAMA DE PAQUETES

Como se explicó detalladamente en la sección anterior, el diagrama de paquetes UML del sistema, muestra la relación entre las agrupaciones lógicas que fueron implementadas, adicionalmente muestra la versatilidad para integrar nuevos módulos al sistema como se muestra en la figura xx6 donde el componente llamado módulo 2, representa una sección que será agregada a la plataforma posteriormente en la fase de desarrollo.

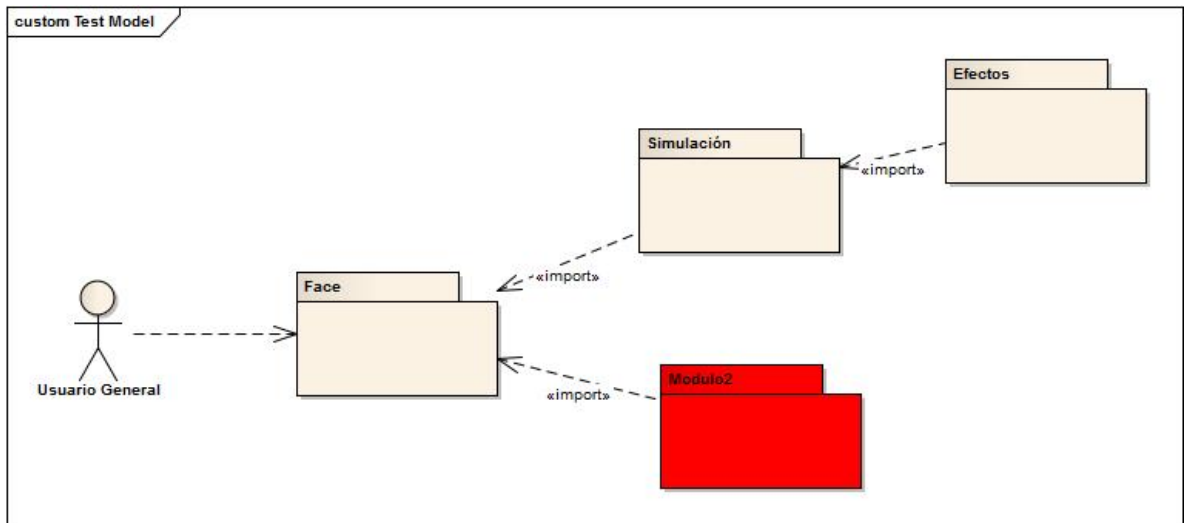


Figura 12. Diagrama de paquetes

### 4.3. DIAGRAMA DE COMPONENTES.

Entre la documentación generada, se encuentra la representación del sistema mediante diagramas de componentes, encargados de mostrar la conformación del software, componentes y dependencias entre estas secciones.

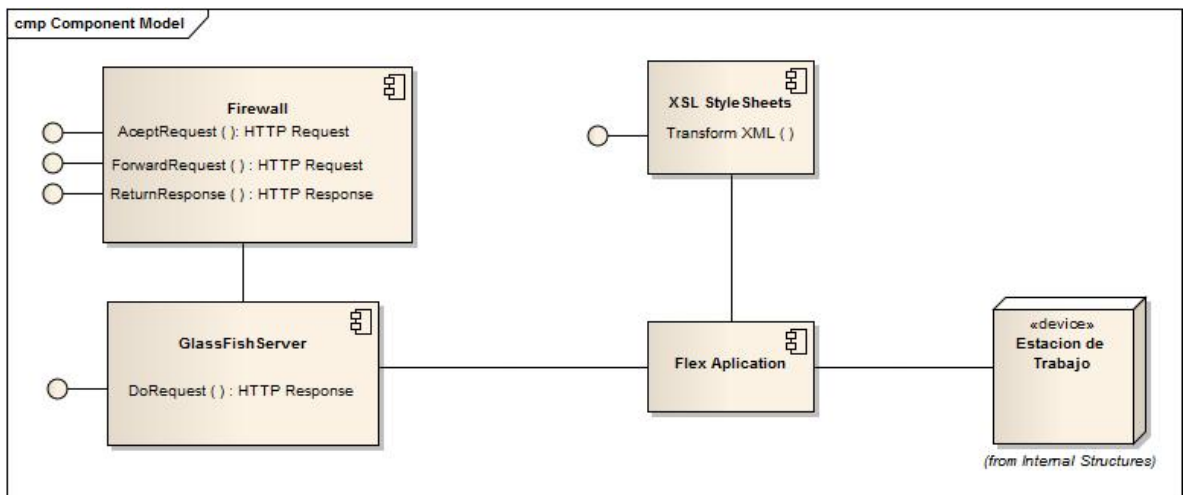


Figura 13. Esquema de flujo de datos

Como se ha mencionado a lo largo del documento, los componentes se relacionan entre sí y con otros componentes, y se observa que antes de llegar a la estación de trabajo, el proceso de manejo y transformación de datos está representado de manera esquemática de tal manera que si hay que cambiar algún componente, se pueda realizar dicha acción sin ningún reparo, siendo necesario solamente configurar los nombres o direcciones adecuadas para dicha tarea.

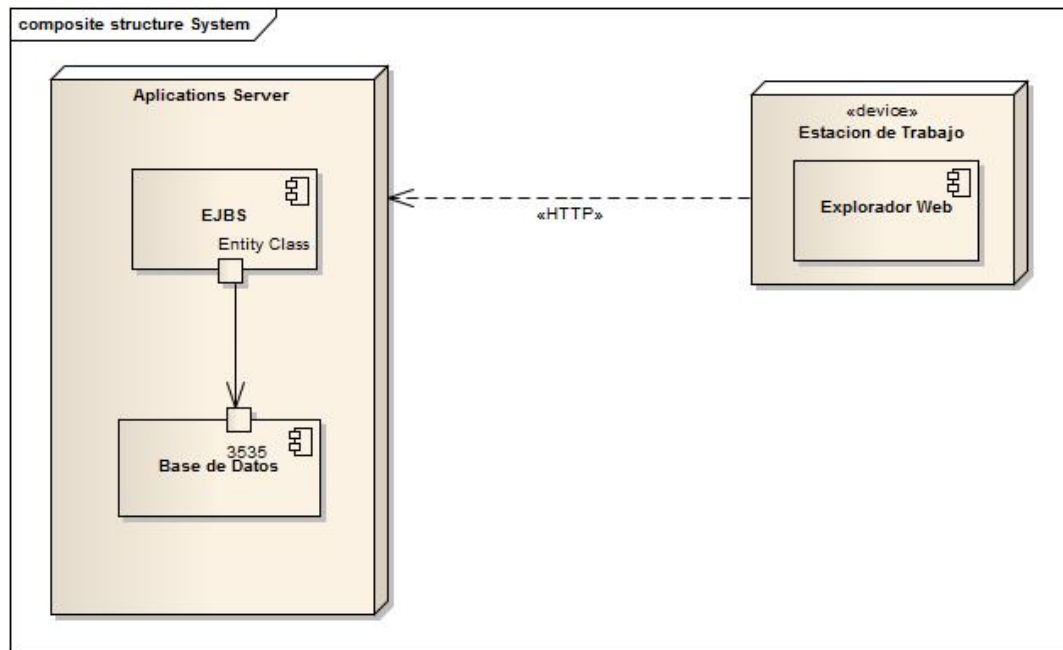


Figura 14. Estructura del Sistema

El diagrama de componentes que modela la estructura del sistema muestra como está compuesta la plataforma, el Geoportal representa el dispositivo Estación de trabajo que trabaja sobre el explorador web e interactúa con el servidor de aplicaciones por medio de protocolos de transferencia de datos http, donde se localiza la lógica del negocio implementada en java sobre EJB<sup>16</sup> y la persistencia de los datos en PostGis.

<sup>16</sup> En inglés Enterprise Java Bean

#### 4.4. DIAGRAMA DE CLASES

En el estándar UML se trabaja en diagrama de clases con el fin de especificar mucho más a fondo las clases que deberían utilizarse en cada paquete, métodos y operaciones que intervienen en la lógica de la plataforma. Un informe más detallado se encuentra en el anexo reportes que corresponde a el reporte generado de la documentación UML.

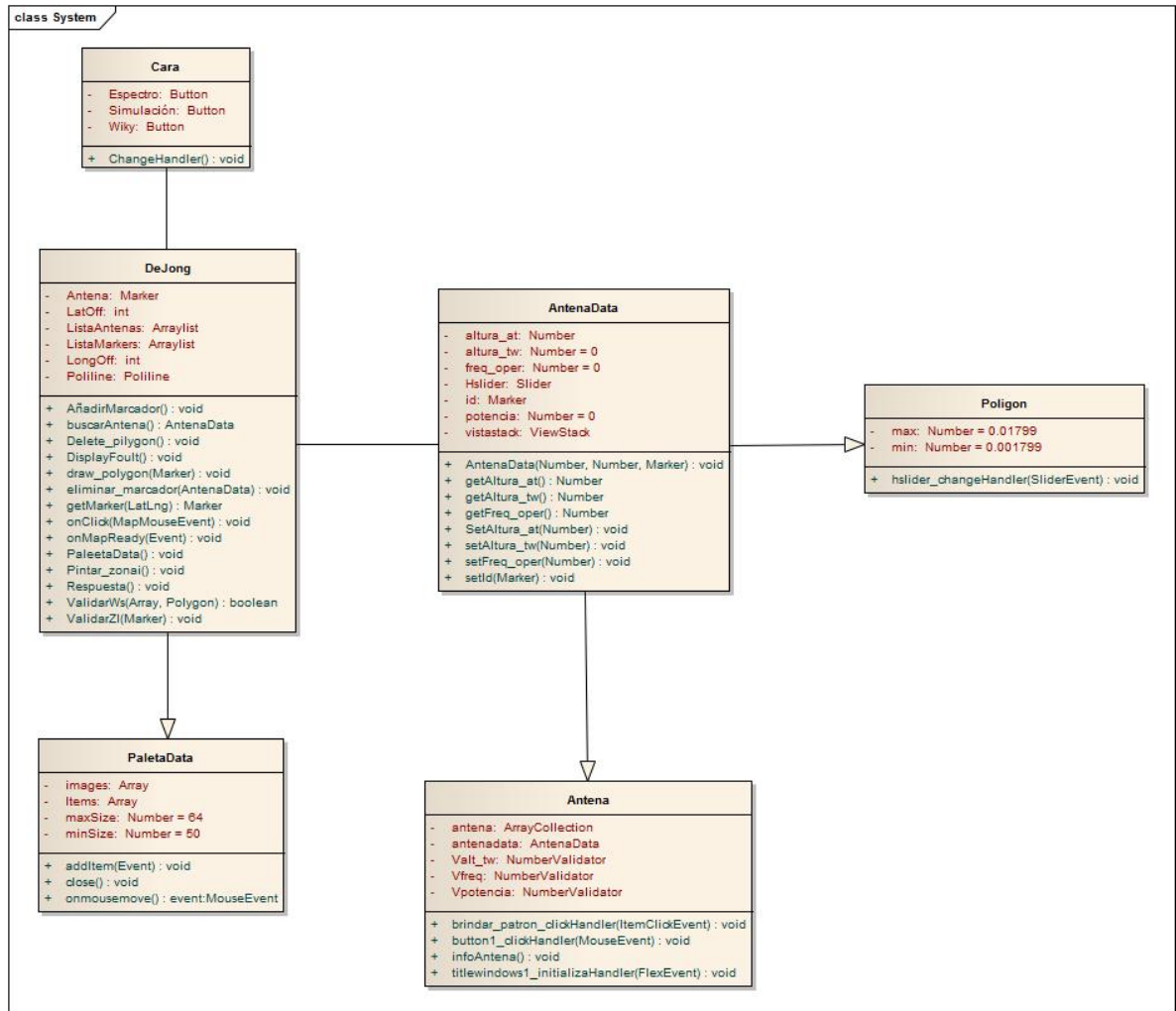


Figura 15. Diagrama de clases

## 5. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA INTERFAZ

Como se menciona, el Geoportal hace parte de una aplicación distribuida que tiene como objetivo la implementación de servicios LBS (Ver Anexo I), del mismo modo al estar ubicado en la capa de aplicación según el modelo planteado lo principal es un desarrollo amigable con el usuario, que sea visualmente atractivo y eficiente. Debido a la complejidad del proyecto, se implementará con una metodología tipo Iterativo-Incremental.

### 5.1. DESARROLLO ITERATIVO INCREMENTAL

Desde el momento del planteamiento del proyecto en el grupo de investigación, se concertó en común acuerdo con los Ingenieros Electrónicos usuarios del

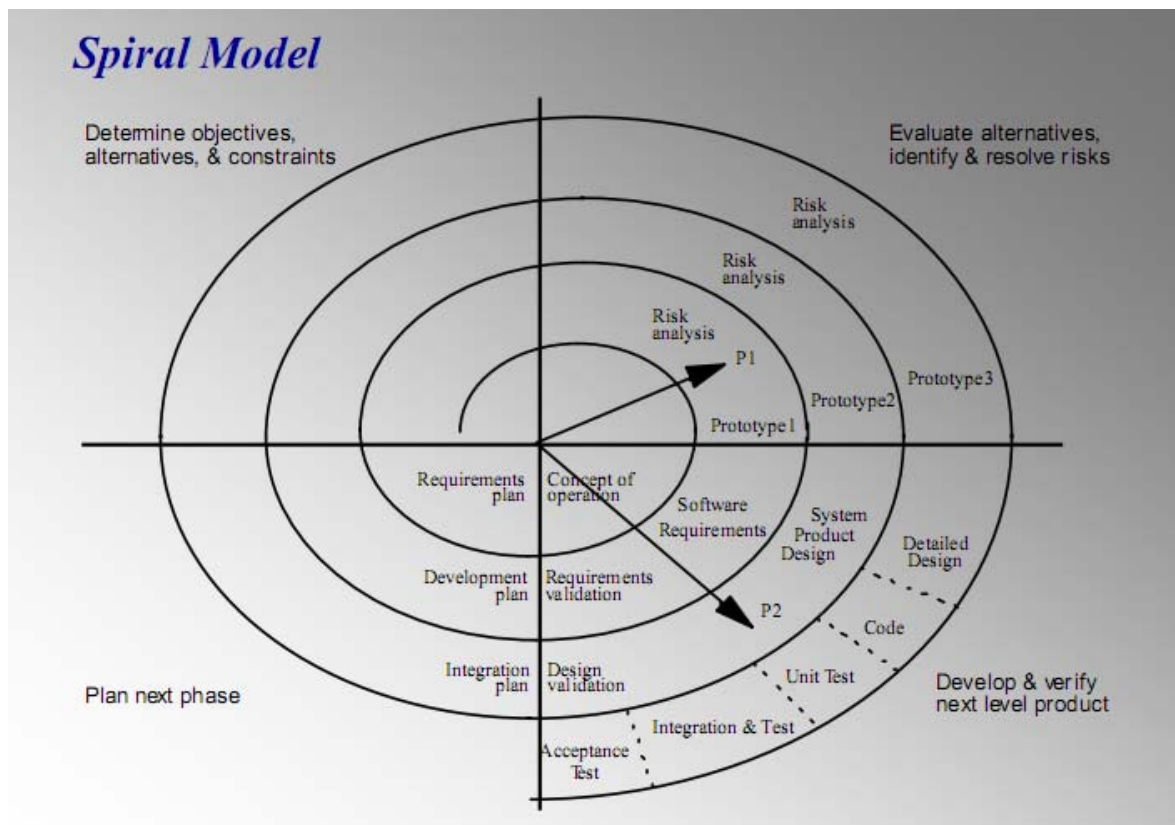


Figura 16. Modelo Espiral. Fuente: Ciclos de vida del software. Fernando Rojas Morales. pag.24

Geoportal y con el equipo de desarrollo, que el modelo a seguir sería Espiral.

Se plantea una metodología de trabajo siguiendo el Modelo Espiral debido a las siguientes razones:

- El grupo de investigación RadioGis, por estar dedicado al desarrollo de las telecomunicaciones en Colombia, debe estar sujeto no solo a las nuevas regulaciones que se implementan desde el ministerio de TIC, sino también a las limitaciones en materia de desarrollo tecnológico de las herramientas usadas para dicho propósito, tales como las antenas, analizadores de espectro, generadores de señales entre otros; lo que ocasiona una rápida desactualización del software principalmente, más que de los aparatos, es por este motivo que se debe trabajar contemplando los eventuales cambios externos anteriormente mencionados y poderlos implementar inmediatamente.
- Debido a la cantidad de utilidades y contemplaciones que debe tener el software, se debe desarrollar por prototipos, implementando una función a la vez, probándola y perfeccionándola para garantizar una correcta armonía con todos los sistemas.
- En la etapa inicial del proyecto, es muy complicado identificar todos los requerimientos del sistema, es por esto que según va evolucionando el sistema y se va expandiendo, surgen nuevos requerimientos que se implementan en el siguiente ciclo.
- Al implementar esta metodología, se reduce la brecha entre el desarrollador y el cliente, lo que conlleva una mejor y más acertada producción según las necesidades reales del software, pues prácticamente el cliente participa en casi toda la fase de desarrollo.
- Pasos a seguir para implementar el proyecto con la metodología planteada:
- En primera instancia, se hizo una jornada de capacitación al personal desarrollador del software en materia de radiación y tecnologías de la comunicación por parte de los Ingenieros encargados de Radiación del grupo RadioGis.
- Mientras se lleva a cabo la fase anterior, de forma paralela se identifican los primeros requerimientos que necesita el portal para empezar con el primer prototipo funcional.
- Se definen los límites globales del software en conjunto con los usuarios de la aplicación en reuniones concertadas con antelación y en acuerdo con las partes.

- Del mismo modo, se definen los objetivos a cumplir con el primer prototipo, para empezar su desarrollo y en base a el análisis de este, poder ir evolucionando la aplicación.
- Se da un plazo razonable para la ejecución y pruebas de cada prototipo y sus funciones, en caso de no pasar el control de calidad se procede a la implementación del modulo siguiente, de la misma manera que se hizo el primer prototipo.
- 

El presente modelo brinda las siguientes ventajas:

- No necesita una definición completa de los requisitos para empezar a funcionar.
- Al entregar productos desde el final de la primera iteración es más fácil validar los requisitos.
- El riesgo en general es menor, porque si todo se hace mal, solo se ha perdido tiempo y recursos invertidos en una iteración debido a que (las anteriores iteraciones están bien).
- El riesgo de sufrir retrasos es menor, ya que al identificar los problemas en etapas tempranas hay tiempo de subsanarlos.

Al igual que ventajas, se presenta desventajas que pudieron dificultar el desarrollo:

- Es complicado evaluar los riesgos.
- Necesita de participación continua por parte del cliente.
- Cuando se subcontrata hay que producir previamente una especificación completa de lo que se necesita, y esto lleva tiempo.
- Como se menciona en el capítulo 4 se plantea un esquema modular regido por un componente nativo de flash llamado ViewStack, es sobre uno de los paneles de este componente donde se montó el desarrollo del módulo de simulación del Geoportal.

## 5.2. PROTOTIPO DE INTERFAZ

Gracias a la fase de requerimientos, planteada en el capítulo 3 de este documento, se tiene muy en claro lo que se desea realizar, es por esto que se planteó el prototipo de la simulación como se muestra en la Figura 17.



Figura 17. Diseño Interfaz Simulación

Por medio de este prototipo, se permitió validar la mayor cantidad de requerimientos del sistema con el fin de evitar al máximo contratiempos en posteriores fases.

Con el fin de guiar la ingeniería de la interfaz durante el proceso de desarrollo, se implementaron los modelos de secuencias en los cuales se plasman los entes que activan el sistema, tales como los actores del sistema u objetos de control; es decir un completo análisis del modelo de información para proporcionar un mapa organizacional de los datos que deben aparecer en la interfaz de usuario.

### 5.3. DIAGRAMAS DE SECUENCIA

Para representar de manera más esquemática la interacción del sistema con el usuario, se presentan los diagramas de secuencias de las clases principales que interactúan con el módulo de simulación.

El funcionamiento del Geoportal se caracteriza por tener solo tres grandes acciones, la primera es configurar la antena “por parte del Usuario”, la segunda es la configuración de la ROI “labor realizada por el usuario también” y la tercera es enviar los datos a ser procesados.

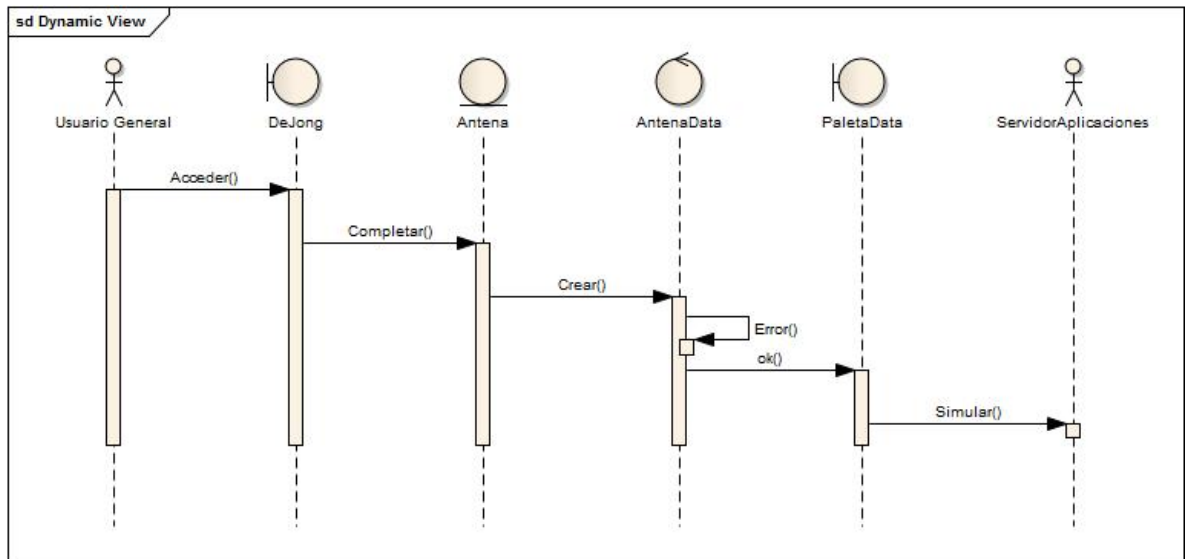


Figura 18. Diagrama de secuencia Antena

Como se puede apreciar, para el caso de uso Diligenciar Antena es el usuario General quien activa la secuencia de eventos que llevan a una correcta simulación.

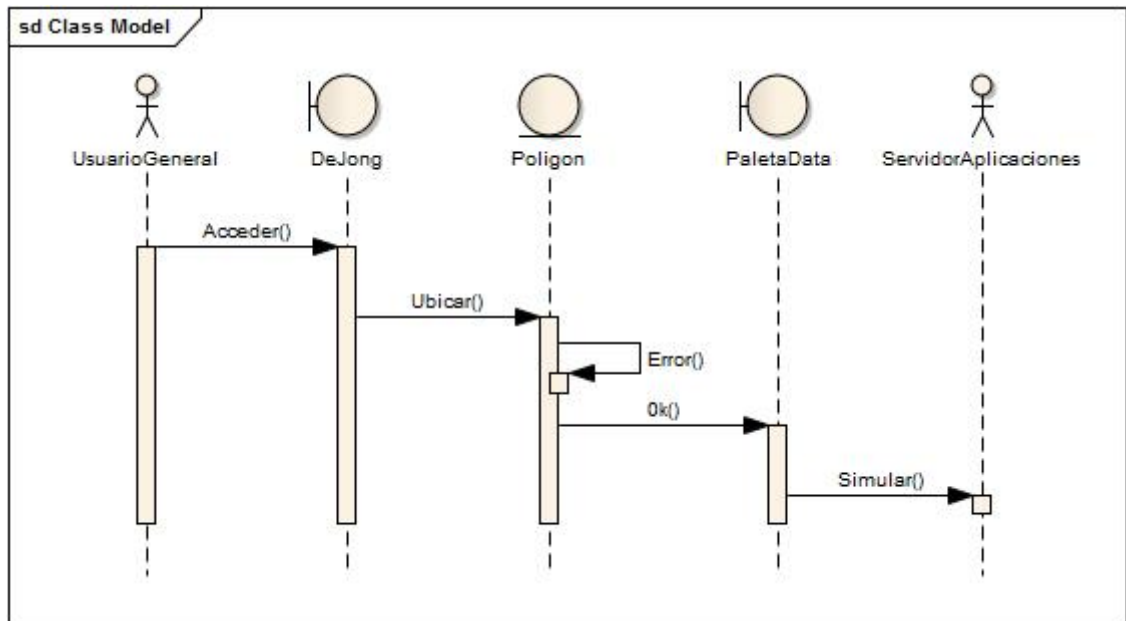


Figura 19. Diagrama de secuencia Polígono

No es muy diferente el caso de uso Diligenciar Antena, al caso de uso Diligenciar RIO, pues ambos son componentes que funcionan sobre un mapa y permiten configurar todos los parámetros requeridos por el algoritmo en el servidor para realizar una correcta simulación.

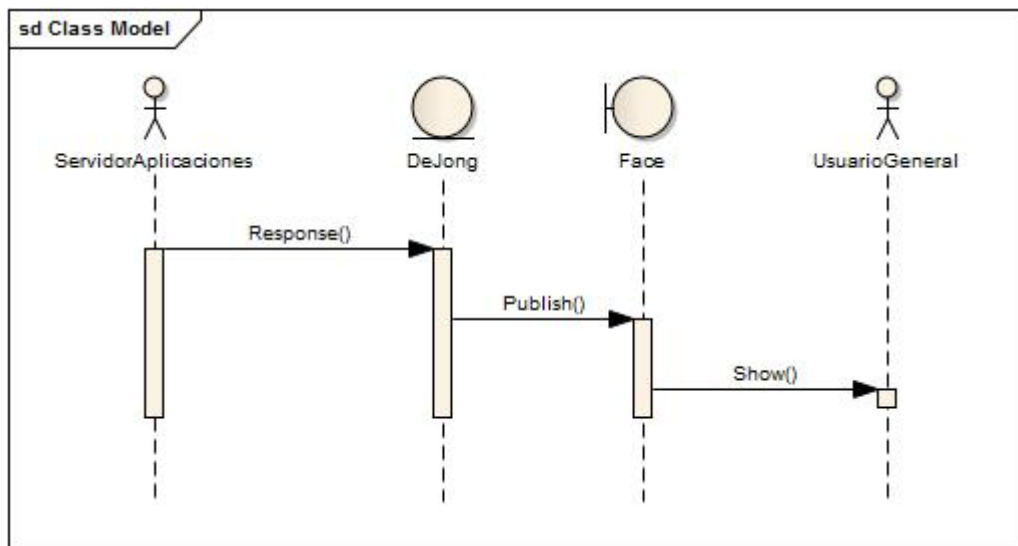


Figura 20. Diagrama de secuencia Response

Para el caso de uso Recibir Respuesta, cambia un el esquema que se estaba trabajando, ya que el Response<sup>17</sup> es un método que devuelve el servidor cuando termina de procesar los datos que le han sido enviados, es de esta manera como trabaja en sistema; se gestionan los datos y en el servidor ocurre toda la labor de procesamiento y diligenciamiento de Información.

#### **5.4. VALIDACIÓN**

A grandes rasgos la capa de acceso consta de varios tipos de interfaces y dispositivos asociados como dispositivos móviles celulares, GPS, desktops entre otros, en esta sección se mencionaran en el desarrollo de un aplicativo cliente para los desktops.

#### **5.5. ARQUITECTURA DE LOS SERVICIOS**

El aplicativo del lado del cliente pertenece a un conjunto de servicios modulares, tecnología que nos brinda flexibilidad a la hora de añadir, editar o quitar funcionalidades a la aplicación en cualquier momento de su ciclo de vida. Está principalmente enfocado para ser usado por personal especialmente capacitado, o quizás cualquier otra persona interesada en el monitoreo y planeación de redes microceldas.

Por su parte la simulación de redes se ha categorizado dentro de servicios web geo-referenciados tales como WMS, WCS, WFS y otros documentos XML que interactúan con el servidor principal en la capa de contenidos de la arquitectura PRACONCO.

El diseño del portal está orientado a la interacción entre componentes, pensado para ejecutarse en el navegador web tal y como se plantea en las aplicaciones web 2.0, para incrementar la versatilidad del sistema y sin quitarle eficiencia o

---

<sup>17</sup> En español: Respuesta.

seguridad y brindándole control total al usuario final quien en últimas es el único actor que interactúa directamente con el sistema.

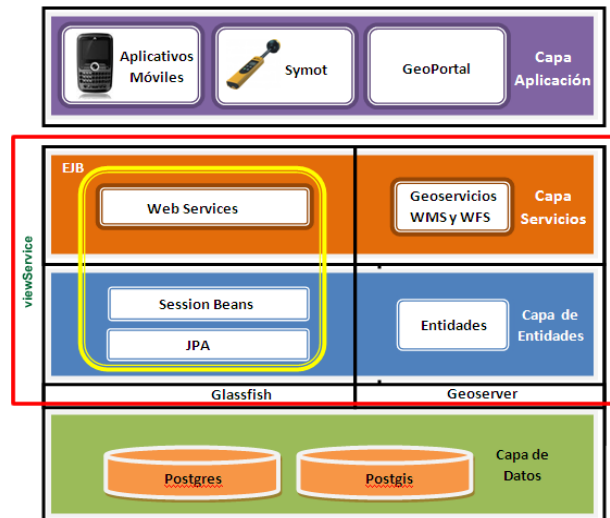


Figura 21. Modelos de componentes alfanuméricos. Fuente: RadioGis

La capa de servicios, hace parte de un modelo que se utiliza en la industria de software conocido como aplicación empresarial (Fig 21), que se implementó netamente en plataforma JAVA EE 5 que soporta funcionalidades y exigentes labores sobre datos alfanuméricos. Para albergar esta tecnología, se escogió Gasfish V3.0 como servidor de aplicaciones sobre el cual se monta un conector EJB<sup>18</sup> que a su vez contiene una lógica del negocio separada en capas.

Vale la pena resaltar, que para desarrollar cualquier tipo de servicio sobre esta arquitectura, no es necesario un profundo conocimiento técnico de todo el sistema, pues solo se necesita identificar los servicios que se necesitan para ser consumidos por una aplicación cliente, lo que brinda una mayor versatilidad al sistema completo.

<sup>18</sup> Enterprise Java Bean

Por otra parte, en la capa de entidad se alojan todas aquellas clases que garantizan un mapeo objeto/relacional de los datos usando el API de persistencia de Java, permitiendo que la información alojada en la base de datos relacional pueda ser utilizada de forma transparente por los desarrolladores que usan objetos.

En la capa de servicios se encuentran los Servicios Web que tiene la función de exponer los métodos del negocio hacia el exterior. Esta capa está dividida en servicios básicos y servicios especializados, en el primer grupo encontramos todas aquellas funcionalidades genéricas que pueden ser utilizadas por los desarrolladores para crear nuevos servicios como por ejemplo los servicios de identificación de usuario o el servicios de adaptación de contenidos. El otro grupo son los servicios específicos que trabajando en asociación con otros para ofrecer funcionalidades particulares para una aplicación cliente. Esta división de la capa de servicios se observa en la Figura 22.



Figura 22. Capa de Servicios del View Service. Fuente: RadioGis

## 5.6. IMPLEMENTACIÓN

Ya conociendo la estructura interna detrás de todo el sistema, se presentan los resultados del producto en mención que está desarrollado bajo el concepto de RIA<sup>19</sup>.

La RIA, es totalmente interactiva y orientada a los eventos, que son activados por el usuario cada vez que desee realizar cualquier consulta, como seleccionar una

---

<sup>19</sup> En inglés: Rich Internet Application.

antena, asignarle características propias de ella, ubicación, zona de interés donde quiere que esté ubicada la antena, área de la zona de interés que puede variar entre  $200m^2$  y  $2Km^2$ .

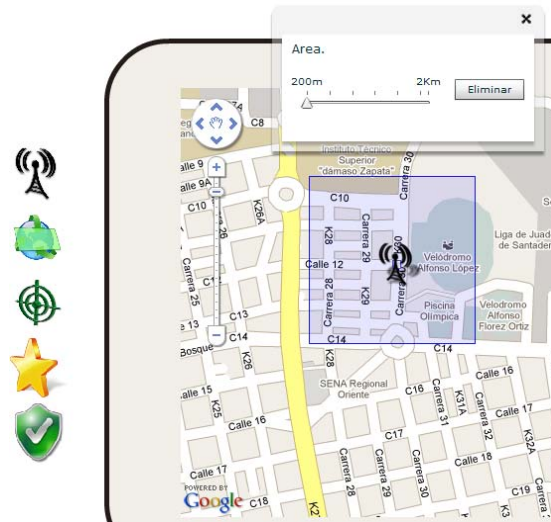


Figura 23. Geoportal-Simulación

El componente a su vez, está compuesto por una serie de controles que se plasma en la parte izquierda de la Figura 23, donde se puede identificar una antena, que representa el control antena que contiene la configuración que se desea implementar en la simulación.



Figura 24. Propiedades de la Antena

Las propiedades de la antena, son transmitidas desde la capa de aplicación “el Geoportal en este caso” y la capa de servicios mediante protocolos de transmisión de datos denominados Servicios Web.

De igual manera, se encuentra el control de la zona de interés que contiene netamente una implementación del API de Google Maps para flash, utilizando polígonos y marcadores cuya posición relativa sobre el mapa puede ser modificada según la necesidad del usuario; el objetivo para consultar la medición simulada, que consta de un marcador que hace una consulta a la base de datos donde se almacena la respuesta a la simulación; el botón home y enviar o proceder a la simulación (Figura 25).



Figura 25. Controles Portal

Por último, cuando toda la información necesaria para crear una buena simulación esté correctamente diligenciada, se habilita el control de enviar la consulta al servidor, para que dichos datos sean utilizados por el componente de contenidos en la capa más baja, "el servidor".

## 6. PRUEBAS VERIFICACIÓN

### 6.1. ANTECEDENTES PARA PRUEBAS

Con el fin de verificar el correcto funcionamiento del sistema, es decir contrastar resultados reales con resultados simulados, se creó una campaña de medición<sup>20</sup> en el barrio el prado de la ciudad de Bucaramanga como se muestra en la Figura 26:



Figura 26. Zona de medición, barrio El Prado (vista superior). Fuente: Google Earth

<sup>20</sup> Ver Anexo K

Dicha campaña de medición cuenta con 4 rutas, demarcadas con 4 colores diferentes para distinguirlas, pero para efectos de comprobación, solo se tendrá en cuenta una sola ruta, la 1 de color amarillo.

## 6.2. COMPARACIÓN ENTRE DATOS REALES Y DATOS SIMULADOS

La campaña fue llamada Espectro\_el\_prado y está almacenada en la base de datos del grupo de investigación, no solo para ser consultada desde cualquier computador con acceso a internet sino también para contrastar dichos datos con la simulación.

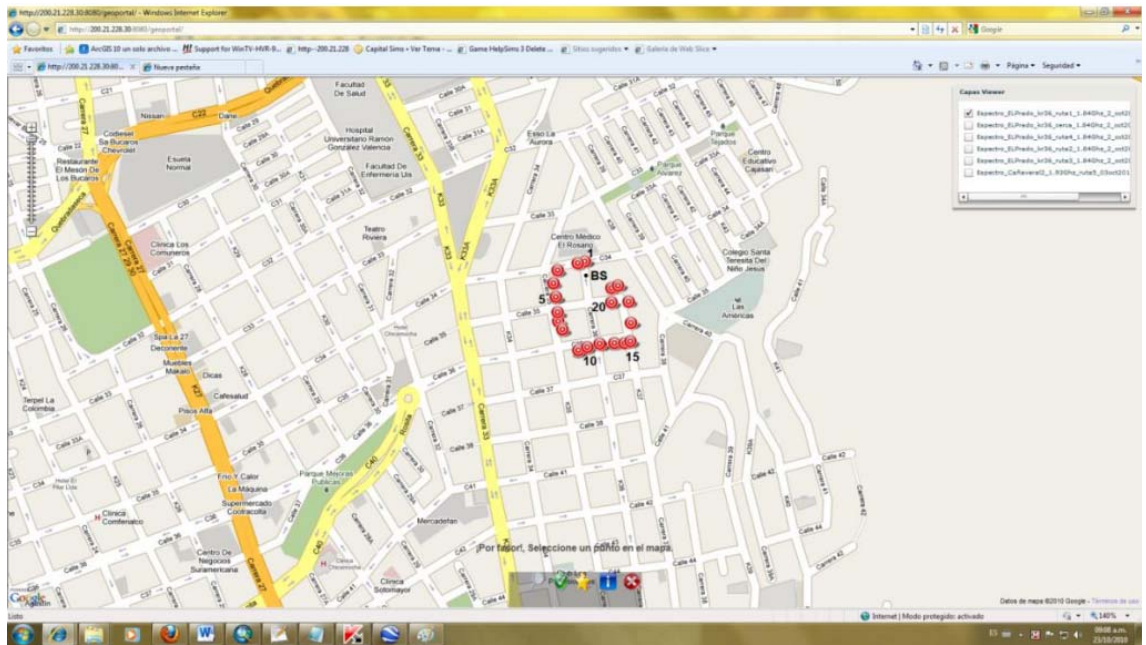


Figura 27. Campaña de medidas en el Prado, Ruta 1. Fuente: RadioGis

Se aprecia el modulo del Geoportal en una versión inicial encargado de mostrar los datos almacenados previamente, y cuyo fin principal es brindarle al usuario la información de las mediciones almacenadas en el sistema de información.

Para efectos de llevar a cabo una comparación más detallada, se presenta la simulación de la campaña de medición en la misma zona (Figura 28).

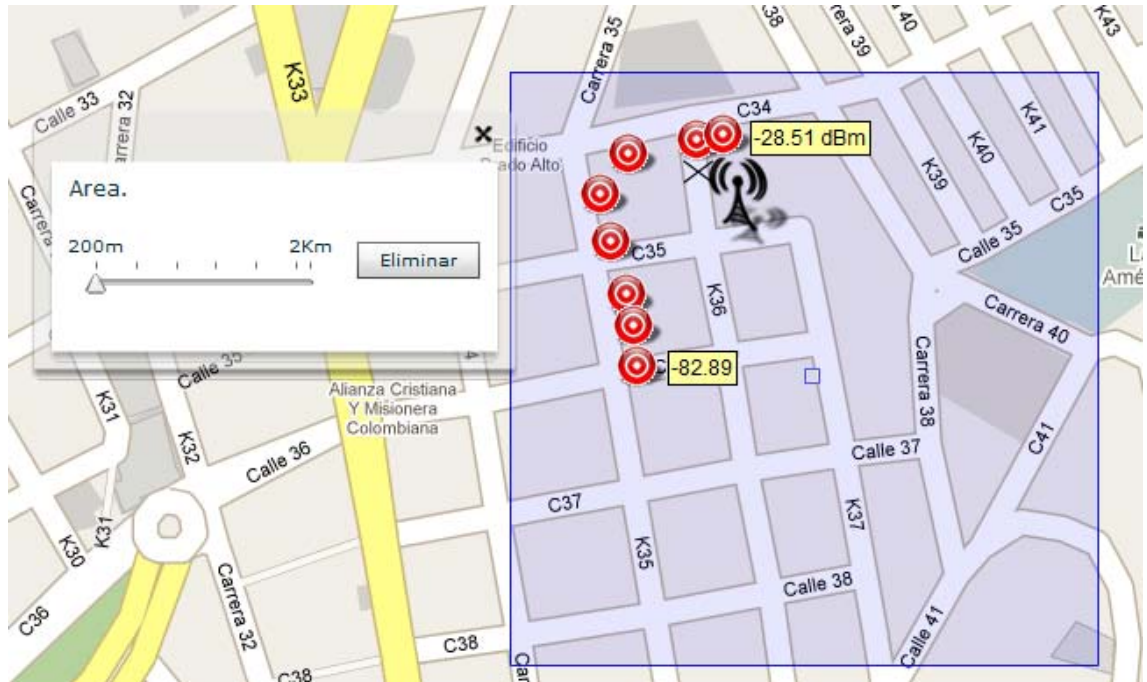


Figura 28. Campaña de medidas Simuladas en el Prado, Ruta 1

Se observan una serie de marcadores rojos que representan cada punto de medición en la zona, y al colocar el cursor sobre cada marcador, brinda información de la potencia medida en ese punto.

Los datos completos, es decir la posición relativa al punto base, BS y los datos de potencia medida y potencia simulada se relacionan en la tabla 7.

Tabla 7. Ruta 1 de Medición (Color amarillo)

N°	X [m]	Y [m]	Prmedida [dBm]	Prsimulada [dBm]
1	850	845	-31,7	-28,51
2	835	839	-43,1	-34,14
3	785	830	-67,2	-73,94
4	779	803	-75,7	-76,92
5	786	775	-72,7	-78,94
6	790	745	-73,6	-69,96
7	794	728	-79,2	-82,89
8	799	705	-75,7	-103,75
9	830	673	-73,6	-113,44
10	851	676	-74,21	-109,38
11	875	683	-67,4	-63,94
12	882	680	-38,6	-38,67
13	906	687	-64,7	-83,94
14	923	689	-80,1	-112,99
15	941	694	-79,1	-118,2
16	933	732	-81,7	-94,08
17	928	769	-69,53	-71,94
18	923	796	-80,3	-72,94
19	902	792	-78,8	-75,94
20	900	765	-67,5	-67,62

Para contrastar el comportamiento de los datos simulados con respecto a los datos medidos de una manera más gráfica, se creó un diagrama de dispersión donde notamos el comportamiento de las muestras (Figura 29).

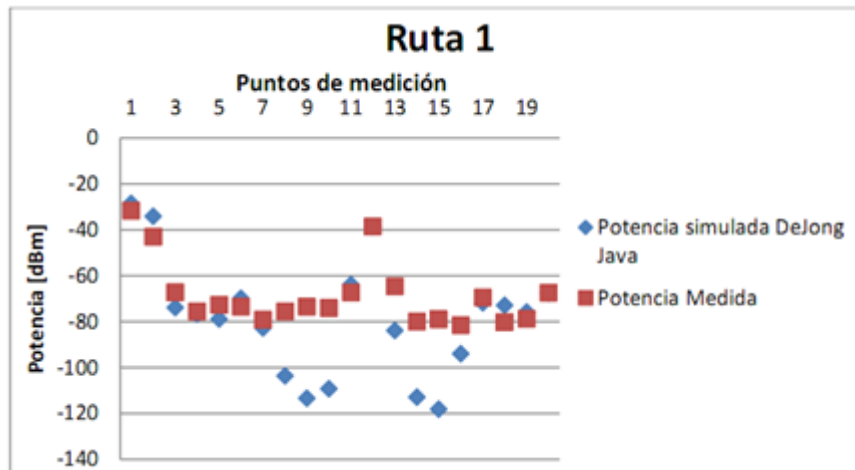


Figura 29. Comparación de Medidos Datos v. Simulados.

Si bien los datos no están muy bien ajustados, la prueba fue realizada satisfactoriamente, ya que no es materia de esta investigación la validación de dichos datos, sino el manejo y gestión de los datos.

### 6.2.1. PROCESO DE LA PRUEBA

Por otra parte, el proceso de llevar a cabo la simulación de radiación de una fuente isotrópica en el barrio el Prado, se llevó a cabo el siguiente proceso:

#### 6.2.1.1. CONFIGURACIÓN DE LA ANTENA Y ÁREA DE INTERÉS

Para configurar la antena y la zona de interés no hay un orden específico, es decir se puede configurar primero la antena y luego posicionar la ROI o viceversa, lo más importante es que al momento de enviar los datos para ser analizados los dos componentes estén debidamente diligenciados.

Como se aprecia en la Figura 30, se ubica la antena exactamente en el mismo punto donde se ubicó realmente la antena real, y se configuró con los mismos parámetros.

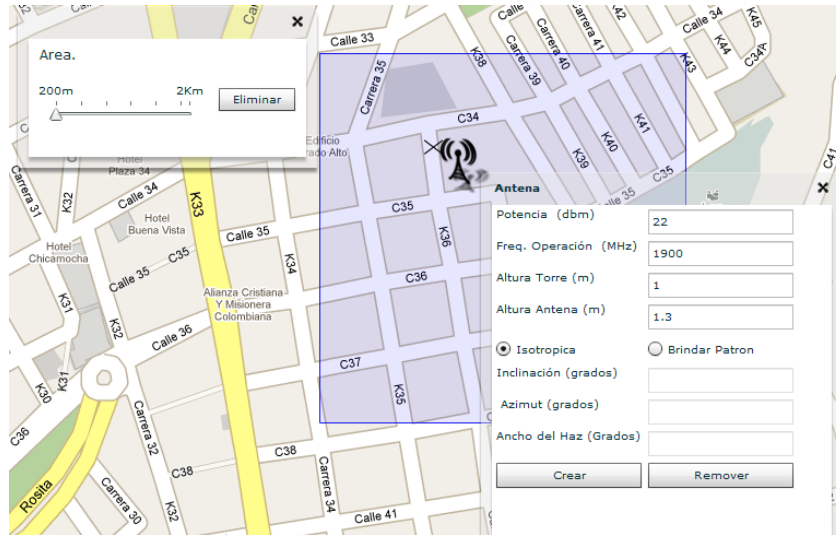


Figura 30. Configuración de antena y zona de interés

### 6.2.1.2. ENVÍO DE DATOS

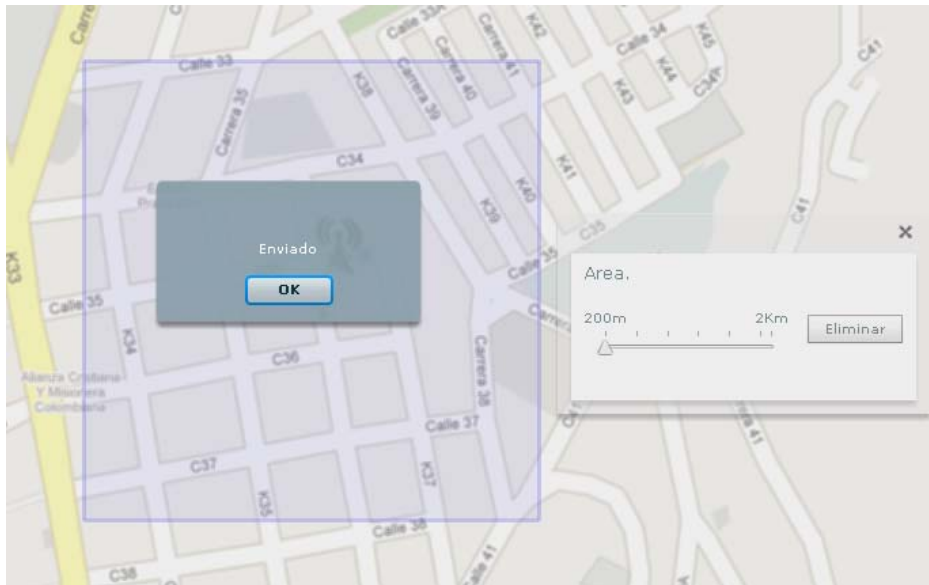


Figura 31. Enviar datos

Al diligenciar los componentes correctamente, podemos enviar los datos para ser analizados en el servidor, si no hay ningún tipo de excepción los datos serán correctamente enviados y procesados por el algoritmo (Figura 31).

### 6.2.1.3. MANEJO DE EXCEPCIONES

Al tratar de simular una posible situación con una antena correctamente diligenciada, pero sin una zona de interés definida sobre el mapa, el sistema nos muestra una alerta.



Figura 32. Área de Interés



Figura 33. Antena

Al tratar de simular una posible situación con una zona de interés en el mapa pero sin ninguna antena sobre dicha zona, el sistema lo detecta y muestra el siguiente mensaje de alerta.

Al tratar de simular una posible situación ubicando la zona de interés fuera del área de cobertura; es decir fuera de Bucaramanga o su área metropolitana, el sistema muestra el siguiente mensaje de alerta.

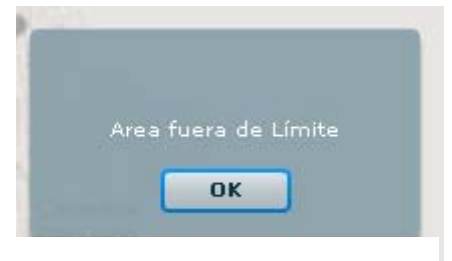


Figura 34. ROI fuera de zona

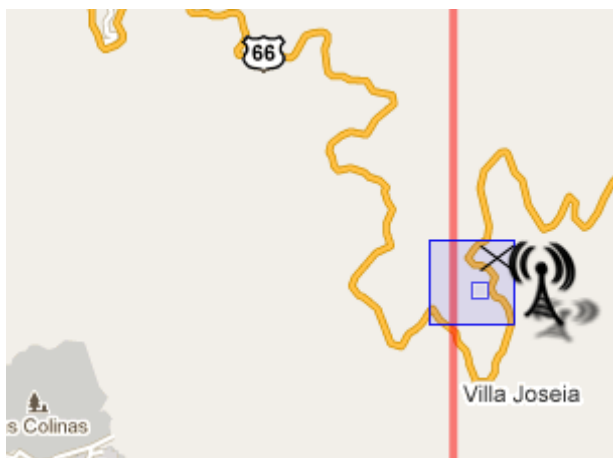


Figura 35. Esquema de ROI fuera de zona.

Adicionalmente pinta sobre el mapa una línea que delimita el borde máximo donde se puede ubicar la zona de interés y la antena para realizar una simulación.

## **7. MANUAL DE USUARIO**

El manual de usuario, también conocido como guía, es un documento de comunicación técnica, creado para dar apoyo a las personas que utilizarán el servicio de simulación.

Dichas personas serán, en su mayoría, los miembros del grupo de investigación y desarrollo RadioGis ya que son los que requieren los datos de la simulación.

El manual de usuario se encontrará en el Anexo L del presente documento debido a que a consideración de los autores y por motivos de diseño y esquema se realizaba así una mejor presentación de esta documentación

## CONCLUSIONES

- En el campo de las telecomunicaciones, las nuevas tecnologías y las aplicaciones altamente eficientes son las que regulan el mercado, es decir el que invierta mayor cantidad de recursos en investigación, innovación y desarrollo de nuevas herramientas tanto software como hardware está destinado a controlar el mercado y ser altamente exitoso.
- Actualmente los LBS<sup>21</sup> nos permiten crear, interactuar y brindar no solo nuevas perspectivas en el campo de las TIC sino la posibilidad de mejorar servicios que ya hayan sido implementados pero que carecen de agilidad y rapidez.
- En el modelo que se plantea para tratar de crear una plataforma que integre las comunicaciones, o convergencia de las telecomunicaciones como se denomina en el proyecto Praconco, aun hay temas por investigar y por descubrir pues el mundo necesita que las redes de próxima generación estén debidamente implementadas en pro del desarrollo de una tecnología auto sostenible.
- Siguiendo por la línea de las redes de próxima generación, la planificación de redes cubre un papel muy importante en esta materia, ya que podría ahorrar muchos costos de tipo operativo en la implementación de antenas en zonas inadecuadas, y podría mejorar el servicio de los operadores celulares significativamente.
- La importancia y la necesidad de crear soluciones basadas en aplicaciones distribuidas en la nube, o cloud computing como se llama en la industria de las telecomunicaciones, ya que este tipo de tecnología puede soportar mayor

---

<sup>21</sup> En español: Servicios Basados en Localización.

cantidad de usuarios, aplicaciones y servicios interactuando a la vez sin riesgo de pérdida o inaccesibilidad por parte de estos a los servicios requeridos.

## RECOMENDACIONES

- De tipo operativo, la infraestructura de red que se maneja al estar ligada con la UIS, impide el adecuado flujo de información desde y hacia la plataforma, entorpeciendo así el tráfico en ambas direcciones, se recomienda trabajar con un proveedor de red independiente de la Universidad para evitar complicaciones de este tipo.
- El desarrollo e implementación de los demás servicios que se trabaja en el grupo de investigación, para así aprovechar el potencial que el Geoportal ofrece.
- Difundir de manera masiva, los servicios prestados por medio del Geoportal con el fin de darse a conocer y generar recursos adicionales para invertir en más investigaciones de este tipo.
- Crear espacios de socialización para compartir los resultados y las experiencias ganadas durante el proceso de investigación con personal interesado en seguir la línea de desarrollo de aplicaciones cloud en RadioGis.

## BIBLIOGRAFIA

*A tree scattering model for improved propagation prediction in urban microcells.* **de Jong, Y.L.C. y Herben, M.H.A.J. 2004.** 2, s.l. : IEEE Transactions on Vehicular technology, 2004, Vol. 53.

**Adobe.** Marco de Trabajo de Código Abierto. *Adobe Flex.* [En línea] [Citado el: 13 de Noviembre de 2010.] <http://www.adobe.com/es/products/flex/>.

**Allaire, Jeremy. 2002.** *Requirements for Rich Internet Applications.* s.l. : Macromedia, 2002.

**Bozzon, Alessandro, y otros. 2006.** Capturing RIA concepts in a web modeling language. *In Proceedings of the 15th international Conference on World Wide Web.* Edimburgo : ACM, 2006.

**Carreño Lizarazo, Yair Ivan. 2005.** *Desarrollo del modelo de propagación AndinoUIS.* Bucaramanga : Universidad Industrial de Santander, 2005.

**Celso Andrés Forero, Adriana Lucía Moreno, Luis Ferley Sierra Jaimes. 2010.** *Análisis de la Campaña de Mediciones para Radiopropagación en Antenas Microceldas.* [Grupo de Investigación Radiogis.] 12 de 2010.

**Deitel, Paul y Deitel, Harvey. 2008.** *AJAX, Rich Internet Applications, and Web Development for Programmers.* s.l. : Prentice Hall International, 2008.

**DiLeo, Ing. Néstor. 2002.** Gabinete de Teledetección y Sistemas de Información Geográfica. [En línea] 2002. [Citado el: 16 de Marzo de 2011.] <http://www.fcagr.unr.edu.ar/mdt/GTS/Zonaedu/pagintrod.htm>.

**Erl, Thomas. 2005.** *Service-Oriented Architecture: Concepts, Technology & Design.* Nueva York : Prentice Hall/PearsonPTR, 2005. ISBN 0-131-85858-0.

**F. Ikegami, T. Takeuchi y Yoshida, S. 1991.** *Theoretical prediction of mean field strength for urban mobile radio.* s.l. : IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 1991.

**Fielding, Roy. 2000.** Architectural Styles and the Design of Network-based Software Architectures. *Tesis PhD.* [En línea] 2000. [Citado el: 16 de Marzo de 2011.] <http://roy.gbiv.com/pubs/dissertation/top.htm>.

**Fukuda, Eisuke, Noda, Akishige y Higuchi, Mamoru. 2002.** *Overview of global standardization of IMT-2000 and its evolution.* 2002.

*Generalization of the Lee Method for the analysis of the signal Variability.* **David de la Vega, Susana López, José María Matías, Unai Gil, Iván Peña.** 2009. 2, Febrero de 2009, IEEE Transactions on vehicular technology, Vol. 58.

**Hansen, Mark.** 2007. *SOA Using Java Web Services.* Crawfordsville : Prentice Hall, 2007. 978-0-13-044968-9.

**Hansen, W.** 1971. User Engineering Principles for Interactive Systems. *Procedente de AFIPS Conference, Fall Joint Computer Conference.* s.l. : AFIPS Press, 1971.

**Homero Ortega Boada, Marcos Duván Pineda Alhucema, Andrés Navarro Cadavid.** 2010. *Modified Version of DeJong Radiopropagation Model.* [9th International Information and telecommunications Technologies Symposium] 12 de 2010.

**Instituto Geográfico Agustín Codazzi.** 2004. Tipos de Coordenadas en Colombia. [aut. libro] Ing. Laura Sánchez. s.l. : Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 2004.

**Licklider, J. y Clark, W.** 1962. *On-lineManComputerCommunications.* s.l. : MIT, 1962.

**Malaysian Technical Standards Forum Bhd.** 2010. *Technical standards for international Mobile Telecommunication (IMT).* 2010. MTSFC 001: 2010.

Mapa Educativo. [En línea] [Citado el: 16 de Marzo de 2011.]  
<http://www.mapaeducativo.edu.ar/encontrar/?a=qsig>.

*Measurement and modelling of radiowave propagation in urban microcells.* **deJong., Y. L. C.** 2001. s.l. : Technische Universiteit Eindhoven, 2001. ISBN 90-386-1860-3.

**Meliá, Santiago, y otros.** 2008. A Model-Driven Development for GWT-based Rich Internet Applications with OOH4RIA. pp.13 – 23. *Proc. 8th Int. Conf. on Web Engineering (ICWE'08).* s.l. : IEEE, 2008.

**Navarro, Andrés, Duva, Pineda Marcos y Ortega, Homero.** 2010. Modified version of de Jong propagation model. *Simposio Internacional de Comunicaciones.* [En línea] 13,14 y 15 de Diciembre de 2010.  
[http://www.i2ts.org/papers/full\\_english/78677\\_1.pdf](http://www.i2ts.org/papers/full_english/78677_1.pdf).

**Ochoa, Luis Hernan.** 2007. Universidad Nacional de Colombia. [En línea] 16 de Octubre de 2007. [Citado el: 28 de Febrero de 2011.] [http://www.docentes.unal.edu.co/lhochoag/docs/Doc\\_SIG/2-1%20SISTEMAS%20DE%20REFERENCIA.doc](http://www.docentes.unal.edu.co/lhochoag/docs/Doc_SIG/2-1%20SISTEMAS%20DE%20REFERENCIA.doc).

**P. Kyösti et al.** 2007. *WINNER II Channel Models.* [En línea] 2007. <http://www.ist-winner.org/deliverables.html>.

**PostGIS.** 2011. PostGIS. [En línea] 20 de Febrero de 2011. <http://postgis.refractive.net/>.

**PostgreSQL.** 2011. PostgreSQL-es. [En línea] 20 de Febrero de 2011.  
[http://www.postgresql.org.es/sobre\\_postgresql](http://www.postgresql.org.es/sobre_postgresql).

**Putte, Van de, Geert y otros, y. 2004.** *Using Web Services for Bussiness Integration*. s.l. : IBM, 2004. 0738425486..

*Radio-propagation model based on the combined method of ray tracing and diffraction.* **Fukuda, Eisuke, Noda, Akishige y Higuchi, Mamoru. 2006.** 4, s.l. : IEEE Transactions on antennas and propagation, 2006, Vol. 54.

**Shiode, N., Li, C., Batty, M., Longley, P., Maguire, D., . 2004.** 2004.

**Shiode, N., y otros. 2004.** The impact and penetration of Location Based Services., 349-366. s.l. : Telegeoinformatics. CRC Press, 2004.

**Sun Microsystems. Inc. 2002.** Java™ Message Service Tutorial. [En línea] 2002. [Citado el: 16 de Marzo de 2011.] [http://java.sun.com/products/jms/tutorial/1\\_3\\_1-fcs/doc/basics.html](http://java.sun.com/products/jms/tutorial/1_3_1-fcs/doc/basics.html)..

**Thomas, Johnson, Mathews, Thomas y Guinea, George. 2003.** *Modeling of Web Services Flow*. s.l. : IEEE International Conference on E-Commerce (CEC'03), 2003. 0-7695-1969-5/03.

**Tidwell, Doug, Snell, James y Kulchenko, Pavel. 2002.** *Programming Web Services with SOAP*. s.l. : O'Really, 2002.

**Virrantaus, K., y otros. 2001.** Developing GIS-Supported Location- Based Services. p. 423–432. *Proc. of WGIS'2001 – First International Workshop on Web Geographical Information Systems*. Kyoto, Japan : s.n., 2001.

**Vivids Solutions.** JTS Topology Suite. [En línea] [Citado el: 06 de Febrero de 2011.] <http://www.vividsolutions.com/jts/JTSHome.htm>.

**W.C.Y. Lee,** *Mobile Communications Desing Fundamentals*. Indianapolis. 1986. s.l. : Sams.

**W3C Consortium. 2004.** *Web Services Architecture*. [En línea] 11 de Febrero de 2004. [Citado el: 16 de Marzo de 2011.] <http://www.w3.org/TR/2004/NOTE-ws-arch-20040211/#whatis..>

**Walfisch, J. y Bertoni, H. L. 1988.** *A theoretical model of UHF propagation in urban environments*. s.l. : IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 1988.

**Wikipedia.** *Rich Internet Application*. [En línea] [Citado el: 14 de Marzo de 2011.] [http://en.wikipedia.org/wiki/Rich\\_Internet\\_application](http://en.wikipedia.org/wiki/Rich_Internet_application).

---

# **ANEXOS**

---

## ANEXO A

### MODELOS DE RADIOPROPAGACIÓN

La elaboración de modelos de propagación ha sido una gran preocupación desde que se introdujo el concepto de tecnología inalámbrica, pues ya desde la época del telégrafo inalámbrico y los primeros días del nacimiento de la radio existía una preocupación: ¿Cómo hacer que la señal llegue a todos?

Basados en las investigaciones de Maxwell y Hertz se estableció el primer modelo básico de propagación, lo que actualmente se conoce como fórmula de Friis (1), que funcionaba para antenas isotrópicas con altura mayor a 30m.

$$\frac{P_t}{P_r} = G_a G_b \left( \frac{\lambda}{4\pi r} \right)^2 \quad (1)$$

Más adelante se incluyó un patrón de radiación y al efecto de atenuación durante la propagación a través del canal se le llamó pérdidas por trayectoria (*path loss*) que aún ahora es parte fundamental en el modelado del canal inalámbrico.

Pero las predicciones realizadas con la ecuación de Friis no eran lo suficientemente satisfactorias, se dieron cuenta de que el problema no era la formulación de la ecuación sino los parámetros considerados dentro del canal, había ciertas condiciones del medio que no estaban siendo consideradas. La forma exacta de modelar el canal es siguiendo las ecuaciones de Maxwell, pero esto resulta imposible aún con los vastos servicios de información con los que se cuenta actualmente. Es por esta razón que Ikegami diseñó un modelo determinístico que consideraba casos especiales de difracción y reflexión entre ondas y edificios. Después, en el modelo Walfisch-Bertoni se incluyeron, de

manera muy breve, los efectos de transmisión de los edificios. También se desarrollaron modelos completamente empíricos como el modelo Okumura-Hata.

Sin embargo, el desarrollo de software determinístico no se detuvo, puesto que los modelos empíricos no tienen muy en cuenta las condiciones variantes del medio, por lo que se siguió avanzando con los parámetros para el modelado del canal, se elaboraron nuevos modelos en los cuales se consideran también los efectos sobre la superficie terrestre, árboles, e interferencia con otras fuentes.

El modelo de radio propagación propuesto por Yvo De Jong en su tesis de doctorado implementaba una novedosa forma de ray-tracing bajo el concepto de fuentes virtuales, sugería la implementación de algoritmos para el cálculo de la difracción y realizaba grandes aportes en la propagación a través de edificios y efectos de los arboles.

El grupo de investigación RadioGis desarrolló un modelo de radio propagación para entornos andinos Andino-UIS®, enfocado en macroceldas, que hace énfasis en los efectos de difracción, de la tierra y de los edificios en ciudades montañosas. Luego RadioGis inició la implementación de un algoritmo basado en el modelo de De Jong para lograr un modelo enfocado en microceldas, para complementar la ya avanzada herramienta de planeación celular CELLGIS, sin embargo este modelo aún está en desarrollo.

El algoritmo De Jong-RadioGis tiene ya implementadas las partes fundamentales del canal inalámbrico tales como difracción en las esquinas, propagación por fuentes virtuales de reflexión, pérdidas a través de los edificios, además del modelado con línea de vista.

El efecto de la dispersión por árboles es una parte importante del modelado del canal inalámbrico, incluso se le ha dado mucha importancia para lograr modelarlos de la mejor forma posible, en los primeros pasos del modelado de los arboles se les consideraba como obstáculos con una atenuación constante, más adelante,

tenían un patrón de atenuación lo que los transformaría en fuentes con un patrón de radiación específico, Estudios recientes toman a los árboles como objetos de fase equivalente e incluso simulan la forma del árbol utilizando algoritmos fractales para lograr modelos más realistas.

También se han desarrollado, y hay algunos en desarrollo, modelos tridimensionales para la predicción de radio propagación cuyas complejas especificaciones pueden llegar a adaptarse mejor al tipo de canal que requieren los sistemas basados en IMT-Advanced.

En la actualidad existe una gran cantidad de software para la planeación de sistemas de telecomunicaciones por ejemplo ICS Telecom desarrollado por ATDI, Mentum Planet desarrollado por Mentum, TEMS cell planner desarrollado por ERICSSON, entre otros. Sin embargo, el grupo de investigación I2T de la universidad ICESI en asociación con el grupo de investigación RadioGis de la Universidad Industrial de Santander no se han quedado atrás con el desarrollo de software para la planeación de sistemas de telecomunicaciones y han desarrollado CELLGIS.

## **GENERACIONES DE COMUNICACIONES MÓVILES**

Con la popularización de la segunda generación de sistemas móviles o sistemas de comunicación digital, en 1988 se abren las puertas de la comunidad europea al proyecto COST 231<sup>22</sup>, desarrollado por la unión de varios países europeos, que estaba enfocado en la migración de los sistemas de segunda generación hacia los sistemas de tercera generación, propagación en la banda UHF<sup>23</sup> y sistemas de banda ancha (ratas de 2 Mbit/s), para su época era un proyecto ambicioso que se inició en 1989 y terminó aproximadamente en 1996. Los objetivos del proyecto COST 231 se enfocaban en la movilidad de los puntos de acceso, movilidad de los

---

<sup>22</sup> COST, "Digital mobile radio toward future generation systems", *COST 231 final report*

<sup>23</sup> Siglas del inglés *Ultra High Frequency*, 'frecuencia ultra alta'. es una banda del espectro electromagnético que ocupa el rango de frecuencias de 300 MHz a 3 GHz.

terminales y movilidad de las personas, que era el objetivo de las UPT<sup>24</sup>. El proyecto COST 231 tenía la misión de especificar los sistemas de tercera generación enfocándose en tres aspectos, primero, las bases teóricas para especificar, simular y medir los parámetros del canal inalámbrico, segundo, la descripción de las antenas y los diferentes tipos de celdas, y tercero, el modelado de las pérdidas del canal.

Pero ya en 1992 la ITU daba los primeros pasos para la caracterización de los sistemas de tercera generación en la *World Administrative Radio Conference 92* (WARC'92) donde se creó el precursor del IMT-2000, *Future Public Land Mobile Telecommunication Systems* (FPLMTS) que buscaba los objetivos muy similares a los que buscaron los sistemas IMT-2000<sup>25</sup>. Ya en víspera del siglo XXI era muy notoria la importancia de los sistemas de comunicaciones de tercera generación y los requisitos para este tipo de sistemas, en estos se dejaban de lado la prioridad de la voz y se empezó a pensar también en datos, en conectividad mundial. Las características principales de los sistemas basados en IMT-2000 son:

- El incremento de la implementación de tecnologías digitales para radio programables.
- Utilización de frecuencias comunes a nivel mundial para componentes satelitales y terrestres.
- Aumentar los elementos comunes y la optimización de las interfaces de radio para diferentes entornos de operación.
- Aumentar el *roaming*<sup>26</sup> global mediante la coordinación de frecuencias alrededor del mundo.

---

<sup>24</sup> Universal Personal Telecommunication

<sup>25</sup> Telecomunicaciones Móviles Internacionales 2000 (IMT-2000 por sus siglas en inglés) es el estándar global para la tercera generación de redes de comunicaciones inalámbricas 3G, definidas por un sistema de estándares de la Unión Internacional de Telecomunicaciones.

<sup>26</sup> Uso de los equipos de comunicación fuera de su área local de cobertura aún si es en un país extranjero. [http://oxforddictionaries.com/view/entry/m\\_en\\_gb0714060#m\\_en\\_gb0714060](http://oxforddictionaries.com/view/entry/m_en_gb0714060#m_en_gb0714060)

## ANEXO B

### SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICOS

Los SIG (Sistemas de Información Geográfica) son sistemas que permiten integrar y analizar información geográfica, permitiendo visualizar los datos obtenidos en un mapa.

Un Sistema de Información Geográfica puede definirse como *un complejo sistema de hardware y software que tiene como objeto la comprensión y análisis de datos espaciales georeferenciados cuyo fin último es ayudar a las diversas actividades humanas donde los datos espaciales tienen un papel determinante.*

Además de las propiedades que se pueden extraer de las definiciones recogidas, incluidas en el texto o no, y de esta última, se deben señalar otros aspectos que resumen o añaden ciertos matices a lo expuesto hasta ahora y que caracterizan a los SIG.

- La capacidad de visualización de información geográfica compleja a través de mapas.
- La funcionalidad de los SIG como una base de datos sofisticada, en la que se mantiene y relaciona información espacial y temática.
- La diferencia con las bases de datos convencionales estriba en que toda la información contenida en un SIG está unida a entidades geográficamente localizadas. Por ello en un SIG la posición de las entidades constituye el eje del almacenamiento, recuperación y análisis de los datos.
- Son una tecnología de integración de información.

- Se han desarrollado a partir de innovaciones tecnológicas habidas en campos especializados, de la geografía y otras ciencias (tratamiento de imágenes, análisis fotogramétricos, cartografía automática, etc.), para constituir un sistema único, más potente que la suma de las partes.
- Permiten unificar la información en estructuras coherentes y aplicar a la misma una panoplia variada de funciones: análisis, visualización, edición, etc.
- Este carácter integrador y abierto, hace de los SIG área de contacto entre variados tipos de aplicaciones informáticas, destinadas al manejo de información con propósitos y formas diversos; por ejemplo: programas estadísticos, gestores de bases de datos, programas gráficos, hojas de cálculo, procesadores de texto, etc.
- Los límites y diferencias entre los SIG, los programas de diseño asistido (CAD), los de cartografía temática y los de tratamiento de imágenes son especialmente difusos. Aunque sus diferencias estriban sobre todo en el modelo de datos y en las capacidades de análisis de información espacial.

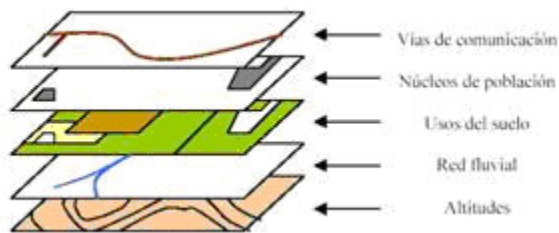


Figura 36. Superposición de capas en un SIG. Tomada de <http://www.mapaeducativo.edu.ar>

La manera en la que los SIG integran la información es a través de capas o coberturas de datos que se van superponiendo unas a otras (Figura N° 36), según la información que se requiera.

De la integración por superposición de estas informaciones se obtiene un mapa temático [representación gráfica de un tema específico, por ejemplo: mapas de densidad de población, de flujos migratorios, de distribución de escuelas, etc. (Figura N° 37), que es el producto final de un SIG.

Un SIG almacena información sobre el mundo como una colección de niveles temáticos que pueden relacionarse por geografía. Este concepto simple pero extremadamente potente y versátil ha probado ser invaluable para resolver muchos problemas, desde rastrear vehículos de repartición, hasta registrar detalles de aplicaciones de planificación, hasta modelar la circulación atmosférica global.

La información geográfica contiene ya sea una referencia geográfica explícita tal como latitud y longitud o una coordenada de un sistema nacional, o una referencia implícita tal como domicilio, código postal, nombre de área censal, identificador del stand de un bosque, o nombre de calle. Las referencias implícitas pueden ser derivadas de referencias explícitas utilizando

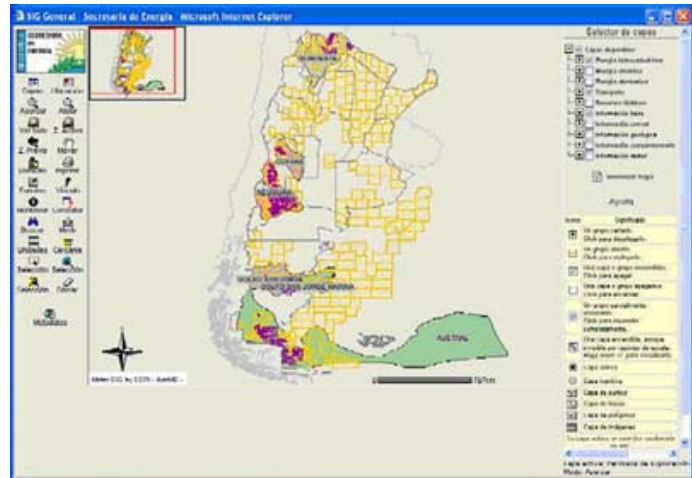


Figura 37. Ejemplo de un SIG. Tomada de <http://www.mapaeducativo.edu.ar>

un proceso automatizado llamado "geocodificación." Estas referencias geográficas permiten localizar características (tales como negocios o stand de bosque) y eventos (como un terremoto) en la superficie de la tierra para análisis.

Los sistemas de información geográfica funcionan con dos tipos fundamentalmente diferentes de información geográfica -el "modelo raster" y el "modelo vector."

En el *modelo vector*, la información sobre puntos, líneas y polígonos se codifica y almacena como una colección de coordenadas x,y. La ubicación de una característica puntual, tal como una perforación, pueden describirse con un sólo punto x,y. Las características lineales, tales como calles y ríos, pueden almacenarse como un conjunto de puntos de coordenadas x,y. Las características poligonales, tales como territorios de ventas y cuencas hídricas, pueden almacenarse como un circuito cerrado de coordenadas. El modelo vector es extremadamente útil para describir características discretas, pero menos útil para describir características de variación continua, tal como tipo de suelo o costos de accesibilidad para hospitales.

El *modelo raster* ha evolucionado para modelar tales características continuas. Una imagen raster comprende una colección de celdas de una grilla más como un

mapa o una figura escaneada. Ambos modelos para almacenar datos geográficos tienen ventajas y desventajas únicas y los SIG modernos pueden manejar ambos tipos.

## **TAREAS A REALIZAR EN UN SIG**

### **INGRESO**

Antes de que los datos geográficos puedan utilizarse en un SIG, deben ser convertidos a un formato digital adecuado. El proceso de convertir datos de mapas analógicos en papel a archivos de computación se llama digitalización. Tecnologías modernas de SIG tienen la capacidad de automatizar este proceso completamente para grandes proyectos; proyectos menos importantes pueden requerir alguna digitalización manual. Hoy en día, muchos tipos de datos geográficos existen en formatos compatibles con SIG. Estos datos pueden obtenerse de proveedores y ser cargados en un SIG.

### **MANIPULACIÓN**

Es probable que los tipos de datos requeridos para un proyecto particular de SIG necesitarán ser transformados o manipulados de alguna forma para hacerlos compatibles al sistema. Por ejemplo, la información geográfica está disponible en diferentes escalas (archivos de ejes de calles pueden estar disponibles a una escala de 1:100.000; códigos postales a 1:10.000, y límites de áreas censales a 1:50.000). Previo a que estos puedan superponerse e integrarse, deben ser transformados a la misma escala. Esto puede ser una transformación temporaria con objetivos de visualización o una permanente requerida para análisis. Hay muchos otros ejemplos de manipulación de datos que se efectúan rutinariamente en SIG. Estos incluyen cambios de proyección, agregación de datos y generalización (limpiar de datos innecesarios).

## **MANEJO/ ADMINISTRACIÓN**

Para proyectos menores de SIG, puede ser suficiente almacenar información geográfica como archivos de computación. Se llega a un punto, sin embargo, cuando los volúmenes de datos son grandes y el número de usuarios de los datos se convierte en más que unos pocos, en que es mejor usar un sistema de manejo de bases de datos (SMBD) para ayudar a almacenar, organizar y manejar datos. Un SMBD no es más que un software para manejar una base de datos -una colección integrada de datos.

Hay muchos diseños distintos de SMBD, pero en SIG el diseño relacional ha resultado más favorable. En el diseño relacional, los datos se almacenan conceptualmente como un conjunto de tablas. Campos comunes a diferentes tablas se utilizan para conectarlas. Este diseño tan sencillo ha sido tan ampliamente utilizado, principalmente por su flexibilidad y muy amplio desarrollo en aplicaciones tanto dentro como fuera de los SIG.

## **CONSULTA**

Una vez que se tiene un SIG en funcionamiento, conteniendo la información geográfica, puede comenzar a realizarse preguntas tales como:

- ¿Dónde se encuentran todos los sitios adecuados para construcción de nuevas casas?
- ¿Cuál es tipo de suelo dominante para un bosque de determinado tipo?
- Si se construye una nueva autopista en un determinado lugar, ¿cómo afectará al tránsito?

Ambas consultas simples y sofisticadas, utilizando más de un nivel de datos, pueden proveer información necesaria a analistas y administradores por igual.

## **ANÁLISIS**

Los SIG funcionan realmente en su terreno cuando se utilizan para analizar datos geográficos. Los procesos de análisis geográfico (frecuentemente llamado análisis espacial o geoprocésamiento) utiliza propiedades geográficas de características

para buscar patrones y tendencias, y para elaborar escenarios potenciales. Los SIG modernos tienen muchas herramientas analíticas poderosas, pero dos de ellas son especialmente importantes.

### Análisis de proximidad

Los SIG se utilizan frecuentemente para contestar preguntas tales como:

- ¿Cuántas casas se encuentran dentro de los 100m de esta fuente de agua?
- ¿Cuál es el número total de clientes en un radio de 10 km de este negocio?
- ¿Qué proporción del cultivo de alfalfa está en un radio de 500 m del pozo?

Para contestar tales preguntas, la tecnología de SIG usa un proceso llamado "buffering" para determinar la relación de proximidad entre características.

### Análisis de superposición

La integración de diferentes niveles de datos implica un proceso de superposición. En su forma más simple, esto podría ser una operación visual, pero operaciones analíticas requieren uno o más niveles de datos para ser unidos físicamente. Esta superposición, o unión espacial,

puede integrar datos sobre suelos, pendiente, y vegetación, o posesión de tierras con análisis de impuestos.

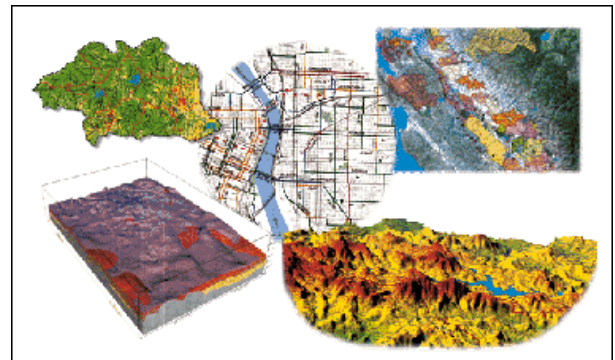


Figura 38. Ejemplo de Visualización de un SIG. Tomada de Gabinete de Teledetección y Sistemas de Información Geográfica

## **VISUALIZACIÓN**

Para muchos tipos de operaciones geográficas, el resultado final se visualiza mejor como un mapa o gráfico. Los mapas son muy eficientes para almacenar y comunicar información geográfica. Mientras que los cartógrafos han creado mapas por milenios, los SIG proveen herramientas nuevas y emocionantes para extender el arte y la ciencia de la cartografía.

## **COMPONENTES DE UN SIG**

### **HARDWARE**

Hardware es la computadora en la que opera el SIG. Actualmente, un SIG corre en un amplio rango de tipos de hardware, desde servers de computadoras centralizados hasta computadoras desktop utilizadas en configuraciones individuales o de red. Una organización requiere de hardware suficientemente específico para cumplir las necesidades de la aplicación. Algunas cosas a considerar incluyen: velocidad, costo, soporte, administración, escalabilidad y seguridad.

### **SOFTWARE**

El software de SIG provee las funciones y herramientas necesarias para almacenar, analizar y mostrar información geográfica. Los componentes clave del software son:

- Un sistema de manejo de base de datos (SMBD)
- Herramientas para el ingreso y manipulación de información geográfica
- Herramientas de soporte para consultas, análisis y visualización geográficos
- Una interface gráfica del usuario (IGU) para fácil acceso a herramientas

En los últimos cinco años, la elección de software no ha sido difícil, dado que quedan unos pocos vendedores principales, y todos los productos son razonablemente fáciles de utilizar y pueden hacer uso de datos estructurados en muchos formatos distintos.

### **DATOS**

El componente más importante de un SIG son los datos. Primero y principal...se requiere de buenos datos de base. Lograr esto frecuentemente absorberá el 60-80% del presupuesto de implementación de un SIG. Asimismo, recolectar buenos

datos de base es un proceso largo, que frecuentemente demora el desarrollo de productos que pueden utilizarse para justificar la inversión. Un compromiso a un alto nivel es indispensable para llevar la implementación de un SIG a través de esta fase.

Los datos geográficos y los datos tabulares relacionados pueden obtenerse por relevamiento propio o adquirirse de un proveedor comercial de datos. La mayoría de los SIG emplean un SMBD para crear y mantener una base de datos para ayudar a organizar y manejar los datos.

## **PERSONAL**

La tecnología de SIG es de valor limitado sin la gente que maneja el sistema y para desarrollar planes para aplicarlo. Frecuentemente subestimado, sin gente, los datos se desactualizan y se manejan equivocadamente. El hardware no se utiliza en todo su potencial y el software se mantiene "misterioso".

Los usuarios de SIG varían desde especialistas técnicos, que diseñan y mantienen el sistema, hasta aquellos que lo utilizan para ayudar a realizar sus tareas diarias.

## **MÉTODOS**

Un SIG exitoso opera de acuerdo a un plan bien diseñado y reglas de la actividad, que son los modelos y prácticas operativas únicas a cada organización.

## **DATOS DEL SIG**

### **DATOS ESPACIALES**

Los datos geográficos se refieren a información sobre la superficie terrestre y los objetos que se encuentran en ella. Esta información viene en tres formas básicas : datos espaciales, datos tabulares y datos de imágenes.

Los datos espaciales se encuentran en el corazón de cada proyecto o aplicación SIG. Los datos espaciales contienen las ubicaciones y formas de características cartográficas. También conocidos como datos cartográficos digitales, este es el tipo de datos necesarios para hacer mapas y estudiar relaciones espaciales.

Los datos espaciales incluyen puntos que representan tales cosas como verdulerías, bancos y consultorios médicos, y líneas que representan cosas como calles, autopistas y ríos. También incluyen áreas naturales y áreas políticas o administrativas, tales como límites de países, provincias, ciudades, y áreas de mercado.

## **DATOS TABULARES**

Los datos tabulares -los datos descriptivos que el SIG conecta a las características cartográficas- es la inteligencia detrás del mapa. Los datos tabulares se recolectan y compilan para áreas específicas como provincias, ciudades y demás, y frecuentemente vienen empaquetadas con los datos espaciales.

Los datos tabulares adecuados para el uso de SIG de escritorio incluyen datos frecuentemente almacenados en planillas o bases de datos. Algunos datos tabulares contienen ubicaciones geográficas, tales como domicilios, coordenadas x,y o lugares con distancias a lo largo de un río donde fueron tomadas muestras. Pueden usarse estas ubicaciones para crear características cartográficas que pueden presentarse y analizarse junto con otros datos espaciales y tabulares.

## **IMÁGENES**

Los datos de imagen incluyen tales elementos diversos como imágenes satelitales, fotografías aéreas, y datos escaneados -datos que han sido convertidos de un formato impreso a uno digital.

Las imágenes de la tierra tomadas desde satélites o aviones pueden presentarse como mapas junto con otros datos espaciales conteniendo características cartográficas. Pueden usarse también estas imágenes como atributos de

características cartográficas. Podría relacionarse una imagen satelital de Buenos Aires a una característica cartográfica de manera de que haciendo clic con el mouse en dicha característica mostraría la imagen.

Casi cualquier documento o fotografía puede escanearse y almacenarse como un atributo en una base de datos de SIG. Fotos de puentes pueden ligarse a un mapa de calles; formularios de datos de campo pueden ligarse a sitios de muestreo, y permisos escaneados pueden ligarse a sitios de construcción.

## DATOS ESPECIALES

Las ubicaciones de características cartográficas están referenciadas a las ubicaciones de los objetos que representan en el mundo real. Las posiciones de los objetos en la superficie esférica de la tierra se miden en grados de latitud y longitud, también conocidas como coordenadas geográficas. En un mapa plano, las ubicaciones de características cartográficas se miden en un sistema de coordenadas planares bi-dimensional. Las coordenadas planares describen la distancia al origen (0,0) a lo largo de dos ejes separado, un eje horizontal x representando la dirección este-oeste, y un eje vertical y representando la dirección norte-sur.

Debido a que la tierra es redonda y los mapas son planos, obtener información de la superficie curva a la plana requiere una fórmula matemática llamada proyección cartográfica. Una proyección cartográfica transforma ubicaciones de latitud y

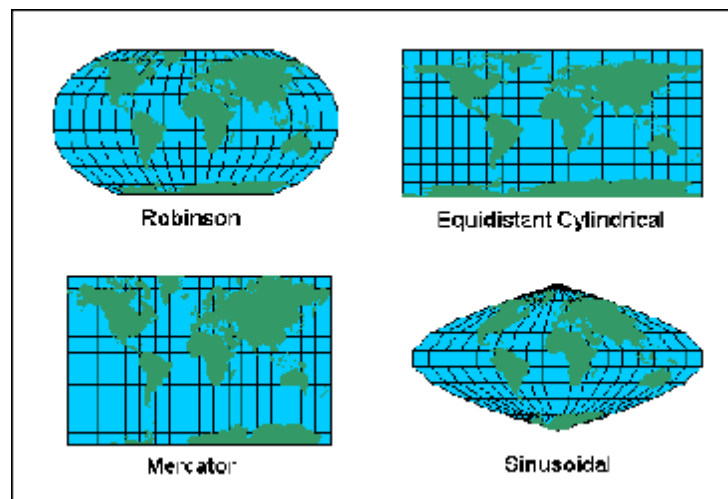


Figura 39. Planisferios. Tomada de Gabinete de Teledetección y Sistemas de Información Geográfica

longitud en coordenadas x,y.

*Cada una de estos planisferios utiliza una proyección cartográfica distinta.  
Diferentes proyecciones causan diferentes distorsiones.*

Este proceso de aplanamiento de la tierra crea distorsiones en distancia, área, forma, y dirección. El resultado es que todos los mapas planos están distorsionados en algún grado en estas propiedades espaciales.

Afortunadamente, hay muchas proyecciones cartográficas. Se distinguen por su idoneidad para representar una porción y una cantidad particular de la superficie terrestre, y por su habilidad para preservar distancia, área, forma, o dirección. Algunas proyecciones cartográficas minimizan la distorsión en una propiedad a costa de otra, mientras que otras se esfuerzan para balancear la distorsión total.

## **EVALUACIÓN EN DATOS DE ENTRADA**

### **MANEJO DE DISTORSIÓN**

El impacto de la distorsión causada por una proyección cartográfica sobre los datos espaciales depende de cómo se usará los datos y el tamaño del área que está siendo mapeada. Las mediciones que apoyan decisiones críticas deberían procesarse de tal forma que las distorsiones por proyección se minimicen.

Es importante saber las características de proyección cartográfica que se está utilizando, especialmente cuando la aplicación implica comparar la forma, área o distancia de características cartográficas.



Figura 40. Los conjuntos de datos espaciales en la misma proyección pueden visualizarse juntos. Tomada de Gabinete de Teledetección y Sistemas de Información Geográfica

El SIG hace que sea fácil trabajar con datos espaciales de una variedad de fuentes al mismo tiempo. Para hacerlo, todos los datos en la base de datos del SIG necesitan estar en la misma proyección cartográfica, para poder utilizarlos y presentarlos todos juntos. Debido a la distorsión inherente en todas las proyecciones cartográficas, los datos no se alinearán debidamente salvo de que se trate de la misma proyección. Incluso no podrán verse temas juntos si no están en la misma proyección.

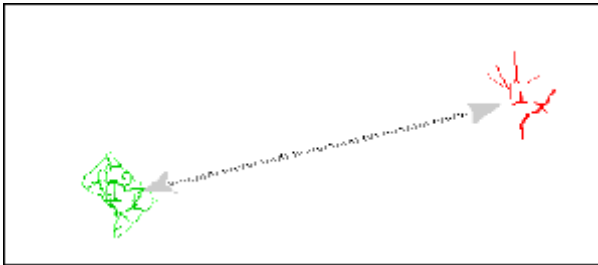


Figura 41. Los conjuntos de datos espaciales en diferentes proyecciones no se muestran juntos apropiadamente. Tomada de Gabinete de Teledetección y Sistemas de Información Geográfica

Por ejemplo, si los límites provinciales están en una proyección cartográfica y los ríos están en una proyección distinta, las características podrían aparecer corridas de su ubicación cuando se muestren los dos temas al mismo tiempo.

Algunas veces, dos conjuntos de datos que están en la misma proyección pueden no superponerse correctamente. Esto es factible debido al error inherente y cada conjunto de datos de cuando fue desarrollado. Esto consume tiempo, pero es un proceso válido para rectificar imprecisiones.

Los SIG pueden almacenar la ubicación de características tanto como coordenadas geográficas no proyectadas o como coordenadas x,y proyectadas. Tener datos no proyectados da varias ventajas. Dado que los datos almacenados como coordenadas geográficas pueden presentarse en cualquier proyección, pueden combinarse con datos ya obtenidos que puedan estar en otra proyección diferente. Asimismo, si los mismos datos se utilizan en diferentes aplicaciones, pueden cambiarse proyecciones de acuerdo a lo que es apropiado para cada aplicación.

## **COBERTURA DE TERRITORIO**

Cuanto más específicamente se define el área geográfica que necesita ser cubierta, más precisamente puede definirse cuántos datos se necesitan.

Debe ser reconocido que lo que puede parecer como un territorio discreto puede de hecho ser parte de un territorio más grande requerido. Por ejemplo, los sistemas fluviales no toman mucha superficie terrestre, pero son influenciados e influyen una gran área. De esta forma, para sistemas fluviales, la meta debería ser una cobertura de toda la cuenca.

## **OBTENCIÓN DE DETALLE**

El detalle requerido en datos espaciales depende de la información que necesita ser comunicada desde el SIG. Los datos detallados no son un requerimiento para mapeo a baja escala. Contrariamente, los datos generalizados no son suficientes para mapeo a gran escala.

Nótese que la cantidad de detalle con que se dibujan los objetos geográficos también influye en sus atributos. Cuando un río entero se dibuja como un área simple con un límite, todos los atributos conectados a esa característica describen al río como un todo. Si un río se muestra como un conjunto de segmentos, cada uno con sus propios atributos, la información de atributo puede ser más detallada.

## **EL TIEMPO**

Mientras que las características físicas como montañas no cambian muy a menudo, otros objetos geográficos están en flujo constante. Si el interés es la calidad del agua a lo largo del río, se requiere de información actualizada. Si la aplicación trata con áreas censales, se querrá los límites más actualizados. Lo mismo se aplica para los atributos. Si se usan datos demográficos para marketing, se sabe que buenos resultados dependen de tener la información más reciente sobre los clientes potenciales.

## **LA PRECISIÓN**

Algunos proyectos requieren un grado más alto de precisión de ubicación que otros. Los datos pueden ser suficientemente precisos para un uso, pero no para otro. Por ejemplo, si una característica lineal representando un río se mapea dentro de los 12m de la ubicación real del río, puede no ser lo suficientemente preciso para un ingeniero de puentes, pero es más que aceptable para un viajero que usa el mapa como referencia visual.

## **CÓDIGOS DE ATRIBUTOS**

Los datos de atributos se almacenan frecuentemente en formas encriptadas o abreviadas. Un nombre de atributo puede abreviarse en una tabla, o seis diferentes tipos de vegetación pueden codificarse como "a" a "f". Un catálogo que explica los datos se llama diccionario de datos. El diccionario de datos es donde se busca los nombres completos de atributos y los significados de códigos. El diccionario de datos puede también incluir otra información útil, como cuándo fue recolectada la información, la precisión de las ubicaciones, la escala de la fuente original de información y la proyección cartográfica utilizada. Los datos que no vienen con un diccionario de datos pueden no ser utilizables.

## **COMPATIBILIDAD DE LOS FORMATOS**

El formato de los datos elegido debe tener soporte con el SIG seleccionado. Productos robustos, tales como el ArcView, son el soporte de muchos tipos distintos de datos en su formato nativo (es decir, sin conversión).

## ANEXO C

### POSTGRESQL Y POSTGIS

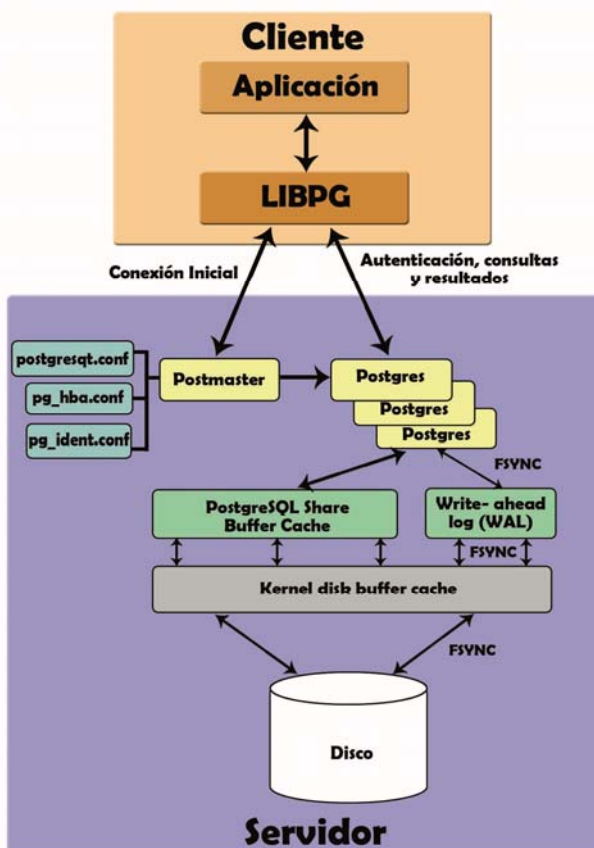


Figura 42. Componentes generales de PostGreSQL

### POSTGRES

PostgreSQL es un sistema de gestión de bases de datos objeto-relacional, bajo licencia BSD<sup>27</sup> y con su código fuente disponible libremente. Es el sistema de gestión de bases de datos de código abierto más potente del mercado y en sus últimas versiones no tiene nada que envidiarle a otras bases de datos comerciales.

PostgreSQL utiliza un modelo cliente/servidor y usa *multiprocesos* en vez de *multihilos* para garantizar la estabilidad del sistema. Un fallo en uno de los procesos no afectará el resto y el sistema continuará funcionando.

La figura 7 presenta un gráfico que ilustra de manera general los

<sup>27</sup> Licencia de software otorgada principalmente para los sistemas BSD (*Berkeley Software Distribution*). Es una licencia de software libre permisiva como la licencia de OpenSSL o la MIT License. Esta licencia tiene menos restricciones en comparación con otras como la GPL estando muy cercana al dominio público. La licencia BSD al contrario que la GPL permite el uso del código fuente en software no libre.

componentes más importantes en un sistema PostgreSQL.

- **Aplicación cliente:** Esta es la aplicación cliente que utiliza PostgreSQL como administrador de bases de datos. La conexión puede ocurrir via TCP/IP ó puertos locales.
- **Demonio postmaster:** Este es el proceso principal de PostgreSQL. Es el encargado de escuchar por un puerto por conexiones entrantes de clientes. También es el encargado de crear los procesos hijos que se encargaran de autentificar estas peticiones, gestionar las consultas y mandar los resultados a las aplicaciones clientes
- **Ficheros de configuración:** Los 3 ficheros principales de configuración utilizados por PostgreSQL, postgresql.conf, pg\_hba.conf y pg\_ident.conf
- **Procesos hijos postgres:** Procesos hijos que se encargan de autentificar a los clientes, de gestionar las consultas y mandar los resultados a las aplicaciones clientes
- **PostgreSQL share buffer cache:** Memoria compartida usada por PostgreSQL para almacenar datos en caché.
- **Write-Ahead Log (WAL):** Componente del sistema encargado de asegurar la integridad de los datos (recuperación de tipo REDO)
- **Kernel disk buffer cache:** Caché de disco del sistema operativo
- **Disco:** Disco físico donde se almacene.

Su desarrollo comenzó hace más de 15 años, y durante este tiempo, *estabilidad, potencia, robustez, facilidad de administración e implementación de estándares* han sido las características que más se han tenido en cuenta durante su desarrollo. PostgreSQL funciona muy bien con grandes cantidades de datos y una alta concurrencia de usuarios accediendo a la vez al sistema.

A continuación se presentan algunas de las características más importantes y soportadas por PostgreSQL:

## Generales

- Es una base de datos 100% ACID<sup>28</sup>
- Integridad referencial
- Tablespaces
- Nested transactions (savepoints)
- Replicación asincrónica / Streaming replication - Hot Standby
- Two-phase commit
- PITR - point in time recovery
- Copias de seguridad en caliente (Online/hot backups)
- Unicode
- Juegos de caracteres internacionales
- Multi-Version Concurrency Control (MVCC)
- Múltiples métodos de autenticación
- Acceso encriptado vía SSL
- Actualización in-situ integrada (pg\_upgrade)
- Completa documentación
- Licencia BSD
- Disponible para Linux y UNIX en todas sus variantes (AIX, BSD, HP-UX, SGI IRIX, Mac OS X, Solaris, Tru64) y Windows 32/64bit.

---

<sup>28</sup> **A**tomicity, **C**onsistency, **I**solation and **D**urability: Atomicidad, Consistencia, Aislamiento y Durabilidad. En bases de datos se denomina **ACID** a un conjunto de características necesarias para que una serie de instrucciones puedan ser consideradas como una transacción. Así pues, si un sistema de gestión de bases de datos es *ACID compliant* quiere decir que el mismo cuenta con las funcionalidades necesarias para que sus transacciones tengan las características ACID.

## Programación / Desarrollo

- Funciones/procedimientos almacenados (stored procedures) en numerosos lenguajes de programación, entre otros PL/pgSQL (similar al PL/SQL de Oracle), PL/Perl, PL/Python y PL/Tcl
- Bloques anónimos de código de procedimientos (sentencias DO)
- Numerosos tipos de datos y posibilidad de definir nuevos tipos. Además de los tipos estándares en cualquier base de datos, tenemos disponibles, entre otros, tipos geométricos, de direcciones de red, de cadenas binarias, UUID, XML, matrices, etc.
- Soporta el almacenamiento de objetos binarios grandes (gráficos, videos, sonido...)
- API para programar en C/C++, Java, .Net, Perl, Python, Ruby, Tcl, ODBC, PHP, Lisp, Scheme, Qt y muchos otros.

## SQL

- SQL92, SQL99, SQL2003, SQL2008
- Llaves primarias (primary keys) y ajenas (foreign keys)
- Check, Unique y Not null constraints
- Restricciones de unicidad postergables (deferrable constraints)
- Columnas auto-incrementales
- Índices compuestos, únicos, parciales y funcionales en cualquiera de los métodos de almacenamiento disponibles, B-tree, R-tree, hash ó GiST
- Sub-selects
- Consultas recursivas
- Funciones 'Windows'
- Joins

- Vistas (views)
- Disparadores (triggers) comunes, por columna, condicionales.
- Reglas (Rules)
- Herencia de tablas (Inheritance)
- Eventos LISTEN/NOTIFY

## POSTGIS

**PostGIS** es un módulo que añade soporte de objetos geográficos a la base de datos objeto-relacional PostgreSQL, convirtiéndola en una base de datos espacial para su utilización en Sistema de Información Geográfica. Se publica bajo la Licencia pública general de GNU<sup>29</sup>.

Una base de datos normalmente almacena cadenas, números y fechas. Una base de datos espacial agrega además uno o más tipos adicionales para representar características geográficas. Los tipos geográficos básicos son:

- **GEOMETRY** (superclase abstracta)
- **POINT** (un sola coordenada, pero no necesariamente en dos dimensiones)
- **LINESTRING** (un conjunto de dos o más coordenadas, con una interpretación lineal del camino o ruta entre las coordenadas)
- **LINEARRING** (una cadena lineal de tres o más coordenadas en los cuales los puntos de inicio y de finalización son los mismos, usualmente utilizado para construir polígonos)

---

<sup>29</sup> La **Licencia Pública General de GNU** o más conocida por su nombre en inglés *GNU General Public License* o simplemente sus siglas del inglés **GNU GPL**, es una licencia creada por la Free Software Foundation en 1989 (la primera versión), y está orientada principalmente a proteger la libre distribución, modificación y uso de software. Su propósito es declarar que el software cubierto por esta licencia es software libre y protegerlo de intentos de apropiación que restrinjan esas libertades a los usuarios

- **POLYGON** (un conjunto de uno o más anillos lineales cerrados, uno exterior que define el área delimitada y un conjunto de anillos interiores que definen excepciones a las áreas delimitadas)
- **MULTIPOINT** (un conjunto de puntos)
- **MULTILINESTRING** (un conjunto de cadenas lineales)
- **MULTIPOLYGON** (un conjunto de polígonos)
- **GEOMETRYCOLLECTION** (un conjunto de heterogéneos de geometrías)

## ANEXO D

### SISTEMAS DE REFERENCIA GEOGRÁFICOS

A través de la historia se han venido desarrollando y mejorando los SISTEMAS DE REFERENCIA como base para un modelamiento cada día más preciso y universal de la tierra.

El problema básico de la Geodesia en la actualidad es por definición:

*“Determinar la figura y el campo de gravedad externo de la tierra y de otros cuerpos celestes, en función del tiempo; al igual que, determinar el elipsoide terrestre medio a partir de parámetros observados sobre y exteriormente a la superficie de la tierra”<sup>30</sup>.*

Esta definición muestra la dualidad de la Geodesia al constituirse en un problema tanto GEOMETRICO (Forma de la Tierra) como GEOFISICO (Campo de Gravedad), íntimamente relacionados.

Desde el gran avance en la ciencia dado por Galileo al considerar que la tierra no era plana sino esférica, a pesar de los problemas ocasionados por dicha afirmación, hasta considerar a la tierra como un elipsoide achatado en los polos por efecto de la rotación, luego de muchas teorías y mediciones, se tomó finalmente como modelo razonablemente simple un elipsoide de revolución. Sin

---

<sup>30</sup> **Draheim, H.:** *Die Geodäsie ist die Wissenschaft von der Ausmessung und Abbildung der Erdoberfläche* (pt: a geodésia é a ciência da medição e representação da superfície da terra), AVN 7/1971 (Allgemeine Vermessungs-Nachrichten), p. 237-251

embargo, dada la complejidad de fenómenos involucrados, se hizo necesario formular el problema de una manera más amplia.

C.F. Gauss escribe en 1828 que la superficie de la tierra en el sentido geométrico no es más que esa superficie que intercepta en todos los lados la dirección de la gravedad en ángulos rectos y parte de la cual coincide con la superficie de los océanos. Esto quiere decir que es la superficie cuya tangente es perpendicular a la línea de la plomada. Esta definición describe de la manera más gráfica al Geoide y permite una mejor comprensión del fenómeno físico.

J.B. Listing definía en 1872 la forma matemática de la tierra como la extensión bajo los continentes de la superficie del océano que corresponde a una superficie de gravedad constante, que fue denominada GEOIDE.

Con el desarrollo del Posicionamiento Por Satélite (G.P.S.) y la puesta en funcionamiento del sistema NAVSTAR y su posterior universalización se hizo necesaria la unificación de los SISTEMAS DE REFERENCIA. En este momento se cuenta con una cantidad enorme de DATUMS<sup>31</sup> ajustados a cada zona y un DATUM de satélite el cual se somete continuamente a estudio para desarrollar un nuevo DATUM que se ajuste de manera mucho más adecuada a la mayoría de zonas de interés en la tierra.

La tierra es físicamente un cuerpo celeste, (incorporado a un sistema que lo somete a fuerzas gravitacionales dinámicas) con densidad heterogénea, superficie irregular y fenómenos de rotación que generan un problema complejo, resuelto por modelos matemáticos aproximados que logran describir de la mejor manera la verdadera forma de la tierra.

---

<sup>31</sup> En geodesia un datum es un conjunto de puntos de referencia en la superficie terrestre en base a los cuales las medidas de la posición son tomadas y un modelo asociado de la forma de la tierra (elipsoide de referencia) para definir el sistema de coordenadas geográfico.

Para efectos prácticos se definió al ELIPSOIDE como la figura geométrica más aproximada a la forma de la tierra. La figura más precisa corresponde al GEOIDE que se idealiza como la continuación de la superficie del mar bajo los continentes y cuya determinación rigurosa obliga al uso de métodos gravimétricos complejos.

A continuación se hace una breve presentación de los SISTEMAS DE REFERENCIA utilizados en Geodesia.

Para poder realizar cálculos de posición, distancias, direcciones Etc. se requiere de un marco de referencia matemático. Se toma como marco de referencia el ELIPSOIDE DE REVOLUCION, por tratarse de la figura geométrica simple que mejor se ajusta al GEOIDE. Debido a que las mediciones geodésicas se realizan con instrumentos nivelados por medio de niveles de burbuja, estas quedan referidas al GEOIDE. Para realizar los cálculos Geodésicos es necesario corregir dichas mediciones para que queden referidas al Elipsoide escogido.

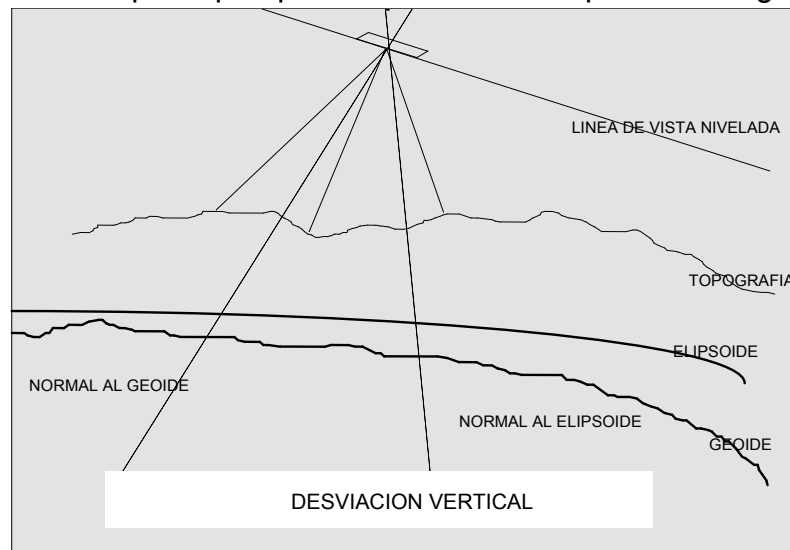


Figura 43. Relación entre Geoide, Elipsoide y Topografía. Tomada de <http://www.docentes.unal.edu.co>

Si el elipsoide utilizado se ajusta muy bien al Geoide las correcciones pueden no ser muy grandes en el área considerada. Las diferentes Naciones o grupos de ellas ha escogido el Elipsoide de Referencia que mejor se ajusta a su Geoide, y por lo tanto un mismo Geoide puede no ser conveniente para otra Nación.

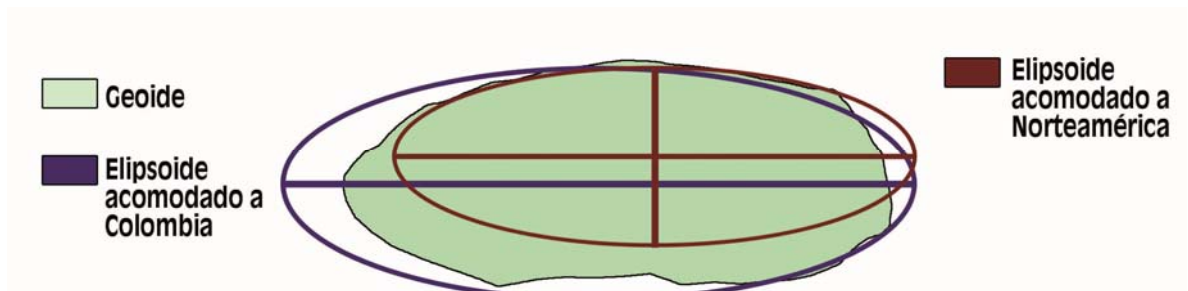


Figura 44. El Geoide y los elipsoides

Este Elipsoide en particular se denomina DATUM. Como se observa en la figura dos elipsoides que se ajustan muy bien en dos zonas diferentes se desvía de manera apreciable en otra zona distante. Finalmente se concluye que para obtener posiciones sobre la tierra o describir el tamaño y forma de ésta es necesario tener en cuenta tres superficies básicas.

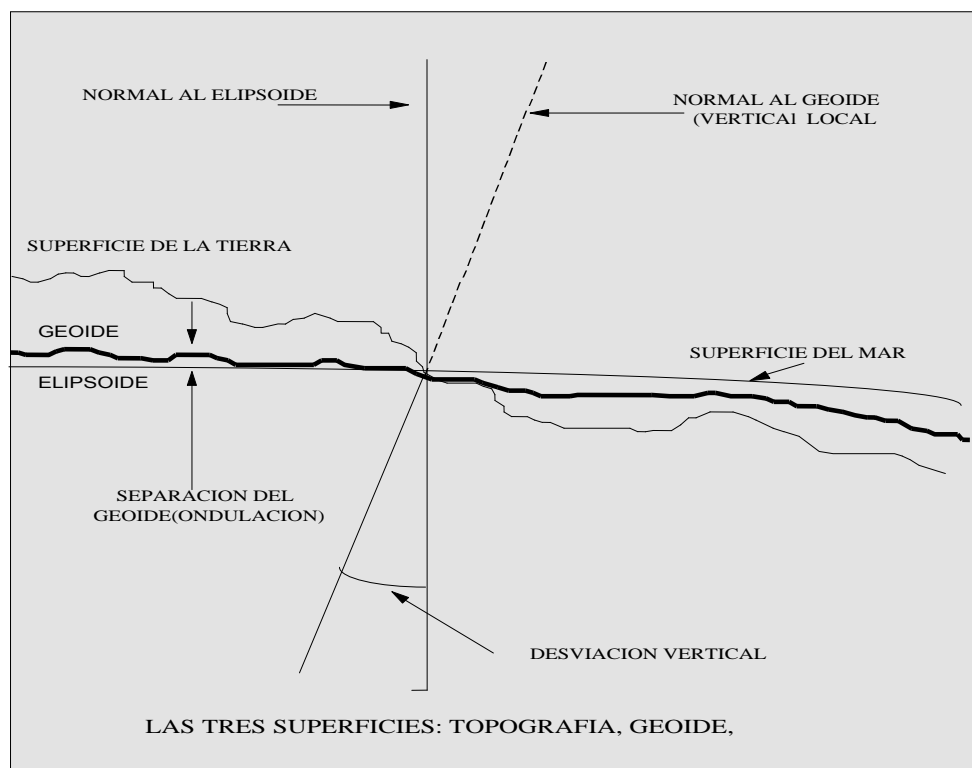


Figura 45. Superficies Básicas en Geodesia. Tomada de <http://www.docentes.unal.edu.co>

- **TOPOGRAFIA:** Superficie física de la tierra.
- **ELIPSOIDE:** Superficie matemática que sirve de marco de referencia.
- **GEOIDE :** Superficie equipotencial real correspondiente al nivel medio del mar.

## **TOPOGRAFÍA**

Esta superficie corresponde a la SUPERFICIE FISICA DE LA TIERRA y se define como la frontera entre las masas sólidas o líquidas con la atmósfera.

La superficie irregular de la tierra sólida no se puede representar por medio de un modelo matemático simple por lo cual se describe con base en puntos de control definidos por sus coordenadas, con base en los cuales se realizan los levantamientos topográficos o restituciones fotogramétricas dando como resultado los mapas topográficos de curvas de nivel que representan la superficie física de la tierra.

Para la representación de la topografía se utilizan mapas generados a partir de diferentes sistemas de proyección (Figura 11), de los cuales los más utilizados son:

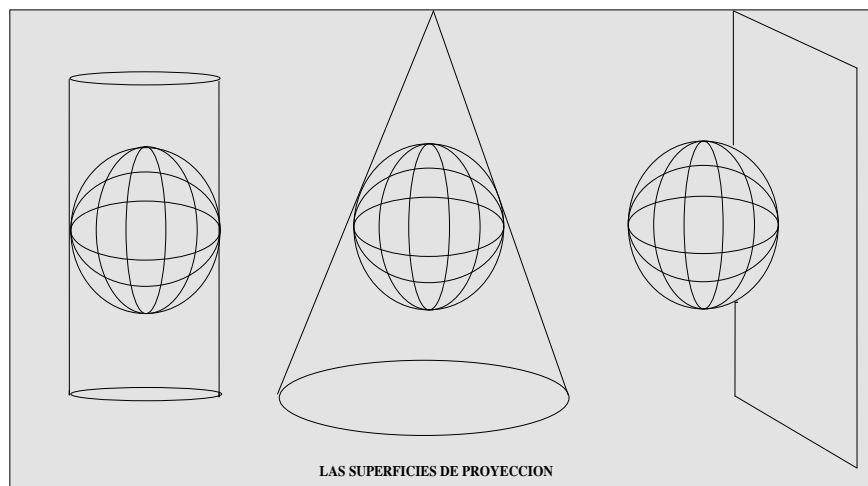


Figura 46. Sistemas de Proyección. Tomada de <http://www.docentes.unal.edu.co>

- PROYECCION TRANSVERSA DE MERCATOR
- PROYECCION LAMBERT
- PROYECCION CONFORME DE GAUSS
- COORDENADAS CARTESIANAS

La utilización de estos sistemas depende del tamaño de la zona a cartografiar siendo usada en el país la proyección conforme de GAUSS contando con cuatro orígenes para diversas regiones del país. Las coordenadas CARTESIANAS se utilizan para mapas de zonas pequeñas como ciudades, teniendo cada ciudad del país un origen particular.

## ELIPSOIDE

Por ser el Elipsoide la figura geométrica más parecida a la forma real de la tierra, se definió este como la superficie matemática o marco de referencia para los cálculos. En general un Elipsoide se forma al rotar una elipse alrededor de su semieje menor. La elipse se define en función de un Semieje mayor (a), un Semieje menor (b) y el achatamiento (f) así:

$$f = (a - b) / a$$

## DATUM

Como se ha visto la elección del Datum local se realiza de manera arbitraria, por conveniencia del sitio o zona para la cual se hace. Se debe definir el tamaño y forma del elipsoide adoptando un valor del semieje mayor (a) y un achatamiento (f). Algunos parámetros de los DATUMS más utilizados son los siguientes:

### ***ELIPSOIDE INTERNACIONAL 1924 (Utilizado en Colombia)***

Semieje mayor      a      =      6378388 mts

Achatamiento      f      =      1/297

### ***ELIPSOIDE SAD 69***

Semieje mayor      a      =      6378160 mts

Achatamiento      f      =      1/298.25

### ***ELIPSOIDE WGS-84***

Semieje mayor      a      =      6378137 mts

Achatamiento      f      =      1/298.257223563

Por tratarse de diferentes datums es lógico que no se obtendrán las mismas coordenadas para un mismo punto, por lo tanto se deben transformar de un datum a otro siguiendo modelos matemáticos adecuados

## GEOIDE

El Geoide es la superficie de referencia íntimamente ligada al concepto de gravedad y corresponde a una superficie equipotencial (de las muchas que se pueden definir) que coincide con el Nivel Medio del Mar. (Figura 12).

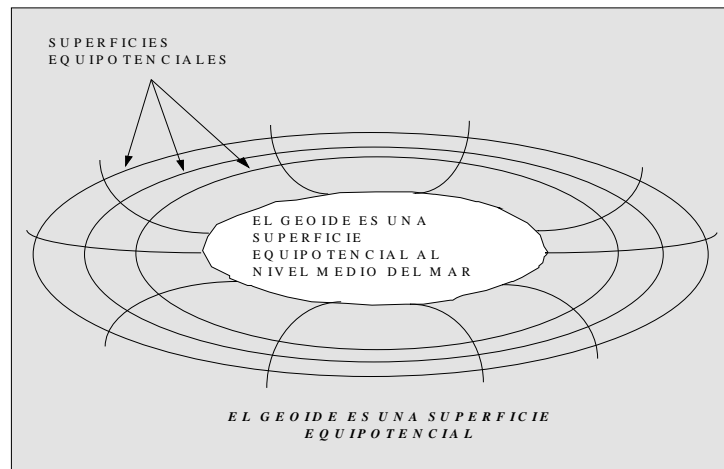


Figura 47. El Geoide. Tomada de <http://www.docentes.unal.edu.co>

Considerando que el nivel del mar es una superficie dinámica al estar sometido a mareas y corrientes, podemos decir que el geoide no coincide exactamente con el nivel real del mar, por lo tanto se introduce el concepto de Nivel Medio del Mar y se determina mediante el promedio histórico de observaciones realizadas en mareógrafos ubicados a lo largo de las costas y adoptados en cada nación como origen altimétrico para sus trabajos Geodésicos. Si imaginamos que los continentes estuvieran surcados por vasos comunicantes donde se pudiera mover el agua del mar libremente, se tendría que el nivel del agua en cada punto correspondería al Geoide

## **SISTEMA INTERNACIONAL DE REFERENCIA TERRESTRE**

### **(ITRS: International Terrestrial Reference System)**

El sistema geocéntrico utilizado en Geodesia es el Sistema Convencional de Referencia Terrestre (ITRS: International Terrestrial Reference System), el cual es determinado, mantenido y proporcionado por el Servicio Internacional de Rotación Terrestre y Sistemas de Referencia (IERS: International Earth Rotation and Reference Systems Service). El ITRS se define con origen en el centro de masas terrestre (incluyendo océanos y atmósfera). Su polo coincide con el polo definido por el CIO (Convencional International Origin) para 1903.0, el cual fue adoptado oficialmente en 1967 por la IAU y la IAG. El eje X es orientado hacia el meridiano de Greenwich en 1903.0, llamado también meridiano de referencia IERS (IERS Reference Meridian), el eje Z está orientado hacia el polo del CIO y el eje Y es

perpendicular a éstos dos (sistema coordenado de mano derecha). El polo del CIO es la dirección media del polo determinada a partir que las mediciones de cinco estaciones del Servicio Internacional de Latitud (ILS: International Latitude Service) durante 1900.0 - 1906.0. La escala del ITRS es definida en un marco geocéntrico de acuerdo con la teoría relativista de gravitación. Su orientación está forzada a no tener residuales en la rotación global con respecto a la corteza terrestre.

## **MARCO INTERNACIONAL DE REFERENCIA TERRESTRE**

### **(ITRF: International Terrestrial Reference Frame)**

La realización (materialización) del ITRS es el marco ITRF (International Terrestrial Reference Frame), el cual está conformado por las coordenadas cartesianas geocéntricas  $[X, Y, Z]$  y las velocidades  $[V_x, V_y, V_z]$  de un conjunto de estaciones observadas mediante técnicas geodésicas espaciales de muy alta precisión. Las velocidades son incluidas ya que el movimiento de las placas tectónicas y sus deformaciones también alteran las coordenadas de sus estaciones, pero estos movimientos no afectan las órbitas de los satélites. Esto se traduce en que, para una observación instantánea sobre la superficie de la Tierra el marco de referencia terrestre ITRF diverge del sistema de referencia satelital, obligando que las coordenadas ITRF sean trasladadas en el tiempo de acuerdo con su variación por los efectos de la dinámica terrestre.

Dada la dependencia de las coordenadas geodésicas con respecto al tiempo, el ITRF es complementado indicando la época para la cual las posiciones de sus estaciones son vigentes. Por ejemplo, la denominación ITRF94 indica que las coordenadas de esta red están definidas para el 1 de enero de 1993. Su traslado a fechas diferentes implica la aplicación de velocidades. El marco de referencia más recientemente calculado es el ITRF2000 (Figura 13), el cual, coincide con la nueva definición del WGS84(G1150) (World Geodetic System 1984, semana GPS No. 1150) introducida a partir del 1 de enero de 2000.

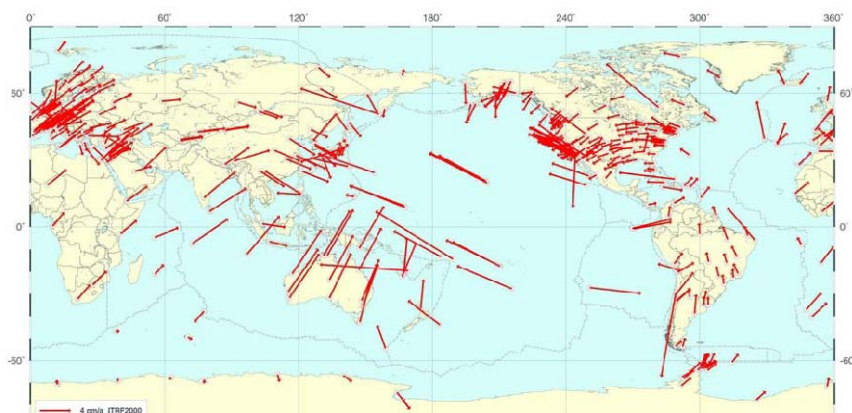


Figura 48. ITRF2000 y sus velocidades. Tomada de Instituto Geográfico Agustín Codazzi

## **SISTEMA DE REFERENCIA GEOCÉNTRICO PARA LAS AMÉRICAS (SIRGAS)**

El ITRF ha sido extendido (densificado) en el continente americano mediante SIRGAS (Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas). Está conformado por una red con más de 180 estaciones geodésicas de alta precisión (algunas de ellas de funcionamiento continuo), cuya distribución ofrece un cubrimiento homogéneo sobre el continente y, por lo tanto, las condiciones necesarias para que las redes nacionales estén vinculadas al ITRF. El datum geodésico correspondiente está definido a partir de los parámetros del elipsoide GRS80 (Geodetic Reference System, 1980), orientado según los ejes coordenados del sistema de referencia SIRGAS, equivalente al ITRF94.

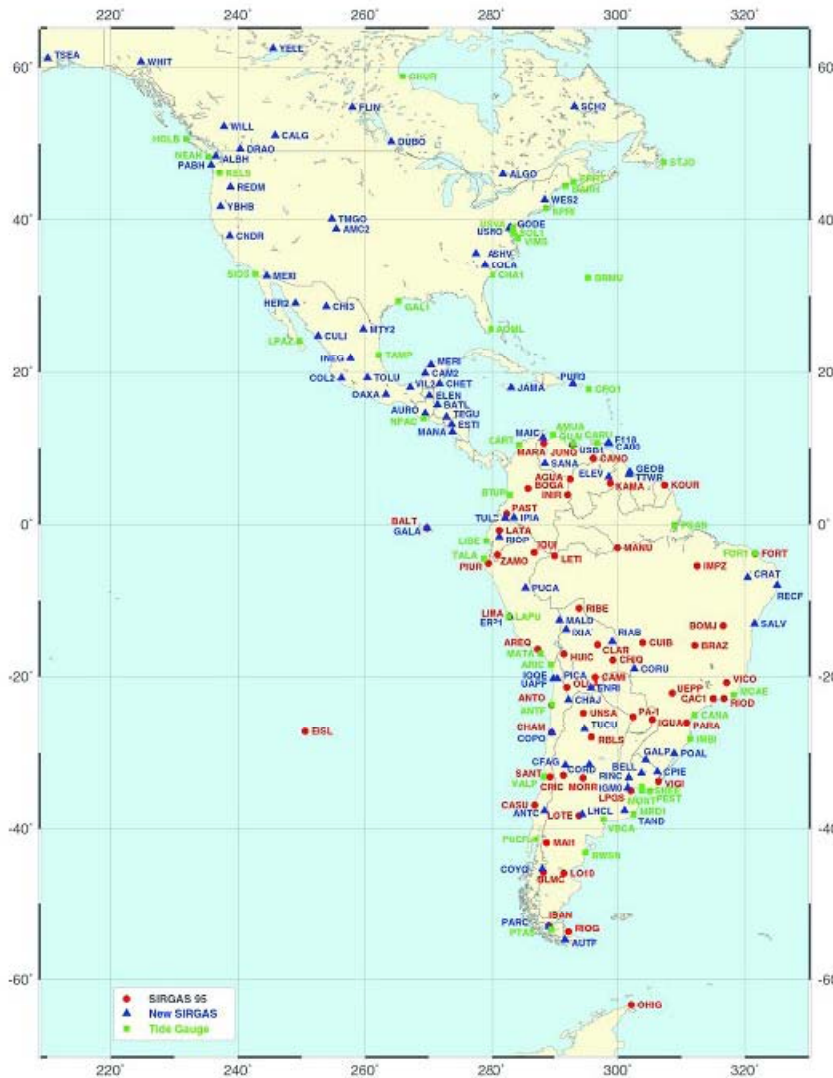


Figura 49. SIRGAS: Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas. Tomada de Instituto Geográfico Agustín Codazzi

calculadas en el ITRF2000, época 2000.4 (Figura 14).

El mantenimiento de SIRGAS incluye, además de la preservación física de los monumentos, la determinación del cambio de las coordenadas a través del tiempo (velocidades). Esto garantiza la consistencia entre el sistema terrestre SIRGAS y el sistema de referencia satelital. Las velocidades correspondientes se determinan a partir de mediciones geodésicas repetitivas, dentro de las que se considera la

En la primera campaña GPS-SIRGAS, adelantada en mayo de 1995, se establecieron 58 estaciones en el área de América del Sur, cuyas coordenadas corresponden con el ITRF94, época 1995.4. En mayo de 2000 se realizó una segunda campaña en la que se incluyeron, además de las estaciones de 1995, los mareógrafos que definen los sistemas de alturas en los países de América del Sur y nuevos puntos ubicados en América Central, Estados Unidos y Canadá. El resultado de esta nueva campaña es una red homogéneamente

distribuida sobre el continente, conformada por 183 estaciones, cuyas coordenadas están

red de estaciones GPS de funcionamiento continuo (o estaciones permanentes) y la ocupación periódica de las estaciones (pasivas) SIRGAS. La red GPS permanente está compuesta por más de 40 puntos de rastreo continuo en el continente sur americano, cuya información es procesada semanalmente por DGFI (Deutsches Geodätisches Forschungsinstitut) como Centro de Procesamiento Regional (RNAAC: Regional Network Associate Analysis Center) del Servicio Internacional GPS (IGS: International GPS Service), lo que garantiza su referencia permanente con el sistema geocéntrico global.

El cálculo de las velocidades de los puntos SIRGAS se ha hecho con base en las estaciones GPS de funcionamiento continuo, las campañas de 1995 y 2000 y los proyectos geodinámicos desarrollados en el continente, entre los que se destacan: CAP (Central Andes GPS Project), SAGA (South America Geodynamics Activity), SNAPP (South America – Nazca Plate Motion Project) y CASA (Central And South America GPS Geodynamics Project). La figura 15 muestra el modelo de velocidades vigente.

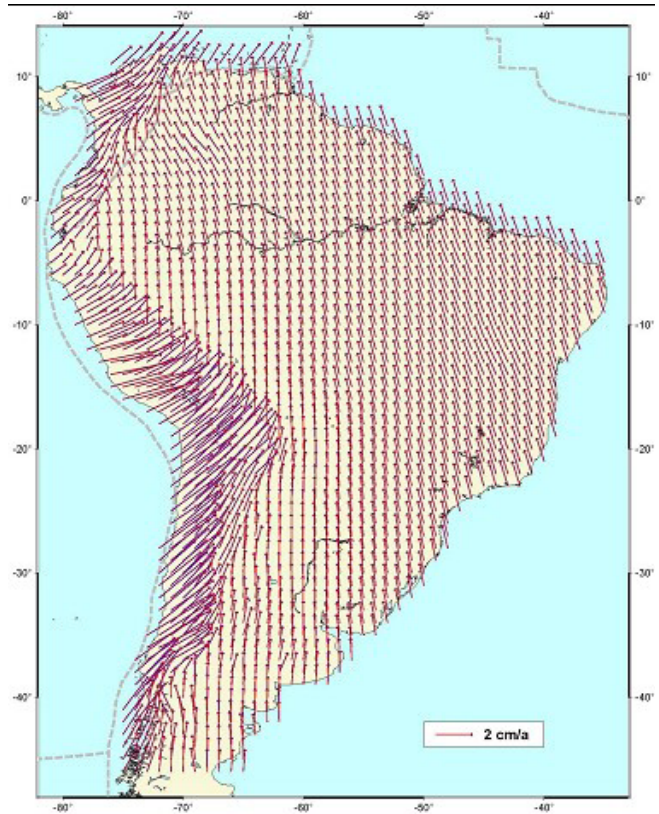


Figura 50. de velocidades para América del Sur. Tomada de Instituto Geográfico Agustín Codazzi

## MARCO GEOCÉNTRICO NACIONAL DE REFERENCIA (MAGNA)

SIRGAS es la extensión del ITRF en América; no obstante, dadas las características técnicas de los sistemas GNSS, debe ser densificado para satisfacer los requerimientos en precisión de los usuarios de información georreferenciada en los diferentes países. En Colombia, el IGAC, organismo nacional encargado de determinar, establecer, mantener y proporcionar los

sistemas oficiales de referencia geodésico, gravimétrico y magnético (Decretos No. 2113/1992 y 208/2004) inició a partir de las estaciones SIRGAS la determinación de la Red Básica GPS, denominada MAGNA (Marco Geocéntrico Nacional de Referencia) que, por estar referida a SIRGAS se denomina convencionalmente MAGNA-SIRGAS. El datum geodésico asociado corresponde con el elipsoide GRS80 (Geodetic Reference System, 1980). MAGNA está conformada por cerca de 70 estaciones GPS de cubrimiento nacional de las cuales 6 son de funcionamiento continuo, 8 son vértices SIRGAS y 16 corresponden con la red geodinámica CASA (Central and South American geodynamics network). Las coordenadas de las estaciones MAGNA-SIRGAS están definidas sobre el ITRF94, época 1995.4. Su precisión interna está en el orden de ( $\pm 2$  mm ...  $\pm 7$  mm), su exactitud horizontal en  $\pm 2$  cm y la vertical en  $\pm 6$  cm.

Dado que Colombia se haya ubicada sobre la zona de convergencia de tres placas, la dinámica tectónica (placas rígidas + zonas de deformación) genera variaciones anuales entre 1 y 2 cm en las coordenadas geodésicas. Con el propósito de determinar precisamente dichas variaciones el IGAC adelanta la instalación de una red de estaciones GPS de funcionamiento continuo, administradas desde su Sede Central y procesadas en conjunto con el Centro de Análisis Regional del IGS en el DGFI, de modo que sus posiciones también sean orientadas permanentemente con el ITRF vigente (figura 4).

## **ANTIGUO DATUM GEODÉSICO HORIZONTAL EN COLOMBIA**

Antes de la definición del Sistema MAGNA-SIRGAS la plataforma de referencia nacional estaba constituida por un datum geodésico horizontal, adoptado en 1941, cuyo elipsoide asociado corresponde con el Internacional de 1924 y cuyo punto datum se localizó en el Observatorio Astronómico de Bogotá, de aquí su nombre. A partir de este marco, el IGAC inició hace 60 años el establecimiento de la red geodésica de control horizontal (ARENA: Antigua Red Nacional), la cual está conformada por cerca de once mil puntos, que constituyen los vértices geodésicos de primer, segundo y tercer orden. La red de primer orden fue determinada mediante arcos de triangulación distribuidos sobre las cumbres más prominentes del territorio nacional y fueron ajustados a partir de 33 estaciones astronómicas. Esta red dio apoyo a los vértices de segundo orden y éstos a su vez a los de

tercer orden, para lo cual se emplearon métodos topográficos de precisión (triangulación, bisección, trilateración y poligonación) en su determinación. La precisión de las coordenadas horizontales ( $\phi$ ,  $\lambda$ ) así obtenidas depende directamente de la certidumbre de las mediciones angulares ópticas, la cual varía entre 0,01" y 0,1". Asimismo, la altura de los vértices geodésicos se determinó a partir del Datum Buenaventura a través de nivelación trigonométrica, cuya precisión no es mejor que 0,80 m.

El Datum BOGOTÁ materializa al ITRS con un error sistemático de aproximadamente 250 m ya que, su origen se encuentra desplazado del geocentro 530 m. Esto significa que las posiciones definidas sobre el Datum BOGOTÁ aparecen desplazadas en una cantidad similar con respecto a las posiciones definidas sobre MAGNA-SIRGAS. El error relativo de la red ARENA varía de acuerdo con la región del país, lo que no permite un control apropiado para levantamientos GPS precisos y, a diferencia de MAGNA-SIRGAS, que es un sistema de referencia tridimensional, el Datum BOGOTÁ es un marco bidimensional en el que se dispone de coordenadas curvilíneas ( $\phi$ ,  $\lambda$ ) y altura sobre el nivel medio del mar (H), sin conocerse la altura elipsoidal (h).

## ANEXO E

### INTERACCIÓN HOMBRE MÁQUINA

Es la disciplina que estudia el intercambio de información entre las personas y los computadores. Ésta se encarga del diseño, evaluación e implementación de los aparatos tecnológicos interactivos, estudiando el mayor número de casos que les pueda llegar a afectar. El objetivo es que el intercambio sea más eficiente: minimizar errores, incrementar la satisfacción, disminuir la frustración y, en definitiva, hacer más productivas las tareas que rodean a las personas y los computadores.

Los gráficos por computadora nacieron de la utilización del CRT<sup>32</sup> es un dispositivo de visualización inventado por Carl Ferdinand Braun y a su desarrollo contribuyeron los trabajos de Philo Farnsworth. Se emplea principalmente en monitores, televisiones y osciloscopios, aunque en la actualidad se están sustituyendo paulatinamente por tecnologías como plasma, LCD, DLP; debido al menor consumo energético de estos últimos.

Los primeros estudios específicos de IPO/HCI aparecieron en los años sesenta y se referían a la simbiosis Persona-Ordenador<sup>33</sup>, por Licklider. Este autor afirmó anticipándose a la problemática posterior que el problema de la interacción hombre-ordenador no es crear ordenadores productores de respuestas, sino ordenadores que sean capaces de anticipar y participar en la formulación de las preguntas.

---

<sup>32</sup> El Tubo de Rayos Catódicos (CRT del inglés Cathode Ray Tube)

<sup>33</sup> **J. C. R. Licklider** IRE Transactions on Human Factors in Electronics, volume HFE-1, paginas 4-11, Marzo 1960

## **OBJETIVOS**

Dado que la interacción persona-computador estudia la comunicación entre el ser humano y las máquinas, esto provoca que se tengan que tener unos conocimientos por parte de ambos, humano y máquina. Por parte de las máquinas hace falta que cuenten con un adecuado sistema operativo, técnicas gráficas, lenguajes de programación y entornos de desarrollo. Por la otra parte, es importante tener unos conocimientos previos, como teoría de la comunicación, disciplinas de diseño de gráficos e industriales, lingüísticos, ciencias sociales, psicología cognitiva y función del ser humano.

Con el fin de tener un concepto más aproximado sobre el campo de la interacción humano-computador contemplamos en que está especializado:

- Unión de las tareas de los humanos con las máquinas.
- Capacidades humanas para utilizar las máquinas (incluyendo la capacidad de entender las interfaces)
- Algoritmos y programas de la interfaz en sí.
- Conceptos de ingeniería que se plantean a la hora de diseñar y construir interfaces.
- El proceso de especificación, diseño, e implementación de la interfaz.
- Sacrificios del diseño.

En conclusión, cuenta con aspectos científicos, de ingeniería y de diseño.

## **COMPONENTES**

Los componentes fundamentales del sistema son:

## **USUARIO**

Hay que tener en cuenta que el ser humano tiene una capacidad limitada de procesar información; lo cual es muy importante considerar al hacer el diseño. Nos podemos comunicar a través de cuatro canales de entrada/salida: visión, audición, tacto y movimiento. La información recibida se almacena en la memoria sensorial, la memoria a corto plazo y la memoria a largo plazo. Una vez recibimos la información, ésta es procesada a través del razonamiento y de habilidades adquiridas, como por ejemplo el hecho de poder resolver problemas o el detectar errores. A todo este proceso afectará al estado emocional del usuario, dado que influye directamente sobre las capacidades de una persona. Además, un hecho que no se puede pasar por alto es que todos los usuarios tendrán habilidades comunes, pero habrá otras que variarán según la persona.

## **COMPUTADOR**

El sistema utilizado puede afectar de diferentes formas al usuario. Los dispositivos de entrada permiten introducir texto, como sería el caso del teclado del computador, el teclado de un teléfono, el habla o bien un escrito a mano; dibujos; selecciones por pantalla, con el ratón por ejemplo. Como dispositivos de salida contaríamos con diversos tipos de pantallas, mayoritariamente aquellas que son de mapas de bits, pantallas de gran tamaño de uso en lugares públicos... A largo plazo se podría contar también con papel digital. Los sistemas de realidad virtual y de visualización con 3D juegan un rol muy importante en el mundo de la interactividad persona-computador. También serán importantes los dispositivos en contacto con el mundo físico, por ejemplo controles físicos, como sensores de temperatura, movimiento, etc. Por otra parte tendríamos diferentes tipos de impresoras con sus propias características, fuentes y caracteres. Y también escáneres y aparatos de reconocimiento óptico. Con respecto a la memoria, cuentan con la RAM a corto plazo y discos magnéticos y ópticos a largo plazo. Hay que tener en cuenta que tienen una capacidad limitada con relación directa con el formato del documento o del vídeo. Los métodos de acceso a la memoria pueden suponer una ayuda, sin embargo, en ocasiones, también una traba para el usuario. El último rasgo característico es el procesamiento. El computador tendrá un límite de velocidad en el procesamiento, por otra parte afectará a la velocidad de procesamiento al hecho de utilizar una red de trabajo u otra.

## ORIGEN DEL PROCESO INTERACTIVO

Es importante que haya una buena comunicación entre usuario y computador, por este motivo la interfaz tiene que estar diseñada pensando en las necesidades del usuario. Es de vital importancia este buen entendimiento entre ambas partes dado que sino la interacción no será posible.

Licklider y Clark (1962) elaboraron una lista de 10 problemas que deberían ser resueltos para facilitar la interacción personas-ordenador. Según él, los cinco primeros problemas deberían ser resueltos de manera inmediata, el sexto en un tiempo intermedio y los cuatro últimos, a largo plazo:

1. Compartir el tiempo de uso de los ordenadores entre muchos usuarios.
2. Un sistema de entrada-salida para la comunicación mediante datos simbólicos y gráficos.
3. Un sistema interactivo de proceso de las operaciones en tiempo real.
4. Sistemas para el almacenamiento masivo de información que permitan su rápida recuperación.
5. Sistemas que faciliten la cooperación entre personas en el diseño y programación de grandes sistemas.
6. Reconocimiento por parte de los ordenadores de la voz, de la escritura manual impresa y de la introducción de datos a partir de escritura manual directa.
7. Comprensión del lenguaje natural, sintáctica y semánticamente.
8. Reconocimiento de la voz de varios usuarios por el ordenador.
9. Descubrimiento, desarrollo y simplificación de una teoría de algoritmos.
10. Programación heurística o a través de principios generales.

El tiempo ha demostrado que Licklider y Clark estaban en lo cierto en la mayoría de sus observaciones, sin embargo, actualmente aún no se han conseguido solucionar algunos de los problemas previstos para su resolución a largo plazo.

**Hansen** (1971) en su libro "User Engineering Principles for Interactive Systems" hace la primera enumeración de principios para el diseño de sistemas interactivos:

1. Conocer al usuario
2. Minimizar la memorización, sustituyendo la entrada de datos por la selección de ítems, usando nombres en lugar de números, asegurándose un comportamiento predecible y proveyendo acceso rápido a información práctica del sistema.

3. Optimizar las operaciones mediante la rápida ejecución de operaciones comunes, la consistencia de la interfaz y organizando y reorganizando la estructura de la información basándose en la observación del uso del sistema.
4. Facilitar buenos mensajes de error, crear diseños que eviten los errores más comunes, haciendo posible deshacer acciones realizadas y garantizar la integridad del sistema en caso de un fallo de software o hardware.

A pesar de la obviedad y antigüedad de estos principios es fácil encontrar en sitios web de comercio electrónico códigos inmemorizables para identificar productos, mensajes de error ininteligibles y, en general, un maltrato constante al usuario.

## ANEXO F

### APLICACIONES DE INTERNET ENRIQUECIDAS

#### APLICACIÓN WEB

En la ingeniería, se le llama *aplicación Web* a una aplicación<sup>34</sup> que se localiza en un servidor Web ofreciendo un servicio determinado, cuyo acceso puede realizarse a través de diferentes tipos de redes, siendo la Internet<sup>35</sup> la más comúnmente usada. Debido a que dicha aplicación está alojada en la red, se requiere de un navegador Web, sin necesidad de descargar ningún programa adicional ya que la aplicación se ejecuta de manera remota.

Las aplicaciones web son usadas para implementar servicios como ventas en línea, wikis, foros, redes sociales, etc. Para tomar un ejemplo cercano, se podría tomar el sistema de intercambio de información que utiliza la universidad, que puede ser usado tanto por estudiantes como por el personal docente y administrativo, teniendo entre los servicios más importantes, la publicación de noticias, tramite de solicitudes, consulta de horarios y actividades académicas.

#### CARACTERISTICAS

Las aplicaciones Web se caracterizan por:

---

<sup>34</sup> Una aplicación es un programa de computadora que se utiliza como herramienta para una operación o tarea específica, siendo el usuario final el que interactúa directamente con dicho programa.

<sup>35</sup> World Wide Web

- Estar localizada en un Servidor Web que posee una arquitectura cliente/servidor<sup>36</sup>
- La ejecución de la aplicación se realiza completamente en el servidor, teniendo la posibilidad de interactuar con otras aplicaciones.
- Pueden ser accedidas a través de cualquier red telemática y a través del uso de un navegador Web.
- El estado de la aplicación varía de acuerdo a la entrada de datos y la navegación de la misma
- Las aplicaciones no tienen restricción de sistema operativo, siempre y cuando posea un navegador web
- El acceso a la aplicación puede restringirse, dependiendo del cliente que realice la solicitud
- Los usuarios no deben realizar ninguna actualización o actualización para poder utilizar la aplicación.

## ESTRUCTURA

Generalmente, las aplicaciones web están poseen una estructura basada en un modelo de tres niveles.

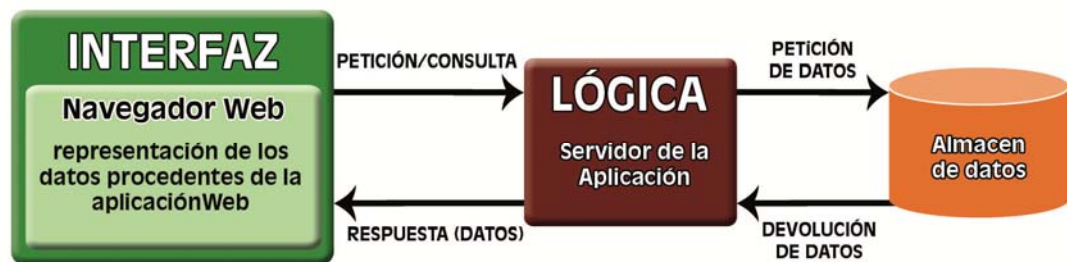


Figura 51. Estructura de una Aplicación Web Tradicional

Las funciones realizadas en el primer nivel, llamado *Interfaz*, son únicamente las de enviar las solicitudes o consultas que el cliente genera, obtener los datos del servidor, resultado de la ejecución de la aplicación en el servidor y la presentación e dichos datos en el navegador web.

<sup>36</sup> Arquitectura de procesamientos cooperativo donde uno de los componentes pide servicios a otro

En el siguiente nivel, llamado *Lógica*, es donde se encuentra el núcleo de la aplicación y esta proporciona el contenido dinámico. Entre las muchas funciones que este nivel puede desempeñar, se encuentran: interpretar las consultas enviadas por el usuario, ejecución de la lógica necesaria para dichas consultas, la obtención y/o almacenamiento de datos, la interacción con otras aplicaciones web y el envío de los resultados de la ejecución al cliente.

En el tercer nivel, se podrían encontrar los *Datos*, que podrían estar almacenados en bases de datos o archivos XML<sup>37</sup>, u otro tipo de sistema de almacenamiento dependiendo de las necesidades.

## **APLICACIONES DE INTERNET ENRIQUECIDAS (RICH INTERNET APPLICATIONS)**

Para poder tener una idea clara de lo que es RIA (**Rich Internet Applications**), se debe tener en cuenta que existe una gran diversidad de definiciones de lo que involucra RIA. La gran mayoría de definiciones de centran solo en comparar RIA con las aplicaciones de escritorio de una manera muy general.

Dos definiciones son escritas por Santiago Maliá y Paul & Harvey Deitel:

*Tradicionalmente, las aplicaciones Web tienen grandes limitaciones en la usabilidad e interactividad de las interfaces de usuario. Para superar esta limitaciones, un nuevo tipo de aplicaciones web llamadas RIA han surgido recientemente, brindando componentes gráficos mas eficientes y enriquecidos similares a las aplicaciones de escritorio.*

---

<sup>37</sup> XML (eXtensible Markup Language) Lenguaje de marcado ampliable o extensible, desarrollado por el World Wide Web Consortium (W3C)

*RIA son aplicaciones Web que ofrecen la capacidad de respuesta, presentaciones “enriquecidas” y enfoque funcional de las aplicaciones de escritorio. Las anteriores aplicaciones de interne soportaban solamente una interfaz gráfica de usuario (IGU) con HTML básico. A pesar que podría brindar funciones simples, estas aplicaciones no tenían la apariencia de una aplicación de escritorio. [...] RIA es el resultado de las nuevas y más avanzadas tecnologías que permiten gran capacidad de respuesta e IGU avanzadas (p.32)*

Y la definición de Bozzon refuerza el rol que juega la arquitectura cliente/servidor y describe el flujo normal de trabajo:

*[RIA] son una variante de sistemas basados en web, brindando interfaces sofisticadas para representar procesos y datos complejos, minimizando las transferencias de datos cliente-servidor y moviendo las capas de presentación e interacción del servidor al cliente. Normalmente, una RIA es cargada por el cliente junto con una información inicial, entonces, se maneja la interpretación de datos y el procesamiento de eventos, comunicándose con el servidor cuando el usuario necesita más información o debe enviar datos.*

Por lo tanto, podemos tener claro que una RIA es un nuevo tipo de aplicación Web que tiene como objetivo aumentar y optimizar las opciones y capacidades de las aplicaciones Web tradicionales. Dichas aplicaciones son desarrolladas con lenguajes de marcado propios, ejecutándolos en servidores propios de presentación.

La mayoría de RIA poseen las siguientes características elementales:

- La aplicación posee controles de interfaz de usuario más contemporáneos como menús de navegación en árbol, paneles tabulados, etc.
- La aplicación es ejecutadas desde/dentro de una página Web.
- Posee una interacción inmediata con los usuarios, sin la necesidad de volver a cargar la pagina Web completamente cuando se necesiten nuevos datos.

- La dificultad para desarrollar este tipo de aplicaciones no es muy diferente a las aplicaciones Web anteriormente establecidas.
- No requiere grandes plataformas para su ejecución, y puede ser compatible con cualquier navegador Web.
- Se observa un incremento en la experiencia visual gracias a la aportación de componentes más avanzados
- Permite crear aplicaciones con contenido más atractivo, tales como audio, video y gráficos.
- El lenguaje XML es un pilar básico para la mayoría de tecnologías RIA.
- No se requiere la utilización del modelo petición/respuesta para cada acción que se realice en la interfaz del usuario.
- La presentación esta desvinculada de la lógica

## ESTRUCTURA

El esquema de una RIA no se diferencia mucho de la estructura de una aplicación Web tradicional. El navegador web contiene un plugin (rich client) que utiliza para interpretar la información que llega a la aplicación en diferentes formas, sea video, texto, audio, etc. A diferencia de las aplicaciones Web tradicionales, en esta parte del navegador, se ubica la parte gráfica de la aplicación, con un esquema XML, evitando así cargar nuevamente la pagina Web cada vez que se necesite mostrar nuevos datos en la pantalla.



Figura 52. Estructura de una RIA

Después se encuentran el controlador de la aplicación y el Gateway. El primero se encarga de la interacción cliente, en ambas direcciones; el segundo tiene la función de transformar los datos que utiliza la aplicación a

un formato que el navegador Web del cliente pueda entender, generalmente XML.

En la estructura RIA, el siguiente elemento sería el servidor donde se ubica la aplicación, el cual la compila en caso que sea necesario y permite la comunicación con otras aplicaciones. Es importante, ya que este elemento también se encarga de obtener los datos necesarios para la aplicación dependiendo de donde estén almacenados.

El último elemento sería así, el almacenaje de los datos que comúnmente es una Base de datos que contiene información relacionada con el servicio que la aplicación brinda. Es importante notar que este elemento no siempre es requerido ya que pueden existir aplicaciones que no lo necesiten.

## ANEXO G

### ARQUITECTURA ORIENTADA A SERVICIOS

La Arquitectura Orientada a Servicios de cliente (en inglés **Service Oriented Architecture**), es un concepto de arquitectura de software que define la utilización de servicios para dar soporte a los requisitos del negocio.

De una manera general, una arquitectura orientada a servicios se caracteriza por estar formada de unidades funcionales, que brindan servicios de negocio. En una arquitectura SOA, un servicio es toda aquella tarea repetible con significado propio (validación de usuario, apertura de una cuenta, contrato de una póliza de seguro, emisión de una orden, etc).

Por lo tanto, una arquitectura SOA se basa en la existencia, interconexión y reutilización de servicios.

En un comienzo, la definición de SOA abarcaba únicamente Servicios Web, la realidad de las empresas muchas veces implica ampliar dicha definición para incorporar otros servicios que comprenden desarrollos ad-hoc<sup>38</sup> (transacciones Cobol/CICS, Visual Basic, Fortran, C...) y paquetes de software (SP, Documentum, Staffware...).

---

<sup>38</sup> Generalmente se refiere a una solución elaborada específicamente para un problema o fin preciso y, por tanto, no es generalizable ni utilizable para otros propósitos. Se usa pues para referirse a algo que es adecuado sólo para un determinado fin. En sentido amplio, *ad hoc* puede traducirse como «específico» o «específicamente».

La interconexión de servicios es la idea que impulsa SOA. Si solo se tuvieran servicios independientes, el valor que aportan estas arquitecturas sería mucho más reducido.

Con el fin de ejercer una integración de Tecnologías de Información (TI), las organizaciones están encaminándose hacia la implementación del modelo SOA para así satisfacer un conjunto de necesidades y objetivos básicos:

- Una optimización y automatización de los procesos del negocio
- Un incremento de la agilidad de la respuesta de las áreas de TI para mejorar el tiempo de salida y satisfacer los crecientes requerimientos en diferentes áreas de negocio.
- Simplificación de la integración entre diferentes fuentes de información, cada vez más numerosas y heterogéneas (multiplicidad de back-ends<sup>39</sup> y diversidad de tecnologías)
- Establecimiento de una base común de servicios que favorezca reducciones de coste y un aseguramiento de la calidad, mediante un nuevo ciclo de vida del desarrollo de software basado en una reutilización real y efectiva de componentes y, por extensión, en un incremento de la productividad de los distintos perfiles que intervienen en las etapas de dicho ciclo de vida.

Un problema con el que se puede encontrar a la hora de construir una aplicación SOA es si la aplicación construida realmente es una aplicación "SOA Compliant"<sup>40</sup>. Para comprobar si una aplicación lo es, la mejor forma de hacerlo es revisando que la aplicación cumpla con los Principios de la Orientación a Servicios.

No existe una definición estándar de cuáles son los Principios de la Orientación a

---

<sup>39</sup> En diseño de software el front-end es la parte del software que interactúa con el o los usuarios y el back-end es la parte que procesa la entrada desde el front-end. La separación del sistema en "front ends" y "back ends" es un tipo de abstracción que ayuda a mantener las diferentes partes del sistema separadas. La idea general es que el front-end sea el responsable de recolectar los datos de entrada del usuario, que pueden ser de muchas y variadas formas, y procesarlas de una manera conforme a la especificación que el back-end pueda usar. La conexión del front-end y el back-end es un tipo de interfaz.

<sup>40</sup> Aplicación que se ajusta a los requerimientos SOA

Servicios, por lo tanto, lo único que se puede proporcionar es un conjunto de Principios que estén muy asociados con la Orientación a Servicios. Estos Principios según Thomas Erl son:

- **Los Servicios deben ser reusables:** Todo servicio debe ser diseñado y construido pensando en su reutilización dentro de la misma aplicación, dentro del dominio de aplicaciones de la empresa o incluso dentro del dominio público para su uso masivo.
- **Los Servicios deben proporcionar un contrato formal:** Todo servicio desarrollado, debe proporcionar un contrato en el cual figuren: el nombre del servicio, su forma de acceso, las funcionales que ofrece, los datos de entrada de cada una de las funcionalidades y los datos de salida. De esta manera, todo consumidor del servicio, accederá a este mediante el contrato, logrando así la independencia entre el consumidor y la implementación del propio servicio. En el caso de los Servicios Web, esto se logrará mediante la definición de interfaces con WSDL<sup>41</sup>.
- **Los Servicios deben tener bajo acoplamiento:** Es decir, que los servicios tienen que ser independientes los unos de los otros. Para lograr ese bajo acoplamiento, lo que se hará es que cada vez que se vaya a ejecutar un servicio, se accederá a él a través del contrato, logrando así la independencia entre el servicio que se va a ejecutar y el que lo llama. Si conseguimos este bajo acoplamiento, entonces los servicios podrán ser totalmente reutilizables.
- **Los Servicios deben permitir la composición:** Todo servicio debe ser construido de tal manera que pueda ser utilizado para construir servicios genéricos de más alto nivel, el cual estará compuesto de servicios de más

---

<sup>41</sup> **WSDL** son las siglas de *Web Services Description Language*, un formato XML que se utiliza para describir servicios Web (algunas personas lo leen como *wisdell*). La versión 1.0 fue la primera recomendación por parte del W3C y la versión 1.1 no alcanzó nunca tal estatus. La versión 2.0 se convirtió en la recomendación actual por parte de dicha entidad.

bajo nivel. En el caso de los Servicios Web, esto se logrará mediante el uso de los protocolos para orquestación (WS-BPEL<sup>42</sup>) y coreografía (WS-CDL<sup>43</sup>).

- **Los Servicios deben de ser autónomos:** Todo Servicio debe tener su propio entorno de ejecución. De esta manera el servicio es totalmente independiente y nos podemos asegurar que así podrá ser reutilizable desde el punto de vista de la plataforma de ejecución.
- **Los Servicios no deben tener estado:** Un servicio no debe guardar ningún tipo de información. Esto es así porque una aplicación está formada por un conjunto de servicios, lo que implica que si un servicio almacena algún tipo de información, se pueden producir problemas de inconsistencia de datos. La solución, es que un servicio sólo contenga lógica, y que toda información esté almacenada en algún sistema de información sea del tipo que sea.
- **Los Servicios deben poder ser descubiertos:** Todo servicio debe poder ser descubierto de alguna forma para que pueda ser utilizado, consiguiendo así evitar la creación accidental de servicios que proporcionen las mismas funcionalidades. En el caso de los Servicios Web, el descubrimiento se logrará publicando los interfaces de los servicios en registros UDDI.

Cuando se desarrollan aplicaciones SOA es muy útil y necesario tener en cuenta siempre estos principios, ya que nos van a dar las pautas necesarias para tomar ciertas decisiones de diseño complejas.

Como se habrá podido observar, una característica muy importante de los Principios de la Orientación a Servicios, es que todos ellos se inter-relacionan. La figura 18 muestra la inter-relación de los diferentes principios.

---

<sup>42</sup> *Web Services) Business Process Execution Language* consiste en un lenguaje basado en XML diseñado para el control centralizado de la invocación de diferentes servicios Web, con cierta lógica de negocio añadida que ayuda a la programación en gran escala (*programming in the large*).

<sup>43</sup> El **Lenguaje para la descripción de Coreografías de Servicios Web (Web Services Choreography Description Language (WS-CDL))** es un lenguaje basado en XML que describe la colaboración entre pares peer-to-peer, mediante la definición - desde un punto de vista global - de los comportamientos comunes y observables de cada participante de un proceso de negocio.

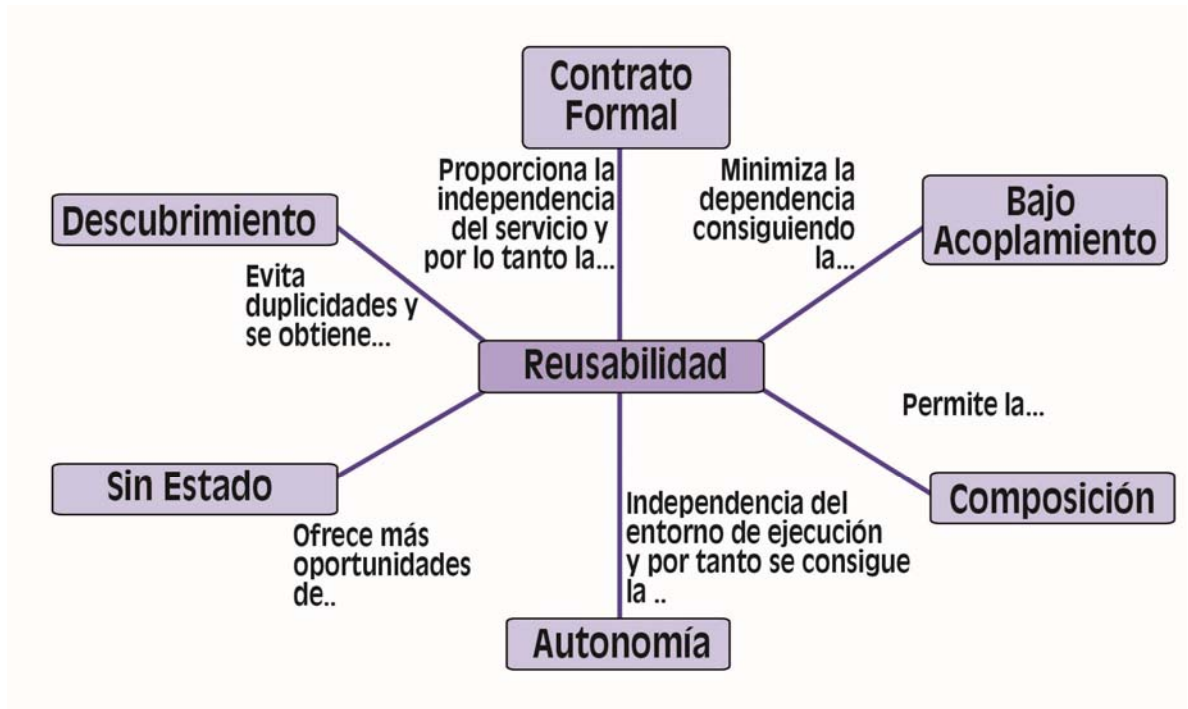


Figura 53. Relación de los Principios de la Orientación a Servicios

Los beneficios que puede obtener una organización que adopte SOA son:

- Mejora en los tiempos de realización de cambios en procesos.
- Facilidad para evolucionar a modelos de negocios basados en tercerización.
- Facilidad para abordar modelos de negocios basados en colaboración con otros entes (socios, proveedores).
- Poder para reemplazar elementos de la capa aplicativa SOA sin interrupción en el proceso de negocio
- Facilidad para la integración de tecnologías disímiles

## ANEXO H

### SERVICIO WEB (WEB SERVICE)

La World Wide Web Consortium lo define como

*“...un sistema de software diseñado para soportar interacción interoperable máquina a máquina sobre una red. Este tiene una interface descrita en un formato procesable por una máquina (específicamente WSDL). Otros sistemas interactúan con el servicio web en una manera prescrita por su descripción usando mensajes SOAP<sup>44</sup>, típicamente enviados usando HTTP con una serialización XML en relación con otros estándares relacionados con la web”.*

Se puede definir de manera más sencilla como un conjunto de tecnologías estándares de software para el intercambio de datos entre aplicaciones tales como SOAP, WDSL y UDDI. Estos pueden ser desarrollados en una gran variedad de lenguajes para ser implementados sobre muchos tipos de redes de computadores. El éxito de la interoperabilidad se consigue gracias es la adopción de protocolos y estándares abiertos. The Organization for the Advancement of Structured Information Standards y el World Wide Web Consortium son los responsables de la estandarización y arquitectura de los servicios web. La industria en su interés por el desarrollo de los servicios web ha creado la WS-I (Web Services Interoperability Organization) cuya intención es la integración de los estándares que garanticen y mejoren la interoperabilidad de los servicios web. Al conjunto de servicios y protocolos para los servicios web es conocido comúnmente como “Web Services Protocol Stack” y básicamente son utilizados para definir, localizar,

---

<sup>44</sup> **SOAP** (siglas de *Simple Object Access Protocol*) es un protocolo estándar que define cómo dos objetos en diferentes procesos pueden comunicarse por medio de intercambio de datos XML.

implementar y hacer que un servicio web interactúe con otro. Este conjunto está conformado esencialmente de cuatro subconjuntos:

- Servicio de transporte
- Mensajería XML
- Descripción del servicio
- Descubrimiento de Servicios

### *1) Servicio De Transporte*

Es el encargado del transporte de los mensajes entre aplicaciones sobre la red. Incluye varios protocolos del nivel de aplicación. A continuación se relata sobre los más utilizados.

#### *a) HTTP (HyperText Transfer Protocol):*

Protocolo del nivel de aplicación más utilizado en la Internet. Es el protocolo que define la sintaxis y la semántica utilizada para la arquitectura web. En el contexto de los servicios web es utilizado para la transferencia de las transacciones XML a través de la red utilizando los mismos principios del HTML.

#### *b) FTP (File Transfer Protocol):*

Es un protocolo de la capa de aplicación encargado de los servicios de transmisión de archivos a través de redes soportadas sobre TCP. En el ámbito de los servicios web el FTP permite realizar modificaciones en equipos remotos evitando el uso de permisos sobre los archivos en la máquina cliente en sistemas operativos diferentes a Windows.

#### *c) SMTP (Simple Mail Transfer Protocol):*

Es un estándar de la capa de aplicación ampliamente utilizado para el envío de mensajes de correo electrónico a través de Internet. Es un estándar de Facto basado en texto, que requiere como cliente software de tipo POP3 o IMAP.

d) *BEEP (Block Exensible Exchange Protocol):*

Es un protocolo del nivel de aplicación, también conocido como BXXP, está diseñado para la interacción asíncrona punto a punto sobre una red TCP/IP Fue estandarizado por el IETF y provee un marco para administrar las conexiones punto a punto, autenticación., transporte de mensajes y manejo de errores.

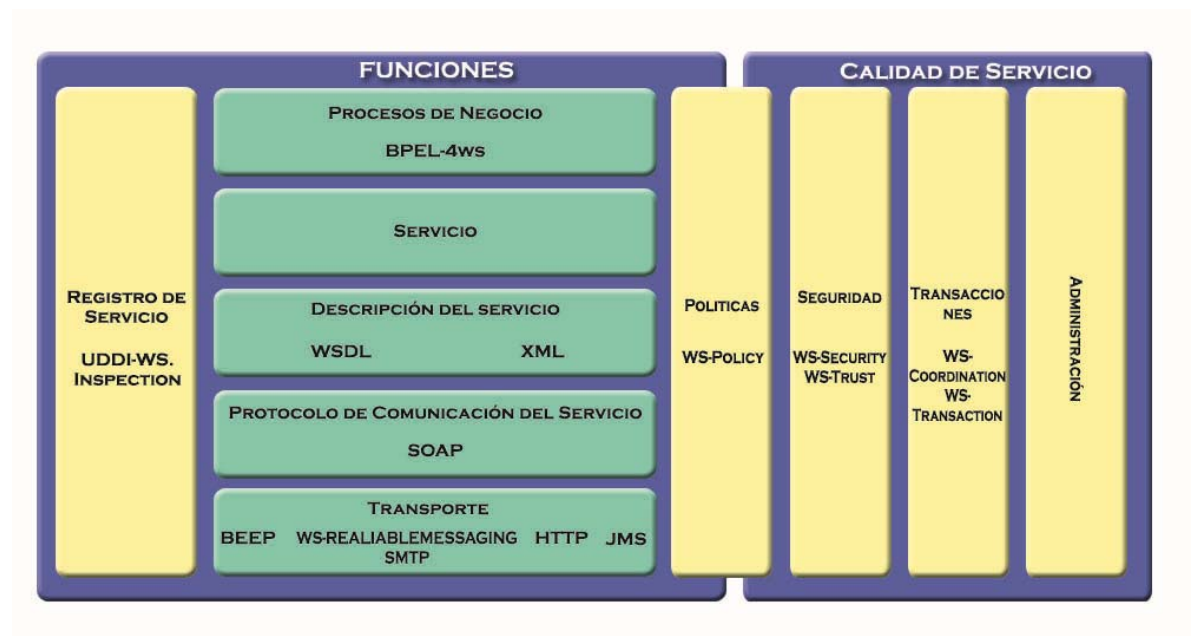


Figura 54. Arquitectura General de los Servicios

e) *JMS (Java Message Service):*

Es una aplicación de interface de programación para JAVA (API) para el envío de mensajes entre dos o más clientes. Soporta dos modelos el modelo punto a punto y el modelo de publicación y suscripción. Una aplicación JMS está compuesta por las siguientes partes:

- Un proveedor JMS que implementa las interfaces que proveen las características de administración y el control.
- Clientes JMS que son los componentes escritos en JAVA que producen y consumen los mensajes.
- Los Mensajes que son los objetos dato entre los clientes JMS.

- Objetos administradores que son objetos configurados previamente por un administrador del sistema para el uso de los clientes.
- Clientes Nativos que son programas que utilizan los mensaje

## 2) Mensajería XML

Es el conjunto encargado de la codificación de los mensajes en XML estándar y pueda así ser interpretado en cualquiera de los nodos de la red. Los componentes más utilizados en este conjunto son los siguientes:

### a) *REST (Representational State Transfer):*

Es un conjunto de principios para el diseño de redes, que es utilizado comúnmente para definir una interfaz de transmisión sobre HTTP de manera análoga a como lo hace SOAP. Aunque REST como tal no es un estándar, posee un conjunto de estándares tales como HTML, URL, XML, GIF, JPG y tipos MIME.

Los principios de REST son:

- Escalabilidad de la interoperabilidad con los componentes.
- Generalidad de Interfaces.
- Puesta en funcionamiento independiente.
- Compatibilidad con componentes intermedios.

### b) *RPC (Remote Procedure Calls):*

Es una tecnología de software que permite ejecutar una rutina en un equipo o segmento de red de manera remota. Es un paradigma popular para la implementación de sistemas

distribuidos bajo arquitecturas cliente servidor.

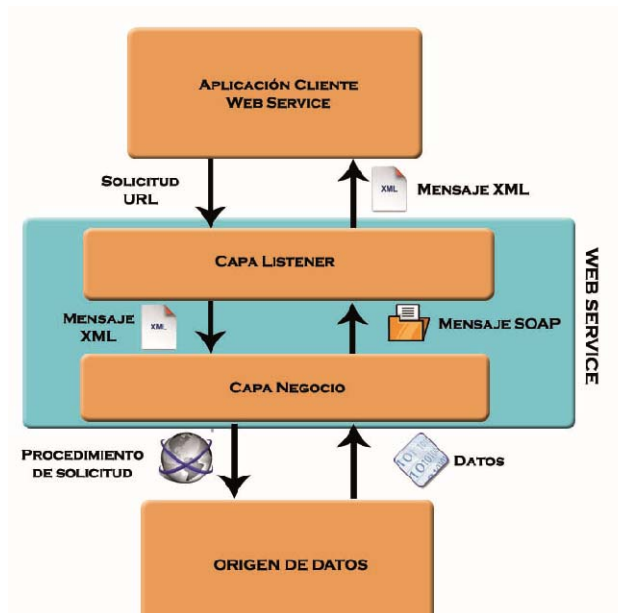


Figura 55. Funcionamiento del Web Service

c) *XML-RPC*:

Es un protocolo de llamada remota que utiliza XML como lenguaje de codificación y HTTP como mecanismo de transporte. Es un protocolo sencillo ya que solo define algunos tipos de datos y comandos.

d) *XML (eXtended Markup Language)*:

XML es uno de los lenguajes más utilizados para el intercambio de datos sobre la web. Su desarrollo se remonta en el año 1996 por el grupo de trabajo de la World Wide Web Consortium lanzando su primera versión el 10 de

Febrero de 1998. El lenguaje XML está concebido para describir objetos de datos llamados Documentos XML y describir de cierta forma los programas que los procesan. Está restringido bajo la norma ISO 8879 el Estándar Generalized Markup Language. Un documento XML es un objeto de datos que está bien formado, y se dice que lo está cuando tomado en su conjunto coincide con la producción del documento etiquetado, reúne todas las especificaciones de formato definidas y cada una de las entidades que se llaman directa o indirectamente

están también bien definidas. El XML es un lenguaje etiquetado, característica que le permite definir objetos de datos estructurados en partes bien definidas llamadas elementos. Una etiqueta es una señal realizada dentro del documento XML que delimita un segmento definido y con sentido de este documento.

Este es un ejemplo de XML:

```
<Edita_Mensaje>
  <Mensaje>
    <Remite>
      <Nombre>Nombre del remitente</Nombre>
      <Correo>Correo del remitente</Correo>
    </Remite>
    <Destinatario>
      <Nombre>Nombre del destinatario</Nombre>
      <Correo>Correo del destinatario</Correo>
    </Destinatario>
    <Text>
      <Asunto>
        Este es un documento sencillo sin atributos
      </Asunto>
      <Parrafo>
        Este es un documento sencillo
      </Parrafo>
    </Text>
  </Mensaje>
</Edita_Mensaje>
```

e) SOAP (*Simple Object Access Protocol*):

SOAP es un protocolo de la capa de aplicación para el intercambio de mensajes basados en XML sobre redes de computadores. Básicamente es una vía de transmisión entre un SOAP Sender y un SOAP Receiver, pero los mensajes SOAP deben interactuar con un conjunto de aplicaciones para que se pueda generar un “diálogo” a través de mensajes SOAP. Un mensaje SOAP es la unidad fundamental de una comunicación entre nodos SOAP. SOAP es básicamente un

paradigma de una sola vía pero con la ayuda de las aplicaciones se puede llegar a crear patrones más complejos. SOAP básicamente está constituido por:

- Un marco que describe el contenido del mensaje e instrucciones de proceso.
- Un conjunto de reglas para representar los tipos de datos definidos.
- Convenciones para representar llamadas a procedimientos remotos y respuestas.
- Y algunos lineamientos entre SOAP y HTTP.

### 3) Descripción Del Servicio

El servicio web debe contar con una interfaz pública la cual es descrita por un formato llamado WSDL (Web Services Descripción Languages).

#### a) WSDL (Web Services Description Language):

WSDL es un tipo de documento XML que describe lo que hace un servicio web, donde se encuentra y la forma de ser invocado. Este provee información muy importante para los desarrolladores, este lenguaje describe el formato de los mensajes que utiliza y a cuales puede responder. Siempre un documento XML WSDL presenta los siguientes elementos:

- Tipos: Tipos de datos usados por los mensajes.
- Mensaje: Que datos son enviados desde un nodo a otro.
- Tipo de puerto: Define las operaciones que pueden ser llamadas.
  - o Operación: Define la configuración de mensajes de entrada, salida y error.
  - o Entrada: Mensaje que es enviado hacia el servidor.
  - o Salida: Mensaje enviado hacia el cliente.
  - o Falta: Error en el envío de un mensaje.
- Límite: Es la descripción del protocolo que se está utilizando para transportar el mensaje que puede ser HTTP POST, HTTP GET, SOAP y MIME.
- Servicio: Define una colección de puertos (nodos); el puerto especifica una dirección para el límite definiendo así la comunicación para un nodo específico.

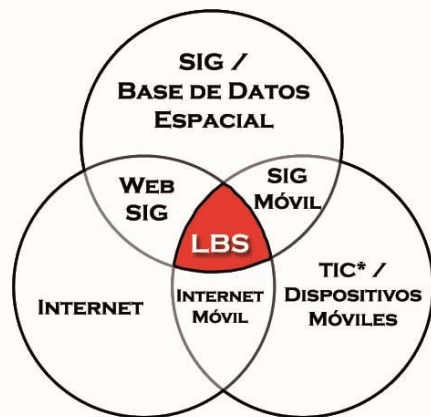
#### *4) Descubrimiento De Servicios*

UDDI (Universal Description Discovery and Integration): UDDI es un marco independiente de la plataforma para describir servicios, negocios e integrar servicios de negocios. La estructura de UDDI está basada sobre los servicios estándares de la web, lo que quiere decir que UDDI es accesible como otros servicios web. UDDI es un esfuerzo de la industria iniciada en Septiembre de 2000 por Ariva, IBM, Microsoft y otras 33 compañías. Los propietarios de los Servicios Web los publican en el registro UDDI. Una vez publicados se mantienen allí apuntadores a la descripción del Servicio Web y al servicio. UDDI permite a los clientes buscar tal registro, encontrar el servicio deseado y extraer sus detalles. Estos detalles incluyen el punto de invocación así como otras características del servicio y su funcionalidad.

## ANEXO I

### SERVICIOS BASADOS EN LOCALIZACIÓN (LBS)

Los teléfonos móviles y la Internet han revolucionado la comunicación y con ellos el estilo de vida de la gente. Un gran número de teléfonos móviles y de asistentes personales digitales, también conocidos como PAD, le permiten a las personas conectarse con la Internet, en cualquier sitio que se encuentren y cuando lo deseen. De la Internet, se puede obtener información de primera mano sobre eventos (cines, conciertos, fiestas) y por otra parte información sobre lugares (mapas de ciudades, restaurantes, museos, hospitales).



\*TIC: TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN

Dicha clase de servicio, en lo correspondiente a la ubicación y hora pueden ser accedidos a través del uso de un Servicio Basado en Localización, por lo tanto, se puede definir:

#### Definición 1:

Figura 56. Fusión de Tecnologías en las que se basa LBS

*Los LBS son servicios de información accesibles con dispositivos móviles, a través de la misma red móvil y utilizando la localización del dispositivo móvil<sup>45</sup>.*

<sup>45</sup> Virrantaus, K., Markkula, J., Garmash, A., Terziyan, Y.V., 2001. Developing GIS-Supported Location-Based Services. In: *Proc. of WGIS'2001 – First International Workshop on Web Geographical Information Systems.*, Kyoto, Japan. , 423–432.

Una definición similar de LBS es dada por el OpenGeospatial Consortium<sup>46</sup>

**Definición 2:**

Un servicio IP inalámbrico que utiliza información geográfica para servir a un usuario móvil. Cualquier aplicación de servicio que aprovecha la posición de un terminal móvil.

Estas definiciones describen los LBS como la intersección de tres tecnologías (ver Figura 56). Es creada de la New Information and Communication Technologies (NICTS) así como el sistema de telecomunicación móvil y dispositivos manuales, de la Internet y de los Sistemas de información Geográficos (SIG) con bases de datos espaciales

Por lo tanto se puede notar que entre SIG y LBS hay similitudes particulares. Estas características son el manejo de los datos con referencia de posición y funciones de análisis espacial (Servicios- LBS) que responden a preguntas como:

- “¿Dónde estoy?”
- “¿Qué está cerca a?” o
- “¿Cómo puedo llegar a?”
- 

Pero LBS y SIG tienen diferentes orígenes y diferentes grupos de usuarios como lo describe Virrantaus *et al.*(2001). Ellos analizan que los Sistemas de Información Geográfica han sido desarrollados durante varias décadas sobre la base de aplicaciones profesionales de datos geográficos. Mientras LBA nació recientemente por la evolución de los servicios móviles públicos. En lo que respecta a los grupos de usuarios, los SIG pueden ser vistos como sistemas

---

<sup>46</sup> Open Geospatial Consortium (OGC), 2005. *Open Location Services 1.1.* .

“profesionales” tradicionales destinados para usuarios experimentados con una amplia colección de funcionalidades. Por otra parte, los SIG requieren extensos recursos computacionales. En contraste, los LBS están desarrollados como servicios limitados para una gran cantidad de grupos de usuarios no profesionales. Tales aplicaciones LBS operando con las restricciones del ambiente computacional móvil como poder de computación bajo, pantallas pequeñas o tiempo de la batería del dispositivo móvil.

## Componentes LBS

Si el usuario desea utilizar el servicio basado en localización, se necesitan diferentes elementos para su infraestructura. En la figura, se muestran los componentes básicos y sus conexiones:

- **Dispositivo Móvil:** Un herramienta para que el usuario haga la solicitud de la información necesitada. Los resultados pueden ser entregados, por voz, imágenes, texto, etc. Los dispositivos posibles pueden ser PDA, teléfonos móviles, portátiles,.. pero el dispositivo puede ser también una unidad de navegación en un automóvil.
- **Redes de navegación:** El segundo componente es la red móvil, la cual transfiere los datos del usuario y la solicitud del usuario del terminal móvil al proveedor del servicio y luego de vuelta al usuario.
- **Componente de Posicionamiento:** Para el procesamiento del servicio, usualmente la posición del usuario debe ser determinada. Dicha posición puede ser obtenida por la red de comunicación móvil o utilizando el Sistema de Posicionamiento Global (GPS). Otras posibilidades para determinar la posición son estaciones WLAN, insignias activas, entre otras. Los mas recientes métodos de posicionamiento pueden ser utilizados especialmente para navegación interior como dentro de un museo. Si la posición no es determinada automáticamente, puede ser especificada manualmente por el usuario.

- **Proveedor de Servicio y Aplicación:** El proveedor del servicio ofrece un número de servicios diferentes al usuario y es el responsable por el procesamiento de la solicitud del servicio. Tales servicios ofrecen el cálculo de la posición, encontrar una ruta, buscar en páginas amarillas de acuerdo a una posición o buscar información específica de objetos del interés del usuario.
- **Proveedor de Datos y Contenido:** Proveedores de servicio usualmente no almacenan toda la información que puede ser solicitada por los usuarios. Por lo tanto, la base de datos geográfica y la información de localización será usualmente solicitada por la autoridad de mantenimiento (ej. Agencias de mapeo) o socios de negocios o de industrias (ej, páginas amarilla. Compañías de tráfico).

### Proceso de Solicitud del servicio

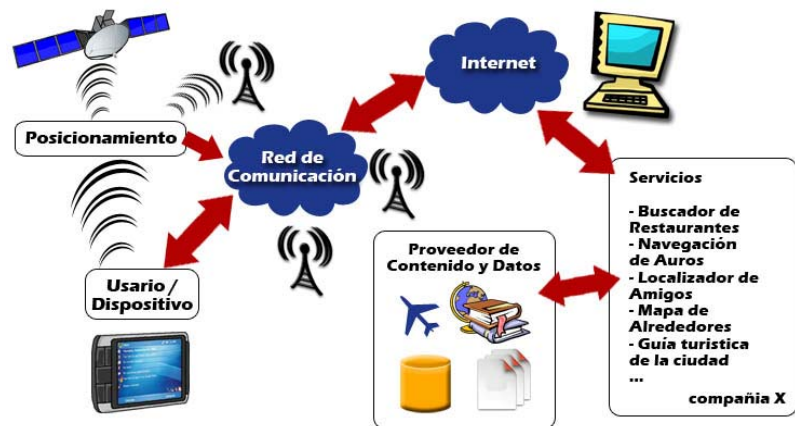
Considerando el ejemplo de buscar un restaurante de comida china, la cadena de información de una solicitud de servicio a responder será descrita a continuación:

Figura 57. Componentes de un Sistema Basado en Localización



La información que el usuario desea, es una ruta a un restaurante chino cercano. Por lo tanto el usuario expresa su necesidad seleccionando la función apropiada en su dispositivo móvil. Ej. Menu: Información de posición == búsqueda == restaurantes == Restaurantes Chinos.

1. Si la función ha sido activada, la posición actual del dispositivo móvil se obtiene del servicio de posicionamiento. Esto se hace ya sea a través



del mismo dispositivo,

Figura 58. Proceso de Solicitud del LBS

utilizando GPS o a través del servicio de la red de posicionamiento.

Después el cliente móvil envía la solicitud de información, la cual contiene el objetivo de la búsqueda y la posición a través de la red de comunicación a una puerta de enlace.

2. La puerta de enlace tiene la tarea de intercambiar mensajes entre la red de comunicación móvil y la internet. Por lo tanto, este conoce las direcciones web de varios servidores de aplicaciones y rutas de solicitud de un servidor específico. La puerta de enlace almacenará también acerca del dispositivo móvil que realizó la solicitud de la información.
3. El servidor de aplicaciones recibe la solicitud y activa el servicio apropiado, en este caso un servicio de búsqueda espacial.
4. Ahora, el servicio analiza nuevamente el mensaje y decide que información adicional aparte del criterio de búsqueda (Restaurante + Chino) y la posición del usuario, se necesita para responder la solicitud. En este caso, el servicio encontrará que se requiere información de restaurantes de las paginas amarilla de una región específica y después le preguntará al proveedor de datos dicha información.
5. Además el servicio buscará información acerca de carreteras y vías que se necesitan para verificar si el restaurante es accesible (ej. Algunas veces un restaurante al orillo de un rio puede no ser accesible si no hay un puente cerca)
6. Teniendo toda la información, el servicio realizará un buffer espacial y una consulta de rutas para sabe de restaurantes chinos. Después de calcular una lista de restaurantes cercanos, el resultado será enviado al usuario vía internet, puerta de enlace y red de comunicación móvil.

Los restaurantes serán presentados al usuario ya sea como una lista de texto (ordenados por distancia) o un dibujo en un mapa. Después de eso el usuario podrá solicitar más información de los restaurantes (ej. Menú y precios), lo cual activa un servicio diferente. Finalmente, si ha escogido un restaurante específico, puede solicitar una ruta a ese restaurante.

## ANEXO J

### ADOBE FLEX

Existen diferentes herramientas a la hora de desarrollar este tipo de aplicaciones (RIA): Open Laszlo, Silverlight, JavaFX Script, Bindows... en nuestro caso hablamos de Adobe Flex.

Adobe Flex (Macromedia Flex hasta el 2005) es el término con el que se denomina a la tecnología de código abierto y de gran productividad para el desarrollo de aplicaciones RIA, Rich Internet Applications (Aplicaciones de Internet Enriquecidas), que se implantan en navegadores, ordenadores y sistemas operativos, aprovechando los tiempos de ejecución de Adobe Flash<sup>47</sup> y Adobe AIR<sup>48</sup>.

Las aplicaciones Flex solo pueden crearse mediante el entorno de trabajo de Flex, llamado Adobe Flash Builder (anteriormente llamado Adobe Flex Builder), el cual puede acelerar el desarrollo mediante el funciones como códigos abiertos, depuración interactiva estratificada y diseño visual del aspecto de la interfaz de usuario.

---

<sup>47</sup> Aplicación de creación y manipulación vectorial (relativamente básico) y de manejo de código en forma de estudio de animación que trabaja sobre "fotogramas" y está destinado a la producción y entrega de contenido interactivo para las diferentes audiencias alrededor del mundo sin importar la plataforma.

<sup>48</sup> es un entorno de ejecución multiplataforma para la construcción de aplicaciones RIA (*Rich Internet Applications*) utilizando Adobe Flash, Adobe Flex, HTML y AJAX, las cuales pueden usarse como aplicaciones de escritorio

Flex fue inicialmente liberado como una aplicación de la J2EE<sup>49</sup> o biblioteca de etiquetas JSP que compilaba el lenguaje de marcas Flex (MXML) y ejecutaba mediante ActionScript<sup>50</sup>, aplicaciones Flash (archivos SWF binarios). Versiones posteriores de Flex soportan la creación de archivos estáticos que son compilados, y que pueden ser distribuidos en línea sin la necesidad de tener una licencia de servidor.

Flex pone en relieve el desarrollo de Interfaces gráficas de usuario usando un lenguaje XML llamado MXML. Flex tiene varios componentes y características que aportan funcionalidades tales como Servicios Web, objetos remotos, arrastrar y soltar, columnas ordenables, gráficas, efectos de animación y otras interacciones simples. El cliente solo carga la aplicación una vez, mejorando así el flujo de datos frente a aplicaciones basadas en HTML (PHP, ASP, JSP, CFMX), las cuales requieren de ejecutar plantillas en el servidor para cada acción. El lenguaje y la estructura de archivos de Flex buscan el desacoplamiento de la lógica y el diseño.

El servidor Flex también actúa como un gateway<sup>51</sup> permitiendo al cliente comunicarse con servicios web XML y objetos remotos (tales como Coldfusion CFCs, clases Java, y cualquiera que soporte el formato de mensajes de acciones).

### **Etapas en el desarrollo de una aplicación Flex**

- Definir un **interfaz de aplicación** usando un conjunto de componentes pre-definidos (formularios, botones,...)
- **Ordenar** estos componentes en el diseño del interfaz de usuario

---

<sup>49</sup> **Java Platform, Enterprise Edition** o **Java EE** (anteriormente conocido como Java 2 Platform, Enterprise Edition o J2EE hasta la versión 1.4), es una plataforma de programación—parte de la Plataforma Java—para desarrollar y ejecutar software de aplicaciones en Lenguaje de programación Java con arquitectura de N capas distribuidas y que se apoya ampliamente en componentes de software modulares ejecutándose sobre un servidor de aplicaciones.

<sup>50</sup> **ActionScript** es un lenguaje de programación orientado a objetos (OOP), utilizado en especial en aplicaciones web animadas realizadas en el entorno Adobe Flash, la tecnología de Adobe para añadir dinamismo al panorama web.

<sup>51</sup> Una **Pasarela** o **puerta de enlace** (del inglés **Gateway**) es un dispositivo, con frecuencia un ordenador, que permite interconectar redes con protocolos y arquitecturas diferentes a todos los niveles de comunicación

- Usar **estilos y temas para definir el diseño visual**
- **Añadir comportamiento dinámico** (una parte de la aplicación interactuando con otra, por ejemplo)
- Definir y conectar a **servicios de datos** según sea necesario (servicios http)
- Compilar el código fuente en un archivo SWF que funcione en el reproductor Flash

## **ANEXO K**

### **CAMPAÑA DE MEDICIÓN**

Se realizaron mediciones alrededor del edificio de Alta Tensión de la Universidad Industrial de Santander (LAT-UIS) con el fin de disponer de un número adecuado de datos reales que permitan verificar concordancia entre el Geoportal, algoritmo del modelo Dejong modificado y los valores reales..

#### **Instrumentos Utilizados:**

- Generador de señales SMB100A de la marca Rohde & Schwarz (R&S).
- Analizador de espectro ZVL-6 de R&S.
- Un par de antenas compactas de banda ancha modelo HG2404CU cuyas especificaciones se detallan en el anexo A.
- Un par de cables LMR300 con conector tipo N macho–macho para conectar las antenas a los dispositivos, cuyas pérdidas registradas fueron 1.6 dBm en cada uno con fluctuaciones de  $\pm 0.2$  dBm.

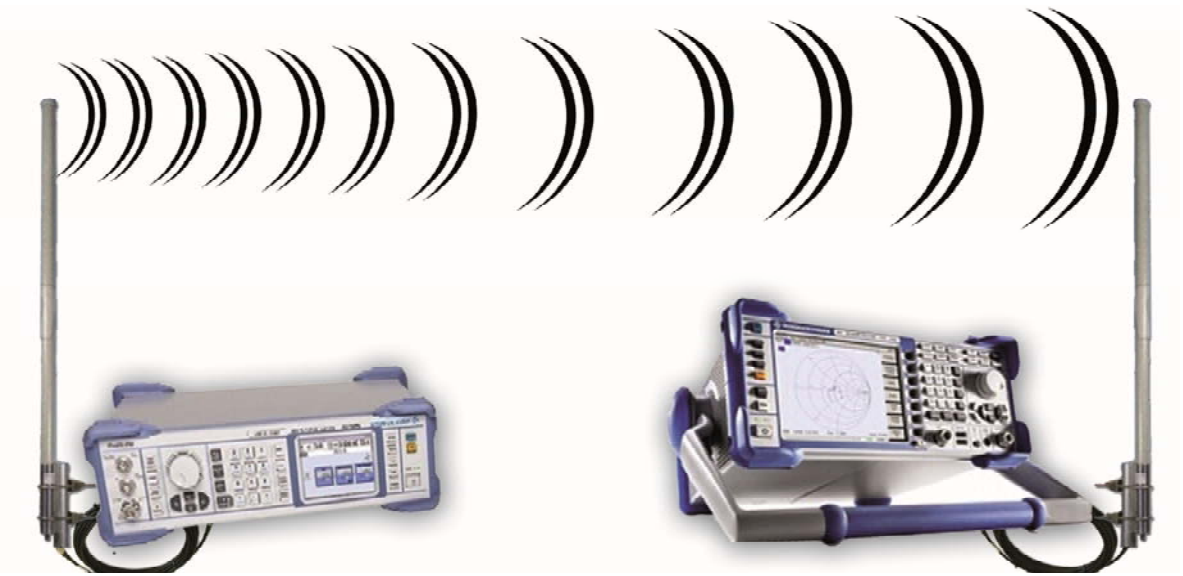


Figura 59. Esquema de Medición

En la campaña de medidas se siguió las recomendaciones del método de Lee para determinar la distancia entre cada punto, en este caso se recomienda que entre cada punto de medida haya por lo menos 3 metros.

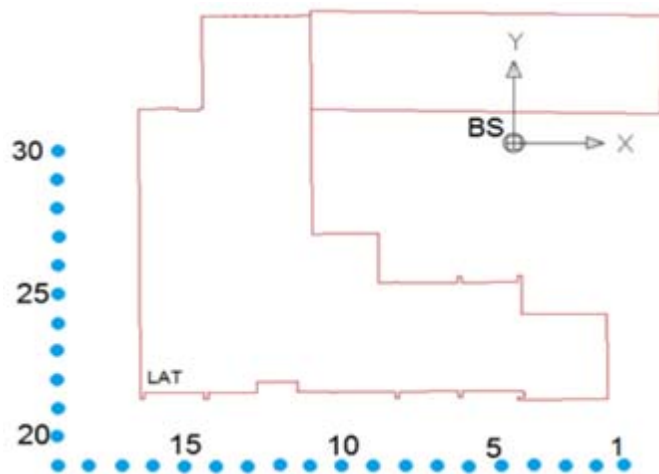


Figura 60. Ruta Campaña de Medición

Para cada medición se tuvo la precaución de verificar que no hubiese interferencia por otras fuentes adicionales alrededor de la frecuencia de 1.9 GHz. Adicionalmente se realizaron las pruebas durante las horas de bajo flujo de personas y poco tránsito en el área para evitar perturbaciones en la señal medida por agentes externos que podrían dificultar tener un ambiente controlado durante el experimento.

Esta ruta se escogió de la manera mostrada en la Figura 60, debido a que en la mayoría de estos puntos de observación las contribuciones por transmisión son las que determinan principalmente el campo. Se dispone de un mapa detallado de las paredes externas para estos edificios (ver Figura xx4), se realizó el trazado de rayos correspondiente con el fin de obtener la distancia que atraviesa el edificio, la distancia desde la antena transmisora hasta la receptora y el ángulo de incidencia respecto a la normal de la pared externa del edificio. Los valores escogidos son verificados comparando potencia recibida obtenida en el algoritmo y la potencia real medida en la ruta.

La potencia transmitida para esta campaña por el generador SMB100A fue 1.9 GHz – 22dBm en la estación base – antena omnidireccional<sup>52</sup> 3.5 dBi (HG2404CU) – situada a una altura de 2.3 metros.

Para la medición de potencia recibida en cada uno de los puntos del esquema de la ruta se utilizó un analizador de espectros (ROHDE&SCHWARZ ZVL Network Analyser) conectado a la antena MS (estación móvil); la antena receptora y transmisora usadas en esta campaña de medición son del mismo modelo y están a la misma altura.

Se programó el analizador de espectro de tal forma que en cada punto de medición se realizó un promediado automático tomando 200 muestras instantáneas para cada frecuencia, teniendo un ancho espectral de 200 MHz con centro en 1.9 GHz, es decir, observando el espectro desde 1.8 GHz hasta 2 GHz y con una separación entre frecuencias de cada 1KHz.

---

<sup>52</sup> Patrón de radiación isotrópico.

## **AJUSTE DE LAS PROPIEDADES ELÉCTRICAS DE LOS EDIFICIOS EN EL ALGORITMO**

Las pérdidas de potencia en un determinado punto de observación, ocurren cuando una onda transmitida por la estación base atraviesa un edificio, depende de factores como el material con el cual están construidas las paredes, la configuración interna de las mismas al interior del edificio, el ángulo con el cual incide la onda en las paredes de la edificación y hasta de factores dinámicos como la posición de personas animales u objetos que estén al interior de la estructura analizada.

Debido a la complejidad de sintonizar dichos valores de manera objetiva, esta labor fue realizada por personal altamente calificado en dicha materia ya que en dicho proceso se debe tener en cuenta que modelar edificios, objetos o en este caso las mismas personas con sus dispositivos móviles celulares se puede volver muy tedioso e inapropiado para el fin que buscamos.

Es por esto, que nos basaremos en el trabajo realizado por un grupo de expertos encargados de sincronizar el algoritmo en condiciones semi-controladas para garantizar la calidad del trabajo realizado.

Como se mencionó anteriormente, la precisión en las medidas y el análisis adecuado de los resultados obtenidos, son de vital importancia para la correcta sintonización de los parámetros que caracterizan los fenómenos como los que pretendemos simular, es por esto que se escogió como escenario experimental el edificio LAT de la Universidad Industrial de Santander para realizar esta labor.

### **Mediciones en un ambiente semi-controlado**

A continuación se realizará un análisis donde se sintonizarán los parámetros que utiliza el algoritmo DeJong-RadioGIS para su correcto funcionamiento. Se mostrarán los resultados obtenidos en una zona de medición alrededor del edificio LAT de la Universidad Industrial de Santander, en la Figura 60 se muestra la ruta

de medición en la que se realizaron las respectivas mediciones para caracterizar dicho edificio.

En la Tabla 8 se presentan las medidas de potencia ( $P_m$  en dBm), obtenidas en cada uno de los puntos, para simular las características del edificio LAT, junto con su respectiva coordenada en metros relativa a la esquina inferior izquierda de la imagen 61 denominada BS, se muestra el ángulo de incidencia de los rayos en las paredes externas del edificio ( $Angle_i$  en grados), el coeficiente de reflexión (Coef. Reflexión) calculado tomando como parámetro de entrada el ángulo  $Angle_i$  y la constante de permitividad del medio que se tomó; y por último la potencia recibida simulada ( $P_{simulada}$  en dBm), empleando la herramienta DeJong-RadioGIS.

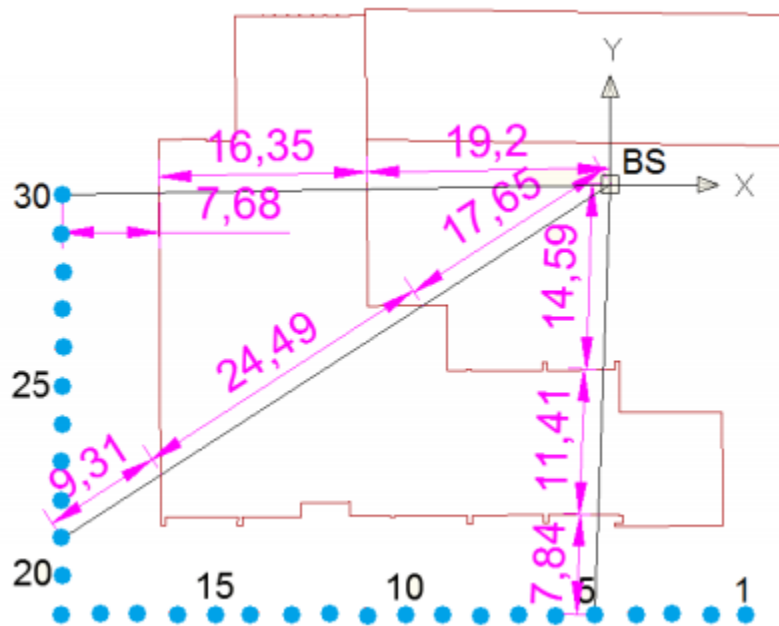


Figura 61. Trazado de Rayos para la Observación Ruta 1. (Distancia en metros)

Tabla 8. Datos medición en LAT

N°	X	Y	Angulo (grados)	Coef. Reflexión	PM [dBm]	Prsimulada [dBm]
1	76	72	17	-0,397257136	-56,8	-55,2
2	73	72	13	-0,390846303	-51,4	-55,5
3	70	72	8	-0,385308624	-61,3	-55,8
4	67	72	3	-0,382434572	-54,2	-59,9
5	64	72	2	-0,3821742	-58,6	-66,1
6	61	72	7	-0,384522978	-65,9	-69,77
7	58	72	12	-0,389521742	-72,3	-71,63
8	55	72	17	-0,397257136	-77,4	-72,63
9	52	72	22	-0,40786248	-75,5	-74,73
10	49	72	26	-0,418533203	-70,6	-75,73
11	46	72	30	-0,431270938	-68,7	-76,38
12	43	72	34	-0,4462113	-77	-80,24
13	40	72	37	-0,458955167	-79,5	-79,79
14	37	72	40	-0,473098716	-78,6	-74,31
15	34	72	45	-0,500000612	-79,9	-74,78
16	31	72	45	-0,500000612	-78,8	-75,07
17	28	72	45	-0,500000612	-80,5	-75,25
18	25	72	45	-0,500000612	-84,6	-75,41
19	22	72	45	-0,500000612	-84,1	-103,75
20	22	75	45	-0,500000612	-81,6	-101,75
21	22	78	45	-0,500000612	-84	-98
22	22	81	45	-0,500000612	-83,8	-76,43
23	22	84	45	-0,500000612	-83	-76,6
24	22	87	23	-0,410343027	-82,2	-76,82
25	22	90	20	-0,403265441	-83,9	-77
26	22	93	16	-0,395485409	-79,6	-77,1
27	22	96	12	-0,389521742	-79,8	-77,19
28	22	99	9	-0,386200667	-83,5	-77,25
29	22	102	5	-0,383268775	-84,2	-77,62
30	22	105	1	-0,382018049	-83,9	-80,47

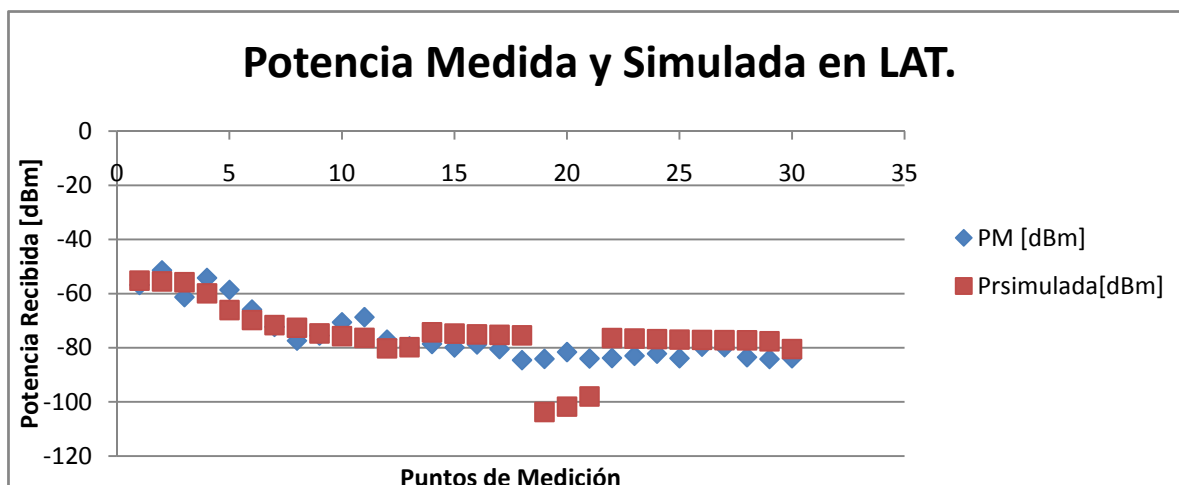


Figura 62. Resultados de medición y simulación para LAT

Para medir la fidelidad de cada una de las curvas respecto a los datos medidos en campo utilizaremos como parámetro de comparación el error cuadrático medio. De esta forma el resultado obtenido para cada una de las curvas es como se muestra en la Tabla 8, donde se calcula primeramente el error cuadrático medio para todos los puntos de la curva en color azul de la Figura 62, y posteriormente el mismo cálculo de error pero despreciando las mediciones con potencia inferior a -80dBm, ya que es justo allí donde se encuentra el piso de ruido en el analizador de espectros y por tal motivo estos datos pierden validez. Posteriormente se presenta el error cuadrático medio para la curva en color marrón de la Figura 62, en esta se realizó la simulación en el algoritmo DeJong-RadioGIS utilizando un orden de descendencia de rayos igual a uno, y luego se realizó el mismo cálculo del error hecho con anterioridad donde no se tuvieron en cuenta para dicho error las medidas con predicción de potencia inferior a -80 dBm.

Tabla 9. Cálculo del error medio cuadrático para las curvas de la Figura 62

Curva analizada	Error cuadrático medio [dB]
Potencia recibida DeJong_OD1	7,5514
Potencia recibida DeJong_OD1>-80dBm	5,2970

En primera instancia se analizan los datos obtenidos en la ruta escogida donde el efecto dominante es la transmisión entre varias paredes, los datos obtenidos tanto en medición como en simulación se muestran en la Tabla 9, y la gráfica comparativa correspondiente se muestra en la Figura 62.

Se aprecia que el algoritmo predice un valor más alto de potencia del que realmente está midiendo el analizador de espectro. Si bien la tendencia de ambas curvas es muy similar, puede apreciarse un error de alrededor de 8 dB que aparece como un déficit constante de potencia a lo largo de toda la ruta. La explicación para esta caída sostenida en el recorrido es debido al hecho de que las mediciones se realizaron en un ambiente urbano que posee variables aleatorias para el algoritmo actual (presencia de aparatos, movimiento de personas por los pasillos y desnivel en la trayectoria de medición) las cuales se convierten en fuentes de pérdidas adicionales de potencia con respecto a las del espacio libre que es el tipo de propagación dominante para esta ruta.

De los datos y curvas mostradas anteriormente puede concluirse que salvo los problemas ocasionados por el piso de ruido en el analizador, que está alrededor de -80 dBm, las predicciones realizadas por el algoritmo que fue objeto de sintonización arrojan resultados satisfactorios incluso al ser evaluado en una zona urbana con alta concurrencia de personas, autos en las calles y árboles en los alrededores lo cual representa un caso desventajoso para el modelo implementado por el grupo RadioGIS debido a que desprecia algunos factores que en algunos casos pueden ser significativos y sobre todo por tratarse de un algoritmo que aún se encuentra en proceso de desarrollo.

**ANEXO L**

# **MANUAL DEL USUARIO**

**SERVICIO DE SIMULACIÓN**



**Basado en el Proyecto:**

**GEOPORTAL WEB COMO PARTE DE UN SERVICIO PARA LA SIMULACIÓN DE UN MODELO DE RADIO-PROPAGACIÓN CON INFORMACIÓN GEOREFERENCIADA**

## FUNCIONES DEL GEOPORTAL

### ESTRUCTURA DE LA PÁGINA PRINCIPAL

Para acceder a la página principal se debe indicar al navegador de su preferencia la dirección <http://telecomunicaciones.uis.edu.co> (<http://telecomunicaciones.uis.edu.co/geoportal/Prueba.html>)



Figura 63. Vista de la página de inicio del portal web

Como se puede ver en la figura 63 la página inicial del portal web el portal está compuesto por 4 partes básicas:

- Modulo Informativo: está representado por un acceso a la wiki del grupo de investigación RadioGis donde hay una completa documentación de los servicios puestos en funcionamiento.
- Modulo Espectro: está representado por un acceso a l módulo de gestión del espectro radioeléctrico, donde exclusivamente se pueden hacer consultas de mediciones almacenadas.
- Modulo Simulación: está representado por un acceso al módulo de planeación de redes celulares donde se puede simular características particulares para implementar una red celular.
- Presentación: está representado por un banner alusivo a los sistemas georeferenciados, y una pequeña descripción de la función del Portal.

Desde las primeras etapas de diseño, se planteó una completa sencillez de la aplicación, es por esta razón que no cuenta con sesiones de usuario, entre otras porque la información que se maneja es de tipo

informativo y preventivo por ende se puede clasificar como información inofensiva y puede ser compartida en la web.

## SIMULACIÓN



Figura 64. Modulo de Simulación

El módulo de simulación consta de dos grandes secciones, la primera es la barra de herramientas al costado izquierdo de la pantalla, y la segunda es el mapa, que ocupa la mayor parte de la pantalla.

## BARRA DE HERRAMIENTAS

Está compuesta por varios tipos de botones, tres de ellos son de tipo componente, y dos de control de navegación.



Figura 65. Barra Herramientas

## MAPA



Figura 66: Componente Mapa

El mapa está diseñado de una manera sobria, con un suave delimitado negro para resaltar la información geográfica, sobre el mapa se gestionan los componentes de control que se encuentran en la barra de herramientas que se mencionó anteriormente para hacer una correcta campaña de simulación de potencia irradiada.

## CAMPAÑA DE SIMULACIÓN.

Para crear una nueva campaña de simulación, basta con acceder al módulo simulación desde la pantalla principal (ver Figura 63). Ya estando dentro de dicho módulo se puede escoger por diligenciar primero la antena sobre alguna zona deseada en la ciudad de Bucaramanga, esto se hace activando el control antena oprimiendo clic sobre él e inmediatamente se crea un componente con forma de antena sobre el centro del mapa, este puede ser ubicado donde el usuario que esté interactuando con la aplicación lo desee.



Figura 67. Control Ubicar Antena

## UBICACIÓN ANTENA

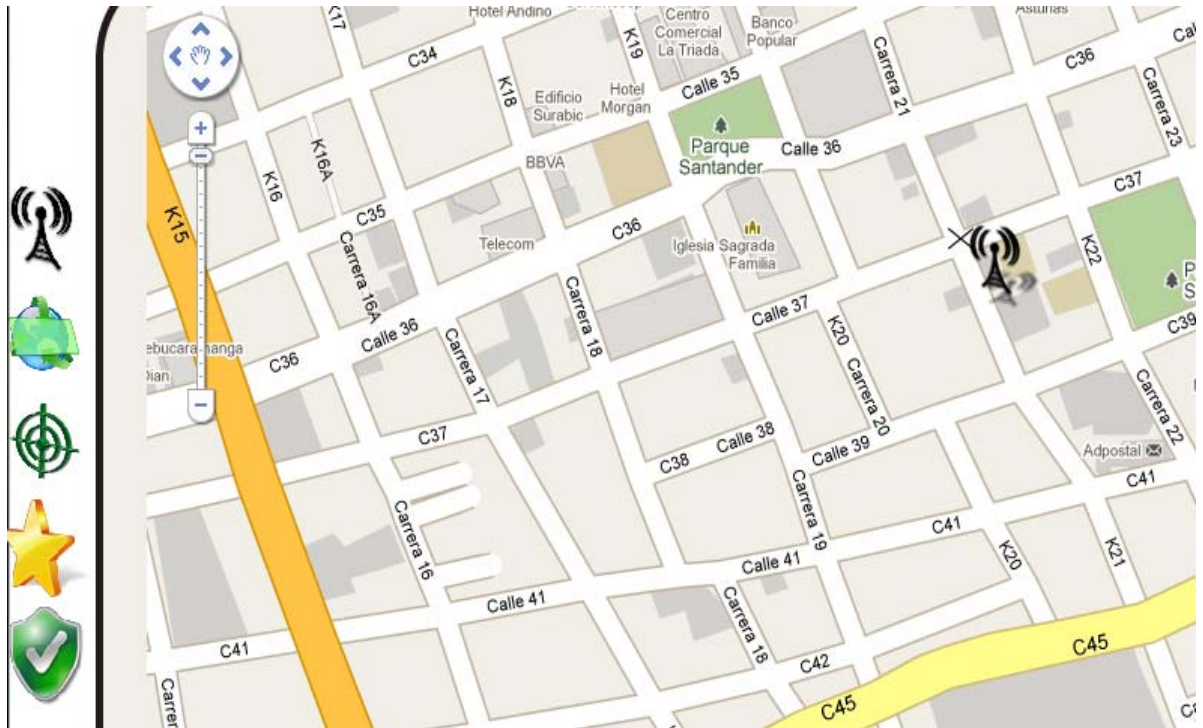


Figura 68. Ubicación de Antena sobre el Mapa

Ya estando la antena diligenciada en el lugar que deseemos, se procede a diligenciar los datos de la antena que queremos simular, para esto se da clic sobre el componente que acabamos de crear “la antena” y nos aparece una ventana que contiene los datos que deben diligenciarse.

A screenshot of a software dialog box titled "Antena" with a close button (X) in the top right corner. The dialog contains several input fields and radio buttons for configuring antenna properties. The fields are: Potencia (dbm) with value 0, Freq. Operación (MHz) with value 0, Altura Torre (m) with value 0, and Altura Antena (m) with value 0. There are two radio buttons: "Isotropica" (selected) and "Brindar Patron". Below these are three more input fields: "Inclinación (grados)", "Acimut (grados)", and "Ancho del Haz (Grados)". At the bottom of the dialog are two buttons: "Crear" and "Remover".

Figura 69. Propiedades de la Antena

En las propiedades de la Antena, se mencionan varios parámetros como son:

- Potencia (dbm): El dato de potencia, solo puede contener valores numéricos, este campo no permite ni deja pasar un campo que no cumpla con esta condición.
- Freq\_Operación (MHz): Al igual que la potencia, la frecuencia de Operación solo recibe datos numéricos, representa la frecuencia de operación a la que vamos a utilizar la antena.
- Altura Torre (m): La altura de la torre también es un dato numérico, no se permiten datos de otro tipo. La altura de la torre representa la altura de la base sobre la cual está ubicada la antena, este valor puede variar entre 1 m y 50m aproximadamente.
- Altura Antena (m): Dato numérico, representa la altura que tiene la antena desde su base, hasta la parte mas alta, estos datos pueden variar entre 1m y 3 m aproximadamente.
- Patrón: En el patrón de radiación hay dos opciones, una de ellas es si la antena es Isotrópica, o tiene un patrón definido, Si la antena es Isotrópica significa que la emisión de señal es regular en todas direcciones y no hay que diligenciar más datos a la antena, en caso que la antena tenga un patrón de radiación específico se habilitan los cuadros de texto más abajo.
- Inclinación (grados): valor numérico, representa la inclinación de la antena con respecto a la horizontal de su base.
- Acimut (grados): Valor Numérico, representa la inclinación de la antena con respecto a la vertical de su base.
- Ancho del Haz (grados): Valor numérico, representa el ángulo que cubre la antena.

Cabe resaltar que todos y cada uno de estos valores viene inicializado con un valor por defecto de cero, adicionalmente están validados para evitar que se gestionen malos usos del software.

## UBICACIÓN ROI

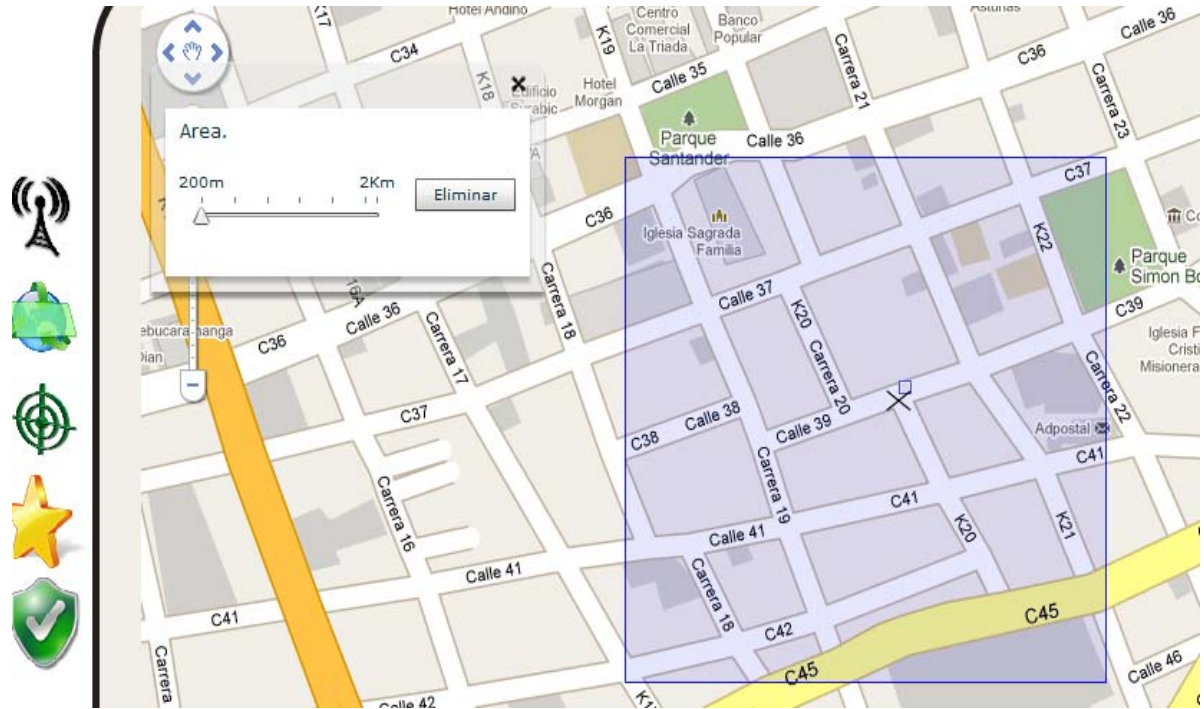


Figura 70: Configuración ROI.

Al igual que la antena, ROI es un componente independiente que se maneja sobre el mapa, al momento de hacer clic en el botón de Área de interés en la barra de herramientas, se crea este control como lo podemos observar, tiene una característica muy importante de validación que consiste en restringir el área de la ROI debido a que el algoritmo es sensible a este tipo de información, también se puede observar que se puede ubicar en cualquier zona según se desee tal como se hace con la antena.

Muy importante a tener en cuenta, es las condiciones para trabajar sobre una ROI:

- No puede ubicarse fuera del área metropolitana de Bucaramanga.
- Al momento de enviar simulación, debe contener en su interior por lo menos una antena con los datos debidamente diligenciados.
- La zona de interés oscila entre  $200m^2$  y  $2Km^2$  con el fin de evitar una sobrecarga y por ende saturación del servidor de aplicaciones donde se encuentra almacenada la aplicación.



Figura 71. Control ubicar ROI

## CARGAR DATOS DE MEDICIÓN.

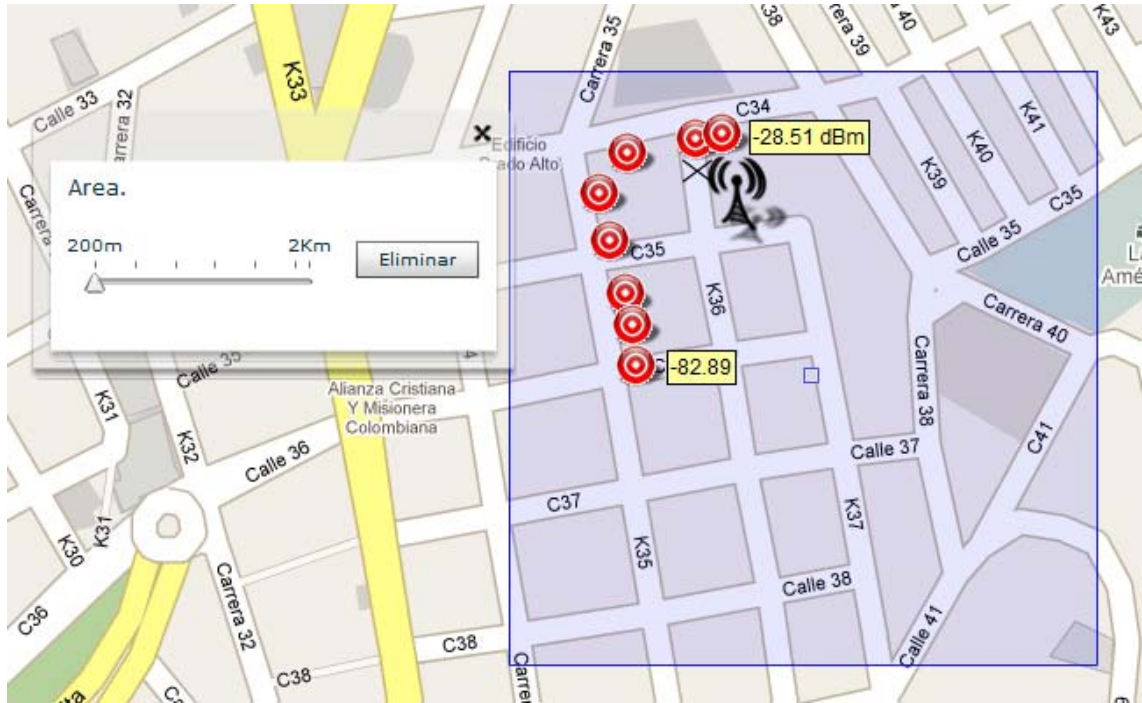


Figura 72: Cargar datos de medición:

La sección de cargar datos de medición, funciona únicamente cuando se han enviado los datos de antena y ROI al servidor para ser analizados.

Funciona de la siguiente manera:

- Al enviar los datos al servidor, el Web Service se encarga de generar una respuesta bien sea positiva o negativa.
- En caso de que la respuesta sea positiva cada vez que se oprima cargar resultados aparecerá un identificador en forma de círculo rojo que representa un punto de medición.
- Dicho punto puede ser ubicado en cualquier parte sobre la ROI exclusivamente.
- Sobre el punto de medición generado, aparece un mensaje que indica el resultado de potencia simulada en ese punto específico del mapa.
- Se pueden generar cuantos puntos se desee, y ubicarlos en los lugares que se deseen dentro de la ROI, para consultar potencia en ese punto.



Figura 73. Control. Cargar Datos de Medición

## CONTROL HOME



Figura 74. Control Home

El control Home, se encarga de la navegación dentro de la simulación, es decir al activarse cambia inmediatamente de módulo y nos lleva a la página inicial, que se muestra en la Figura 63.

## CONTROL SIMULAR

El control simular, se encarga de enviar no sin antes validar por última vez los datos que fueron diligenciados en el mapa, como son la Antena y la posición de la ROI, al servidor de aplicaciones para posteriormente recibir los resultados y publicarlos por medio del control Cargar Datos de Medición.



Figura 75. Control Simular