

**UN SISTEMA DE GESTIÓN BASADO EN SIG PARA LA
EMPRESA PROVEEDORA DEL SERVICIO DE ENERGÍA EN EL
DEPARTAMENTO DEL CAUCA**



**Eliana Andrea Solarte Alegría
Juan Pablo Vargas Arcila**

Universidad del Cauca

**Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones
Departamento de Telemática
Popayán
2009**

Tabla de contenido

INTRODUCCIÓN	4
i. Contexto.....	4
ii. Definición del Problema	4
iii. Propuesta	5
iv. Contribuciones de este trabajo de Grado	5
v. Contenido del Documento.....	6
1. ESTADO ACTUAL DEL CONOCIMIENTO.....	9
2. ESCENARIO DE APLICACIÓN	24
2.1. Diagramas de Flujo de los Procesos	27
2.1.1. Cortar Servicio	27
2.1.2. Reconectar Servicio	29
2.1.3. Suspender Servicio	31
2.1.4. Solicitar Reconexión de Servicio	33
2.1.5. Recolección de Información de Consumo.....	35
2.2. Análisis de Costos	36
2.2.1. Lectura de Contadores de Energía Eléctrica.....	36
2.2.2. Suspensión/Reconexión.....	37
2.3. Análisis de Tiempo	39
2.3.1. Consulta de Consumo	39
2.3.2. Desconexión/Reconexión del Servicio	40
2.4. Requerimientos	41
3. ARQUITECTURA DE REFERENCIA	44
3.1. Descripción por Bloques de la Arquitectura	50
4. ARQUITECTURA DE IMPLANTACIÓN.....	53
4.1. SISTEMAS DE GESTIÓN.....	55
4.1.1. Gestor de Agentes-Java SNMP Package	55
4.1.2. Contador	57
4.2. ENTIDAD GESTORA (SIG – INTERNET)	62
4.2.1. Servidor de Base de Datos (BD).....	62
4.2.2. GeoServer	68
4.2.3. OpenLayers	71
4.2.4. Apache Tomcat.....	73

Un Sistema de Gestión Basado en SIG para la Empresa Proveedor del Servicio de Energía Eléctrica en el Departamento del Cauca CEC.

5.	Evaluación Experimental	75
5.1.	Metodología.....	75
5.1.1.	Escenario No.1	77
5.1.2.	Escenario No.2	83
6.	Conclusiones, Aportes y Propuestas.....	88
	REFEERENCIAS	92

Lista de Figuras

Figura 1.	Arquitectura SALAME.....	12
Figura 2.	Arquitectura REMPLI.....	16
Figura 3.	Arquitectura Ariadna.....	19
Figura 4.	Diagrama de Flujo Cortar Servicio	27
Figura 5.	Diagrama de Flujo Reconectar Servicio	29
Figura 6.	Diagrama de Flujo Suspender Servicio	31
Figura 7.	Diagrama de Flujo Solicitar Reconexión del Servicio.....	33
Figura 8.	Diagrama de Flujo.Recolección de Información de Consumo.....	35
Figura 9.	Principales Componentes del Sistema.....	47
Figura 10.	Arquitectura del Sistema.....	49
Figura 11.	Arquitectura de Implantación	54
Figura 12.	Consulta del Consumo	60
Figura 13.	Consulta de Estado	61
Figura 14.	Cambiar Estado del Servicio.....	62
Figura 15.	Diagrama Entidad Relación Base de Datos	67
Figura 16.	Proceso Básico de Prueba	75
Figura 17.	Prueba 1 del Primer Escenario	78
Figura 18.	Prueba 2 del Primer Escenario	79
Figura 19.	Prueba 4 del Primer Escenario – Contador 1	80
Figura 20.	Prueba 4 del Primer Escenario – Contador 2	81
Figura 21.	Prueba 1 del Segundo Escenario	84
Figura 22.	Prueba 2 del Segundo Escenario	85
Figura 23.	Prueba 3 del Segundo Escenario. Error de conexión al cambiar estado del servicio.	86
Figura 24.	Prueba 4 del Segundo Escenario. Error de cuenta al cambiar estado del servicio.	86

Lista de Tablas

Tabla 1.	Costos Lectura Contador	37
Tabla 2.	Cantidad de Suspensiones del Servicio	38
Tabla 3.	Costos Personal Cuadrillas.....	38
Tabla 4.	Costos Alquiler Vehículo.....	39
Tabla 5.	Costos Totales	39
Tabla 6.	Funciones, variables y OIDs de la Herramientas.....	59
Tabla 7.	Características Base de Datos.....	67

RESUMEN

Actualmente empresas, compañías y/o instituciones gubernamentales o privadas dedicadas a la prestación de servicios a la comunidad, necesitan una adecuada manipulación de datos recaudados lo cual se puede lograr, en la mayoría de casos, al implementar sistemas que optimicen determinados procesos.

Este proyecto de grado denominado “Un Sistema de Gestión Basado en SIG para la Empresa Provedora del Servicio de Energía Eléctrica en el Departamento del Cauca CEC” propone una Arquitectura que tiene la finalidad de contribuir a través de la unión de diversas herramientas tecnológicas a mejorar la eficiencia de los procesos de gestión de información de consumo de Energía Eléctrica, la solución permitiría optimizar el manejo que se le da a esta información, además, se considera que otros procesos tales como tareas de Desconexión y Reconexión del Servicio pueden realizarse empleando menos recursos en cuanto a personal, tiempo y dinero se refiere, por tal motivo, el proyecto integra un Sistema de Gestión que tiene como núcleo el manejo de los datos que se convierten en información útil a la cual es posible acceder rápidamente para efectuar los procedimientos necesarios y un Sistema de Información Geográfico (SIG) que permite interactuar con los datos apoyándose en mapas georeferenciados que soportan la toma de decisiones.

Los beneficios que se obtienen generalmente luego de implementar herramientas como la que se propone en este documento se ven reflejados en un manejo fácil y rápido de datos, además gracias a las interfaces graficas de usuario los administradores o usuarios en general se pueden entender de una manera más amigable con funciones que generalmente son complicadas de manejar.

INTRODUCCIÓN

i. Contexto

Algunas compañías dedicadas a la prestación de servicios públicos como la que opera en el Departamento del Cauca-CEC carecen de un sistema adecuado de recolección de datos de consumo, lo que conlleva a que con frecuencia se presenten inconsistencias en la información obtenida. Acciones importantes que para su ejecución requieren de desplazamiento de personal no se realizan muchas veces de manera efectiva, ya que se ven afectadas al depender de diversos factores como el clima, el estado de las vías de acceso a determinados lugares, entre otros [1].

ii. Definición del Problema

Se estudiaron procesos que tienen que ver con la gestión de datos de consumo y la conexión/desconexión del servicio que efectúa la compañía de Electricidad del Cauca - CEC los cuales para su realización necesitan cierto número de pasos operacionales, tiempo, costos y personal.

El problema de investigación radica en cómo mejorar estos procesos buscando mecanismos que aporten agilidad a la gestión de datos de consumo, una obtención directa de estos datos evitaría una cantidad considerable de inconsistencias. Labores de Conexión/Desconexión se continúan realizando de manera presencial por personal calificado, esto con un adecuado mecanismo podría llegar a ser más eficaz y emplear menos recursos.

iii. Propuesta

Se plantea SIGMA como un proyecto encaminado a optimizar los procesos mencionados, la solución contaría con un Sistema de Gestión de Red más un SIG con el fin de mejorar aspectos relacionados con la eficiencia, fiabilidad, ahorro de tiempo y costos en cuanto a la manipulación de los datos de consumo y conexión/desconexión del servicio, con el SIG se pueden obtener estadísticas de consumo de energía, obtener reportes del estado del servicio de los usuarios, reportes de usuarios del servicio por zonas, entre otros, además la base de datos relacional con la que contaría el sistema permitiría gestionar información de manera rápida y confiable acerca de los suscriptores del servicio, en general se pretende realizar un despliegue, consulta y análisis espacial de la información gestionada.

Se propone la participación de la tecnología PLC (Comunicación por línea eléctrica) como medio físico de comunicación entre las entidades involucradas ya que la compañía posee toda la infraestructura de electrificación a nivel urbano y rural que sirve no solo para conducir electricidad sino que puede ser utilizada como medio de transmisión de datos, sin embargo se puede utilizar cualquier otro medio de comunicación convencional de última milla.

iv. Contribuciones de este trabajo de Grado

- *Presentación del Escenario de Aplicación CEC.*

Se realizó una recopilación importante de datos al interior de la Compañía Eléctrica del Cauca CEC los cuales se graficaron por medio de diagramas del flujo con la finalidad de conocer y entender cómo funcionan determinados procesos al interior de la compañía.

- *Definición de una arquitectura para la gestión de datos.*

Siguiendo una metodología se define en primera instancia una arquitectura de referencia la cual sirve de base para plantear la arquitectura de implantación en la cual diversos componentes se complementan para cubrir las necesidades de mejora que se encontraron al estudiar los procesos al interior de la compañía.

- *Generación de una herramienta.*

Con base en la arquitectura diseñada se desarrolla una herramienta Software para la ejecución de procesos tales como la Consulta remota del consumo que registran los contadores de Energía Eléctrica y la Conexión/Desconexión del Servicio. A través de herramientas de Gestión y SIG el sistema tiene la capacidad de brindar agilidad y eficiencia a los procesos mencionados.

- *Utilización de la Red Eléctrica como medio físico de transmisión.*

Debido a que la compañía cuenta con una infraestructura física que puede ser utilizada como medio de transmisión se emplearon dispositivos que funcionan con tecnología Power Line Communications (PLC) para el transporte de datos entre las entidades involucradas.

v. Contenido del Documento

- En el Capítulo I denominado “Estado Actual del Conocimiento” se encuentran algunos trabajos relacionados que se han desarrollado encaminados a dar solución a problemas relacionados con los que se pretende manejar en este proyecto de grado, se describen aspectos relevantes que se tendrán en cuenta vinculados con Sistemas de Información Geográfico y Sistemas de Gestión de Red, tiene como propósito obtener aportes realizando una crítica, es decir un análisis de aquello que incumbe a los propósitos de este proyecto.
- Capítulo II “Escenario de Aplicación”. Está dedicado enseñar un panorama de la compañía CEC en cuanto a procesos y los costos de estos se refiere esto se hace

representando gráficamente la manera en la cual se efectúan actualmente procesos tales como la Recolección de Datos de Consumo de Energía Eléctrica y Conexión/Desconexión del Servicio. Se detallan costos monetarios mensuales que asume la empresa CEC por concepto de Toma de Lectura de Contadores de Energía y por contratos del personal que efectúa labores manuales de Conexión/Desconexión del Servicio, igualmente un análisis del tiempo que necesitan, de esta manera se capturaron los requerimientos que debe cumplir el proyecto al quedar en evidencia las necesidades de la de organización.

- Capítulo III. "*Arquitectura de Referencia*" Está dividido en dos partes, la primera dedicada a presentar de manera general los bloques constitutivos de la Herramienta, tales como el Sistema Gestor, la Entidad Gestionada, la Red de transmisión de datos utilizada y el Sistema de Información Geográfico, la segunda parte contiene una explicación más en detalle de los componentes de la Arquitectura.
- Capítulo IV. "*Arquitectura de Implantación*". En este capítulo se especifican las herramientas tecnológicas utilizadas y se tratan las razones por las cuales se eligieron. Se visualizan además algunas de las interfaces gráficas de la herramienta, tiene como objetivo permitir un acercamiento más real a la manera en la cual SIGMA realiza las funciones de gestión.
- El Capítulo V denominado "*Evaluación Experimental*" presenta los escenarios de prueba de la herramienta SIGMA y los análisis de los resultados.
- Finalmente el Capítulo VII está dedicado a exponer las Conclusiones este trabajo de Grado, los Aportes del mismo y las propuestas de trabajos futuros.
- Anexo A. Este anexo contiene practicas referentes a las herramientas tecnológicas utilizadas en esta proyecto de grado en cuanto a gestión y SIG.

Un Sistema de Gestión Basado en SIG para la Empresa Provedora del Servicio de Energía Eléctrica en el Departamento del Cauca CEC.

- Anexo B. Manual de Usuario. Esta guía explica más en detalle las interfaces de usuario de la herramienta, desde como ingresar al sistema hasta como realizar acciones sobre el servicio.

1. ESTADO ACTUAL DEL CONOCIMIENTO

Para el desarrollo de este proyecto fue necesario tener en cuenta antecedentes en cuanto a implementaciones relacionadas que se han realizado, esto con el fin de construir el Estado Actual del Conocimiento. Estos antecedentes permitieron obtener ideas importantes en cuanto a la utilización de herramientas se refiere, de igual manera permitió comparar los alcances de los proyectos estudiados y los de este proyecto.

La dinámica es la siguiente: de manera general se analiza el objetivo que persigue cada uno de los proyectos, la razón por la cual surgieron, la solución que plantearon para cubrir las necesidades expuestas y en que se apoyaron para validar la solución. Este proyecto se nutre de este análisis ya que adopta mecanismos y herramientas para abordar determinadas necesidades.

Existen diferentes proyectos relacionados con la Gestión Remota de Dispositivos y Sistemas de Información Geográficos en diferentes partes del mundo, estos proyectos ilustran ejemplos de aplicación de Gestión de Redes y SIG,

Primero que todo en cuanto a proyectos relacionados con Sistemas de Gestión vinculados con el Servicio de Energía Eléctrica se escogieron los siguientes:

- En Brasil la Universidad Federal de Campiña Grande en asocio con la Compañía de Electricidad de Brasil CELB/SAELPA plantearon un proyecto en el 2003 llamado "SALAME (Electrical Energy Remote Measuring System)" este sistema de medición remota tiene como objetivo general mejorar los procesos de obtención de datos concernientes a la red de distribución de Energía Eléctrica así como abrir un nuevo canal de información que permite a los clientes de la compañía acceder a cierta información, también que el sistema ayude en el soporte de elementos de red, en resumen pretende realizar la

gestión remota de dispositivos medidores de Energía Eléctrica, prevenir fallas, brindar información al consumidor o usuario, entre otros[2].

Este proyecto surgió debido a la necesidad de mejorar la calidad del sistema ya que de alguna manera los sistemas de medición convencionales se enfrentan a problemas de imprecisión e ineficiencia porque las mediciones realizadas por personal encargado pueden ser imperfectas e ineficaces por estar sujetas al error humano, además, era difícil un control total de una red tan compleja como lo es la red de distribución de Energía Eléctrica.

Se consideró que los Sistemas de medición automáticos eran una alternativa a los sistemas convencionales como una forma de proporcionar una mejor calidad de servicio, por lo tanto, se hacía necesaria una gestión efectiva de los componentes de medida (contadores de Energía Eléctrica) de la red de distribución.

Se adoptó el protocolo de gestión SNMP (Simple Network Management Protocol) como una alternativa para ser utilizada ya que simplifica tareas de lecturas del medidor y el control de los dispositivos del sistema.

El aporte del proyecto SALAME a este trabajo es valioso ya que la exploración que ellos han realizado está relacionada directamente con la utilización de un Protocolo de Gestión de Red en un entorno de distribución de Energía Eléctrica, lo cual es precisamente una de las cosas que se pretende hacer en este proyecto de grado.

Ellos escogieron SNMP debido a que el protocolo es no orientado a conexión es decir UDP (User Datagram Protocol) por tanto no sobrecarga la red, como si lo harían otros orientados a conexión del tipo TCP (Transmission Control Protocol) ellos requieren un sistema rápido más que fiable y realizan la siguiente

suposición: en una ciudad de 2 millones de habitantes, donde hay, entre residencias, edificios comerciales e industrias, 500 mil puntos de medición y por cada punto un medidor instalado en estado operativo se presentan diariamente 200 reclamos de usuarios por medidores dañados, SNMP aporta eficiencia a SALAME ya que el monitoreo de todos estos dispositivos se hace de manera rápida e incluso antes de que el usuario reporte el daño el sistema ya lo ha encontrado permitiendo de esta manera agilizar la reparación, es decir que al utilizar SNMP se hace un efectivo y constante monitoreo de la red reduciendo la dependencia de la información que brinden los suscriptores acerca de daños, en caso que exista un daño y al transportar este dato encapsulado en un paquete se pierda lo que ocurre es que casi enseguida ya se estará realizando otro recorrido por el sistema que permitirá detectarlo esta vez, por esta razón SNMP es adecuado ya que se necesita más velocidad que fiabilidad, además estas tareas y otras de gestión de la red de distribución se convierten en procesos sencillos debido a que solo es necesario mantener y analizar valores almacenados en un banco de datos virtual de objetos gestionados que posee SNMP denominado Base de Información de Gestión (MIB) permitiendo así realizar un manejo más eficiente de la información.

En una MIB, los recursos de la red para ser gestionados deben ser representados como objetos, en el contexto SNMP, un objeto se define como una variable de datos que representan un aspecto del agente de gestión, la colección de estos objetos es referida como la MIB es la base de datos lógica conteniendo información de gestión de red local residente en cada uno de los agentes [3].

La Arquitectura de Gestión de SALAME se presenta a continuación y se explica brevemente,

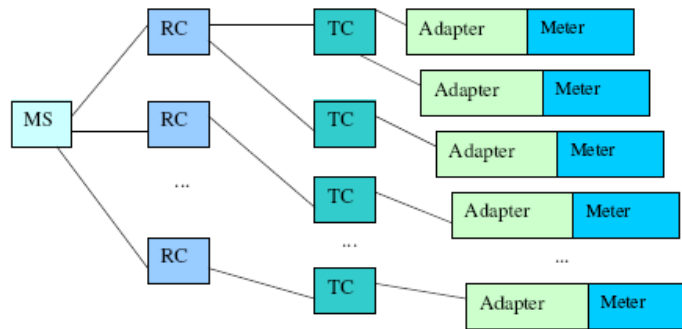


Figura 1. Arquitectura SALAME

La estación de Gestión (MS) es un componente de software que actúa en la red su principal función es la de gestionar dispositivos. El Concentrador Regional (RC) es también un componente de software que tiene como función principal obtener datos relativos al consumo y almacena estados. El Concentrador de Transformadores (TC) tiene la función de monitorear un reducido grupo de contadores (meter). Los únicos cambios que deben realizarse en el sistema de medición convencional es poner un adaptador electrónico al contador.

En SALAME Se utiliza PLC (Power Line Carrier) como medio para transmitir información entre los medidores y un Concentrador (TC), este Concentrador es el encargado de monitorear una reducida cantidad de medidores tomar datos y pasarlos a otra entidad que está por encima de él (RC) luego ya van a la entidad gestora (MS).

Este proyecto y otros que plantean Arquitecturas basadas en SNMP consideran que la dinámica Gestor – Agente que se maneja entre los módulos es apropiada cuando se desea obtener información rápida acerca de los dispositivos gestionados en este caso al igual que en SIGMA, contadores (meters) ya que aporta eficiencia a tareas importantes, por lo tanto, constituye tal vez una de las

herramientas más indicadas para desarrollar aplicaciones en un entorno de distribución de Energía Eléctrica debido a las ventajas que se han encontrado al ser incorporado en proyectos como SALAME.

SIGMA a través de la integración de un Sistema de Gestión pretende monitorear datos de consumo de Energía Eléctrica y almacenarlos en un banco virtual de datos tal como lo hace SALAME, de esta manera se podría agilizar la gestión de información de Consumo de Electricidad la cual es valiosa para la compañía de electricidad CEC ya que de esta depende la generación de facturas por concepto de la prestación del servicio gracias a esto también se evitaría realizar la retoma de datos que registran los contadores esto se hace cuando se presentan inconsistencias y esto ocurre con mucha frecuencia.

La motivación de SIGMA es similar a la del proyecto SALAME ya que integra el sistema de gestión SNMP con el objetivo de poder realizar de manera oportuna acciones sobre el sistema y evitar fallas debido al error humano, SIGMA a través del uso de este protocolo podría facilitar y brindar eficiencia a la ejecución de tareas de Conexión/Desconexión del Servicio y Consulta de Consumo, así como SALAME apuntó a la utilización del protocolo para el oportuno reporte de daños en el sistema.

SALAME se apoya en la lógica Gestor-Agente que maneja SNMP para el monitoreo de elementos constitutivos de la red de distribución, acciones que comúnmente eran realizadas únicamente por personal calificado. En la Compañía que distribuye Electricidad en el departamento del Cauca CEC los procesos son ejecutadas de manera manual por personal calificado, Ingenieros, Técnicos y Linieros se desplazan hasta el lugar en el cual se deben ejecutar las acciones concretadas, SNMP entraría apoyar a SIGMA para facilitar la ejecución de tareas de manera remota como se hace en SALAME, además, teniendo en cuenta otros antecedentes encontrados la principal ventaja de SNMP para los programadores de herramientas de gestión de red, es su

sencillez frente a la complejidad inherente de otros protocolos de gestión como CMIP (Protocolo Común de Información de Gestión), protocolos que resuelven limitaciones que puede presentarse con SNMP, pero consume mayores recursos por lo cual es poco utilizado en la implementación de sistemas de gestión de redes en el ámbito empresarial. CMIP requiere 10 veces más recursos de red que SNMP. En otras palabras, muy pocas redes en la actualidad son capaces de soportar una implementación completa de protocolos como CMIP sin grandes modificaciones en la red (mucho más memoria y nuevos protocolos de agente) [4].

- Otro proyecto destacado es el de la universidad francesa LORIA-INPL y la Wuhan University of Technology de la China que desarrollaron el proyecto denominado: “Sistema PLC (Powerline Communication) para supervisión de equipos alimentadores de subestaciones de Energía Eléctrica”, con este proyecto se propone la automatización de las subestaciones de energía, la comunicación con las mismas, así como el manejo de información con un sistema que desarrollaron denominado REMPLI (Remote Energy Management vía Power Lines and Internet)[5], tiene como objetivo la creación de una infraestructura conveniente para la recolección de datos en tiempo real, ya que de este proceso depende la facturación, las estadísticas, la planeación, estudio de las tarifas de cobro por el servicio, gestión de la red de distribución (supervisión, control, calidad), control de la detección de las fallas en la red, averías y estudios de nuevos servicios en domótica y en seguridad básicamente [6][7].

El proyecto REMPLI surgió debido a la necesidad de aportar calidad a procesos de gestión de subestaciones de Energía impulsados por cambios en las políticas de prestación de este servicio y la desregularización del mismo supone que se debe brindar de manera más efectiva el Servicio de Energía Eléctrica y con alta calidad. Las redes de distribución son el enlace final entre el sistema de transmisión y los clientes. El 80 % de interrupciones del servicio que reportan

los clientes son debido a fallas en las redes de distribución. Con el fin de mejorar la fiabilidad, se considera que Subestaciones deben ser automatizadas para encontrar más rápidamente el origen de estas fallas y solucionarlas.

La solución que plantea REMPLI es la automatización de las funciones y aplicaciones de las Subestaciones de Energía con el sistema SCADA¹ (Supervisory Control and Data Acquisition) que permite mantener monitoreado el sistema y generar alarmas optimizando así la operación y el mantenimiento con una mínima intervención de personal la idea es que operaciones sobre el sistema puedan realizarse de manera local y remota.

Ellos consideran que la construcción de una red cableada de comunicación privada es costosa además tendría que ser de gran tamaño, otra alternativa es la tecnología inalámbrica pero hay dificultad para el acceso a determinados equipos ya que a menudo se localizan en ambientes cerrados con obstáculos metálicos (paredes de concreto reforzado y tuberías) presentándose además interferencia electromagnética. En este caso consideran ideal el uso de las líneas de distribución eléctrica (PLC) como un medio de comunicación, porque no se necesitan nuevos cables, es fiable y de alta velocidad de transmisión, chips PLC son de utilidad para brindar seguridad.

¹ SCADA (Registro de Datos y Control de Supervisión) es una aplicación de software especialmente diseñada para funcionar sobre ordenadores (computadores) en el control de producción, proporcionando comunicación con los dispositivos de campo (controladores autónomos) y controlando el proceso de forma automática desde la pantalla del ordenador. También provee de toda la información que se genera en el proceso productivo a diversos usuarios, tanto del mismo nivel como de otros usuarios supervisores dentro de la empresa (supervisión, control calidad, control de producción, almacenamiento de datos, etc.).

La arquitectura que plantea REMPLI se ilustra a continuación,

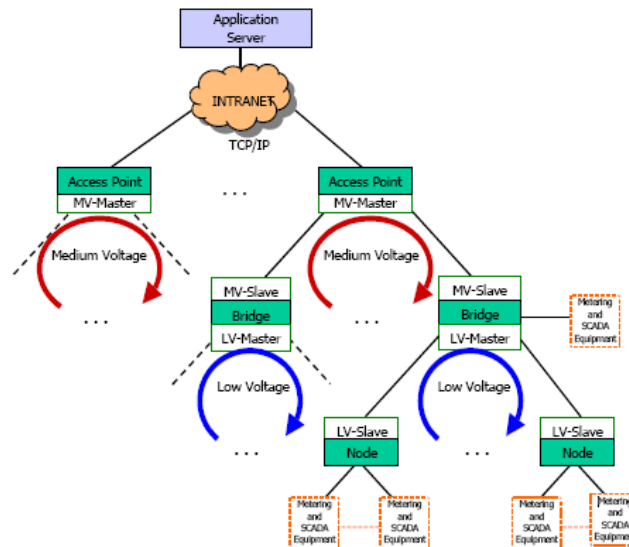


Figura 2. Arquitectura REMPLI

El Servidor de aplicaciones REMPLI está conectado con el Punto de Acceso (Access Point) localizado en el nodo de Media Tensión (MV) a través de la intranet de la compañía de Energía basado en la red TCP/IP. Para el resto de la red se usa PLC, REMPLI se extiende desde el segmento de Media Tensión hasta el de Baja Tensión. Cada nodo de Baja Tensión (LV) se conecta con un número determinado de medidores de Energía Eléctrica a través de un equipo SCADA. Para cada segmento de voltaje se maneja un modelo de comunicación Maestro/Esclavo en el cual únicamente el maestro puede iniciar el envío de un paquete de transmisión el esclavo tiene que esperar la solicitud que hace el maestro y enviar el paquete de respuesta al maestro

SIGMA pretende aprovechar la red de distribución Eléctrica como lo hace SALAME y REMPLI ya que desde un punto de vista técnico las compañías eléctricas como la que opera en el Departamento del Cauca CEC están muy bien posicionadas, ya que su conexión metálica con cada usuario, diseñada

para transportar Energía Eléctrica, puede convertirse en un mecanismo de transporte de información digital capaz de transportar datos [8], evitando así implementar sistemas cableados o inalámbricos adicionales que acarrear costos tal como lo plantean en el proyecto REMPLI.

- Otro proyecto que tiene que ver con PLC y gestión fue presentado en el 2005 por la compañía canadiense Hydro Québec, esta empresa ha desarrollado un programa de automatización de la distribución de Energía Eléctrica que incluye el desarrollo del diseño de un sistema avanzado de distribución con el cual se puede probar el funcionamiento total del sistema que involucra equipos transformadores, gabinetes de control, y software, precisar la localización de averías, gestión del voltaje, desarrollo de sistemas de gestión de datos de los principales equipos (reguladores de voltaje, interruptores automatizados, breakers) y otros sensores así como probar el ancho de banda del sistema PLC, esta empresa además pretende ser un miembro activo de grupos como la IEEE con respecto a la normatividad, estándares y equipos [9].

Se observa como los proyectos SALAME en Brasil, REMPLI en Francia y de Hydro Quebec en Canadá consideran utilizar la red eléctrica como medio de transmisión de datos de gestión ya sea por costos, por desempeño o por fiabilidad, la razón más obvia es que las compañías ya cuentan con las redes de distribución y se ahorran dispendiosas labores de instalación de otro tipo de red de transmisión de datos, además de costos de la mismas, por esta razón un aporte importante de SALAME, REMPLI y el proyecto de Hydro Quebec a SIGMA es la idea de utilizar equipos de PLC para transmitir datos de gestión.

Comenzando por la red de distribución doméstica, que es donde más despliegue real de telecomunicaciones sobre líneas de energía existe actualmente, el objetivo es convertir el cableado de distribución doméstico en una red de área local, siendo cada enchufe un punto de acceso a la red, para esto el proyecto SIGMA cuenta con unos módems PLC marca Corinex que

facilitan la comunicación entre equipos, sin embargo también funciona con otros medios físicos más convencionales de transmisión de datos de última milla [10].

Aunque sea obvio, es pertinente recordar que la red eléctrica no ha sido diseñada para transportar información que requiera cierto ancho de banda; de hecho constituye un medio muy hostil: un canal con una respuesta en frecuencia muy variable, tanto de lugar a lugar como en el tiempo, y muy ruidoso. Sin embargo para aplicaciones del tipo que se plantean en estos proyectos donde no se requieren transmisión de voz o imagen, la red permite la transmisión de datos sin mayores dificultades [11].

En cuanto a proyectos vinculados con el desarrollo de Sistemas de Información Geográficos se encontraron los siguientes:

- En la Universidad del Cauca se desarrolló el proyecto ARIADNA (Adquisición Remota de Información Ambiental para diagnóstico y gestión de recursos naturales) a cargo del Grupo de Ingeniería Telemática con el objetivo de hacer seguimiento a los recursos naturales de un ecosistema estratégico protegido diseñando e implementando un prototipo de un Sistema Integrado de Información Ambiental, además, la formulación de planes de desarrollo, prevención de riesgos y desastres, y el ordenamiento de los recursos naturales para dicho ecosistema [12].

Tal como se puede ver en la siguiente imagen ARIADNA adquiere información de un medio ambiente protegido a través de unos sensores especiales conectados a una unidad remota (RTU) luego esta información llega a un modem y se transmite vía radio a otra estación que utiliza un sistema de supervisión y adquisición de datos (SCADA), esta información se almacena en bases de datos y gracias a un Servidor de Información queda lista para ser gestionada a través de SIG, se puede acceder a ella por internet o directamente del Servidor de Información.

Un Sistema de Gestión Basado en SIG para la Empresa Proveedor del Servicio de Energía Eléctrica en el Departamento del Cauca CEC.

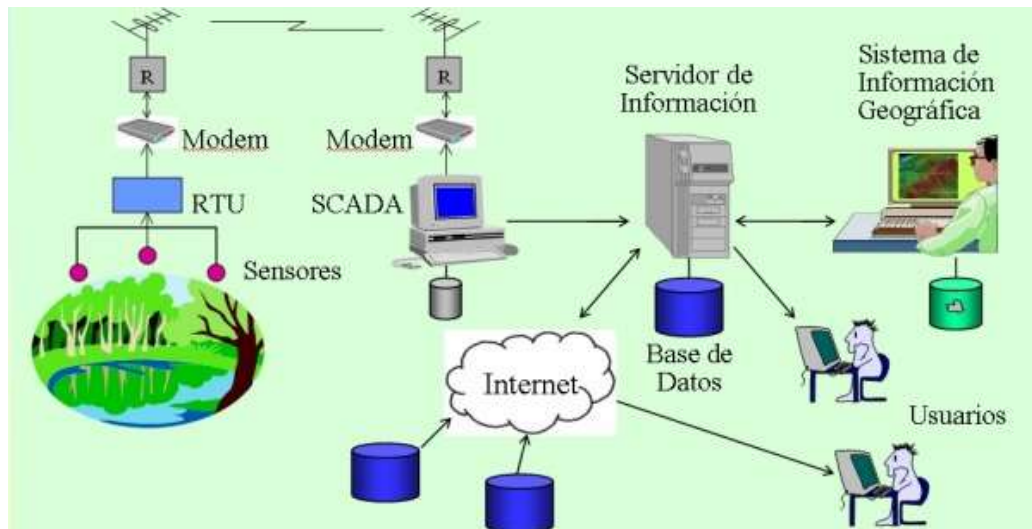


Figura 3. Arquitectura Ariadna

- En la Universidad del Cauca, se desarrolló el proyecto SIRA Sistema Integrado de Información sobre el Recurso Agua el cual tiene que ver con la constitución y articulación del clúster Sur occidental Colombiano del Agua, soportado en la creación e implementación de un prototipo del Sistema de Información Regional sobre el Agua [13] [14].el cual toma como referencia el proyecto ARIADNA. Las características principales son:
 - ✓ Aplicación Web
 - ✓ Expandible a nuevos análisis y funcionalidades.
 - ✓ Permite agregar nueva cartografía
 - ✓ Fácil de manejar

Estas características de SIRA pueden ser tenidas en cuenta por SIGMA para ser una herramienta de calidad, la Aplicación Web permite que la información pueda ser gestionada desde cualquier lugar por personal autorizado, SIGMA podría ser expandible a nuevos análisis y funcionalidades para que no quedara obsoleta en corto tiempo, permitir agregar nueva cartografía a SIGMA implica

que la herramienta se pueda utilizar no solo para la zona urbana y rural de la ciudad de Popayán sino en más zonas del departamento del Cauca donde la compañía CEC preste el Servicio de Energía Eléctrica, y por último toda herramienta debe contar con interfaces de usuario que permita el fácil manejo la misma.

SIGMA no es un proyecto tan complejo como lo es ARIADNA no pretende obtener resultados informativos de amenazas volcánicas o de sensibilidad a la acidificación, u obtener mapa de cobertura y niveles de fragmentación de la vegetación en el área de estudio, sin embargo si espera obtener reportes de domicilios que tienen suspendido el servicio, usuarios con el servicio de energía activo, reportes de promedio de consumos e información por comunas acerca de la prestación del servicio.

SIRA maneja varios roles, entre ellos se destacan la Administración del componente ambiental que se encarga de la Gestión de Usuarios, Gestión de variables y Gestión de Tipos de Estudios, también Usuarios de consulta que interactúan con los mapas y consultan información analizando los datos introducidos, SIGMA requiere también de un Administrador del sistema cuyas funciones también incluirían la Gestión de Usuarios y la Gestión de variables en este caso variables propias de la gestión datos del Sistema de Distribución de Energía Eléctrica, también usuarios que puedan interactuar con el mapa por comunas de Popayán consultando información de usuarios del servicio, consumos, entre otros [15].

Estos dos proyectos ARIADNA y SIRA desarrollados en la Universidad del Cauca se apoyan en los SIG para poder gestionar adecuadamente recursos medioambientales, SIGMA pretende apoyarse en SIG para poder gestionar efectivamente datos de consumo y de usuarios del Servicio de Energía y poder visualizar y obtener reportes de las acciones de corte y reconexión.

- En el estado de Anambra en Nigeria en 2001 surgió un proyecto que buscaba realizar supervisión de fallas en la red eléctrica por medio de un SIG y facilitar la realización de análisis para la toma de decisiones operacionales y estratégicas, este proyecto [16] se denomina “GIS in Management of Electricity Distribution Network”.

Este proyecto fue motivado por la necesidad de realizar un óptimo monitoreo, ordenar los mapas y los datos de las redes de distribución de Energía Eléctrica, ya que cada vez se hacían más dispendiosas las labores de actualización de datos debido a su gran volumen no podían ser manejadas ya por el sistema tradicional de mantenimiento de registros por ser cada vez era menos útil para la actualización de datos, además implicaba costos elevados este proceso, con respecto a los mapas estos se extravían con facilidad o se deterioran debido a que muchas personas diferentes en distintos lugares los manipulaban.

La solución que plantearon fue la implementación de un SIG que permitiera digitalizar los mapas, hacer que la gestión de los datos fuera más efectiva a través de una base de datos relacional y monitorear la red de distribución eléctrica, consideran que al implementar un SIG habrá mejoras en la planeación, implementación y operación del sector eléctrico mediante el suministro de información oportuna, confiable, lo suficientemente detallada y precisa de datos que facilitará la toma de decisiones de sus actividades.

SIGMA al igual que este proyecto requiere de una base de datos relacional para almacenar y relacionar datos de los usuarios del servicio de Energía Eléctrica, tal como, predios, direcciones, número de cuenta, matrícula predial, entre otros. SIGMA entiende el enfoque de este proyecto en Nigeria de darle un manejo adecuado a los datos para poderlos actualizar constantemente y que no se alteren o se pierdan, este proyecto en Alambra Nigeria georeferencia todos los elementos que involucran una red de distribución de electricidad tales como las

líneas de transmisión, los transformadores de potencia, los transformadores de distribución, entre otros, SIGMA a diferencia de este proyecto georeferencia los domicilios de los suscriptores donde están localizados los medidores ya que la gestión de la red no concierne a este proyecto, SIGMA se enfoca en la gestión de datos del cliente y en ejecutar acciones de manera rápida y efectiva sobre los medidores tales como la desconexión o reconexión del servicio.

Otro proyecto que tiene que ver lo desarrolló el grupo GLAC de la Universidad del Cauca en el 2003 un prototipo denominado: Sistema de Telemetría y Telecontrol del Servicio de Energía Eléctrico el cual se limitaba a realizar únicamente la lectura automática de los contadores utilizados para la facturación, gracias a una aplicación que se comunicaba a través de una línea telefónica con un dispositivo ubicado en el sector al cual se realizaba la lectura remota [17].

SIGMA conjuga la gestión remota de dispositivos de red y un SIG, esto nos permite realizar actividades de toma de datos, monitoreo y control de los dispositivos a gestionar, en este caso los contadores de Energía Eléctrica; además realiza el análisis de información gracias a las ventajas que nos brindan los SIG con el fin de facilitar la toma de decisiones operativas y predictivas por parte de la compañía proveedorora de Energía Eléctrica. Este proyecto a diferencia del proyecto [16], busca la gestión de los contadores de electricidad y de la información de consumo sin dejar atrás los posibles análisis nombrados anteriormente gracias a las ventajas que brindan los SIG.

La representación y construcción de modelos que plantea un SIG es de gran utilidad para el desarrollo de cualquier proyecto, en este caso, representación espacial de datos, puesto que no solo forman entidades reales a partir de características almacenadas en el sistema, si no que presenta la información a través de conceptos gráficos que facilitan la comprensión y el manejo del sistema además de ser de mucha ayuda en las interfaces

que se presentan al administrador tal como se verá más adelante en el Capítulo dedicado a las interfaces de Usuario.

La idea de realizar un proyecto en el cual se puedan gestionar datos no es nueva, sin embargo, cada día aparecen nuevas necesidades así como herramientas para emplearlas en la solución de los problemas existentes, y aunque el problema siga siendo el mismo surgen nuevas maneras de abordarlo y tratarlo de una manera más adecuada.

Es un hecho cierto que el 95 % de la información tiene un componente espacial, ya sea la localización de un cliente, de un bosque, de un pozo o de un barrio, administrar eficientemente el componente espacial de la información lleva a las organizaciones a tomar mejores decisiones [18].

En este capítulo se explico el potencial que tienen las empresas prestadoras del Servicio de Energía Eléctrica de poder transmitir datos a través de las líneas de distribución eléctrica, se hizo un análisis de algunos proyectos que utilizan herramientas de gestión y SIG los cuales constituyen el estado actual del conocimiento lo que permitió a SIGMA conocer el alcance en cuanto a desarrollos similares se refiere y obtener aportes acerca de las ventajas del uso del protocolo de gestión SNMP y de los SIG.

Luego de analizar diferentes proyectos y tener una idea de lo que pretende SIGMA, en el siguiente capítulo se analiza detalladamente la manera en la cual se puede lograr.

2. ESCENARIO DE APLICACIÓN

Según Thompson, R.J y Redstone, L (1997) un proceso es una serie de actividades interconectadas en busca de un propósito. En un contexto de negocios, el propósito de los procesos será proveer a los clientes con sus requerimientos de una manera oportuna.

Cuando se logre alinear estos procesos de negocio a la meta, es cuando se puede hablar de la capacidad de una compañía de continuamente rediseñar su cadena de valor y modificar sus activos humanos, estructurales, financieros y tecnológicos, para lograr una ventaja competitiva respecto a sus competidores, que es realmente ésta la mayor razón por la que un proceso de negocio se vuelve la parte más fundamental en la que se basa una compañía [19].

De nada servirá la administración computarizada de una empresa mediante las tecnologías de información, si antes no se tienen bien definidos los procesos de negocio, en los cuales la compañía sustenta su correcto funcionamiento.

Para entender mejor la reingeniería de procesos, primero necesitamos conocer los procesos, mediante un mapeo de ellos. El mapeo de procesos es basado en una estrategia precisa para reconstruir las acciones organizacionales en un enfoque específico para el análisis. Se trata de un momento AS IS, donde los procesos son reconstruidos en una serie de acciones hechas por los actores directamente involucrados en el proceso. De la misma manera el mapa debe mostrar claramente las relaciones entre las actividades, personal, la información y los objetos involucrados en el flujo de trabajo. (Stefano Biazzo, 2000). De modo que el análisis de procesos debe contener toda una estructura realista de lo que sucede realmente en los procesos, esto es, se debe considerar el identificar los actores, entrevistando a los individuos o examinando documentos que describan los procedimientos de operación estándar para obtener:

- a) el tipo de información que los actores reciben
- b) de quién la reciben

- c) como es que ellos la reciben
- d) como procesaron los diferentes tipos de información y
- e) a quien le entregaron resultados (Delvin Grant, 2002).

Así, los objetivos más relevantes de esta etapa son:

1. *Entender los problemas actuales en la organización o empresa para identificar los aspectos a mejorar.* En este caso se hizo entrevistando a los individuos y examinado documentos que describieron los procedimientos de operación estándar.
2. *Comprender la estructura y el dinamismo de la organización o empresa para la cual se va a desarrollar el sistema software.* Definiendo los procesos de negocio en los cuales la compañía sustenta su correcto funcionamiento para identificar el punto de partida (AS IS) del proyecto y el punto al cual se pretende llegar (TO BE), se decidió mapear estos aspectos a través de Diagramas de Flujo para poder identificar los aspectos por mejorar o cambiar, para completar el estudio de procesos se hace un análisis de costos y por último uno de tiempo.
3. *Entender como el sistema a desarrollar encaja en la organización y en que parte de esta.* Básicamente el sistema se diseña para optimizar procesos de gestión información principalmente, los cuales impactan a la empresa en diferentes áreas tales como cartera, sistemas, gestión de datos, entre otras y obviamente al usuario final.

Es claro que a partir de este estudio se pueden derivar los requerimientos del Sistema necesarios para apoyar a la empresa objetivo de mejora.

La importancia de esta disciplina radica en que sin el panorama completo del alcance del negocio y sin el entendimiento de sus procesos no podrán identificarse las necesidades

Un Sistema de Gestión Basado en SIG para la Empresa Provedora del Servicio de Energía Eléctrica en el Departamento del Cauca CEC.

inmediatas de mejora y continuidad relativa a las actividades relacionadas con los sistemas informáticos, que son el producto final del desarrollo [20] [21].

Para desarrollar este escenario se representan a través de Diagramas de Flujo los procesos actuales y se nombran las operaciones impactadas con el fin de apreciar hasta qué punto se simplifican al adoptar un sistema que los optimice.

2.1. Diagramas de Flujo de los Procesos

2.1.1. Cortar Servicio

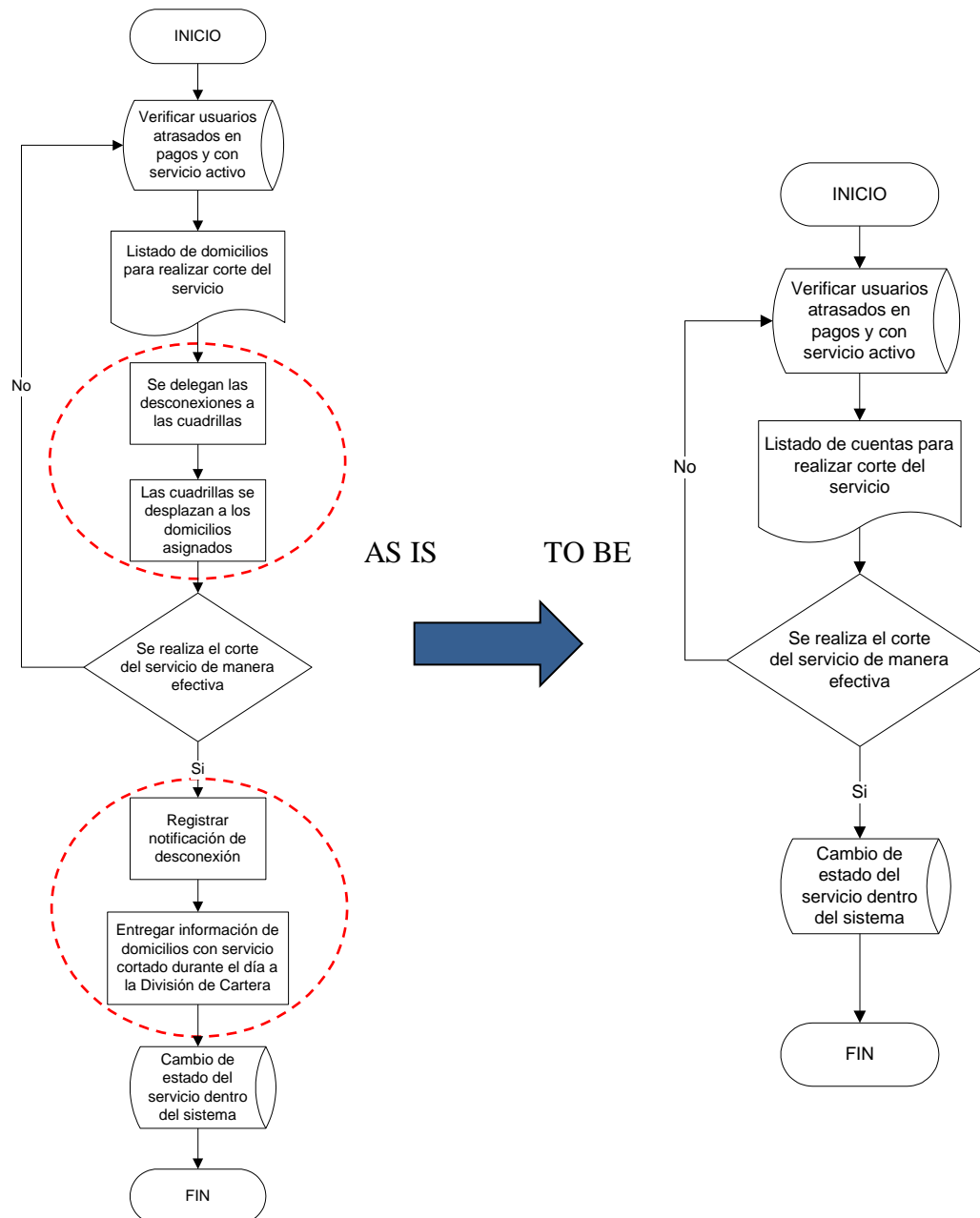


Figura 4. Diagrama de Flujo Cortar Servicio

Descripción proceso AS IS: Como se ve en la Figura 6 la División de Cartera verifica qué servicios inscritos en el sistema se encuentran atrasados en los pagos y genera un reporte escrito para delegar a las cuadrillas de Corte la suspensión del servicio a los domicilios correspondientes, las cuadrillas se dirigen a los domicilios asignados y una vez se realiza esta acción, se registra en un cuaderno de notificación de cortes la confirmación de que la acción se ha realizado de manera efectiva; este cuaderno se entrega a la División de Cartera, la cual va a cambiar el estado del servicio dentro del sistema.

Actores Involucrados: División de Cartera, Cuadrillas.

El proceso TO BE prescindiría de las siguientes operaciones:

- Se delegan las desconexiones a las cuadrillas
- Las cuadrillas se desplazan a los domicilios asignados
- Registrar notificación de desconexión
- Entregar información de domicilios con servicio cortado durante el día a la División de Cartera

2.1.2. Reconectar Servicio

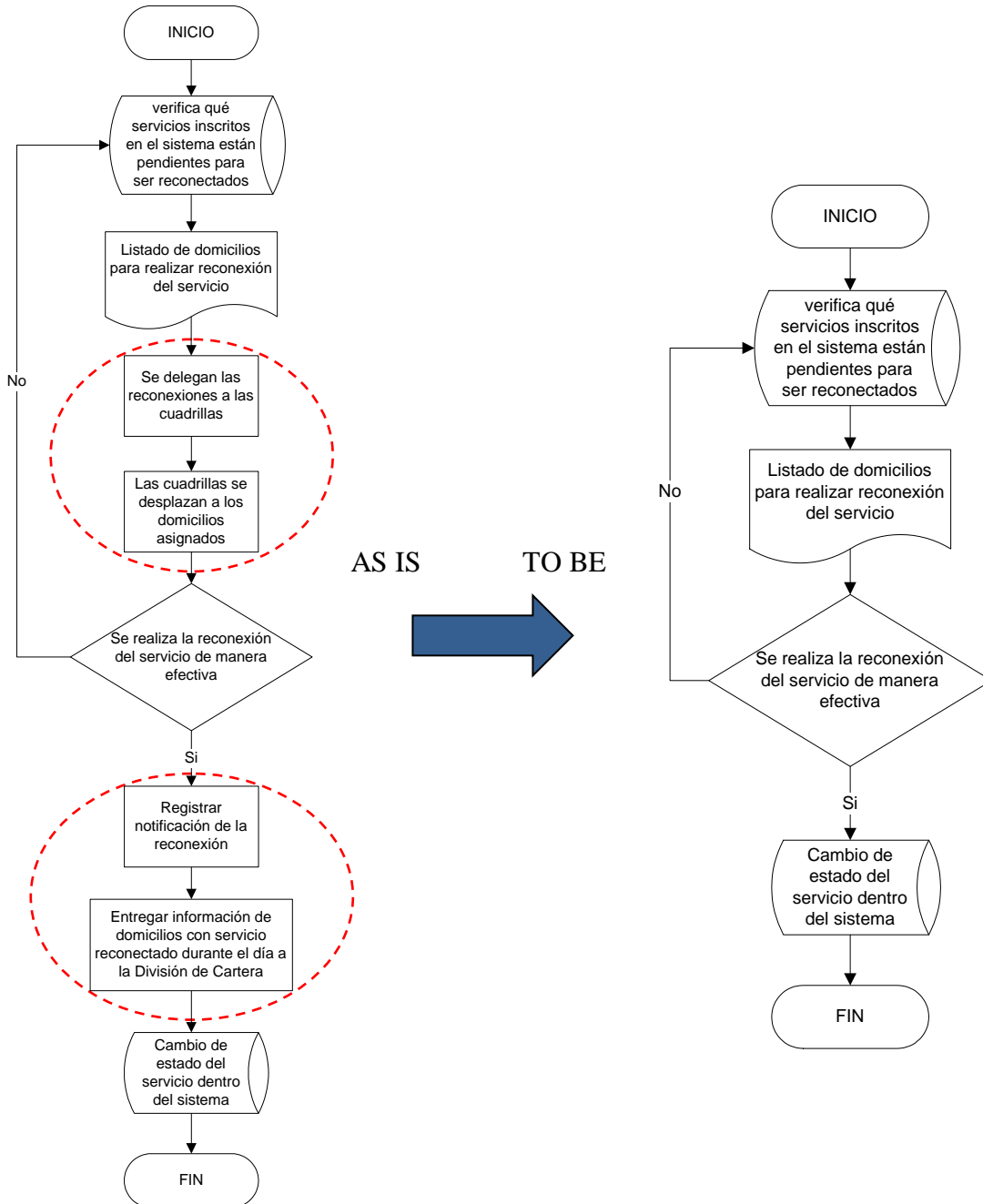


Figura 5. Diagrama de Flujo Reconectar Servicio

Descripción proceso AS IS: En el momento que el usuario paga las facturas pendientes atrasadas correspondientes al servicio, la División de Cartera registra en el sistema propietario el pago de las mismas, mas adelante esta misma división verifica qué servicios inscritos en el sistema están pendientes para ser reconectados y delega Cuadrillas de Reconexión, una vez concretada la conexión, se registra la confirmación de la acción efectiva en un cuaderno de notificaciones, el cual, una vez terminadas las conexiones del día es entregado a la división de cartera, quien se encarga de cambiar el estado del servicio dentro del sistema para los domicilios atendidos.

El proceso TO BE prescindiría de las siguientes operaciones:

- Se delegan las reconexiones a las cuadrillas.
- Las cuadrillas se desplazan a los domicilios asignados.
- Registrar notificación de la reconexión
- Entregar información de domicilios con servicio reconectado durante el día a la División de Cartera

2.1.3. Suspender Servicio

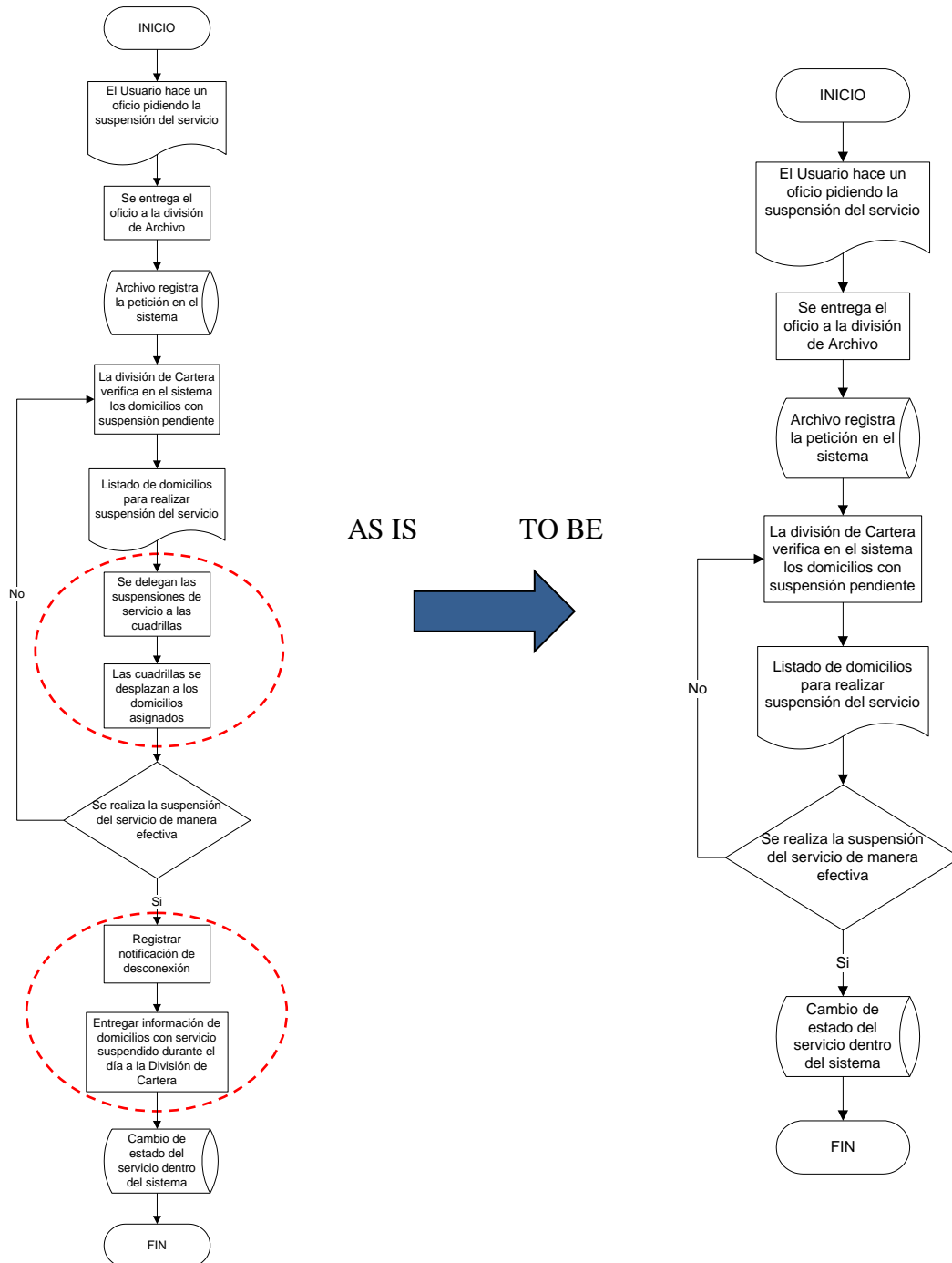


Figura 6. Diagrama de Flujo Suspender Servicio

Descripción proceso AS IS: Cuando un suscriptor por algún motivo necesita que el servicio de Energía Eléctrica sea suspendido, debe realizar un oficio solicitando la suspensión del servicio, el cual recibe la División de Archivo, después esta división registra esta solicitud en el sistema. Diariamente, la división de Cartera está revisando si hay suspensiones solicitadas por los suscriptores, para lo cual delega a una cuadrilla de suspensión realizar la acción el proceso toma entre 24 y 72 horas, es decir, la compañía tiene máximo 72 horas para hacer efectiva la solicitud, una vez se cumple, se diligenciana una notificación de la suspensión, la cual es firmada por el usuario del servicio y que en ultimas retorna a la división de Cartera para actualizar el nuevo estado del servicio para dicho Suscriptor, actualizar este estado toma menos de 24 horas.

El proceso TO BE prescindiría de las siguientes operaciones:

- Se delegan las suspensiones de servicio a las cuadrillas
- Las cuadrillas se desplazan a los domicilios asignados
- Registrar notificación de desconexión
- Entregar información de domicilios con servicio suspendido durante el día a la División de Cartera

2.1.4. Solicitar Reconexión de Servicio

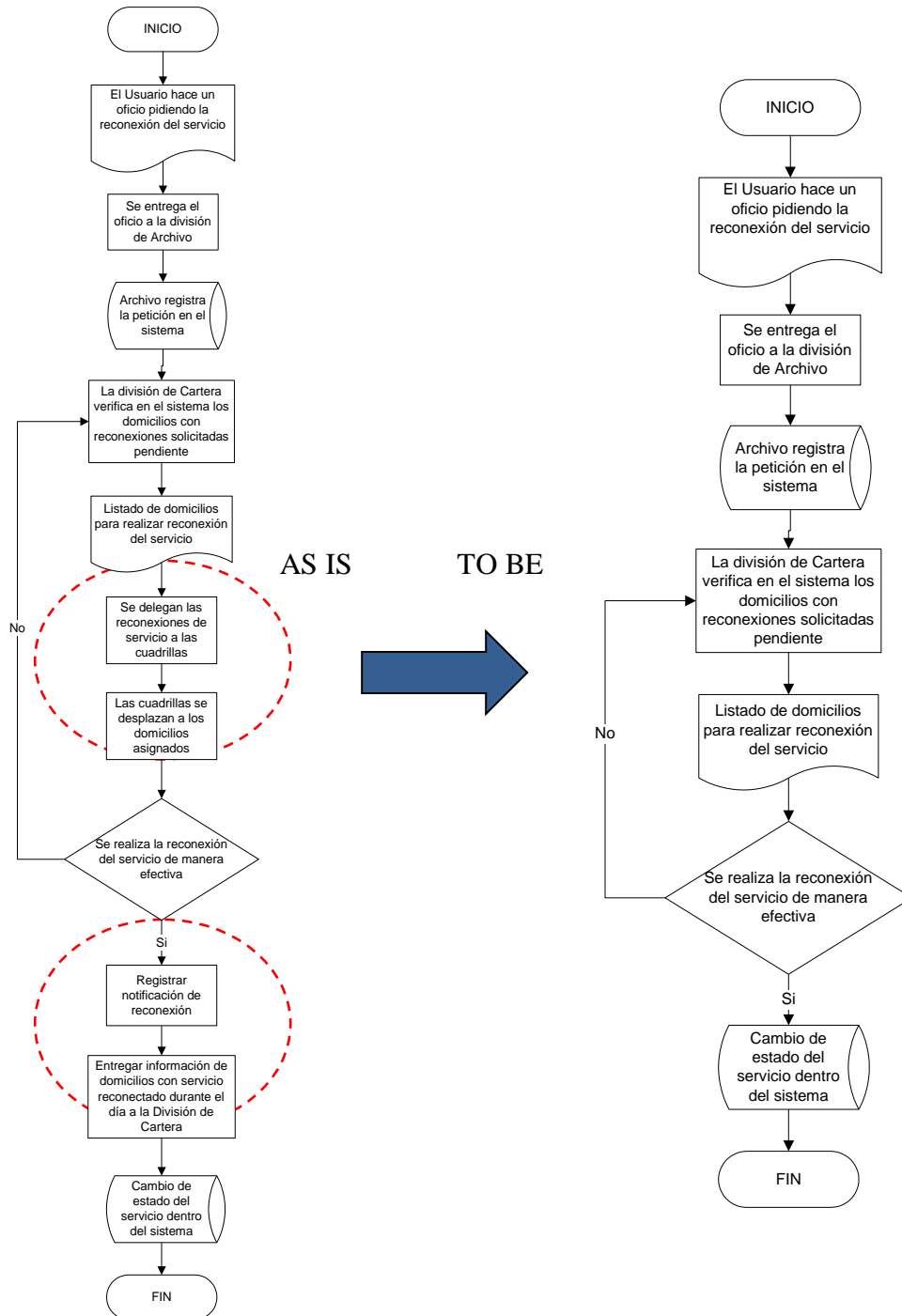


Figura 7. Diagrama de Flujo Solicitar Reconexión del Servicio

Descripción proceso AS IS: Cuando una persona suspende el servicio de manera voluntaria y llega el momento en que quiere que el servicio vuelva a ser activado debe realizar un Oficio pidiendo la reconexión del servicio, este documento es recibido por la División de Archivo quien ingresa al sistema dicha solicitud, para que después la División de Cartera pueda saber qué domicilios han solicitado la reconexión del servicio, ya que diariamente Cartera verifica estas solicitudes, para lo cual delega a las cuadrillas de reconexión quienes una vez realizada la acción diligencian una Notificación de Reconexión que firma el Cliente, esta confirmación de la conexión es recibida por la División de Cartera para actualizar el nuevo estado del servicio en el sistema para los domicilios atendidos.

El proceso TO BE prescindiría de las siguientes operaciones:

- Se delegan las reconexiones de servicio a las cuadrillas
- Las cuadrillas se desplazan a los domicilios asignados
- Registrar notificación de reconexión
- Entregar información de domicilios con servicio reconectado durante el día a la División de Cartera

2.1.5. Recolección de Información de Consumo

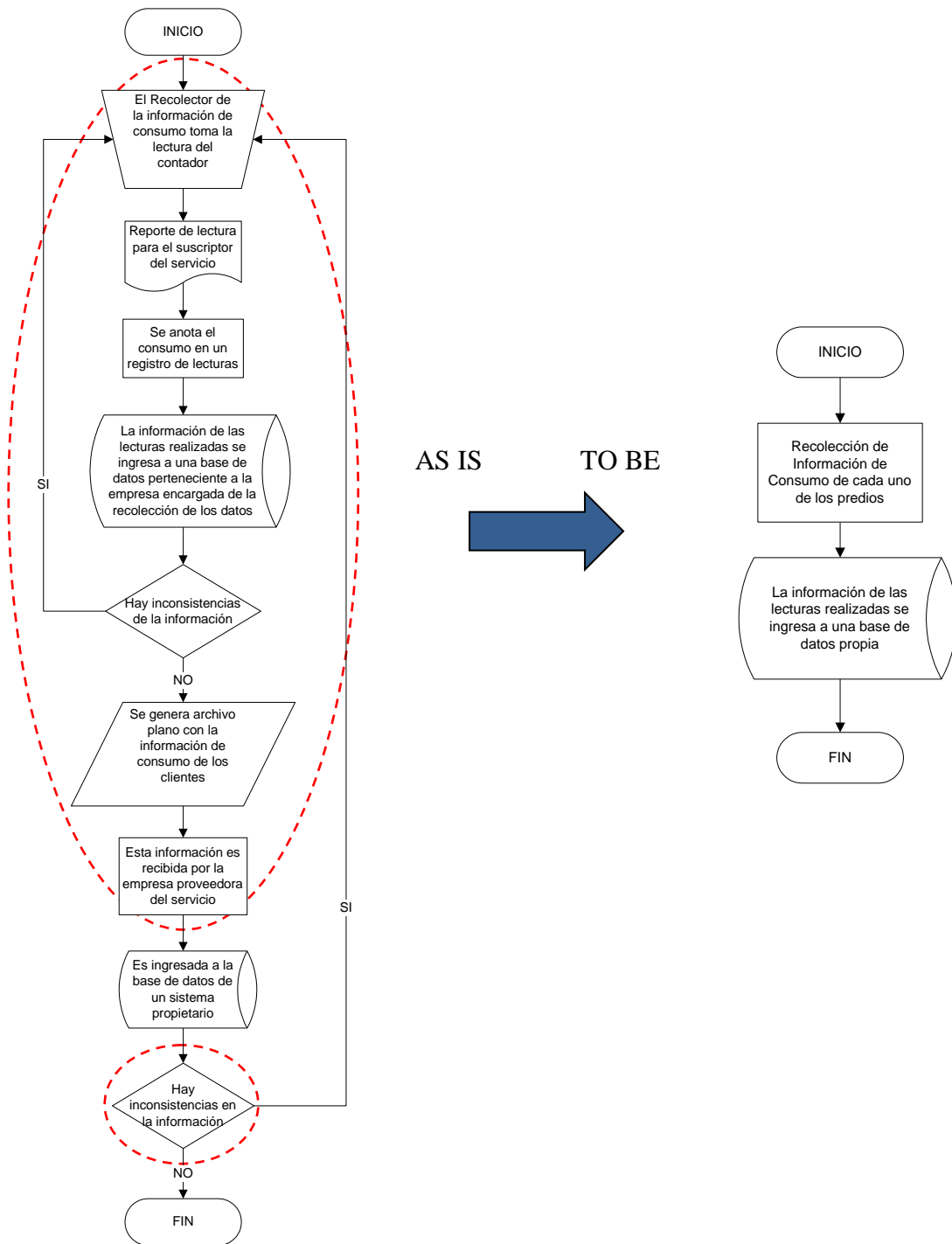


Figura 8. Diagrama de Flujo. Recolección de Información de Consumo

Descripción proceso AS IS: El lector de la información de Consumo toma la lectura del contador de electricidad de la residencia de manera presencial y llena un reporte de lectura el cual es recibido por el suscriptor del servicio de Energía Eléctrica, este consumo es anotado en un registro de Lecturas, una vez se han registrado las lecturas del día son ingresadas a una base de datos de la cual, cada mes, se genera un archivo plano con la información de consumo, el cual es ingresado al sistema.

El proceso TO BE prescindiría de las siguientes operaciones:

- El Recolector de la información de consumo toma la lectura del contador.
- Reporte de lectura para el suscriptor del servicio.
- Se anota el consumo en un registro de lecturas.
- La información de las lecturas realizadas se ingresa a una base de datos perteneciente a la empresa encargada de la recolección de los datos.
- Hay inconsistencias de la información.
- Se genera archivo plano con la información de consumo de los clientes.
- Esta información es recibida por la empresa proveedora del servicio.
- Hay inconsistencias en la información.

2.2. Análisis de Costos

2.2.1. Lectura de Contadores de Energía Eléctrica

La lectura de cada contador (equipo que registra consumo de Energía Eléctrica) tiene un valor promedio de 190 pesos y hay aproximadamente 185.000 usuarios (sector urbano y rural) con contadores, ya que para algunos sitios por cuestiones de accesibilidad y/o seguridad no disponen del mismo, por lo cual el cobro es mediante una tarifa fija determinada por la compañía.

Usuarios área rural	120.000
Usuarios área Popayán	65.000
Total Usuarios	185.000
Valor lectura	\$190
COSTO LECTURA	\$35.150.000

Tabla 1. Costos Lectura Contador

Lo anterior significa que hay un costo aproximado de 35'150.000 pesos mensuales por manejo de datos de lectura, lo cual se incrementa mes a mes debido al aumento en el número de suscriptores.

Si este costo fuera constante durante todo el año se tendría 421'800.000 pesos anuales, lo cual no es una suma despreciable.

2.2.2. Suspensión/Reconexión

Para realizar acciones de suspensión y reconexión del servicio de Energía Eléctrica se requiere de cuadrillas, las cuales están compuestas por dos personas encargadas de realizar el procedimiento y de un conductor del vehículo en el que se desplazan hacia los destinos.

Diariamente se asignan un promedio de entre 40 y 50 actas de suspensión por cuadrilla, esto para 19 de las 23 cuadrillas existentes, las 4 cuadrillas restantes están dedicadas a casos "pre-jurídicos", es decir, casos en los cuales el usuario del servicio lleva más de 12 meses sin pagar, en esta situación muy probablemente la empresa por algún motivo no ha podido hacer efectiva la suspensión del servicio.

Promedio de Actas Diarias	950
Suspensiones mensuales aproximadas	19000

Tabla 2. Cantidad de Suspensiones del Servicio

Ocasionalmente acontece que un usuario desea suspender el servicio por motivo de viaje u otra razón, entonces hace la solicitud a la compañía y se emite la orden para que las cuadrillas hagan la suspensión del servicio.

Actualmente la compañía proveedoradora del servicio de Energía Eléctrica cuenta con 23 cuadrillas en la ciudad de Popayán, de las cuales 9 cuadrillas están compuestas por dos Técnicos Electricistas cuyo salario mensual es 1'100.000 pesos y las 14 cuadrillas restantes por un "Liniero" con 700.000 pesos de sueldo y un "Ayudante Electricista" que recibe por su labor 511.000 pesos mensuales. En total el gasto mensual por personal capacitado para hacer la suspensión y reconexión es de 36'754.000 pesos.

Personal Cuadrillas	Número	Salario	Total
Técnicos Electricistas	18	\$1.100.000	\$19.800.000
Linieros	14	\$700000	\$9.800.000
Ayudante Electricista	14	\$511.000	\$7.154.000
TOTAL	46		\$36.754.000

Tabla 3. Costos Personal Cuadrillas

La compañía no es propietaria de los vehículos que se utilizan para el transporte de las cuadrillas, por lo tanto contrata vehículos por un valor de 2'300.000 pesos mensuales cada uno; en total se tienen 23 cuadrillas en Popayán, lo cual significa que mensualmente 52'900.000 pesos son destinados para este fin.

Cuadrillas	23
Alquiler Vehículo	\$2.300.000
Total Transporte	\$52.900.000

Tabla 4. Costos Alquiler Vehículo

Los costos totales mensuales para la suspensión, reconexión y la recolección de los datos de consumo son:

COSTOS	
Lectura	\$35.150.000
Personal Cuadrillas	\$36.754.000
Transporte Cuadrillas	\$52.900.000
TOTAL COSTOS	\$124.804.000

Tabla 5. Costos Totales

A través de estas tablas se pueden evidenciar los altos costos operacionales que significa efectuar ciertos procedimientos, además, hay que tener en cuenta que se presentan muchas veces inconsistencias en la lectura de los contadores por lo cual hay que realizar una retoma en los domicilios que lo requieren, lo cual incrementa el costo.

2.3. Análisis de Tiempo

2.3.1. Consulta de Consumo

La compañía CEC contrata una empresa que realiza el recorrido de toma de Lectura de los contadores, este procedimiento en el área rural comienza entre el

día 28 y 30 de cada mes y en el área urbana el día 30 de cada mes y termina el día 11 del siguiente mes.

CEC contrata una empresa que se encarga de las lecturas, programan una agenda mensual que se debe cumplir, el área urbana está dividida en rutas de lectura para realizar estas lecturas se establecen unos ciclos que se numeran y se seccionan para poder ser asignados a los lectores, es decir, personas quienes se encargan de ir hasta los domicilios y realizar la lectura de manera manual, a continuación se presenta un ejemplo de lectura:

El ciclo 7 se compone de 5380 usuarios del servicio de energía eléctrica distribuidos en diferentes barrios adyacentes de la ciudad de Popayán. Para leer estos contadores de energía se cuenta con 12 lectores, a cada uno de los cuales le corresponde realizar aproximadamente 450 lecturas, esto sin tener en cuenta condiciones desfavorables de índole climático, de seguridad, de acceso, entre otras, de lo cual depende también el número de lecturas que se puedan realizar. El ciclo 7 generalmente se hace completo el día 30 de cada mes y a cada lector le toma entre 6 y 9 horas efectuar la toma de lecturas.

2.3.2. Desconexión/Reconexión del Servicio

El procedimiento de Desconexión/Reconexión empieza cuando se emite una orden por parte de la división de cartera, para hacer efectiva esta orden se delega a las cuadrillas (funcionarios de la compañía CEC) que se desplazan hasta el domicilio, el 100% de estas órdenes no se hacen efectivas debido a diferentes factores entre estos está que no se puede ingresar al predio y/o que los suscriptores evitan que se realice en el caso de la desconexión.

Como se explico anteriormente los funcionarios que realizan este proceso se unen en cuadrillas y a cada una de estas se le asigna cierto número de ordenes de desconexión o reconexión, tarda entre 6 y 7 horas la realización de entre 40 y 50 actividades diarias, se considera actividad el hecho de desplazarse al

domicilio de cada suscriptor a realizar el procedimiento sea que este se haga o no efectivo.

Como se puede notar casi todos los procesos requieren un despliegue importante de personal lo cual implica gastos de transporte para el desplazamiento, una inversión significativa de tiempo y grandes probabilidades de error, ya que los procesos se realizan de manera manual.

Todos los negocios se transforman por el uso de la tecnología, y la competitividad que pueda generar dicho ajuste dependerá del nivel de conexión o alineación entre la tecnología y los requerimientos reales del negocio; es decir, del nivel de asociación de la tecnología con un planteamiento de cambio.

De ahí la importancia que tiene el establecer los procesos de negocio que determinarán la manera en que la empresa opera, de otro modo, sólo se hace más complejo el panorama al tratar de implementar primeramente una tecnología de información, y después definir los procesos de la empresa. Esto solamente derivaría altos costos en inversión de tecnologías de información [19].

2.4. Requerimientos

- Desconexión/ Conexión del servicio de manera remota

Las ordenes que emite la división de cartera de la compañía al personal encargado (cuadrillas) no siempre se hacen efectivas debido a que dependen de varios factores como la dificultad para llegar hasta el domicilio por cuestiones de clima, o porque no se ubica con facilidad la dirección, entre otros, también hay ocasiones en las cuales los ocupantes del domicilio pueden persuadir al encargado de que no realice la desconexión del servicio evitando que ingrese al mismo, estos son los principales inconvenientes a la hora de ejecutar esta acción .

- Recolección de la información de consumo de manera remota,
Este procedimiento básicamente permitiría ahorrar en costos que tienen que ver con contrataciones externas de toma de lectura de contadores, ahorrar tiempo ya que los datos se solicitarían directamente al contador ubicado en el domicilio del suscriptor permitiendo así optimizar y simplificar el proceso.
- Visualizar y Obtener reportes del estado del servicio de los suscriptores (conectado/desconectado).
Para la suspensión o reconexión del servicio es necesario saber el estado del mismo. Es necesario contar con un sistema que haga esa verificación de manera automática y que pueda verse en una tabla.
- Gestionar información de las cuentas de usuarios del servicio
Adicionar, modificar o eliminar Información referente a clientes, predios y cuentas, así como datos personales de los usuarios, toma una cantidad considerable de tiempo, razón por la cual es necesario un sistema que almacene esta información y que permita ser consultada y/p modificada en cualquier momento.
- Aprovechar la Red Eléctrica como medio de transmisión de datos
Algunos proyectos realizados en compañías que proveen el servicio de energía eléctrica han utilizado las redes para transmitir información de gestión ahorrando así costos en otros sistemas, claro está que no debe ser el único, debe quedar abierta la posibilidad de realizar comunicación empleando otros medios.

Los beneficios al implementar una herramienta que mejore ciertas operaciones dentro de una compañía como CEC se verían reflejados principalmente la optimización de los procesos para brindar mayor agilidad y exactitud; además que no implican en su realización algún tipo de creatividad, sentido común juicio ó

Un Sistema de Gestión Basado en SIG para la Empresa Proveedora del Servicio de Energía Eléctrica en el Departamento del Cauca CEC.

inteligencia, por lo cual puede ser realizado de una forma automatizada con un alto grado de confianza, adicional a esto se obtendrían datos que al generar estadísticas permitirían eventualmente la toma de decisiones y ya no se emplearía tanto personal para procesos tan repetitivos y esenciales [22] [23].

3. ARQUITECTURA DE REFERENCIA

En el Capítulo anterior se identificaron los procesos que lleva a cabo la compañía CEC procesos que podrían llegar a ser más eficientes al incluir una arquitectura que permita la sistematización de funciones tales como la obtención de la información de consumo y la suspensión ó reconexión del servicio de Energía Eléctrica de manera remota y así cumplir uno de los objetivos planteados para este trabajo de grado el cual es *Definir la arquitectura del sistema de gestión de dispositivos medidores de consumo de la red de distribución eléctrica*, es importante reiterar que hasta la actualidad la empresa no cuenta con herramientas de este tipo.

Para el desarrollo de la herramienta SIGMA fue necesario adoptar una metodología que permitiera llegar a definir claramente los componentes de la arquitectura, esta metodología [24] [25] tiene los pasos esenciales que se describen a continuación:

1. Recolectar datos:

En el Capítulo II se definió el escenario de aplicación donde se recopilaron datos característicos acerca de las operaciones que se realizan al interior de la compañía objeto de estudio y lo que implican, es decir, en cuanto a tiempo, personal y dinero se refiere, también se estudio la interrelación entre personas y labores.

Gracias a la colaboración de funcionarios de la empresa CEC que aportaron su conocimiento con respecto a las labores realizadas al interior de la compañía fue posible representar los anteriores procesos y todo lo que su ejecución representa para la compañía, esto con el único fin de poder tener una visión real que permitiera la definición de los requerimientos del sistema [26] [27].

2. Adquirir Requerimientos:

En el Capítulo II se identificaron los requerimientos luego de un análisis que permitió identificar necesidades importantes que tiene la compañía CEC actualmente, en resumen una optimización en cuanto a la gestión de datos se refiere.

3. Concretar Componentes:

Luego de tener concretados los dos pasos anteriores en el presente capítulo se procede a utilizar estos aspectos para definir los principales componentes funcionales del sistema, ya que se cuenta con información útil y organizada.

Dentro del proceso de desarrollo de este paso y del siguiente se realizó una exploración tecnológica para saber cuáles alternativas existían actualmente y de acuerdo a esto escoger los componentes que harían parte del sistema.

4. Definir Arquitectura de Referencia:

Para poder cumplir con los requerimientos funcionales relacionados con la gestión de los contadores y con el despliegue y análisis geográfico de los datos gestionados se definió una *Arquitectura de Referencia*, este último paso consiste en mapear los componentes funcionales de la aplicación.

A continuación se desarrollan los dos últimos pasos de la Metodología,

Concretar Componentes

Objetivo: Describir y Definir de los principales componentes funcionales que harán parte del sistema.

Como primera medida en la Arquitectura debe existir un modulo que registre el consumo de Energía Eléctrica que se denominará *contador*, este contador simula las funciones de un contador empotrado y será gestionado remotamente por una entidad lógica llamada: entidad gestora.

El *contador* tendrá adaptado un dispositivo (*modem*) el cual permite la comunicación a través de la red eléctrica con la *entidad gestora* que también cuenta con uno.

La *entidad gestora* debe tener la capacidad de emitir órdenes de suspender o reconectar el Servicio de Energía de manera remota, también realizar consultas de consumo de Energía Eléctrica sobre cada contador localizado en cada uno de los domicilios de los suscriptores.

Además de esto la arquitectura debe poseer un componente *SIG* que facilite el despliegue la actualización y el análisis de los datos espaciales, gracias a este componente se pueden visualizar los datos geográficos y generar reportes de domicilios con el servicio suspendido, además debe contar con la capacidad de poder manipular datos de manera rápida y segura por la base de datos relacional.

A continuación se presenta esquema de los principales componentes funcionales que se describieron.

Un Sistema de Gestión Basado en SIG para la Empresa Proveedora del Servicio de Energía Eléctrica en el Departamento del Cauca CEC.

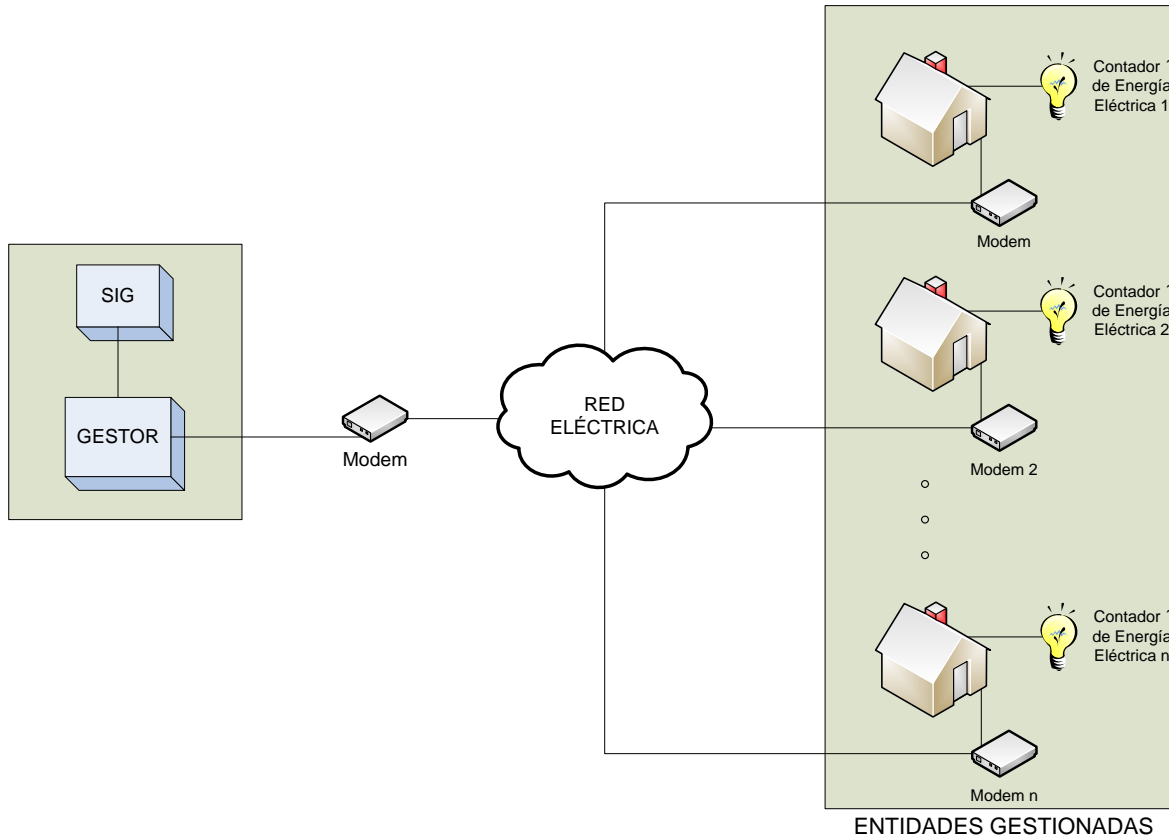


Figura 9. Principales Componentes del Sistema

Definir Arquitectura de Referencia

Para la gestión de los contadores de Energía Eléctrica se plantea una arquitectura que maneja la lógica Gestor-Agente tal como se estudio en el Capítulo I, tomando como referencia el proyecto [2], por lo tanto en el contador debe estar localizado un elemento lógico llamado agente que se encargue de responder a las órdenes que un componente localizado en la Entidad gestora emita [12] [28]. Este agente es comúnmente un programa que ha de ejecutarse en cada nodo de red que se desea gestionar o monitorizar, representa además, la parte del servidor, en la medida que tiene la información que se desea gestionar y espera comandos por parte del Cliente o Gestor.

La tarea del *Gestor de Agentes* consiste en solicitar datos a los diferentes agentes que se encuentran en la red, realiza dos tipos de operaciones: leer (GET) o escribir (SET) un valor.

La Arquitectura de Referencia que se propone para SIGMA cuenta con una Aplicación Web, por lo tanto, existe un Servidor Web, éste escucha peticiones y las satisface [29]. Dependiendo del tipo de la petición, el servidor Web buscará una página Web o bien ejecutará un programa en el servidor. Siempre devolverá algún tipo de resultado al cliente o navegador que realizó la petición.

El *Servidor Web* es fundamental en el desarrollo de las aplicaciones del lado del servidor, ya que las aplicaciones construidas se ejecutarán en él. [30]

La arquitectura planteada se apoya en los SIG tal como lo hacen proyectos estudiados en el Capítulo I, los SIG constan de tres componentes básicos [31]:

- Un conjunto de información organizada en bases de datos: Los distintos datos quedan asociados a identificadores de localización, los cuales se traducen en puntos, líneas y polígonos. Los puntos equivalen a lugares, las líneas representan conexiones o límites y los polígonos hacen referencia a áreas o zonas.

Para el gestión de la información espacial es necesario la existencia de una base de datos en esta arquitectura, que soporte datos geográficos (*Servidor de base de datos espacial*) [32].

- Un software formado por un conjunto de programas de ordenador que manejan datos para realizar aplicaciones de acuerdo con las pautas marcadas por el sistema de gestión de la información.

Un Sistema de Gestión Basado en SIG para la Empresa Proveedora del Servicio de Energía Eléctrica en el Departamento del Cauca CEC.

Para el almacenamiento y despliegue de la información geográfica es necesario un *Servidor de Mapas*, es importante utilizar estándares de la OGC para el manejo de cartografía en internet para asegurar la interacción de los datos geográficos. Si existe un estándar para el despliegue de la cartografía, se hace necesario un cliente SIG que admita este tipo de servicios según: [33].

- El hardware necesario que debe incluir, entre otros, un procesador y periféricos para la instalación del software requerido.

Teniendo en cuenta lo anteriormente nombrado se elaboró la siguiente Arquitectura del Sistema,

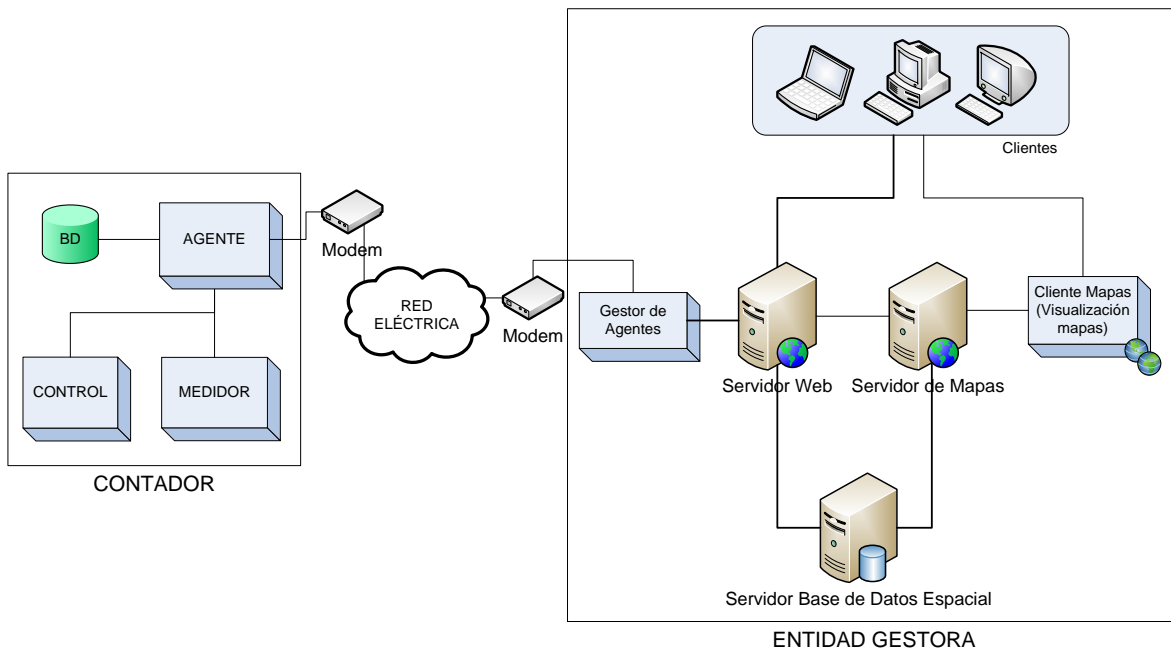


Figura 10. Arquitectura del Sistema

3.1. Descripción por Bloques de la Arquitectura

3.1.1. Contador

Cada contador de Energía Eléctrica cuenta con un *medidor* que se encarga de registrar el consumo de Energía Eléctrica, este consumo se almacena periódicamente en una *base de datos*, cada contador tiene asociado una entidad lógica denominada *Agente* que se encarga de enviar datos cuando sean solicitados por el *Gestor de Agentes*, también existe un módulo denominado *control* que es el encargado de realizar el proceso de conexión y reconexión del servicio de Energía Eléctrica.

3.1.2. Modem

Es el encargado de la comunicación a nivel físico entre el gestor y la entidad gestionada, está basado en la tecnología PLC.

Tal como se analizó en el Capítulo 1 al estudiar algunos proyectos que aprovechan la red de distribución Eléctrica como medio de transmisión de datos, SIGMA también pretende hacer uso de este medio ya que se cuenta con la infraestructura necesaria.

En los últimos años el tema de la transmisión de datos por línea eléctrica ha sido un poco controvertido ya que se cuestiona mucho la calidad que pueden ofrecer dado el regular estado de muchas redes, sin embargo para este proyecto se considera que puede funcionar adecuadamente ya que no se requieren altas velocidades de transmisión, además, no se necesita transmitir video o audio.

EL costo de cada modem marca Corinex está alrededor de 70 Euros es decir unos 210.000 pesos Colombianos.

3.1.3. Red Eléctrica

Una red eléctrica es un conjunto de dispositivos interconectados para el control, la transmisión y distribución de la Energía Eléctrica, que puede servir como medio de transmisión de datos, en una aplicación real tiene limitantes de frecuencia, velocidad y a grandes distancias se utilizan repetidores de señal, se cuenta con dispositivos a nivel físico conectado uno a la entidad gestora y otros a los medidores, facilitan la comunicación a través de la línea eléctrica entre las entidades involucradas a través de dispositivos especiales dedicados para tal fin. La dinámica de intercambio de mensajes cortos entre el gestor ubicado en la entidad gestora y el agente ubicado en la entidad gestionada pueden ser soportados por esta red [34].

3.1.4. Servidor de Base de Datos Espacial

Los atributos gráficos son guardados en una de Base de datos espacial en archivos y manejados por el software de un sistema SIG. Los objetos geográficos son organizados por temas de información, o capas de información, llamados también niveles. En la Base de Datos se almacenan estos datos espaciales, cartografía y datos no espaciales, esta base de datos permite acceder a esta información con el fin de realizar análisis espacial [35].

3.1.5. Servidor de Mapas

El Servidor de Mapas permitirá compartir datos espaciales. Una característica muy importante para este servidor es la interoperabilidad, ya que va a publicar información proveniente de una base de datos espacial usando estándares abiertos, además de publicar la cartografía usando estándares de la OGC.

3.1.6. Servidor Web

El servidor Web contendrá todos los procesos lógicos implementados para la ejecución de cualquier acción dentro del sistema; dentro de este se encuentra el modulo Gestor que ejecuta la gestión remota de los contadores de Energía Eléctrica [36].

3.1.7. Cliente Mapas

Para poder visualizar la cartografía a través de un navegador se debe tener un cliente que soporte protocolos de la OGC, lo cual garantiza la interoperabilidad con el Servidor de Mapas del sistema

4. ARQUITECTURA DE IMPLANTACIÓN

La Arquitectura de Implantación descrita en este capítulo es una representación mucho más detallada del sistema y de cada uno de los componentes. Para escoger cada una de las herramientas fue muy importante tener en cuenta que los estándares y acuerdos constituyen un substrato imprescindible que hace posible la coherencia, compatibilidad e interoperabilidad necesarias para que los datos, servicios y recursos puedan ser utilizados, combinados y compartidos. Actualmente existe una amplia gama de posibilidades en cuanto a herramientas tecnológicas se refiere, para los propósitos que se desean cumplir con SIGMA, se requiere de la integración de varias herramientas que realizan funciones diversas y han sido desarrolladas por diferentes fabricantes utilizando estándares, en este capítulo se explica cómo se realizó la implementación de cada uno de los módulos que componen la herramienta y su pertinente integración, logrando así cumplir con dos objetivos planteados al inicio del proyecto: *Realizar la integración de un módulo de gestión de dispositivos con un SIG e Implementar un prototipo basado prioritariamente en software libre que valide la arquitectura planteada* [37].

A continuación se presenta el Esquema de Implantación y la descripción de cada uno de los componentes,

Un Sistema de Gestión Basado en SIG para la Empresa Proveedora del Servicio de Energía Eléctrica en el Departamento del Cauca CEC.

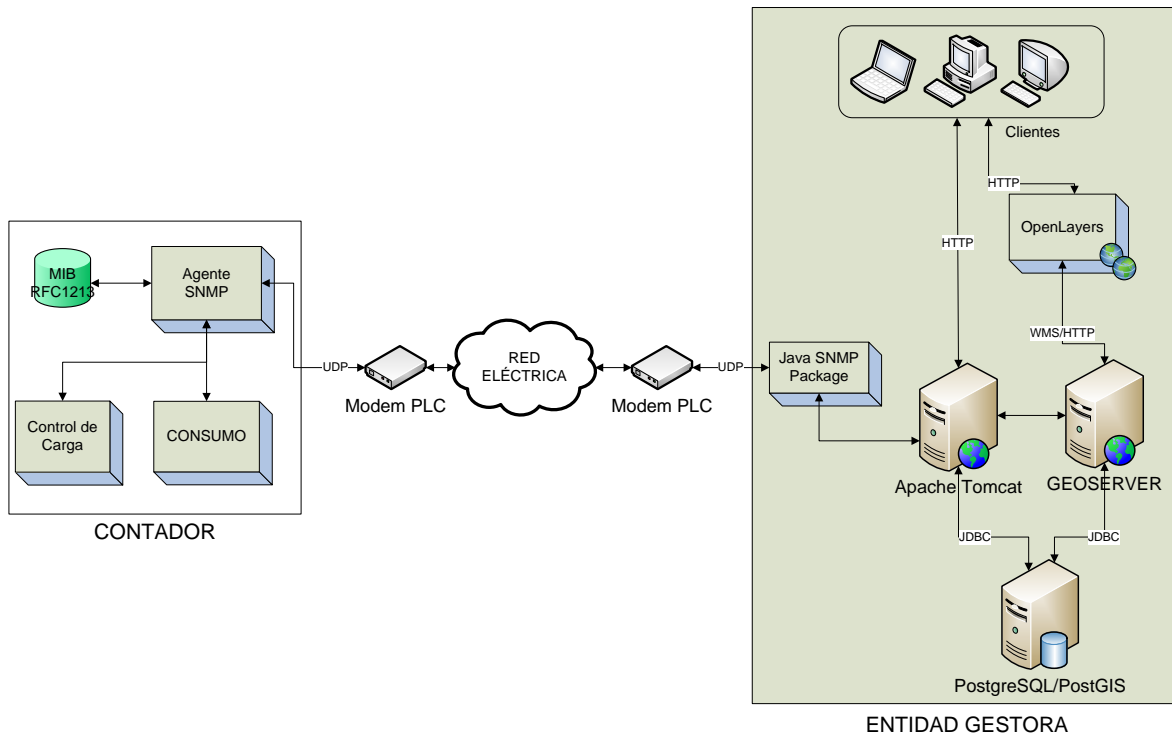


Figura 11. Arquitectura de Implantación

Para el desarrollo de la herramienta SIGMA se utilizó *JavaServer Faces (JSF)*, es un framework MVC (Modelo Vista Controlador) para aplicaciones Java basadas en Web que simplifica el desarrollo de interfaces de usuario en aplicaciones Java EE. JSF usa *JavaServer Pages (JSP)* como la tecnología que permite hacer el despliegue de las páginas, pero también se puede acomodar a otras tecnologías [38], esto con el fin de realizar la integración de las funciones de gestión con la parte web.

Para el desarrollo de aplicaciones con JSF el IDE Netbeans 6.5 cuenta con un plugin llamado *Visual Web JavaServer Faces*, el cual cuenta con un editor visual para el desarrollo de la interfaz gráfica permite realizar la configuración de la navegabilidad entre páginas gráficamente, el único limitante que podría existir al utilizar Netbeans 6.5 es que se utilice en un equipo de bajo desempeño, por lo cual se recomienda tener como mínimo 1Gb de memoria RAM para que la herramienta corra de manera adecuada y con mayor

razón si se tiene como sistema operativo Windows Vista, ya que este consume una cantidad considerable de recursos.

Con lo anterior se puede independizar la lógica de la herramienta con el despliegue gráfico, principalmente por esta razón se escogió utilizar *JSF* para la implantación de SIGMA.

El sistema de gestión propuesto por SIGMA está compuesto por un *gestor de agentes localizado en la Estación Gestora* implementado con un API llamado *Java SNMP Package* y por un *contador* localizado en el domicilio del Suscriptor del Servicio (Entidad Gestionada), el cual está formado por 4 módulos (*MIB, Agente SNMP, Control de Carga y Consumo*), cada uno de estos componentes son descritos a continuación:

4.1. SISTEMAS DE GESTIÓN

4.1.1. Gestor de Agentes-Java SNMP Package

El Gestor de Agentes es una entidad que representa por decirlo de algún modo “el puente” entre la Entidad Gestora y la Entidad Gestionada, ya que se encarga de atender órdenes de la primera y traducirlas para que la segunda las entienda y ejecute.

En el proceso de búsqueda de este elemento primero se encontró y se implementó un módulo gestor, un producto de la empresa AdventNet denominado SNMPAPI el cual goza de buena reputación ya que es muy completo, este API se ha implementado con éxito en muchos proyectos incluyendo uno de tesis de pregrado que se desarrolló en la Universidad del Cauca hace algunos años [39] por tal motivo para el desarrollo de la herramienta SIGMA se utilizó ya que ofrece un comprensible conjunto de herramientas de

desarrollo para aplicaciones de administración de redes basadas en SNMP, comprende un conjunto de bibliotecas Java SNMP para construir aplicaciones de tiempo real, confiables, escalables e independientes del sistema operativo, para monitorear y rastrear elementos de red. La biblioteca Java SNMP proporciona componentes listos para usarse para manejo de tablas con operaciones de SNMP básicas, tales como SNMP GET y SNMP SET. Estos componentes habilitan aplicaciones de administración para SNMPv1, SNMPv2c, y SNMPv3 [40] [41].

El modulo de Gestión de SIGMA en un principio funcionaba muy bien con este API de AdventNet, pero en el momento de ser integrado a los demás componentes de la herramienta presentó problemas de compatibilidad al cargar las librerías en la aplicación web, por lo tal motivo se exploraron otras APIS que realizaran funciones similares y permitieran el funcionamiento adecuado de estos módulos, después de realizar una exploración de las opciones existentes se encontró un API llamado *Java SNMP Package* con el cual se realizaron pruebas de compatibilidad con JSP, una vez probado se comprobó que el paquete servía para esta implementación, entonces se procedió a implementar las funcionalidades necesarias de gestión SNMP que se necesitaban.

Java SNMP Package es una implementación de código abierto para el protocolo SNMP. Este ofrece funcionalidades para operaciones básicas de SNMP como se define en sus versiones 1 y 2 (excluyendo el modelo de seguridad propuesto como parte de la versión 2 de SNMP). El paquete provee un mecanismo para realizar "getting and setting" sobre los valores de las variables correspondientes a un identificador de objetos OID a través de una interfaz de comunicación simple y representa estructuras SNMP y tipos de datos como objetos Java. El paquete adopta el protocolo SNMP v1 y v2c.

El *Java SNMP Package* aporta las prestaciones que se necesitan para la implementación de SIGMA ya que tiene ejemplos de código que fueron utilizados como base para facilitar el desarrollo [42].

4.1.2. Contador

En términos del protocolo SNMP el contador sería básicamente la Entidad Gestionada ya que se contiene los elementos que representan el registro del consumo de energía eléctrica y la base de datos donde se almacenan (MIB), además, el sistema de control de la carga eléctrica en el domicilio.

Para explicar más en detalle estos componentes que hacen parte de este sistema es necesario conocer la dinámica que maneja el protocolo SNMP utilizado para el desarrollo de la herramienta SIGMA.

SNMP es el protocolo definido por los comités técnicos de Internet para ser utilizado como una herramienta de gestión de los distintos dispositivos en cualquier red. El funcionamiento de SNMP es sencillo, sin embargo su implementación es un poco compleja.

El protocolo SNMP está cubierto por un gran número de RFCs (Request for Comments), entre ellos el RFC 1157, 1215 (versión 1), del 1441 al 1452 (versión 2), del 2271 al 2275 y del 2570 al 2575 (para SNMP v3). El listado completo está disponible en [43].

SNMP se basa en un conglomerado de agentes. Cada agente es un elemento de la red que ofrece unas determinadas variables al exterior, para ser leídas o modificadas las cuales se almacenan en la MIB, como se verá a continuación tres de estas variables son utilizadas en este proyecto para poder manipular los elementos de la entidad gestionada (contador).

4.1.2.1. MIB (Management Information Base)

Las variables ofrecidas para ser consultadas por los agentes SNMP se definen a través de una MIB (Base de Información de Gestión). La MIB (hay sólo una aunque existen múltiples extensiones a ésta) es una forma de determinar la información que ofrece un dispositivo SNMP y la forma en que se representa. La MIB actual es MIB-II y está definida en el RFC 1213, aunque hay múltiples extensiones definidas en otros RFCs. La MIB está descrita en ASN.1 para facilitar su transporte transparente por la capa de red.

Cada agente SNMP ofrece información dentro de una MIB, tanto de la general (definida en los distintos RFCs) como de aquellas extensiones que desee proveer cada uno de los fabricantes. Así, los fabricantes de routers han extendido las MIBs estándar incluyendo información específica de sus equipos. [44]

Para la implementación de la suspensión y reconexión y consulta de consumo se tomaron las siguientes variables con su respectiva OID:

Función	Variable	OID
Consultar Consumo	SNMPV2.MIB: SysName.0 (Grupo System MIB-II)	1.3.6.1.2.1.1.5.0
Cambiar Estado Servicio	UCD-SNMP-MIB ucdavis 50.4.1.2.9.115.104.101. 108.108.116.101.115.116.1 (Grupo Extensible MIB-II)	1.3.6.1.4.1.2021.50.4.1.2.9.115.104.101. 108.108.116.101.115.116.1
Consultar Estado Servicio	UCD-SNMP-MIB ucdavis 59.4.1.2.9.115.104.101. 108.108.116.101.115.116.1 (Grupo Extensible MIB-II)	1.3.6.1.4.1.2021.59.4.1.2.9.115.104.101. 108.108.116.101.115.116.1

Tabla 6. Funciones, variables y OIDs de la Herramientas

4.1.2.2. Agente SNMP

SIGMA en el lado del Contador tiene instalado el agente en el sistema operativo Linux Debian, en la mayoría de los sistemas GNU/Linux, se incluye un agente de SNMP es uno de los más desarrollados actualmente. Se trata de la actualización de la librería SNMP de la Universidad de California en Davis (que a su vez se basa en la librería de la Universidad de Carnegie Mellon). La librería se llamaba, en versiones previas udc-snmp, ahora se denomina net-snmp. La versión actual ha sido portada a GNU/Linux de la librería original por Juergen Schoenwaelder y Erik Schoenfelder, el desarrollador principal es Wes Hardaker [45].

La instalación y configuración de este agente en Linux Debía es bastante dispendiosa por tal motivo no se encuentra en este aparte sino que es explicada en el manual técnico de SIGMA (ANEXO A).

4.1.2.3. Consumo

El Consumo que se registra en el Contador se simula a través de un programa en java, el cual genera un incremento en el consumo de manera aleatoria, éste se suma al consumo almacenado anteriormente y se realiza la actualización del nuevo valor del consumo en la variable de la MIB asignada para este propósito. Para consultar el consumo simplemente se hace una operación GET sobre la variable en cuestión identificada con la OID 1.3.6.1.2.1.1.5.0, tal como se ilustra a continuación.

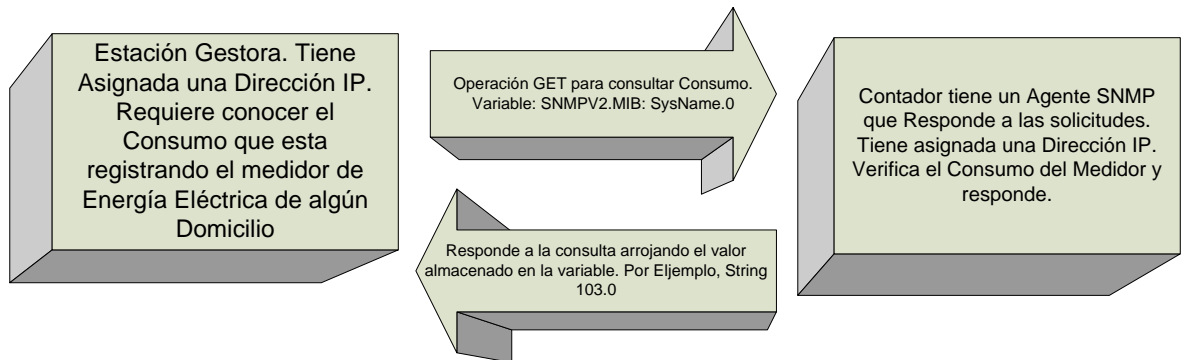


Figura 12. Consulta del Consumo

Para probar localmente se ejecuta: `Debian:/snmpc#snmpget -v1 -c public 192.168.1.110 .1.3.6.1.2.1.1.5.0`

Y obtener el valor que está registrando el medidor: `SNMPv2-MIB::sysName.0=String:103.0`

4.1.2.4. Control de Carga

El Estado del Servicio se almacena en una variable de la parte extensible de la MIB, cuya OID es:

1.3.6.1.4.1.2021.59.4.1.2.9.115.104.101.108.108.116.101.115.116.1

Un Sistema de Gestión Basado en SIG para la Empresa Proveedora del Servicio de Energía Eléctrica en el Departamento del Cauca CEC.

Antes de realizar una operación sobre la carga el sistema verifica el estado del servicio realizando una consulta sobre esta variable tal como se indica en la siguiente ilustración:

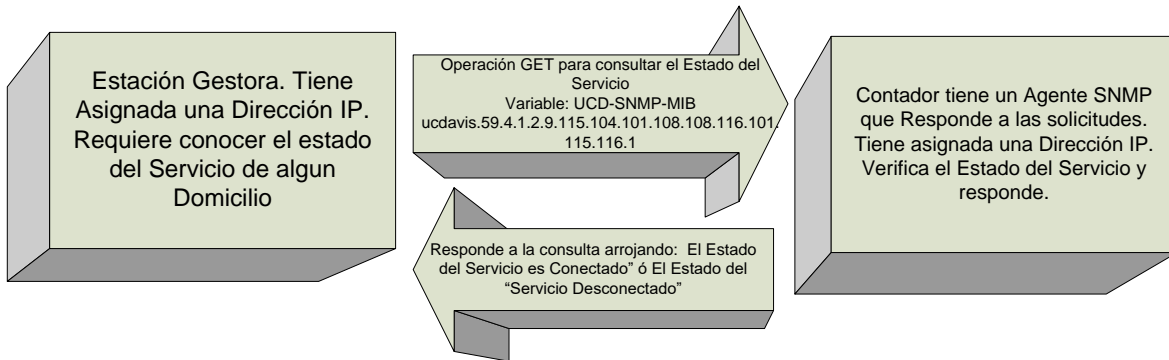


Figura 13. Consulta de Estado

Una vez la herramienta ha mostrado el estado del servicio, pregunta al usuario si desea cambiar el estado del mismo, si es así se realiza la operación de control en donde se suspende ó reactiva el servicio.

El control que se hace se simula a través de un programa en C++ que se ejecuta al realizar una operación de consulta (GET) sobre una variable de la parte extensible de la MIB cuya O.I.D es 1.3.6.1.4.1.2021.50.4.1.2.9.115.104.101.108.108.116.101.115.116.1, tal como se indica en la ilustración siguiente:

Un Sistema de Gestión Basado en SIG para la Empresa Proveedora del Servicio de Energía Eléctrica en el Departamento del Cauca CEC.

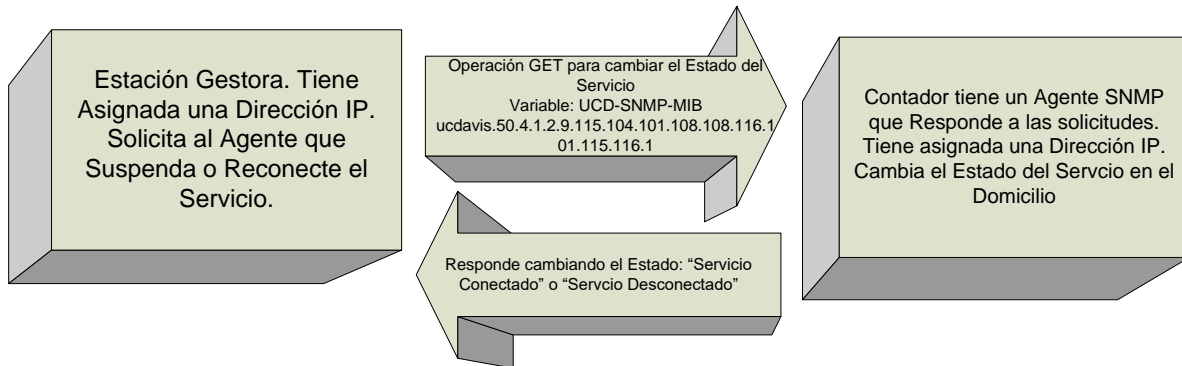


Figura 14. Cambiar Estado del Servicio

Para el desarrollo de esta primera versión-prototipo el factor de la encriptación de datos para brindar seguridad a las operaciones que se realizan sobre el sistema no fue considerado debido a la naturaleza académica y de prueba de SIGMA, para conocer más al respecto se pueden consultar acerca del protocolo SNMP y de las diferentes versiones que se han desarrollado [46].

4.2. ENTIDAD GESTORA (SIG – INTERNET)

4.2.1. Servidor de Base de Datos (BD)

Primero que todo por cuestiones de presupuesto se necesitaba un Servidor de base de Datos libre que soportara tipos de datos espaciales entre las cuales estaba mySQL y Postgres.

Se analizaron características y experiencias de otros desarrolladores que han probado ambas herramientas para poder realizar un mejor discernimiento.

MySQL junto con PHP es bastante utilizado en Servidores de Internet, por su velocidad respecto a Postgres. Es otro más de esos mitos en la informática, ya que con un volumen considerable de datos Postgres mantiene la velocidad, MySQL es más rápido cuando hay una cantidad de datos reducida.

La versión 4 de MySQL presentaba carencias y era complicado utilizar procedimientos almacenados y triggers; algunos afirman que presentan algunos problemas con su sintaxis SQL tal como se puede ver en [47].

Postgres permite implementar transacciones, triggers, etc. y acceder a todas las opciones de las BBDD de una manera rápida y sencilla. Existen versiones de este software para diferentes Sistemas Operativos (FreeBSD, Linux, Mac OSX, Solaris y Windows). Y al ser software libre siempre se baja el código fuente y compilar

Hay quienes han migrado bases de datos de MySQL a PostgreSQL y dicen que la misma información ocupa menos espacio, un caso específico mostrado en [56] en el cual una información que ocupaba 34GB, al migrar a PostgreSQL solo ocupa 9.6GB, esto puede ahorrar espacio y por consiguiente costos en el hardware. Por otro lado, la carga de información a la base de datos con PostgreSQL es mucho más ágil [48].

Por lo anterior el sistema utilizará Postgres, ya que es un sistema más moderno el cual nos brinda mayor robustez y escalabilidad, además de contar con Postgis, un componente que permite la conversión y almacenamiento de información cartográfica y también el análisis espacial de dicha información.

PostgreSQL está bajo licencia BSD, que es la licencia de software otorgada principalmente para los sistemas BSD (Berkeley Software Distribution). Pertenece al grupo de licencias de software Libre. 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 [49] [50].

PostgreSQL está considerado como la base de datos de código abierto más avanzada del mundo. PostgreSQL proporciona un gran número de características que normalmente sólo se encontraban en las bases de datos comerciales tales como DB2 u Oracle. La siguiente es una breve lista de algunas de esas características, a partir de PostgreSQL 7.1.x.

- DBMS Objeto-Relacional: Aproxima los datos a un modelo objeto-relacional, y es capaz de manejar complejas rutinas y reglas.
- Altamente Extensible: Soporta operadores, funciones métodos de acceso y tipos de datos definidos por el usuario.
- Soporte SQL Comprensivo: Soporta la especificación SQL99 e incluye características avanzadas tales como las uniones (joins) SQL92.
- Integridad Referencial: Soporta integridad referencial, la cual es utilizada para garantizar la validez de los datos de la base de datos.
- API Flexible: La flexibilidad del API de PostgreSQL ha permitido a los vendedores proporcionar soporte al desarrollo fácilmente para el RDBMS PostgreSQL. Estas interfaces incluyen Object Pascal, Python, Perl, PHP, ODBC, Java/JDBC, Ruby, TCL, C/C++, y Pike.
- Cliente/Servidor: Usa una arquitectura proceso-por-usuario cliente/servidor. Esta es similar al método del Apache 1.3.x para manejar procesos. Hay un proceso maestro que se ramifica para proporcionar conexiones adicionales para cada cliente que intente conectar a PostgreSQL [51].

En el almacenamiento de la parte espacial está PostGIS, que 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. Postgis ha sido desarrollado por la empresa canadiense Refraction

Un Sistema de Gestión Basado en SIG para la Empresa Proveedora del Servicio de Energía Eléctrica en el Departamento del Cauca CEC.

Research, especializada en productos "Open Source". PostGIS es hoy en día un producto veterano que ha demostrado versión a versión su eficiencia. En relación con otros productos, PostGIS ha demostrado ser muy superior a la extensión geográfica de la nueva versión de MySQL, y a juicio de muchos, es muy similar a la versión geográfica de la archiconocida Oracle. Un aspecto que hay que tener en cuenta es que PostGIS fue certificado en 2006 por el Open Geospatial Consortium (OGC) lo que garantiza la interoperabilidad con otros sistemas también interoperables [52].

A continuación se muestra una tabla comparativa entre las funcionalidades Espaciales de PostgreSQL y MySQL con sus correspondientes extensiones PostGIS y MySQL Spatial, para mayores detalles relacionados con estas herramientas revisar [53] [54] [55] [56].

Características	MySQL5.1/6	PostgreSQL8.3/PostGIS1.3/1.4
Sistema Operativo	Windows XP, Windows Vista, (no se ha probado sobre 2008), Linux, Unix, Mac	Windows 2000 en adelante (incluyendo Vista and 2003, no probado sobre 2008), Linux, Unix, Mac
Cargadores de Datos Espaciales Libres	OGR2OGR, shp2mysql.pl script	incluye shp2pgsql, OGR2OGR, QuantumGIS SPIT, SHP cargadores para PostGIS también existen otros desarrollados por Morten utilizando SharpMap.NET
Drivers disponibles específicamente para componentes espaciales	GDAL C++, SharpMap via OGR, AutoCAD FDO	SharpMap.Net, JDBC postgis.jar included with postgis, JTS etc. tons for Java, GDAL C++, AutoCad FDO beta support
Visores y Editores de escritorio libres	GvSig	OpenJump, QuantumGIS, GvSig, uDig
Web Mapping ToolKits	UMN Mapserver, GeoServer, MapGuide Open Source	Manifold, MapDotNet, ArcGIS 9.3, UMN Mapserver, GeoServer, FeatureServer, MapGuide Open Source (usando beta FDO driver)
Datos Geométricos Soportados	2D, can store 3D 4D - Polygon, Point, LineString, MultiPoint, MultiPolygon, MultiLineString, GeometryCollection	2D, some 3D, 4D y soporte de algunos tipo curve - Polygon, Point, LineString, MultiPoint, MultiPolygon, MultiLineString, GeometryCollection, CircularString, CompoundCurve, CurvePolygon, MultiCurve, MultiSurface
Habilidad para	No	ST_Transform - Para 2D y 3D, pero no

Un Sistema de Gestión Basado en SIG para la Empresa Proveedor del Servicio de Energía Eléctrica en el Departamento del Cauca CEC.

transformar de una referencia espacial a otra		para Circular Curve Types
Funciones para salida de datos Geométricos – importantes para el desarrollo web cuando se usa apis javascrip o flash	AsBinary(), AsText()	ST_AsBinary(), ST_AsText(), ST_AsSVG(), ST_AsGML(), ST_AsKML(), ST_AsGeoJson() – nuevo en 1.3.4, ST_AsEWKT(), ST_AsHexEWKB()
Funciones para entrada de datos Geométricos	GeomFromText(), GeomFromWKB()	ST_GeomFromText(), ST_GeomFromWKB()
Intersección	MBRIntersects()* (los tipos de geometría espaciales y la referencia espacial deben ser iguales), no se ha implementado una intersección todavía.	ST_Intersects(), ST_Intersection() (la referencia especial debe ser la misma)
Otras funciones para relacionar datos	MBRContains(), MBREqual(), MBROverlaps, MBRTouches(), MBRWithin(), bounding box only (las referencias espaciales de ambas geometrías deben ser iguales)	ST_Contains(), ST_Disjoint(), ST_Difference(), ST_Equals(), ST_Overlaps(), ST_Relate(), ST_SymDifference(), ST_Touches(), ST_Within() (La referencia especial debe ser la misma)
Acceso y Edición	Centroid(), Dimension(), EndPoint(), Envelope(), ExteriorRing(), GeomtryN(), GeometryType(), InteriorRingN(), IsClosed(), IsRing(), NumPoints(), PointN(), SRID(), StartPoint()	ST_Affine(), ST_Boundary(), ST_Buffer() (2 variants similar to STBuffer() and BufferWithTolerance()), ST_Centroid(), ST_ConvexHull(), ST_Dimension(), ST_EndPoint(), ST_ExteriorRing(), ST_GeometryN(), ST_GeometryType(), ST_InteriorRingN(), ST_IsClosed(), ST_IsEmpty(), ST_IsRing(), ST_ISSimple(), ST_NumGeometries(), ST_NumPoints() (only applies to linestrings), ST_NPoints() - returns num vertexes regardless of geometry type, ST_PointN(), ST_Simplify(), ST_StartPoint(), ST_SRID(), ST_Translate(), ST_Union(), various MakeLine, MakePolygon, buildarea etc.
Medición	Area(), GLength(), Distance()	ST_Area(), ST_Length(), ST_Distance(), ST_Distance_Spheroid(), ST_Length_Spheroid
Referencia Linear – cosas como retorno de segmentos de líneas,	Ninguna	ST_Line_Interpolate_point(), ST_Line_Substring(), ST_line_locate_point(), ST_locate_along_measure(), ST_locate_between_measures()

Un Sistema de Gestión Basado en SIG para la Empresa Proveedorora del Servicio de Energía Eléctrica en el Departamento del Cauca CEC.

aproximación a la ubicación de un punto a lo largo de una línea basado en un número de dirección		
Adición Espacial (funciones como SUM pero espacial)	Ninguna	ST_Extent(), ST_Collect(), ST_Union(), ST_Accum(), ST_MakeLine(), ST_Polygonize()

Tabla 7. Comparación Base de Datos

A continuación se presenta el Modelo Entidad-Relación el cual describe el esquema de la base de datos, sus entidades, relaciones entre las mismas y atributos dentro del sistema propuesto.

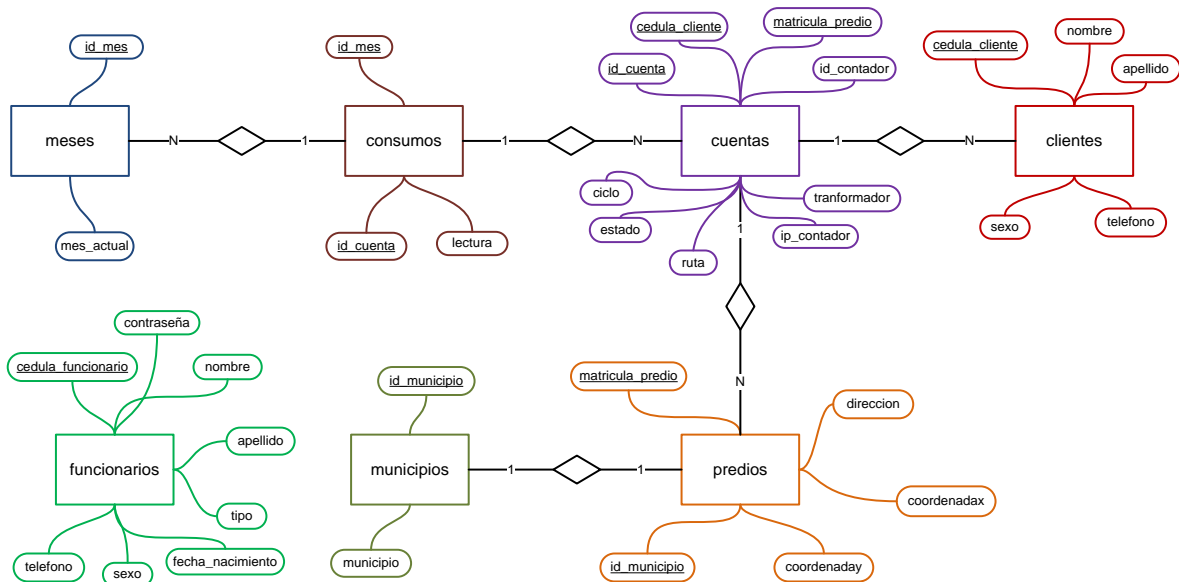


Figura 15. Diagrama Entidad Relación Base de Datos

Las personas quienes tienen un servicio inscrito con la empresa proveedora de energía eléctrica son llamadas *clientes* los cuales se identifican dentro del sistema con su *cédula* y tienen características como *nombre*, *apellido*, *teléfono*, *género*. Estos *clientes* pueden sugerir una o varias *cuentas* las cuales están se

identifican con un identificador de cuenta llamado *id_cuenta*, y tienen características del servicio como *transformador*, *ciclo*, *ruta*, *ip_contador* y *estado* referentes al servicio como tal, por otro lado se encuentran los *predios* en donde están instalados los servicios ubicados en los diferentes *municipios* en donde la empresa brinda los servicios y por último las *cuentas* también tiene adjunto los *consumos* generados en cada uno de los meses del año. Los *predios* se identifican con la *matrícula* del mismo y tienen características relacionadas con su ubicación como lo es la *dirección* y sus *coordenadas* geográficas.

Para el acceso a la base de datos se realizó utilizando JPA con TopLink, sobre la base de datos PostgreSQL de la forma en que se trabaja en [57]. Para las consultas espaciales este tipo de acceso presentaba incompatibilidad para lo cual se implementó una clase en java de conexión a la base de datos utilizando controladores JDBC [58] y asignando las sentencias sql elaboradas para generar los reportes.

Para poder desplegar una capa de contadores que estuvieran desconectados se genera y actualiza una tabla de forma dinámica llamada *contadores_suspendidos*, la cual es leída por el Servidor de Mapas el cual se encuentra sincronizado con la base de datos *PostgreSQL* de tal forma que se puede actualizar la información desplegada en el navegador por medio del *cliente(OpenLayers)* el cual soporta el protocolo WMS de la OGC.

4.2.2. GeoServer

Para poder mostrar datos geográficos en un ambiente Web se necesita de un servidor cartográfico, en este caso se utilizó Geoserver.

GeoServer es un servidor cuya función principal es la de compartir tu información geoespacial. Con Geoserver se puede publicar y editar datos usando los

estándares de la Open Geospatial Consortium (OGC), haciendo posible que la información esté disponible en varios formatos como mapas/imágenes [63].

Para escoger el servidor de mapas se tuvo en cuenta dos opciones libres muy populares, GeoServer y MapServer

Mapserver es un entorno de desarrollo en código abierto para la creación de aplicaciones SIG en Internet/Intranet con el fin de visualizar, consultar y analizar información geográfica a través de la red mediante la tecnología Internet Map Server (IMS). Es una aplicación desarrollada para trabajar bajo un ambiente de Internet, la cual corre bajo plataformas Linux/Apache y Windows.

Sus características principales son:

- Se ejecuta bajo plataformas Linux/Apache y Windows.
- Formatos vectoriales Soportados: ESRI shapefiles, PostGIS, ESRI ArcSDE, GML, y mucho vía OGR.
- Formatos raster Soportados: JPG, PNG, GIF, TIFF/GeoTIFF, EPPL7 y otros vía GDAL.
- Configuración vía URL.

La información visualizada por el servidor es archivos shape, sólo las imágenes PNG, GIF o JPEG se utilizan en el momento de hacer la conexión de un servidor cliente a un servidor Web, en el caso de querer establecer comunicación entre dos servidores.

Para la generación de una interfaz, se puede utilizar programación HTML y JavaScript.

El MMS (Sistema de Mensajería Multimedia) utiliza un lenguaje propio que permite el despliegue de las capas geográficas, clasificación de la leyenda,

simbología y componentes adicionales como colores, ancho de la línea, etc., cada uno de los componentes se debe definir en el archivo .map. Según la versión seleccionada, el despliegue de los datos puede hacerse utilizando el protocolo OGC de servicios de mapas que permitirá la conexión fácilmente con otro servidor.

GeoServer es un servidor de Open Source certificado por la OGC en tres diferentes standards los cuales son:

- WCS: (Web Coverage Service) Servicio de cobertura en la Web.
- WMS: (Web Map Service) Servicio de Mapas en la Web.
- WFS: (Web Feature Service) Servicio de Reportes en la Web.

Con GeoServer se puede publicar y editar datos usando estándares abiertos. Además de que la información está disponible en una gran variedad de formatos de mapas de imágenes o datos reales geoespaciales.

GeoServer por muchos aspectos es mejor que MapServer, esto debido a la tecnología que utiliza para el desarrollo de sus aplicaciones y debido a que tiene una interfaz más amigable que la de MapServer.

Algunas ventajas de GeoServer:

- No utiliza block de notas,
- Interfaz más amigable utiliza MapBuilder, OpenLayers (clientes que soporta JavaScript OGC WMS y WFS solicitudes, de modo que puede ver y editar datos espaciales a través del navegador Web).
- Compatibilidad con ASP (Servidor Activo de Páginas - Active Server Pages) para el desarrollo de WebSite.
- Soporte de diversos formatos
- Visualización de la aplicación de Geoserver con Google Earth.

Por lo tanto en lo personal trabajar con GeoServer es más adecuado para soluciones de Internet-GIS debido a que es fácil de utilizar, es Open Source, la visualización de los mapas que se generan se pueden visualizar en varios servidores de Internet ya establecidos como el Google Earth, se puede generar el código y dar presentación en ASP, cumple con varios estándares de la OGC, no trabaja con la tecnología del CGI lo cual es una gran ventaja ya que no se tiene que configurar, solo basta instalarlo y llamar a la dirección del localhost, posteriormente agregar un nuevo almacén de datos y finalmente se visualiza.

Nota: La cartografía que se utilice deberá estar establecida por alguna proyección de lo contrario no aceptara y por lo tanto no se generara nada.

En la actualidad existen diversas soluciones de carácter comercial, que permiten resolver problemáticas de distribución de información geográfica a través de Internet o Intranet, que actúan como extensiones de los Sistemas de Información Geográfica de Escritorio. Estas extensiones de Software, actualmente denominados WMS o Servidores de Mapas, tienen un elevado costo económico, ya que se trata de sistemas altamente especializados y desarrollados por pocas firmas de Software. Entre las que destacan Smallworld e Intergraph. Debido a razones económicas se propone utilizar Software Libre, ya que es posible desarrollar soluciones para publicar información Geoespacial de calidad similar o incluso superior a varios Software Comerciales [64].

4.2.3. OpenLayers

Para la escogencia de este cliente se realizó la comparación entre OpenLayers, MapBuilder, MapBender y UMN MapServer, clientes ligeros para web validados por la Open Source Geospatial Foundation (OSGeo), al contrario de proyectos como AppForMap, CartoWeb, Chameleon, ET – Map, Flamingo, Fusion, GeoExt, Geomajas, GMap, i3Geo, iGeoPortal, ka-Map, MapFish, msCross, p.mapper, TimeMap, WebGIS Public y worldKit que no están avalados por esta

organización. El hecho de contar con la validación de la OSGeo², les da un respaldo importante como proyectos sólidos y confiables [59].

Debido a que en el proyecto SIGMA se escogió como Servidor de Mapas GeoServer y se estaba trabajando con JSP era necesario un cliente SIG web con el cual se pudiera realizar una posterior integración por lo que MapBender y UMN MapServer se descartaron uno porque su API admite solo PHP como lenguaje de programación y otro porque depende totalmente de su servidor de mapas en este caso MapServer.

Teniendo en cuenta lo anterior como última opción se tenía OpenLayers y MapBuilder, siendo los dos excelentes clientes, ya que los dos admiten JavaScript como lenguaje de programación, son independientes del Servidor de Mapas, no requieren de plug-ins privados y soportan el protocolo WMS y WFS [60].

La única desventaja que podría tener MapBuilder con respecto a OpenLayers es que su desarrollo se ha parado, por lo que se decidió escoger OpenLayers.

OpenLayers además de simplificar el acceso a los servicios comerciales de mapas (Google Maps, Yahoo, Virtual Earth) tiene capacidad de leer distintos formatos de datos, como son GeoRSS, GeoJSON, KML, GML, lo que le ha valido que varios proyectos lo consideren como su visor predeterminado (como Geoserver).

² OSGeo es una Fundación cuyo objetivo es Apoyar el desarrollo de software geoespacial de código abierto, así como promocionar su uso. Los siguientes son algunos de los objetivos de la fundación: Proporcionar recursos para los proyectos de la Fundación, Promocionar el acceso libre a los geodatos, Promocionar el uso del software de código abierto en la industria, Fomentar la implementación de estándares abiertos y la interoperabilidad basada en estándares en los proyectos de la Fundación, Asegurar nivel de calidad muy alto en los proyectos de la Fundación para poder construir y preservar una «imagen de marca» de la fundación.

Si la idea es mostrar datos propios, como en este caso, OpenLayers brinda las opciones necesarias. En SIGMA se utilizan archivos en formato shape que son convertidos a sql e ingresados una base de datos gracias a las capacidades de PostGIS, una vez los datos geográficos se encuentran en la base de datos PostgreSQL se procede a realizar la creación del almacén de datos dentro del servidor de mapas Geoserver, para sincronizar la información geográfica que se despliega gracias a OpenLayers utilizando el protocolo WMS de la OGC soportado por este cliente [61] [62].

4.2.4. Apache Tomcat

Un Servlet es una clase Java usada para extender la capacidad de las aplicaciones basadas en el modelo cliente servidor y ejecución petición respuesta.

Los Servlets son una potente herramienta para la generación de contenido dinámico en la Web. Un Servlet Container es un componente encargado de la creación, acceso y destrucción de los Servlets es decir que controla su ciclo de vida.

Tenemos una clase implementada con el Server Java Server Faces, por lo cual se necesita un servidor que lo soporte, en este caso se tomaron a consideración dos opciones GlassFish y Tomcat, ya que son libres y de código abierto, sin nombrar su popularidad.

El contenedor Web Tomcat es la parte de un servidor de aplicaciones que se encarga de manejar los servlets, las páginas JavaServer Pages (JSP) y otros componentes del nivel Web. Mientras que GlassFish es un conjunto de contenedores Java EE, uno de los cuales es un contenedor Web, Tomcat es sólo un contenedor Web. La herramienta inicialmente se empezó a implementar

usando GlassFish, ya que nos brinda muchas facilidades en el desarrollo, pero se presentaron inconvenientes en el desarrollo debido a errores, los cuales no permitían desplegar la aplicación, se opta por utilizar el contenedor Tomcat, con lo cual no se volvió a presentar esta situación y por lo cual fue finalmente usado como Servidor Web [63].

Una vez acoplados todos los componentes el sistema empezó a simular el funcionamiento, mientras el contador registra el consumo automáticamente se almacena en una variable de la MIB, este valor es consultado de manera remota, de la misma forma se puede visualizar a través de un mapa los reportes del estado del servicio los cuales se pueden cambiar con solo un click de conectado a desconectado y viceversa.

Luego de ver funcionar el sistema se procede a realizar las pruebas respectivas, en el siguiente capítulo se describe el tipo de pruebas y los resultados que arrojó.

5. Evaluación Experimental

Una vez desarrollada la herramienta es necesario realizar pruebas para saber cómo se comporta bajo diferentes circunstancias y sobre todo para verificar qué aspectos pueden ser mejorados.

Las pruebas se reducen a unos cuantos pasos. Se ejecuta el programa (o parte del mismo) en ciertas condiciones, aplicando un conjunto de valores a sus entradas y se observa su respuesta, si esta resulta la esperada o al menos resulta aceptable, entonces se repite con otros valores o en otras condiciones [64], la figura a continuación ilustra un proceso básico de prueba:

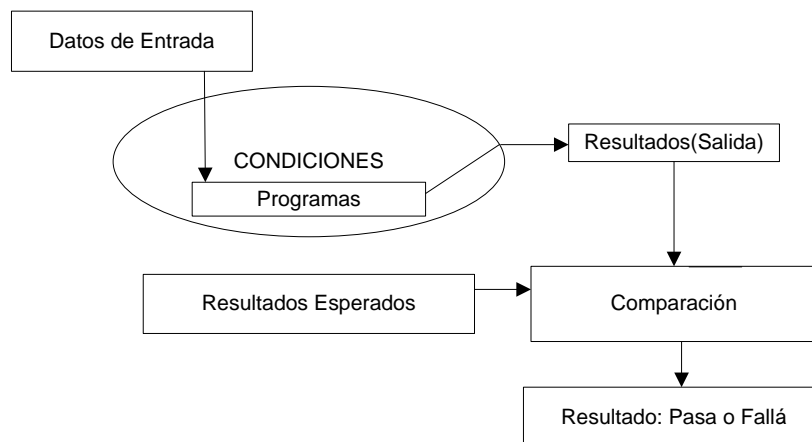


Figura 16. Proceso Básico de Prueba

El proceso busca de alguna manera asegurar que el programa cumple lo que se espera.

5.1. Metodología

Se van a definir diferentes escenarios de prueba para la herramienta, relacionados con sus funcionalidades con el fin de tener un acercamiento de las respuestas al realizar

Un Sistema de Gestión Basado en SIG para la Empresa Proveedor del Servicio de Energía Eléctrica en el Departamento del Cauca CEC.

procesos como lo son la recolección de datos de consumo y el cambio de estado del servicio. En cada escenario se prueba un aspecto funcional de la herramienta [65].

Para realizar las pruebas se utilizaron los siguientes equipos:

Dos contadores simulados en dos computadores con las siguientes características:

Contador 1

- Procesador AMD Athlon de 2000Mhz
- Memoria RAM 768MB con 64 MB de memoria compartida para video
- Disco Duro de 40GB
- Sistema Operativo Debian 5 Lenny

Contador 2

- Procesador AMD Athlon de 1200Mhz
- Memoria RAM 256MB con 16 MB de memoria compartida para video
- Disco Duro de 40GB
- Sistema Operativo Debian 4 Etch

Los Servidores Tomcat, PostgreSQL y Geoserver residen en un portátil Acer Extensa 5620 con las siguientes características:

- Procesador Intel Pentium dual-core T2370 de 1.73GHz
- Memoria RAM 2GB DDR2
- Disco Duro 250GB
- Sistema Operativo – Windows Vista Home Premium Service Pack 1 - 32 bit

5.1.1. Escenario No.1

Se tienen dos contadores y una entidad gestora, estos equipos se encuentran en la misma red, se realiza la consulta de la información de consumo de energía eléctrica bajo distintas condiciones para saber cómo responde el sistema.

Condición	Entrada	Salida
Contador en red con la entidad gestora	Número de cuenta (Cuenta registrada)	Registro consumo del contador
Contador sin red con la entidad gestora	Número de cuenta (Cuenta registrada)	Error -
Contador en red con la entidad gestora	Número de cuenta (Cuenta no registrada)	Error -

Un Sistema de Gestión Basado en SIG para la Empresa Proveedor del Servicio de Energía Eléctrica en el Departamento del Cauca CEC.

Resultado:

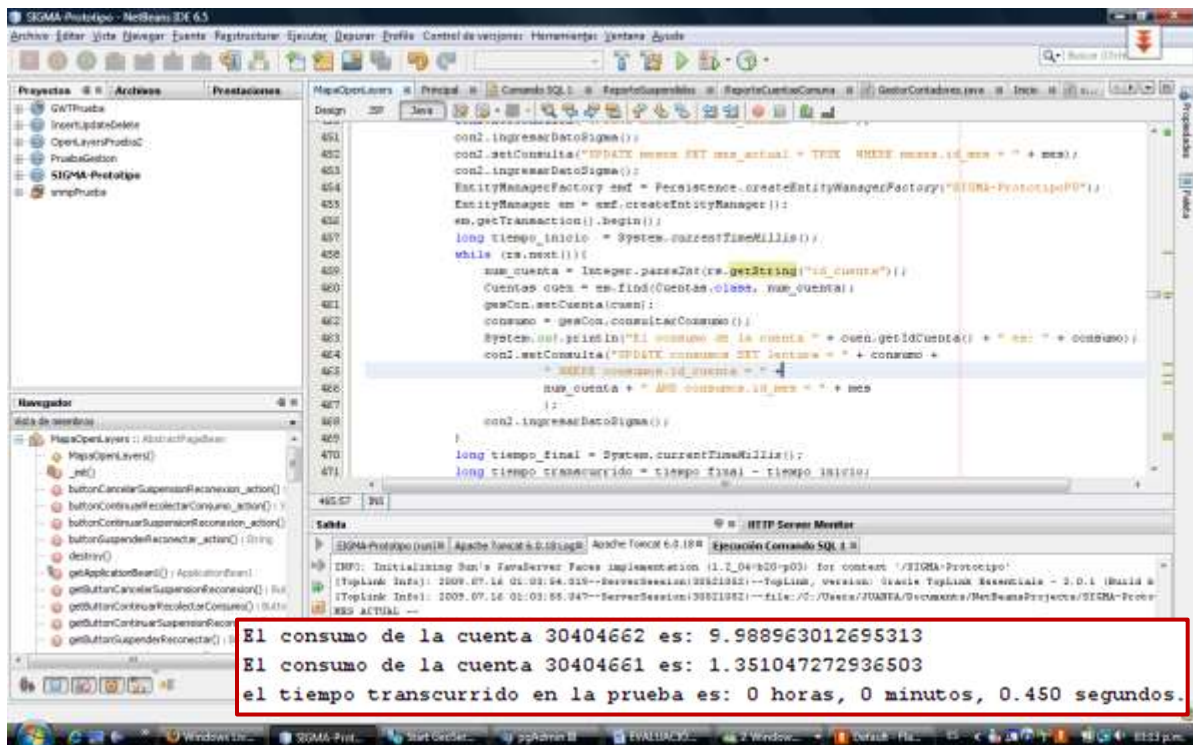


Figura 18. Prueba 2 del Primer Escenario

La consulta inalámbrica se comporta de manera esperada, al consultar las cuentas, en este caso la 30404662 y la 30404661 se obtiene el consumo 9.9889630126 y 1.351047272 respectivamente, el tiempo requerido para las dos consultas fue de 0.450 segundos.

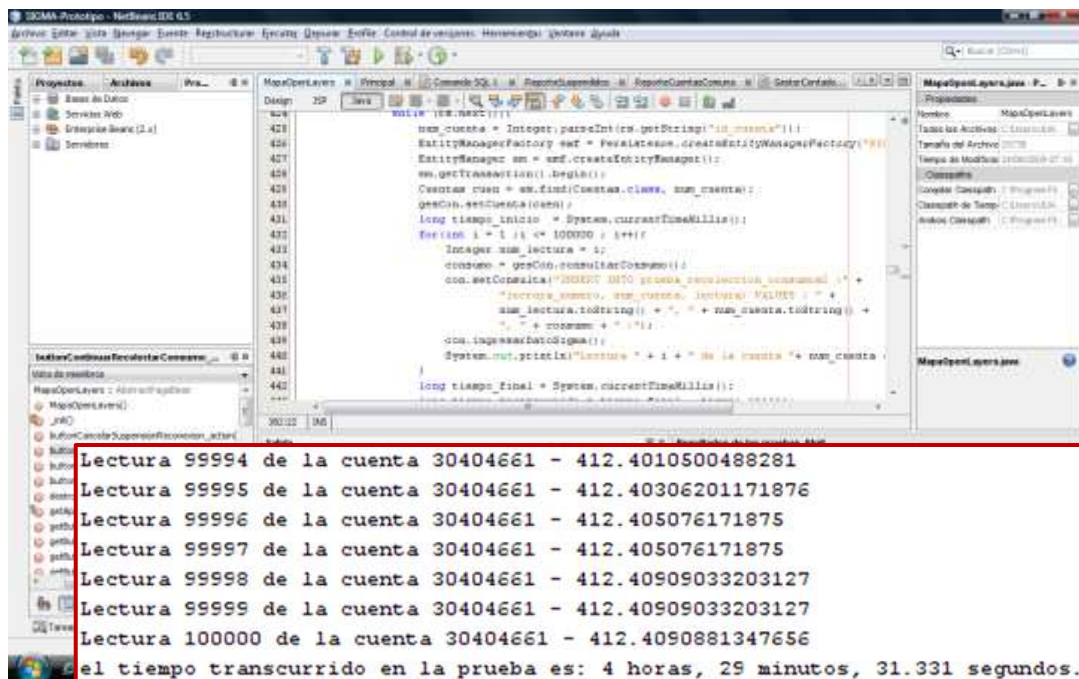
5.1.1.3. Prueba 3

En esta prueba se realizaron 100.000 consultas de consumo consecutivas al contador 1 desde una entidad gestora en red con un router inalámbrico marca ENCORE. Mediante un ciclo se desea realizar las 100.000 consultas, la condición de esta prueba es que estas consultas no se almacenen en la base de datos, se espera que una solicitud tan grande de datos no bloquee el sistema y que se obtengan en un tiempo relativamente corto para la cantidad de solicitudes que son.

Un Sistema de Gestión Basado en SIG para la Empresa Proveedor del Servicio de Energía Eléctrica en el Departamento del Cauca CEC.

El primer contador empleó alrededor de 4 Horas para registrar en la base de datos 100.000 consultas de consumo, el funcionamiento de esta característica del programa se considera eficiente ya que ahorra mucho tiempo en comparación con la manera tradicional de obtener estos datos.

Para el contador 2 tenemos:



```
MapOperLayers.java
...
long tiempo_inicio = System.currentTimeMillis();
for (int i = 1; i <= 100000; i++) {
    Integer num_lectura = 0;
    ...
    System.out.println("Lectura " + i + " de la cuenta " + num_cuenta);
}
long tiempo_final = System.currentTimeMillis();
...
Lectura 99994 de la cuenta 30404661 - 412.4010500488281
Lectura 99995 de la cuenta 30404661 - 412.40306201171876
Lectura 99996 de la cuenta 30404661 - 412.405076171875
Lectura 99997 de la cuenta 30404661 - 412.405076171875
Lectura 99998 de la cuenta 30404661 - 412.40909033203127
Lectura 99999 de la cuenta 30404661 - 412.40909033203127
Lectura 100000 de la cuenta 30404661 - 412.4090881347656
el tiempo transcurrido en la prueba es: 4 horas, 29 minutos, 31.331 segundos.
```

Figura 20. Prueba 4 del Primer Escenario – Contador 2

El segundo empleó 4 horas, 29 minutos y 31.331 segundos en recolectar las 100.000 consultas y registrarlas en la base de datos. El tiempo empleado es similar al anterior por lo tanto la funcionalidad sigue resultando eficiente utilizando el contador 2. El sistema tiene la facultad para que en caso de que se presente un inconveniente en la consulta de algún contador registrado, se almacenará esta cuenta para revisar posteriormente el inconveniente con detalle, y continua con la recolección de los datos de consumo correspondientes a los contadores que respondan de manera adecuada.

5.1.1.5. Análisis del Primer Escenario:

Cuando se hizo la consulta sin realizar registros en la base de datos el tiempo empleado para cien mil fue de 44 minutos con 42.6 segundos, haciendo los registros de las cien mil lecturas 4 horas con 30,628 segundos. Se puede ver que el registro de los consumos en la base de datos es lo que ha contribuido a aumentar el tiempo en el proceso de lectura de los contadores, por lo cual se recomienda montar el servidor de base de datos en un equipo bastante robusto para optimizar el rendimiento de este proceso.

En la realización de una sola consulta y registro, el sistema empleó 0,36 segundos, por lo que para cien mil tendríamos un tiempo estimado de 10 horas, realizando la prueba para 2 registros el sistema se demoró 0,45 segundos, este tiempo no es el doble del que se demoró al realizar un registro, por lo que suponemos que para cien mil registros es razonable que el sistema se demore alrededor de 4 horas, resultado que arroja la prueba 4 de este primer escenario, esto evidencia el mejoramiento en cuanto a la efectividad en la recolección de estos datos.

5.1.2. Escenario No.2

Se tienen dos contadores de electricidad previamente configurados y una entidad gestora, estos equipos se encuentran en la misma red, se realiza el cambio de estado de un contador bajo distintas condiciones. Para el cambio de estado de un contador se tiene:

Condición	Entrada	Salida
Contador en red con la entidad gestora	Número de cuenta (Cuenta registrada)	"El estado ha sido cambiado satisfactoriamente"
Contador sin red con la entidad gestora	Número de cuenta (Cuenta registrada)	Error al intentar consultar el estado del servicio, por favor verifique la conexión con el contador o su estado
Contador en red con la entidad gestora	Número de cuenta (Cuenta no registrada)	El número de cuenta ingresado no está registrado en el sistema

Primero el sistema pide el número de la cuenta sobre la cual se quiere realizar el cambio de estado, en seguida verifica el estado actual del servicio para el contador consultado y lo hace saber al usuario.

5.1.2.1. Prueba 1

Se realiza un cambio de estado para reconectar un servicio remotamente desde una entidad gestora a un contador instalado en red con un router inalámbrico ENCORE de 108Mbps.

Un Sistema de Gestión Basado en SIG para la Empresa Proveedor del Servicio de Energía Eléctrica en el Departamento del Cauca CEC.

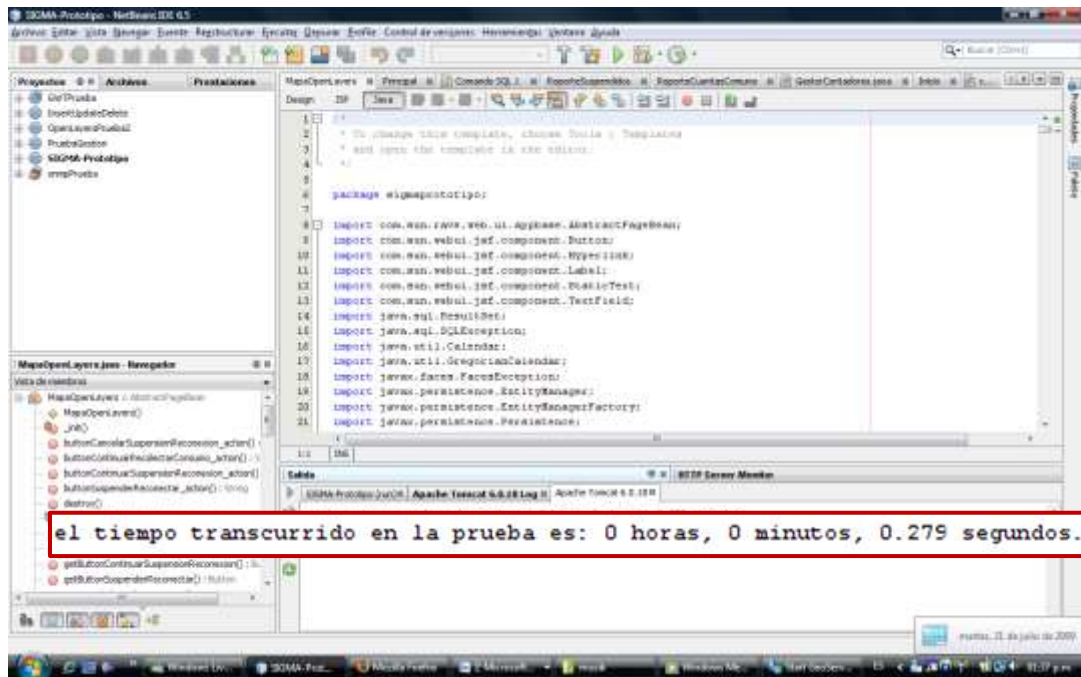


Figura 21. Prueba 1 del Segundo Escenario

El tiempo de reconexión del servicio fue de 0.279 segundos

5.1.2.2. Prueba 2

Se realiza un cambio de estado para suspender un servicio remotamente desde una entidad gestora a un contador instalado en red con un router inalámbrico ENCORE de 108Mbps.

Un Sistema de Gestión Basado en SIG para la Empresa Proveedora del Servicio de Energía Eléctrica en el Departamento del Cauca CEC.

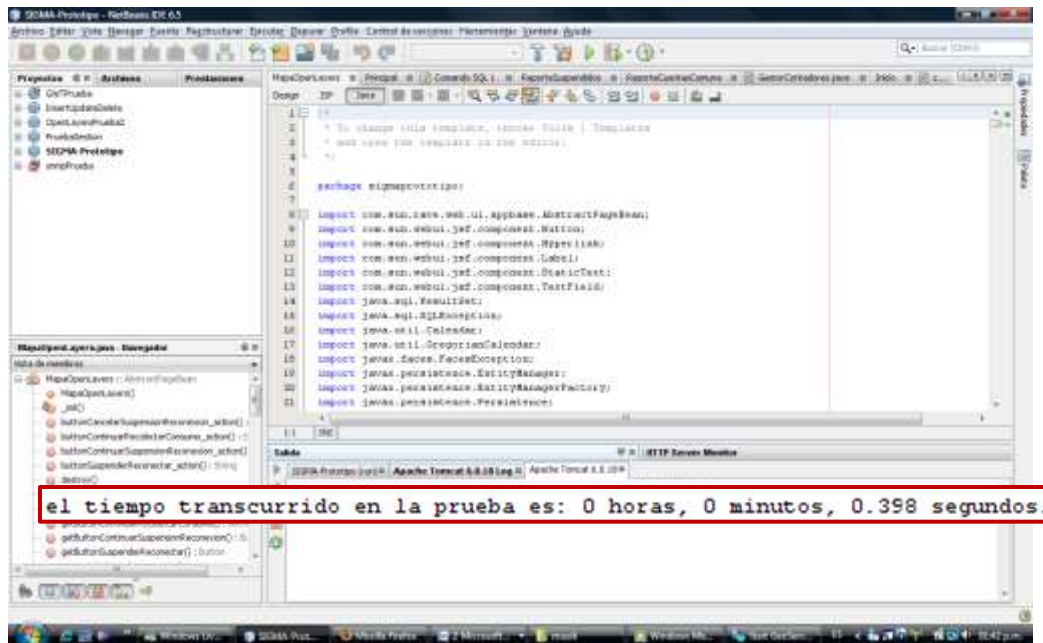


Figura 22. Prueba 2 del Segundo Escenario

El tiempo de desconexión fue de 0.398 segundos

5.1.2.3. Prueba 3

Se realiza un cambio de estado del servicio remotamente desde una entidad gestora a un contador instalado sin red con un router inalámbrico ENCORE de 108Mbps y el sistema responde especificando que hay un problema de comunicación con el contador correspondiente a la cuenta que se quiere manipular.

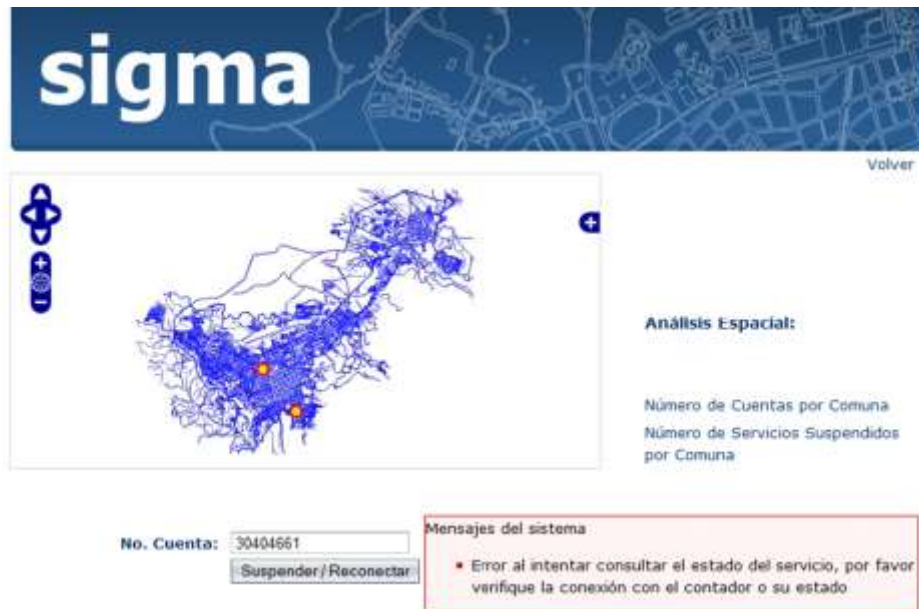


Figura 23. Prueba 3 del Segundo Escenario. Error de conexión al cambiar estado del servicio.

5.1.2.4. Prueba 4

Se realiza un cambio de estado del servicio remotamente desde una entidad gestora a una cuenta no registrada en el sistema a lo cual SIGMA responde de la siguiente forma.



Figura 24. Prueba 4 del Segundo Escenario. Error de cuenta al cambiar estado del servicio.

5.1.2.5. Análisis del Segundo Escenario:

El sistema tan solo se demora 0,279 segundos en la reconexión y 0,398 segundos en la suspensión del servicio, estos procesos implican el cambio de estado para el contador y una actualización del nuevo estado en la base de datos del sistema. Este tiempo es realmente corto, por lo cual se puede considerar que una vez el usuario pague su servicio en las cajas pertenecientes a la empresa proveedorora de energía eléctrica se podría realizar la activación del servicio inmediatamente de manera remota, en caso de presentarse un inconveniente en la realización de este proceso el sistema avisará la naturaleza del error.

Lo anterior permite notar que siempre y cuando se tengan optimas condiciones en la red de transmisión de datos, este proceso se puede realizar con mayor agilidad con respecto a la manera como lo trata la empresa en la actualidad, ya que éste implica un desplazamiento hasta cada domicilio para la hacer efectiva la suspensión ó reconexión del servicio.

En este Capítulo se generaron las pruebas necesarias para evaluar la manera en que el sistema pudiese fallar y se probaron las entradas de solicitud de datos de consumo y de desconexión/reconexión del servicio.

Se verifico lo requerido al inicio de las pruebas es decir que aspectos pueden ser mejorados de lo cual se concluye que los equipos entre más robustos sean los servidores que se utilicen se obtiene mayor rendimiento, igualmente la calidad de los medios físicos de transmisión de datos ya sea inalámbrico ó comunicación por línea eléctrica son importantes para garantizar efectividad en la gestión de la información.

En general el Sistema pasó las pruebas realizadas permitiendo evidenciar la efectividad de las funcionalidades implementadas.

6. Conclusiones, Aportes y Propuestas

Conclusiones:

El problema a tratar en este Trabajo de Grado fue el mejoramiento de los procesos de gestión de datos y de análisis de información de las empresas prestadoras de Electricidad específicamente para CEC para ello se presentó una arquitectura que integra SIG y los Sistemas de Gestión de Información.

Para conseguir esta arquitectura tal como se vio en la sección 4 nos guiamos por una metodología y se estudiaron aspectos como las necesidades que se encontraron, las limitaciones técnicas, los elementos existentes. Se definió también una arquitectura basado en PLC que debido a que la empresa cuenta con la infraestructura requerida para utilizar esta tecnología se pueden ahorrar costos en cuanto a transporte de datos. Se integró un sistema de gestión basado en java para obtener la información remotamente y se utiliza un SIG para analizar la información y mejorar los procesos. Posteriormente se realizó una implementación de la arquitectura para lo cual se hizo una revisión de herramientas existentes en el mercado para cada uno de los módulos definidos a saber: la base de datos espacial, los servidores de mapas, los servidores de información, entre otros, con el fin de conseguir una arquitectura que soporte la ejecución de los procesos en cuestión.

Durante el desarrollo del trabajo de grado se evidenció cómo a pesar de las herramientas tecnológicas existentes en el mercado para automatizar procesos, en países en vía de desarrollo se conoce poco acerca de los beneficios de las mismas, toda empresa dependiendo del tamaño y del volumen de información que maneje debería contar con alguna herramienta para hacer más eficaces sus operaciones.

La Correcta implantación de Herramientas que faciliten gestionar elementos, datos y en general cualquier tipo de información o dispositivo proporciona beneficios tanto para los directivos de una empresa así como para funcionarios y usuarios finales, en este tipo de inversión el retorno de capital generalmente es a largo plazo.

Empresas dedicadas a la prestación de servicios y/o productos, tal como la compañía eléctrica del Cauca no cuentan aun con sistemas que permitan la optimización y eficiencia de procesos tales como el manejo de datos de Consumo de Energía y Desconexión y Reconexión del Servicio, por tal motivo se considera que debería existir una estrategia que permita en un futuro contar con tecnologías de punta que agilicen los procesos nombrados.

Aportes:

- Uno de los principales aportes de este trabajo de Grado ha sido diseñar una herramienta que brinde la posibilidad de agilizar procesos del sistema de gestión de datos de consumo de energía eléctrica con herramientas de desarrollo libres.
- Otro aporte significativo en la parte técnica del trabajo de grado ha sido generar una aplicación que pueda unir herramientas de gestión con herramientas SIG permitiendo analizar espacialmente la información gestionada.
- Otro aporte tiene que ver con la característica que tiene la herramienta de poder desconectar y/o conectar una carga eléctrica de manera remota simulando la conexión/desconexión del servicio de energía eléctrica para poder efectuar estos procedimientos de utilizo la parte extensible de la MIB1213.
- La arquitectura propuesta en este trabajo de grado plantea claramente una solución tecnológica que optimiza y aporta eficiencia a procesos que llevan a cabo empresas prestadoras de Electricidad, ya que, con esta herramienta tomaría entre

15 y 20 minutos realizar 450 lecturas, actualmente tarda entre 6 y 9 horas la misma cantidad de lecturas.

- Según estimaciones realizadas se calculo que utilizando SIGMA tan solo emplearía el 8,65% del tiempo que se tarda actualmente en procesos de conexión/desconexión.
- A través de Diagramas de Flujo se modelaron los procesos empresariales que actualmente realiza la compañía de Electricidad de Cauca CEC, la empresa no se contaba con esta representación de los procesos.

Propuestas Trabajos Futuros:

- Completar el actual sistema con un modulo que reporte fallas en las redes de Energía Eléctrica.
- Mejorar la herramienta diseñada, aportando nuevas funcionalidades tales como operación del sistema desde equipos móviles.
- Generar un hardware especializado que adopte las funcionalidades del contador que sea adaptable al sistema.
- Utilizar otro medio físico de transporte de los datos, por ejemplo. Wi Fi, fibra óptica, entre otros.

Integración de funcionalidades para hacer más configurable la herramienta al cargar la cartografía, podría realizarse desde la aplicación y no directamente sobre la base de datos.

Un Sistema de Gestión Basado en SIG para la Empresa Proveedorora del Servicio de Energía Eléctrica en el Departamento del Cauca CEC.

- Integración de herramientas que permitan generación de los procesos de negocio de forma dinámica.
- Integración de nuestra plataforma con otros protocolos de gestión TALES COMO CORBA, TMN.

REFEERENCIAS

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] A. Urquiza. (2007, Apr.). Aplicación de modelos de competencias a la gestión de Sistemas de información. Universidad Francisco de Vitoria .Revista Española de Innovación, Calidad e Ingeniería del Software. [Online]. Vol.3, No. 1, pp. 23-37. Disponible en: <http://www.ati.es/IMG/pdf/UrquizaVol3Num1.pdf>

[2] G.W. D. Mendes, H.R. Di Assunção Brasilino, J. P. Sauv , P. S. Nicoletti y L. R. Rosales, "Use of SNMP in the Management of Electrical Energy Measuring Systems. Página personal Gustavo Wagner. 2001. [Online]. Disponible en: <http://www.gustavowagner.com/paginaPessoal/documentos/artigos/metering2003-GustavoWagnerMendes.pdf> [Accessed May. 21, 2007].

[3] A. Toledo, "Plataformas de gestión SNMP". Departamento de Telecomunicaciones Universidad del Cauca, Colombia, 2004, [Online]. Disponible en: <http://atenea.unicauca.edu.co/~atoledo/>

[4] C. R. Dahm, J. Eisenhardt, J. N rskov, C. Tomra, Ole Krog Thomsen "SNMP Based Management of the Network at the Department of Control Engineering at AAU". Department of Control Engineering University Aalborg, Dinamarca, 3rd of February - 3rd of June. 2003. [Online]. Available: <http://www.christiandahm.dk/download/p8.pdf>

[5] L. P. Lu, J. H. Zhou, J. Hu, G.Y. Li and Y. Q. Song, "Embedded Powerline Communication in Large Scale Distribution Automation and Demand Side Management System", Sch. of Mech. & Electron. Eng., Wuhan University of Technology, article of IEEE, 2006.[Online]. Disponible en IEEE Digital Library,: http://ieeexplore.ieee.org/xpl/freeabs_all.jsp?isnumber=4077749&arnumber=4077782&count=91&index=32 [Accessed Jan. 22 ,2008]

[6] Q. Song, G. Bumiller, R. Brito, L. Lu, L. Pinho and F. Pacheco, "System model and performance evaluation", 2005. University of Loria. [Online]. Disponible en: Archive Hal-Loria, http://hal.inria.fr/view_by_stamp.php?label=LORIA&action_todo=view&langue=fr&id=inria-00000794&version=1

[Accessed Jan. 23 2008]

-
- [7] L. Lu, R. Brito, and Q. Song, "QoS and Performance of REMPLI PLC network", School of Mechanical and Electrical engineering. 2005. [Online]. Disponible en: http://www.strep-necst.org/1st_workshop/Lu.pdf [Accessed Sep. 5, 2007]
- [8] E. García, M. A. Chimeno, L. Legorburu." El Proyecto OPERA (Open PLC European Research Alliance)". IBERINCO: IBERDROLA Ingeniería y Consultoría, 2004. Disponible en: <http://www.aedie.org/9CHLIE-paper-send/358-GARCIA.pdf> [Accessed Abr. 25, 2008].
- [9] G. Simard, "Hydro Québec's project and development program for distribution Automation", Canada 2005. [Online]. Disponible en: Documentation Power Connect, http://www.powerconnect.ca/pc/meetings/PeerReview/Session%202%20Communication%20requirement%20for%20DER_PDF/2.3-Distribution%20System%20Automation%20-%20George%20Simard.pdf [Accessed Sep. 6, 2008]
- [10] F. Ortiz TENDENCIAS TECNOLOGICAS EN SISTEMAS DE ULTIMA MILLA. Av. Libertador, Frente Al Colegio de Ingenieros, Torre Principal de CANTV. Disponible en: http://neutron.ing.ucv.ve/revista-e/No2/F_Ortiz.htm
- [11] LiPing, GangYan, YeQiong. Powerline Communication System for Monitoring and Supervision of Feeder. Equipments for MV Substation Automation School of Mechanical and Electrical engineering, Wuhan university of technology, 430070 Wuhan, Hubei, P.R. China LORIA-INPL, Campus Scientique-BP239, 54506 Vandoeuvre-lès-Nancy-France. Disponible en: <http://hal.archives-ouvertes.fr/docs/00/11/37/87/PDF/PID284110.pdf> [Accessed Dec 2008]
- [12] Grupo de Ingeniería Telemática Universidad del Cauca, "Proyecto: Ariadna - Adquisición Remota de Información Ambiental para Diagnóstico y gestión de recursos Naturales". Universidad del Cauca, Colombia. [Online]. Disponible en: <http://git.ucauca.edu.co/ariadna/> [Accessed Sep. 8, 2008]
- [13] J. A. Ordóñez, "Sistema Integrado de Información sobre el Recurso Agua-SIRA". Presentación para el "GISDAY"2006. Universidad del Cauca, Colombia. [Online]. Disponible en: <http://www.unicauca.edu.co/gisday2006/Docs/SIRA/SIRA.pdf> [Accessed Sep. 8, 2007]
- [14] J. A. Ordóñez, A. Figueroa y O. Solarte, "Sistema de Información Regional sobre el Agua (SIRA)". Presentación para el "GISDAY"2006. Universidad del Cauca, Colombia [Online]. Disponible en: <http://www.unicauca.edu.co/gisday2006/Docs/SIRA/Resumen.pdf> [Accessed Sep. 8, 2007]

[15] J. A. Ordóñez, "Sistema Integrado de Información sobre el Recurso Agua-SIRA". Presentación para el "GISDAY"2006. Universidad del Cauca, Colombia. [Online]. Disponible en: <http://www.unicauca.edu.co/gisday2006/Docs/SIRA/SIRA.pdf> [Accessed Sep. 8, 2007]

[16] J. I. Igbokwe, E. J. Emengini, "GIS in Management of Electricity Distribution Network: A case study of Onitsha-North L.G.A., Anambra state, Nigeria". Department of Surveying and Geoinformatics, Faculty of Environmental Sciences, 2002. [Online]. Available: <http://www.gisdevelopment.net/application/utility/power/utilityp0022.htm> [Accessed Jun. 25 2007]

[17] O. A. Rojas, A. J. Echeverri, J. O. Gómez, F. E. Morales. "Sistema de Telemetría y Telecontrol del Servicio de Energía Eléctrico". Grupo LAC Universidad del Cauca, 2003. Disponible en: <http://200.25.59.34:8080/gruplac/jsp/visualiza/visualizagr.jsp?nro=00000000000694>

[18] A. Runío Barroso, J. Gutiérrez Puebla," Los sistemas de información Geográficos: Origen y Perspectivas". 1997. Universidad complutense de Madrid. Revista general de información y documentación, vol. 7, n. 1. Servicio de publicaciones. [Online]. Disponible en: Documento UCM, <http://www.ucm.es/BUCM/revistas/byd/11321873/articulos/RGID9797120093A.PDF> [Accessed Aug. 12, 2008]

[19]D. E. Vázquez Cubos, "La Importancia De Los Procesos De Negocio En Las IT", Departamento de Servicios Computacionales. Tecnológico de Monterrey, Campus Monterrey devazquezarrobaitesm.mx

[20] Modelado del Negocio. Disponible en: http://lsi.ugr.es/~arroyo/inndoc/doc/negocio/negocio_d.php

[21] Modelado del Negocio, Disponible en: http://merinde.rinde.gob.ve/index.php?option=com_content&task=view&id=19&Itemid=103

[22] B. Pérez Gavilán. "Exposición de material Didáctico para Emprendedores". Procesos del Negocio. Espíritu empresarial. Instituto Tecnológico de Estudios tecnológicos de Monterrey. Octubre de 2006. Disponible en: <http://www.slideshare.net/expovirtual/proceso-de-negocios> [Accessed Jan, 8. 2009]

[23] Innova.- "ERZ Endesa instala más de 33.000 contadores inteligentes a pymes en la comunidad autónoma aragonesa". ZARAGOZA, 23 Sep. 2008 (EUROPA PRESS) [Online]. Disponible en: http://www.equal-fueib.org/vt/attachment/p_noticia.php?no_key=1873

[24] http://www.programacion.net/articulo/lenguajes_patrones/

[25] D. Moisés Daniel. Cómo desarrollar una arquitectura software: los lenguajes de patrones. Disponible en: <http://www.moisesdaniel.com/es/wri/ComoDesArqSoft.htm>

[26] http://www.fundibeq.org/metodologias/herramientas/diagrama_de_flujo.pdf

[27]

http://www.elprisma.com/apuntes/administracion_de_empresas/quesonlosdiagramasdeflujo/

[28] <http://redes-ssnoelia.blogspot.com/>.

[29] <http://www.infor.uva.es/~jvegas/cursos/buendia/pordocente/node20.html>

[30] <http://www.infor.uva.es/~jvlegas/cursos/buendia/pordocente/node18.html>

[31]

<http://fama2.us.es:8080/turismo/turismonet1/economia%20del%20turismo/analisis%20geografico/informacion%20geografica%20localizaciones%20turisticas.pdf>

[32] Gobierno de Perú Disponible en: http://www.ccidep.gob.pe/index.php?option=com_content&task=view&id=10&Itemid=25

[33]<http://www.mapa.es/es/sig/pags/wms/wms.htm>

[34]<http://www.porticodagloria.es/noticiasweb/plc.htm>

[35] Base de Datos Espaciales. Instinto Geográfico Agustín Codazzi. Disponible en: http://www.igac.gov.co:8080/igac_web/UserFiles/File/ciaf/TutorialSIG_2005_26_02/paginas/bd_basededatospacial.htm

[36]. Disponible en: <http://geoserver.org/display/GEOS/Welcome>

[37]<http://www.idecan.grafcan.es/idecan/portal/documentacion/20-estandares.html>

[38] <http://www.desarrolloweb.com/articulos/2380.php>

[39] D.Bravo, J. Gaviria Herramienta de gestión SNMP con interfaz de usuario WEB para redes de área local y su aplicación a la Red de Datos de la Universidad del Cauca. Tesis de Pregrado Universidad del Cauca

[40] WebNMS SNMP API 4. WebNMS SNMP API Overview Disponible en: <http://www.webnms.com/snmp/>

[41]<http://www.webnms.com/snmp/>

[42]<http://gicl.cs.drexel.edu/people/sevy/snmp/docs/index.html>

[43]<http://wwwsnmp.cs.utwente.nl/General/mngt-rfc.html>

[44] http://beta.redes-linux.com/manuales/Monitorizacion_redes/snmp.pdf

[45] Artículo para la revista Linux Actual número 17: "Gestión SNMP con Linux"
Javier Fernández-Sanguino Peña http://beta.redes-linux.com/manuales/Monitorizacion_redes/snmp.pdf

[46] J. C. Fernández Rodríguez, J. A. Corrales González, A. Otero Rodríguez, "La seguridad en la familia de protocolos SNMP". Artículos digitales Xombra.com Sitio de Seguridad Informática, Feb. 2002. [Online]. Disponible:
<http://www.xombra.com/pdf.php?articulo=103&t=0>

[47] E. Saíz. "MySQL o PostgreSQL,.. la gran duda". 25 Abril 2006. Disponible en:
<http://estebansaiz.com/blog/2006/04/25/mysql-o-postgresql-la-gran-duda/>

[48] FeedLounge now running on PostgreSQL.2005. Disponible en:
<http://feedlounge.com/blog/2005/11/20/switched-to-postgresql/>

[49]<http://weblogs.javahispano.org/pacopaco/>

[50] Introducción a Postgresql. Disponible en:
http://www.postgresql.org.pe/articles/introduccion_a_postgresql.pdf

[51] C. D. González. "Base de Datos PostgreSQL, SQL avanzado y PHP". Mar – 2009. Disponible en:
<http://www.usabilidadweb.com.ar/postgre.php>

[52] W-04: Introduction to PostGIS. Disponible en:
<http://www.foss4g2007.org/workshops/W-04/>

[53] <http://dev.mysql.com/doc/refman/5.1/en/spatial-extensions.html>

[54] <http://dev.mysql.com/doc/refman/6.0/en/spatial-extensions.html>

[55] <http://postgis.refrains.net/documentation/manual-1.3/>

[56] <http://postgis.refrains.net/documentation/manual-svn/>

[57]http://wiki.cetechihuahua.gob.mx/index.php/Netbeans_6.0,_JPA_y_JSF#Generadores_en_JPA

[58] <http://linpox.wordpress.com/2008/05/23/jdbc-conectar-java-con-postgresql/>

[59] <http://www.hablandodesigs.com/2007/11/19/openlayers-se-gradua/>

[60] Comparación de clientes ligeros web para SIG, German Carrillo, 2009, disponible en: http://geotux.tuxfamily.org/index.php?option=com_myblog&show=comparaci%F3n-de-clientes-ligeros-web-para-sig-v.2.html&Itemid=59

[61] <http://www.geographos.com/BLOGGRAPHOS/?p=167>

[62] <http://barrapunto.com/articles/08/12/29/0250228.shtml>

[63] <http://www.linux.org.ni/modules.php?name=News&file=article&sid=47>

[64] Juan Manuel Fernandez Peña, “Qué significa probar software” disponible en: http://www.uv.mx/jfernandez/cursos_archivos%5CCap%201%20Significado.pdf

[65] Pablo Cruz Navea, “¿Qué es software testing?”. 4 de diciembre de 2008 <http://www.alumnos.usm.cl/~pablo.cruz/archivos/queesting.pdf>