DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE APLICACIONES DE SUPERVISIÓN Y CONTROL DE GENERACIÓN ELÉCTRICA Y ANÁLISIS DE DATOS HISTÓRICOS PARA LA EMPRESA ELÉCTRICA PROVINCIAL COTOPAXI S.A.

Marcos Armas Villamaarín[1], Santiago Lucio Cruz[2], Mario Ron[3], Diego Marcillo[4]

1 ESPE, Ecuador, marcos.armas@gmail.com
2 ESPE, Ecuador, elsan_tiago@hotmail.com
3 ESPE, Ecuador, mron@espe.edu.ec
4 ESPE, Ecuador, dmarcillo@espe.edu.ec

RESUMEN

El proyecto desarrollado brinda una solución a una problemática presentada en la Empresa Eléctrica Provincial de Cotopaxi (ELEPCO) en cuanto al monitoreo y control de sus centrales hidroeléctricas, ELEPCO contaba con un sistema pero este no cubría sus necesidades, se tenía poco aprovechamiento de los datos históricos, se presentaban reportes de generación no muy fiables puesto que los hacían de forma manual en una hoja de cálculo, la solución propuesta fue desarrollar tres subsistemas o programas que agilizan el monitoreo de los equipos de generación, el primer subsistema se integra a un sistema SCADA de la empresa y acondiciona los datos obtenidos para luego almacenarlos en una base de datos, el segundo subsistema es una interface web donde el usuario puede revisar los valores de generación eléctrica y niveles de agua, y por último un subsistema de análisis de datos históricos que en cambio ayuda a que el usuario pueda obtener reportes históricos de generación, para este subsistema se utilizó una herramienta de inteligencia de negocios por su capacidad de manejo y consolidación de grandes cantidades de datos, la metodología utilizada en este proyecto fue SCRUMS y fue necesario tres ciclos completos del mismo, uno para cada subsistema. El resultado de este proyecto fue apreciado por ELEPCO porque facilitó el monitoreo de los equipos de campo, inclusive lo pueden realizar desde una ubicación remota a la central hidroeléctrica, aumentó la fiabilidad de los reportes de generación, y aprovechó los datos históricos.

Palabras Clave: Monitoreo, Control, Scrums, Reportes, ELEPCO.

ABSTRACT

The project brings a solution to a present problem at the Empresa Electrica Provincial de Cotopaxi (ELEPCO) concerning the monitoring and control of their hydroelectric plants. ELEPCO had a system that did not cover their current needs and had limited use of historic data, which in turn led to untrustworthy generation reports, given that they were done manually on spreadsheets. The proposed solution consisted on creating three subsystems or programs that facilitate the monitoring of the generation equipment; the firs subsystem is integrated to the company's SCADA system and format the data obtained, data that will be later stored in a database; the second subsystem is a web interface where the user can check the electric generation values and water levels; and the last subsystem is to analyze historic data which in turn help the user obtain historic generation reports. For the latter, a business intelligence tool was used for its ability to manage and consolidate large amounts of data. The methodology used in this project was SCRUMS, and was necessary three complete cycles of this, one for each subsystem. The resulting project was appreciated by ELEPCO because it eased the monitoring of off-site equipment, including remote access to such data. Additionally, it increased the trustworthiness of the generation reports, allowing for an improved use of historic data.

KeyWords: Monitoring, Control, Scrums, Reports, ELEPCO.

1. INTRODUCCIÓN

La Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi ELEPCO S.A., según la Ley de Régimen del Sector Eléctrico, es una institución dependiente del Ministerio de Electricidad y Energías Renovables, que tiene como funciones principales la generación, distribución y comercialización de energía eléctrica, sin embargo, antes de la promulgación de la mencionada Ley, tenía como parte constitutiva de su sistema las centrales de generación de Illuchi, cuya área operativa debe separarse tanto administrativa como técnicamente de la empresa de distribución, por disposición de la Ley.

ELEPCO S.A. tiene una planta generadora de electricidad ubicada en el sector de Illuchi, sitio localizado a 30 Km al este de la ciudad de Latacunga, esta central generadora posee 4 grupos hidráulicos, cada uno está conformado por una turbina tipo Pelton, un alternador y los equipos de control y protección, entre los cuales consta un GENERATOR PROTECTION UNIT (G. P. U.), que es una unidad que en base a electrónica de estado sólido, cumple con las siguientes funciones:

- Protección contra sobrecorrientes.
- Protección contra sobre y bajos voltajes.
- Protección contra motorización del generador.
- Almacenamiento en memoria de corta duración de los parámetros eléctricos producidos por los eventos anormales.
- Medición de potencia generada (Kilovatios - kW).
- Medición de energía generada (Kilovatios hora - kWh).
- Voltaje generado (Kilovoltios – kV).
- Corriente generada (Amperios – A).

Esta central se encuentra dentro del sistema interconectado nacional, que es a donde se dirige toda la energía que generan las plantas del país. El sistema interconectado es controlado por el CENACE (Centro Nacional de Control de Energía), el cual posee medidores con acceso a internet en cada una de las empresas generadoras, por medio de los cuales toman datos de la cantidad que está generando cada planta en GW/h (Giga Wattios por Hora), para posteriormente depositar en las cuentas de cada empresa el valor en dinero de estos Giga Wattios.

La Dirección de Generación de ELEPCO S.A. tiene a su cargo el control, supervisión y monitoreo de todos los parámetros eléctricos antes mencionados, que tienen relación con la producción de energía eléctrica y otros que son necesarios para la operación del sistema, como el acopio de agua en los reservorios hasta su utilización en el funcionamiento de la maquinaria para producir la electricidad.

Tal como se indicó, cada grupo de generación tiene un puerto RS232, y los operadores se conectan mediante un cable serial y un software de ABB, empresa fabricante de los GPU's; para tomar datos del estado actual del generador. Este software no posee una función de captura automática o programada, ni de almacenamiento de los datos extraídos por lo que los operadores prefieren tomar estos datos manualmente desde los displays situados en la parte frontal de los GPU's, y luego lo ingresan en una hoja de Excel a manera de bitácora, estos archivos son entregados al Jefe de la planta para que los almacene en su computador y envíe a la gerencia ubicada en Latacunga por medio físico sea en un CD o en un Pen Drive, lo que ha ocasionado algunos problemas en cuanto a la fiabilidad de estos datos y la lenta obtención de reportes.

Los sistemas desarrollados en este proyecto tienen como objetivo automatizar la toma de datos, acondicionar los valores obtenidos y presentar reportes que sean de utilidad para ELEPCO. El usuario del sistema puede revisar el estado actual de cada equipo, planificar los mantenimientos, además de contar con las opciones de administración de usuarios, configuraciones y administración de datos.

Las herramientas que se usaron en este proyecto son:

- LabView 8.5, para integrar la opción de acondicionamiento de valores y almacenamiento a la base de

datos.

- PHP 5.0 para el subsistema Monitor que será una interface donde el usuario podrá revisar el estado actual de cada equipo de campo, planificar los mantenimientos, se ocupará tecnologías adicionales que complementan a PHP como JavaScript, AJAX, JQuery, CSS y otras librerías para graficar.
- Pentaho BI Suite 3.0 que es una herramienta de inteligencia de negocios su función será consolidar o resumir la información obtenida en los subsistemas anteriores y presentar informes de generación eléctrica.

En este proyecto se usó SCRUMS que es parte de las metodologías ágiles que ayudan a desarrollar software de una manera rápida evitando excesiva documentación que muchas veces no es relevante para el proyecto.

2. MATERIALES Y METODOS

2.1 SCRUMS

Scrums más que una metodología de desarrollo es un marco de trabajo que proporciona las mejores prácticas para el desarrollo de software de calidad, donde el gestor del proyecto puede emplear diferentes procesos y técnicas que sean las más apropiadas para el proyecto, se basa más en el resultado final del producto que la documentación generada. A pesar de que Scrums nace para desarrollar nuevos productos tecnológicos se acopla a ambientes con requerimientos muy inestables y que necesiten resultados rápidos como los proyectos de software.

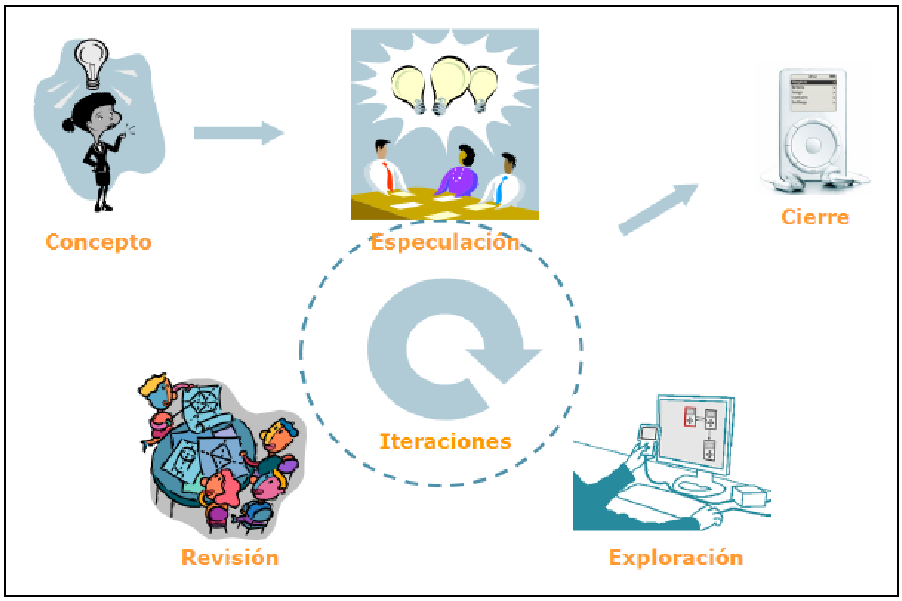

Gráfico 1: Estructura de Scrums [1]

Como se ve en el gráfico 1 Scrums divide al proyecto en 5 fases, es una metodología iterativa que inicia con el concepto del producto a desarrollar, luego tiene un proceso iterativo de especulación o análisis, exploración o desarrollo y revisión o pruebas en cada iteración se van obteniendo pequeños avances funcionales del proyecto hasta obtener el producto final.

La comunicación entre el equipo de desarrollo con el dueño del producto es la clave del éxito en un proyecto según esta metodología. Los roles que intervienen en el proceso son:

- Dueño del producto: es el representante del cliente y es el responsable de vigilar que el desarrollo este acorde a los requerimientos y se lo desarrolle en los tiempos propuestos.

[1] Juan Palacio, JP, Octubre 2007, Flexibilidad con Scrums, [en linea] disponible en: www.navegapolis.net/files/Flexibilidad_con_Scrum.pdf

- Scrum Master: Su función es limpiar el camino para que el equipo de desarrollo logre las metas del sprint. También está encargado de controlar que el proceso Scrum se lo utilice como es debido. Capacita al equipo para ser más productivos y hacer productos de mayor calidad, ayuda al equipo a comprender y usar la autogestión y la inter-funcionalidad. En conclusión es quien hace cumplir las reglas y hace que el equipo no se desvíe de su objetivo. No es el líder del equipo ya que el equipo Scrum es auto-organizado.
- Equipo: Es un grupo pequeño de 5 a 9 personas multidisciplinarias; es decir, que posean el conocimiento y las habilidades necesarias para desarrollar el trabajo.

2.2 LabView

Sus iniciales significan Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench, Es un entorno gráfico utilizado entre otras cosas para el desarrollo de aplicaciones sofisticadas de medida, pruebas y control usando íconos gráficos e intuitivos y cables que parecen un diagrama de flujo, su aplicación va desde la adquisición de datos hasta el control remoto de equipos electrónicos, su entorno dispone de cientos de bibliotecas integradas para análisis avanzado y visualización de datos posee además drivers de control de la mayoría de equipos existentes, todo para crear instrumentación virtual (Virtual Instrumentation).

Entre las características de esta herramienta están:

Programación Más Rápida : Programación Gráfica, labVIEW posee almacenado un sin número de controles que se encuentran programados previamente, lo cual permite programar con bloques de función gráfica, es decir únicamente arrastrar el control previamente programado y unirlo con el resto de botones programados en lugar de escribir líneas de texto.

Representación de Flujo de Datos: Permite desarrollar, dar mantenimiento y comprender el código fácilmente con una representación intuitiva en diagramas de flujo.

Integración de Hardware con LabVIEW: Permite conexiones a cualquier instrumento o sensor con bibliotecas integradas y miles de controladores de instrumentos, lo cual es la principal función que se busca en este proyecto, puesto que esta característica del LabVIEW es la que se utilizó para permitir la conexión de los radios (Spread Spectrum) con nuestro sistema de monitoreo para que nos provea de la información de generación necesaria para que este sistema funcione.

Reutilización de Código: Permite integrar código basado en texto y DLLs o incorporar fácilmente archivos .m originales y de otras empresas, es decir, se pueden crear subprogramas en forma de DLLs y reutilizarlos en otros proyectos, ya que para adjuntándolos únicamente basta arrastrarlos dentro del proyecto y conectarlos al resto de botones programados previamente.

2.3 PHP

PHP (Personal Home Page) es un lenguaje de programación interpretado que hizo su aparición en 1994, diseñado originalmente para la creación de páginas web dinámicas. Es usado principalmente en interpretación del lado del servidor pero actualmente puede ser utilizado desde una interfaz de línea de comandos o en la creación de otros tipos de programas incluyendo aplicaciones con interfaz, es rápido a pesar de ser interpretado, multiplataforma y dispone de una gran cantidad de librerías que facilitan el desarrollo de las aplicaciones.

PHP permite embeber su código dentro de una página HTML y realizar determinadas acciones de una forma fácil y eficaz sin tener que generar programas desarrollados íntegramente en un lenguaje distinto al HTML, además ofrece un sinfín de funciones para la explotación de bases de datos de una manera llana, sin complicaciones.

Entre las ventajas más importantes que tiene PHP están: compatibilidad con las bases de datos más comunes, funciones de envió de correo electrónico, carga de archivos, creación de imágenes tipo GIF en el servidor, uso de clases, herencia, interfaces, una de sus principales desventajas es que no es cien por ciento orientado a

objetos. [2]

2.4 MySQL

MySQL es software Open Sourse (fuente abierta), esto significa que es posible para cualquier persona usarlo y modificarlo. MySQL usa el GPL (GNU General Public License) para definir lo que se puede y no se puede hacer con el software en diferentes situaciones.

Es un sistema de base de datos relacional, multihilo y multiusuario. Es desarrollado por MySQL AB desde 1995 (actualmente subsidiaria de Oracle Corporation), con el objetivo de que cumpla el standard SQL sin sacrificar velocidad, fiabilidad o usabilidad.

Permite crear base de datos y tablas, insertar datos, modificarlos, eliminarlos, ordenarlos, hacer consultas y realizar muchas operaciones mediante SQL (Structure Query Lenguage).

2.5 Pentaho BI Suite

Pentaho es una herramienta de Business Intelligence desarrollada bajo la filosofía del software libre para la gestión y toma de decisiones empresariales. Es una plataforma compuesta de diferentes programas que satisfacen los requisitos de BI. Ofreciendo soluciones para la gestión y análisis de la información, incluyendo el análisis multidimensional OLAP, presentación de informes, minería de datos y creación de cuadros de mando para el usuario.

Consiste en un grupo de aplicaciones entre los que están:

- Pentaho Analisis, usado para crear los esquemas de los cubos.
- Pentaho Data Integration, usado para migración de datos.
- Pentaho Metadata Editor, sirve para crear un esquema de metadatos.
- Report Designer, ayuda a la generación de reportes.
- Pentaho BI Server, provee la interfase de usuario y repositorio de soluciones y creación de reportes ad-hoc.

Pentaho provee una interfaz de usuario que permite organizar todos los reportes creados, además permite crear reportes temporales o ad-hoc.

3. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN.

En este punto se tratara el diseño y la implementación de la solución propuesta, que consiste en una explicación resumida de todo el trabajo técnico realizado, por ejemplo: aplicación de la metodología, diseño arquitectónico, fases ejecutadas, plan ejecutado, investigación de campo.

El primer paso que se desarrolló en este proyecto fue reunir la lista de requerimientos y documentarlos según la norma IEEE 830, en este documento se agrupó los requerimientos para los tres subsistemas.

El diseño e implementación se lo realizó en tres etapas, una etapa por cada subsistema, es decir; un proceso de la metodología Scrums por cada uno en base a los requerimientos especificados por ELEPCO, cabe destacar que existieron cambios a los requerimientos inicialmente efectuados durante el avance del proyecto, los mismos que fueron incorporados en el desarrollo.

Cada etapa consistió en un ciclo de todas las fases de Scrums, para esto se clasificaron los requerimientos y se los listó como historias de usuario y se realizaron 3 pilas de producto para ser desarrolladas.

[2] Miguel Ángel Álvarez, M.A., (09 de Mayo 2011), Qué es PHP, *Desarrollo Web*, [En línea] disponible en: http://www.desarrolloweb.com/articulos/392.php

En la primera etapa se diseño el subsistema de obtención de datos, el mismo que se desarrolló en 2 sprints de 10 días cada uno, el producto final se lo integró a un sistema SCADA existente en ELEPCO S.A, el gráfico 2 muestra la arquitectura diseñada en esta etapa.

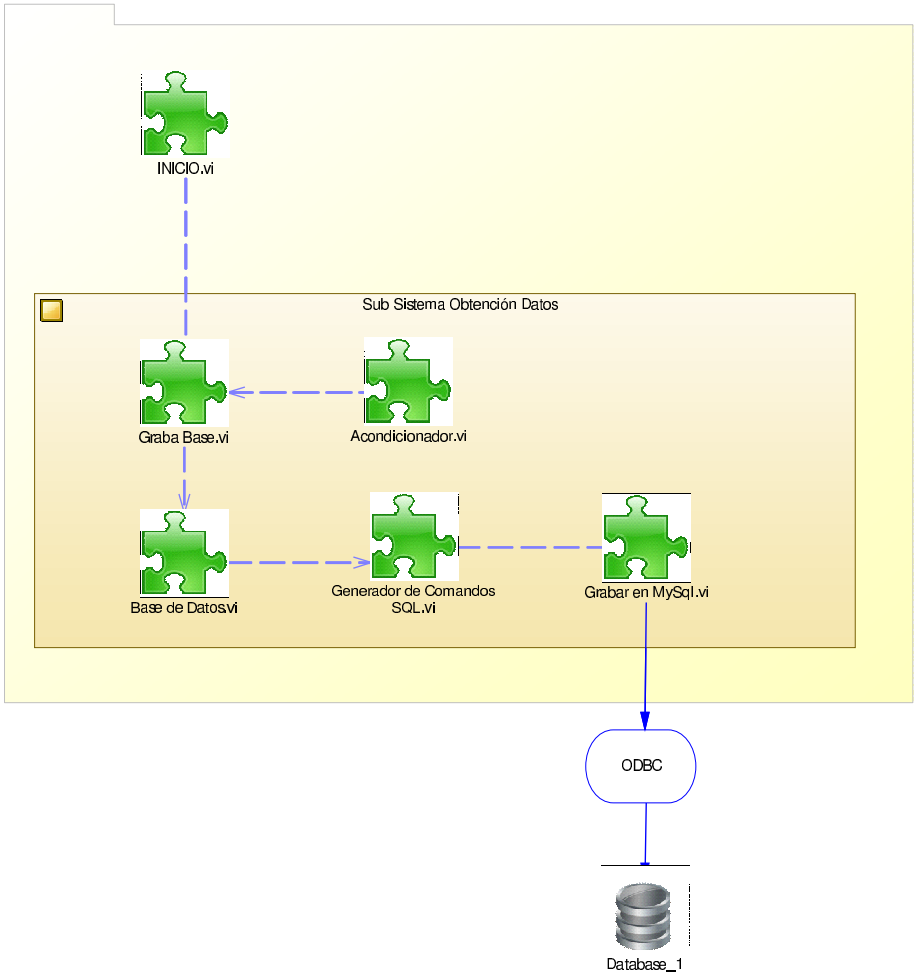

Gráfico 2: Arquitectura Subsistema de Obtención de Datos

La segunda etapa consistió en el diseño del subsistema monitor, fue desarrollado en 3 sprints de 30 días cada uno, se creó una arquitectura Modelo Vista Controlador que ayudó a organizar el código del desarrollo, aparte se utilizaron librerías de software que agregaron funcionalidad al proyecto como son JavaScript, Ajax, JQuery, Thick Box, Open Flash Chart, se utilizó también PropelORM un gestor ORM (Object Relational Mapping) que fue un elemento clave del desarrollo, porque evitó que se desarrolle código de persistencia a la base de datos.

La solución creada cuenta con funciones de monitoreo de los equipos de campo, administración de usuarios, ubicaciones geográficas de las centrales hidroeléctricas, tiene una navegación basada en menús y opciones configurables por el usuario y se puede agregar permisos de usuarios a cada menú y opción.

El gráfico 3 muestra la arquitectura desarrollada en esta etapa:

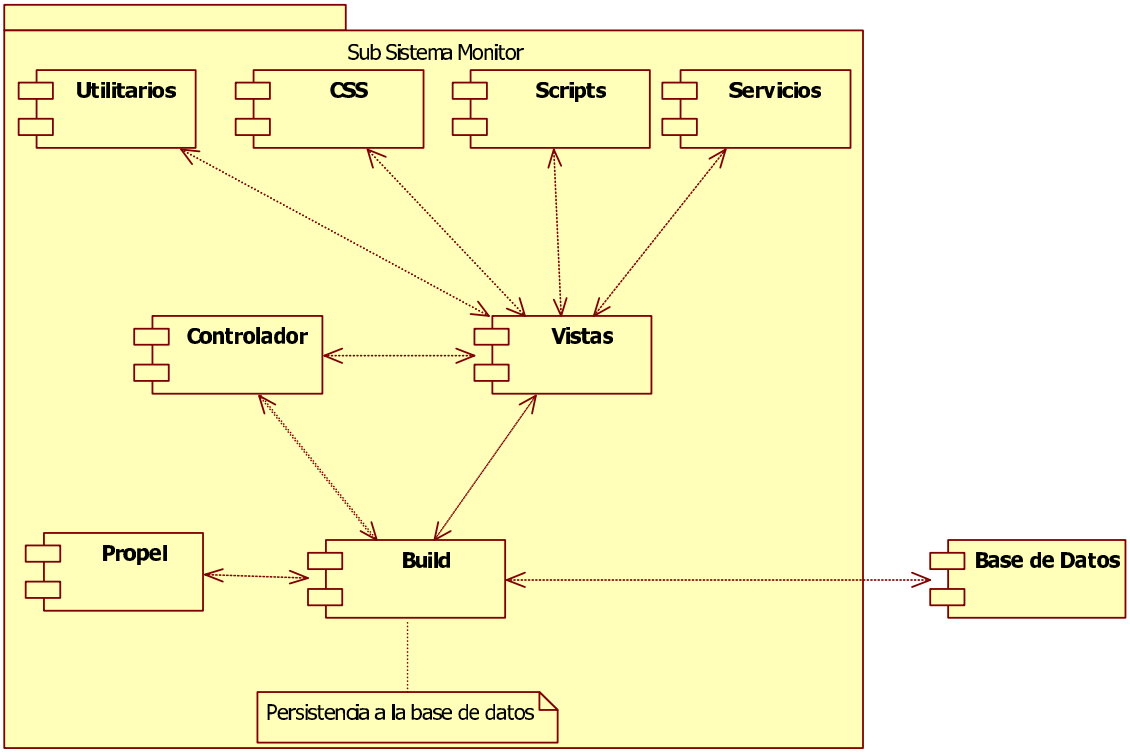

Gráfico 3: Diagrama de implementación del subsistema de monitor.

Se concluyó con una tercera etapa en la que se implementó el cubo de información con Pentaho BI suite, para esta implementación se tuvo que desarrollar varios artefactos como son: el esquema de cubo OLAP, el esquema de Metadatos, Reportes, y Procesos de migración de datos.

Se desarrollaron 5 reportes fijos que fueron el requerimiento inicial de ELEPCO S.A. pero el sistema permite que el usuario pueda crear sus propios reportes tanto fijos como temporales.

4. RESULTADOS.

Los subsistemas implementados lograron satisfacer las necesidades de la Empresa Eléctrica Provincial de Cotopaxi, automatizando la captura de datos, brindando una herramienta de monitoreo de las variables eléctricas y niveles de agua y a la obtención de reportes de mayor fiabilidad.

La segmentación de la información permite agruparla por ubicación geográfica, central de generación, generador, lo que permite un mejor análisis de datos puesto que pueden revisar los valores de forma totalizada o parcializada.

5. TRABAJOS RELACIONADOS.

No existen sistemas que estén relacionados con el proyecto realizado.

6. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO.

El sistema fue desarrollado e implementado en la Empresa Eléctrica Provincial de Cotopaxi, recolecta información de generación eléctrica de forma automática, permite las funciones de monitoreo y control de los equipos de campo, ayuda con la planeación de mantenimiento de los equipos y emite reportes de la generación eléc-

trica ayudando al usuario con su tarea de análisis de información.

Con el sistema se ha logrado automatizar todo el proceso de monitoreo por lo que ya no se necesita la intervención de los operadores en el ingreso de datos y acondicionamiento y por esta razón se ha logrado que la autenticidad de los reportes sea exacta con la realidad y por ende se agiliza el proceso análisis.

Con el sub sistema de análisis de datos se logra que el usuario pueda disminuir tiempo en analizar la información obtenida, además se obtiene reportes gerenciales fáciles de entender. El uso de un cubo de información resume y consolida la información de forma rápida según los niveles de agrupación que se crearon.

El sistema desarrollado puede seguir creciendo puesto que se piensa implementarlo en otras plantas hidroeléctricas propiedad de la ELEPCO, en ese caso el impacto no sería mayor porque los programas pueden instalarse en otras hidroeléctricas sin mayor esfuerzo, por otro lado pueden aumentarse equipos de campo para monitorear en ese caso.

7. AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Sr. Ing. Miguel Lucio por abrirnos las puertas de la dirección de generación eléctrica de la Empresa Eléctrica Provincial de Cotopaxi S.A. y darnos el apoyo técnico necesario para la realización de este proyecto de una manera amistosa y a la vez profesional.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

[1] Juan Palacio, JP, Octubre 2007, Flexibilidad con Scrums, [en linea] disponible en: www.navegapolis.net/files/Flexibilidad_con_Scrum.pdf

[2] Miguel Ángel Álvarez, M.A., (09 de Mayo 2011), Qué es PHP, *Desarrollo Web*, [En línea] disponible en: http://www.desarrolloweb.com/articulos/392.php