Interfaz gráfica para la operación remota de un prototipo de generación de energía hidroeléctrica

Carlos F. Cardozo H.*
W. El Helou S.*
A. Bernal**
R. Ortiz.***

Laboratorio del Sistema Prototipado automatizado (SGEH). Escuela de Ingeniería Eléctrica y Electrónica. UNIVALLE

Resumen

En este artículo se presenta el diseño de la interfaz gráfica para la operación remota de un laboratorio prototipo automatizado orientado a la enseñanza en sistemas de generación hidroeléctricos (SGEH), ubicado en la EIEE (Escuela de Ingeniería Eléctrica y Electrónica) de la Universidad del Valle. Lo anterior implica abordar no solamente el desarrollo de software para lograr la interfaz, sino también la selección e instalación de los elementos de instrumentación y el control que permitan tales fines.

Palabras clave: Hidroeléctrica, sistema de generación de energía, acceso remoto, interfaz, bases de datos.

* Estudiante de Ingeniería Electrónica de la Universidad del Valle perteneciente al Grupo de Investigación de Arquitecturas digitales y Microelectrónica. carloscardozo85@hotmail.com, wilhelou@hotmail.com

** Ph.D. con énfasis en Microelectrónica, docente de la universidad del Valle. Director del Grupo de Investigación de Arquitecturas digitales y Microelectrónica. alvaro@univalle.edu.co

*** Ph.D. en evaluación de recursos hidroenergéticos, docente de la Escuela de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la Universidad del Valle, Cali - Colombia. pamupo@univalle.edu.co

Fecha de recibido: 08 de mayo de 2009 Fecha de aceptado:01 de octubre de 2009

Abstract

This paper presents the design of the graphical interface regarding remote operation of an automated prototype laboratory oriented to teaching in hydroelectric generation systems (SGEH). The laboratory is placed in the EIEE (School of Electrical and Electronic Engineering), Universidad del Valle. The work involves the development of software and the instruments selection and installation for controlling the system via Internet.

Key Words: Power generator system, hydroelectric power plant, remote operation, database, interface

I. Introducción

Aproximadamente el 70% de la Tierra está cubierta de agua, este elemento ha sido usado y explotado por siglos. Las plantas hidroeléctricas son uno de los desarrollos técnicos más relevantes para el aprovechamiento de la energía potencial del agua. Ésta es una de las razones por las cuales la energía hidroeléctrica es muy usada como fuente renovable de energía.[1]

En el mundo se observa un crecimiento considerable del uso de centrales hidroeléctricas (CHE); ante este hecho, Colombia no es la excepción, en el país la energía eléctrica es suministrada mayormente por este tipo de plantas. Según datos de la *Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME) en el 2007 la* capacidad instalada efectiva de las hidroeléctricas *en Colombia equivale al 67%, con una generación media anual de 84%.*[2] Lo anterior evidencia la necesidad de la adquisición de experticias en la operación de sistemas de generación de energía hidroeléctricos usando las nuevas tecnologías.

Por tal motivo, el presente trabajo busca operar y controlar de forma remota, vía Internet, el laboratorio de Pequeñas Centrales Hidroeléctrica de la EIEE, de manera tal que permita fortalecer la enseñanza en sistemas de generación hidroeléctricos (SGEH), ya sea presencial y/o remotamente.

2. Sistema de generación de energía hidroeléctrica

Está compuesto por un motor trifásico de 25 HP que mueve una bomba generando un caudal máximo de 1100 litros/minuto y una presión máxima de 70 psi, que impulsa el agua almacenada en un tanque por una tubería de presión, simulando de esta manera una caída de agua de 40 metros. La tubería lleva el agua a una turbina Pelton, o una bomba centrífuga usada como turbina. Esta última se acopla mecánicamente a un motor asíncrono trifásico de 7 H.P. y 220 volts, usado como generador de energía eléctrica que produce máximo cinco kilovatios (Figura 1).

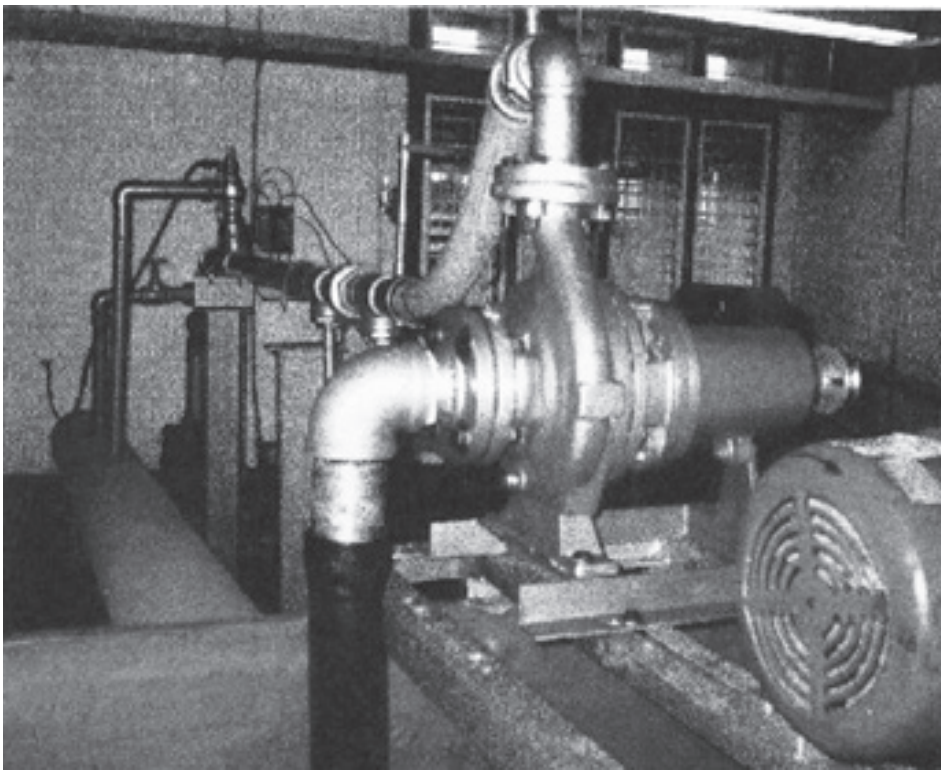

Figura 1. Laboratorio de generación de energía

El agua del sistema fluye a través de un ciclo cerrado, es tomada inicialmente por la bomba-motor la cual recibe el agua almacenada en el tanque primario, cuya capacidad es de 2.000 litros y cumple la función de embalse. El agua saliente de la turbina se deposita en el tanque de aguas turbinadas que reduce la turbulencia del agua y tiene la capacidad para almacenar 500 litros. El circuito de agua mostrado en la Figura 2 cuenta con una válvula esférica (válvula fija 1) y un by-pass (válvula fija 2) que permiten o no el paso de agua a la turbina, una válvula de alivio (VA) calibrada a 70 psi y una válvula reguladora (V1) con la que se desvía el agua para variar el caudal que va a la turbina. El agua retorna al tanque principal a través de la tubería de retorno, la cual tiene doce pulgadas de diámetro.

El procedimiento de operación se desarrolla siguiendo una serie de pasos secuenciales que involucran proceso de arranque, sincronización, interconexión, operación y desconexión.

En el arranque se chequea el estado inicial del nivel del agua en el tanque, y la posición correcta de la válvula V1 y los contactores C1, C2 y C3. Cuando se ha verificado lo anterior, el sistema está en condiciones de realizar un arranque exitoso al activar el contactor C1 siendo la posición inicial de V1 totalmente abierta.

Se inicia luego la segunda fase de la operación que es la sincronización. En esta se ajusta la velocidad de giro de la turbina para controlar el caudal que llega a ella por medio de la variación de V1, llevando la turbina a las 1.800 RPM aproximadamente; realizado esto se conecta el generador asíncrono a la red al cerrar el contactor C2. Transcurrido cierto tiempo en el que suceden los transitorios de corriente y para protección de los equipos de medición, se cierra el contactor C3, que da inicio al sensado de los parámetros eléctricos del generador. Posteriormente C2 se abre estando el sistema en condiciones de entregar la potencia que defina el operador.

Para entregar la salida de potencia requerida, el flujo de agua se aumenta o disminuye al variar el grado de apertura de V1, manteniendo el flujo de agua por encima del equivalente para una potencia de salida cero o frecuencia de sincronismo.

El apagado normal del sistema se lleva a cabo siguiendo una serie de pasos: se establece la potencia de salida en cero, se cierra C2, se abre C3 y nuevamente se abre C2, posteriormente se reduce al mínimo el caudal de agua llevado a la turbina al abrir totalmente V1 y finalmente C1 se abre apagando la bomba.

En apagado de emergencia, C2 se cierra; C3 y C4 se abren ocurriendo simultáneamente el cerrado de V1 y la apertura de C1 y C2.

3. Interfaz Hardware/Software

La automatización integral del sistema involucra tres fases: la instrumentación usando dispositivos de última generación, el control apropiado para ésta y la interfaz hardware/software que permita monitoreo y operación remota.

La instrumentación se realiza alrededor del controlador lógico programable SNAP-PAC-R1 de Opto 22, el cual facilita el monitoreo y control de las variables requeridas mediante los respectivos sensores con los que se comunica mediante módulos de 4-20mA.

Las variables sensadas en el sistema son: nivel del tanque principal, flujo de agua, presión en la tubería cerca de la bomba, presión en la tubería cerca de la turbina, velocidad mecánica, corriente, tensión y potencia en el generador. Para

realizar la operación del sistema, se deben controlar los contactores on/off C1, C2, C3 y la válvula variable V1 (Figura 2).

La comunicación se logra a través de un sistema que soporta la base de datos. Por medio de la base de datos se logra hacer tanto el control de la planta como el monitoreo de la misma. Esto es gracias a que el dispositivo de adquisición de datos y control SNAP PAC R1 cuenta con Opto DataLink,[3] software que permite comunicar el PAC con la base de datos almacenada en el equipo servidor. Este software, que corre en el servidor, permite almacenar todo lo que el SNAP PAC R1 conoce, como las variables sensadas, las de operación y el tiempo en el cual se almacenan, igualmente nos permite escoger el tiempo de muestreo que queramos para el almacenamiento de las mismas. Este software se comunica con el SNAP PAC R1 por medio del protocolo que maneja el mismo PAC el cual es el MMP (Multichassis Multilink PPP), y se conecta con la base de datos en un entorno Microsoft-Windows por medio de ODBC. ODBC (Open Database Connectivity) es un estándar de acceso a bases de datos desarrollado por Microsoft que permite el acceso ó comunicación desde cualquier aplicación a una base de datos sin importar el gestor de bases de datos en el cual se encuentre. Opto DataLink soporta cuatro gestores de bases de datos

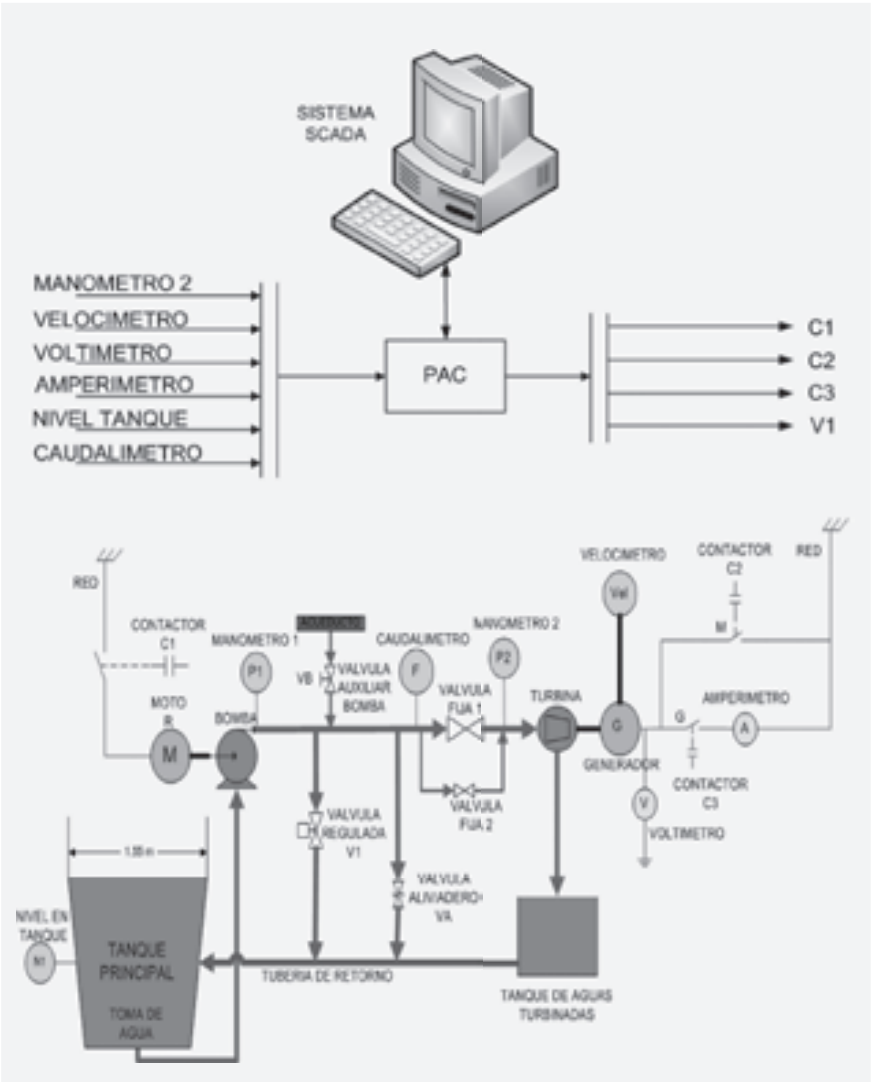

Figura 2. Diagrama esquemático del SGEH.

los cuales son: MySQL, SQL Server 2000, SQL Server 2005 y Access. MySQL a diferencia de los demás, es gratuito y posee las herramientas para implementar la base de datos requerida para esta aplicación, la versión de MySQL que se usa es la 5.0. Además de llevar a cabo el almacenamiento de datos desde el SNAP-PAC R1 en una base de datos, Opto DataLink también permite operar o dar órdenes al mismo dispositivo desde la base de datos, lo cual facilita la operación que el usuario hace a través de la aplicación Web, ya que es más fácil que la aplicación Web cambie una base de datos a que le dé ordenes directas al dispositivo de control. En últimas, tanto el monitoreo como la operación de la planta se llevan a cabo desde una base de datos.

Una base de datos para autenticación de usuarios controla y restringe el uso del sistema desde la Web, dando seguridad al evitar su uso de manera anónima.[4] El esquema general de comunicación entre el hardware y el software se muestra en la Figura 3.

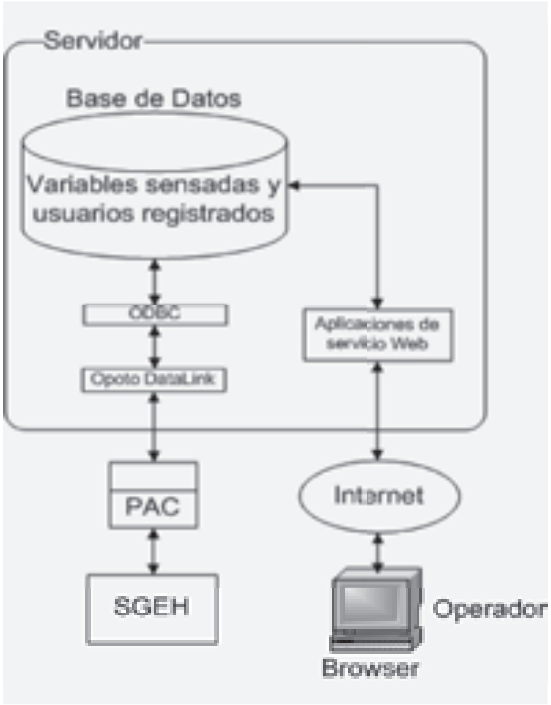

Figura 3. Esquema general de interconexión hardware/software

El sistema tiene tres tipos de usuarios: el administrador, el operador y los que solo realizan monitoreo. Éste permite que un único usuario/operador lo acceda, almacenando los comandos dados a la planta y los resultados arrojados en la base de datos. El administrador es el encargado de dar los permisos para el acceso, supervisa al usuario/operador teniendo la opción de desconectarlo y seguir con la operación cuando sea necesario. Los usuarios restantes solo podrán hacer monitoreo del sistema sin posibilidad de proporcionar a la planta algún comando (Figura 4). Todas las acciones anteriores se realizan mediante la interfaz gráfica de usuarios (GUI).

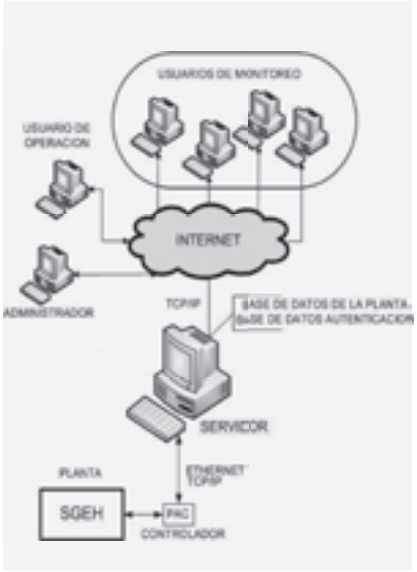

Figura 4. Diagrama general del sistema conectado a Internet.

4. Gui de operación

La GUI para monitoreo y operación vía Internet, es una página Web que se desarrolla sobre lenguaje JavaScript, PHP, también se hace uso de Ajax dentro del código JavaScript con el fin de mostrar la información dinámica de manera más eficiente, sin recargar la máquina del usuario, el equipo servidor y el manejo de los recursos de red.

La secuencia de operación que se realiza en la GUI se basa en protocolos generales de operación de Centrales Hidroeléctricas dados en la norma IEEE 1010 que establece que las fases de operación son: chequeo del sistema antes del encendido, encendido de sistemas auxiliares, correr la unidad generadora, conectarla a la red y su posterior desconexión.[5]

El usuario accede a operar el sistema, previo registro y autenticación ante el mismo. Una vez autenticado, el "usuario/operador" especifica las partes componentes de la hidroeléctrica a operar y escoge el modo de operación automático o manual. La página para autenticación se muestra en la Figura 5.

Figura 5. Detalle de la página de autenticación.

Una vez autenticado y especificado el tipo de central hidroeléctrica, se despliega la interfaz de operación principal, desde la cual se visualiza el estado de la planta antes de iniciar, el estado de sistemas auxiliares, el estado de las variables hidráulicas, mecánicas y eléctricas (Figura 6).

En ésta se debe seleccionar el modo de operación ya sea manual o automático. Si el modo de operación, es automático, se envía este comando al controlador y éste a su vez realiza las operaciones indicadas para que el generador se conecte a la red, pero generando una potencia cero y en la interfaz se observa la transición de una etapa mediante indicadores que muestran el estado de operación de la planta. Si el modo es manual, los indicadores se visualizan como botones, los cuales permiten que las transiciones de una etapa a otra se ejecuten cuando el operador lo desee, al presionar cada uno de los botones en la secuencia apropiada.

Dado que una central hidroeléctrica real (CHE) tiene muchos objetos importantes para monitorear,[6] y se cuenta con un SGEH prototipo que no cuenta con muchos de éstos (por ejemplo bomba de agua, bomba de aceite, cojinetes etc.), se emulan en la GUI de operación el comportamiento de las variables asociadas a dichos objetos entre las que se tienen presión en la tubería de aceite de enfriamiento, temperatura del aceite de enfriamiento, temperatura en los cojinetes de la turbina y del generador y se despliegan en pantalla, como se muestra en la Figura 7.

También se realizan animaciones de sistemas propios de una CHE que no se encuentran en el SGEH, tales como las compuertas, válvula de by pass, los alabes de

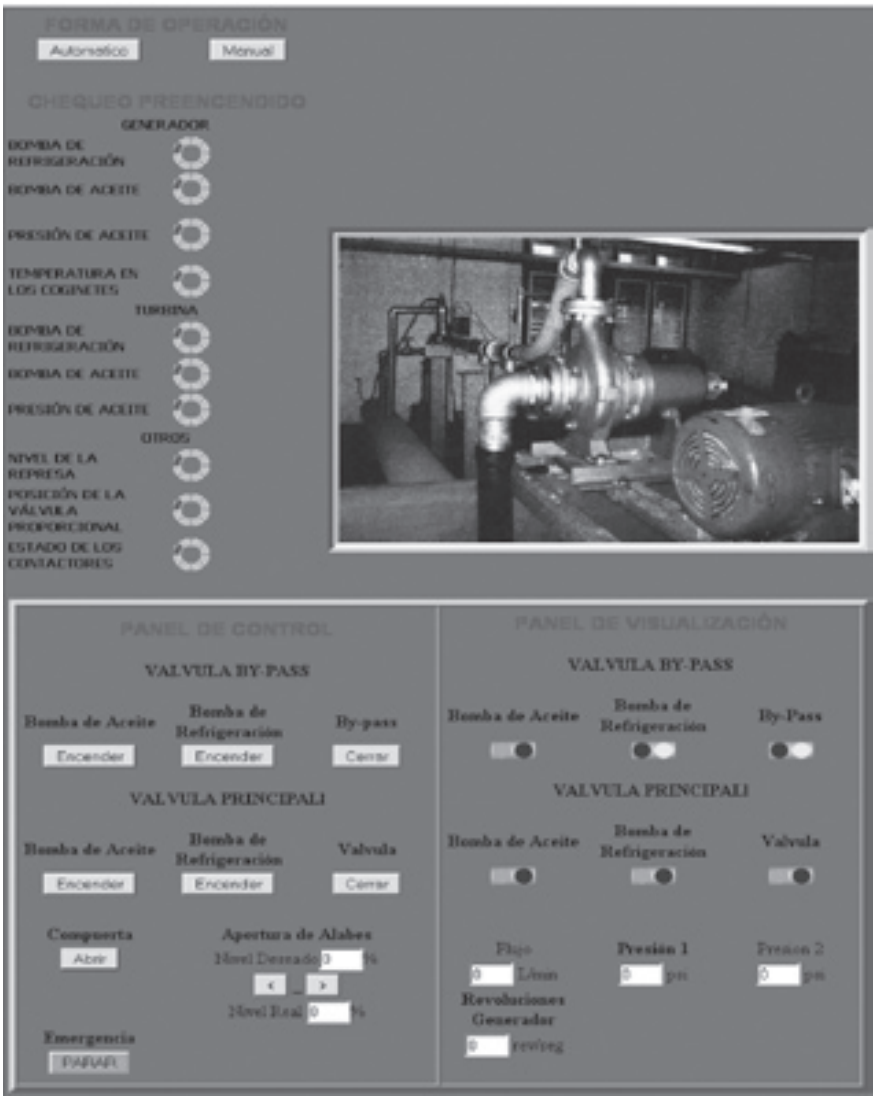

Figura 6. Detalle de la página de operación.

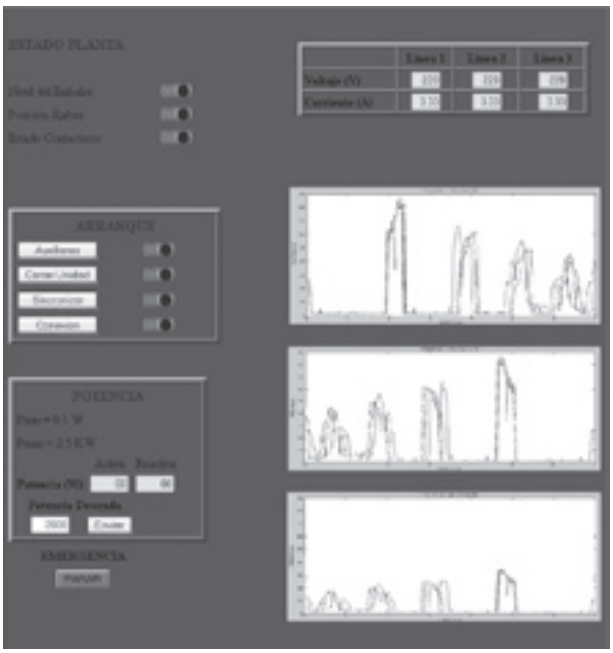

Figura 7. Detalle de la página de despliegue.

las turbinas, además de la evolución en el tiempo de operación de diagramas mecánico, eléctrico e hidráulico.

La interfaz presenta seguridad intrínseca, que permite una correcta operación de la misma y del SGEH; además, tiene protección ante secuencias de operaciones erróneas, que podría colocar al sistema real en peligro de sufrir fallas.

La interfaz gráfica permite desplegar adicionalmente formas de onda relacionadas con las variables medidas y sensadas, a fin de proporcionar al usuario información en línea de las variables monitoreadas, tal como se observa en la parte derecha de la Figura 7.

Conclusiones

Esta implementación es de importancia, dado que contribuye al desarrollo y expansión de la aplicación de las TIC a los procesos de enseñanza y aprendizaje y a la divulgación de las herramientas de acceso remoto a nivel nacional.

Esta implementación realiza aportes tecnológicos en el ámbito nacional, debido a que no hay reportados sistemas de este tipo en instituciones de educación superior.

El acceso remoto vía Internet, permite el aprovechamiento de dicha plataforma por parte de otras instituciones diferentes a la Universidad del Valle.

Agradecimientos

Los autores agradecen la financiación obtenida por parte de la Vicerrectoría de Investigaciones de la Universidad del Valle.

Bibliografía

1 European Small Hydropower Association http://www.esha.be/index.php?id=44, (febrero, 2009).

2 Boletín Estadístico de Minas y Energía 2003-2008. UPME. 2008. URL:http://www.upme.gov.co/Docs/Boletin_Estad_Minas_Energy_2003_2008.pdf (febrero, 2009)

3 Form 1705-080307. Optodatalink USER'S GUIDE. OPTO 22. March 2008.

4 Tuomo L., Jero A., Jarmo P. Web-based monitoring of electrical systems in industrial plants. Lappeenranta University of Technology. Finlandia. 2001.

URL:http://www.lut.fi/fi/technology/lutenergy/electrical_engineering/research/electricitymarkets/research/monitoring/Documents/communication.pdf (febrero, 2009)

5 IEEE guide for control of hidroelectric power plants. IEEE STD 1010 2006.

6 Linndh T., Ahola J., Partanen J., Pirttiniemi H., Communication Possibilities for Remote Control and Condition Monitoring of Small-Scale Hydro Power Plant. Lappeenranta University of Technology. Finland.

http://www.lut.fi/fi/technology/lutenergy/electrical_engineering/research/electricitymarkets/research/monitoring/Documents/communication.pdf (febrero, 2009)