

# DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UNA INTERFAZ GRAFICA PARA LA OPERACIÓN REMOTA DE UN SISTEMA DE GENERACION HIDROELECTRICO

Giraldo Edgar [eagirald@usb.edu.co](mailto:eagirald@usb.edu.co), Castaño Carlos [caracast@hotmail.com](mailto:caracast@hotmail.com), Ortiz Ramiro [pamupo@univalle.edu.co](mailto:pamupo@univalle.edu.co), Bernal Alvaro [alvaro@univalle.edu.co](mailto:alvaro@univalle.edu.co)

Grupo CONVERGIA  
Grupo de Arquitecturas Digitales y Microelectrónica  
Universidad del Valle, Cali Colombia

## RESUMEN

En el presente artículo se muestra el diseño de una 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, si no también la selección e instalación de los elementos de instrumentación y el control que permita tales fines.

*Palabras claves: hidroeléctrica, sistema de generación de energía, acceso remoto, interfaz, bases de datos.*

## I. INTRODUCCION

Aproximadamente el 70% de la tierra esta cubierta de agua, y el uso y explotación de ésta, ha sido llevada 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, un país cuya energía eléctrica es suministrada mayormente por este tipo de plantas. Según datos de *Unidad de Planeación Minero Energética (UPME)* en el 2007 la capacidad instalada efectiva de las hidroeléctricas en Colombia equivale del 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 la Universidad del Valle, ha decido a través de su vicerrectoría de investigación, liderar el proceso de creación de un laboratorio de Pequeñas Centrales Hidroeléctrica en la EIEE con una interfaz para la operación remota, tal que permita fortalecer la enseñanza en sistemas de generación hidroeléctricos (SGEH) en forma presencial y/o remota.

Uno de los objetivos de este proyecto es diseñar y construir una interfaz de control capaz de monitorear una central hidroeléctrica a escala modular y didáctica, automatizada en su totalidad, para ser operada en forma remota a través de Internet; de esta forma será posible observar la operación de diferentes tipos de centrales hidroeléctricas y analizar el comportamiento de diferentes tipos de variables del proceso de conversión de energía desde un centro piloto de control

## 2. SISTEMA DE GENERACION DE ENERGIA HIDROELECTRICA DE LA UNIVERSIDAD DEL VALLE

### Estado actual

El sistema 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 por una tubería de presión que forma un ciclo cerrado, simulando de esta manera una caída de agua con una altura de 40 metros. La tubería lleva el agua a una

turbina Pelton, o una bomba centrífuga usada como turbina. Ésta última se encuentra acoplada mecánicamente a un motor asincrónico trifásico de 7 H.P. y 220 volts, usado como generador de energía eléctrica que produce máximo cinco kilovatios (ver figura 1).

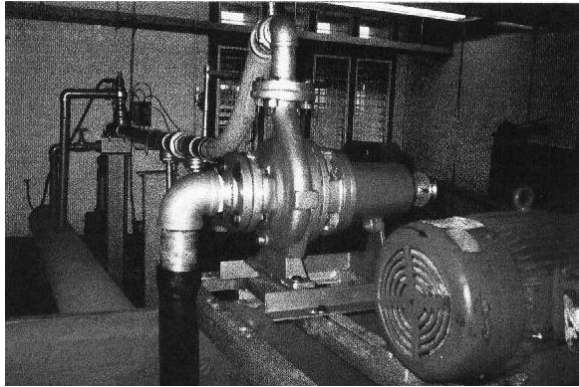


Figura 1. Laboratorio de generación de energía

Actualmente las variables a tener en cuenta para la operación del sistema son nivel de agua en el tanque, presión en la tubería, tensión, corriente y potencia eléctrica del generador. Los elementos manipulados para permitir su operación son los contactores L1 y L2 y la válvula V1 para producir variación en el flujo de agua en la turbina, que a su vez varía la potencia suministrada. El diagrama esquemático del sistema es mostrado en la figura 2.

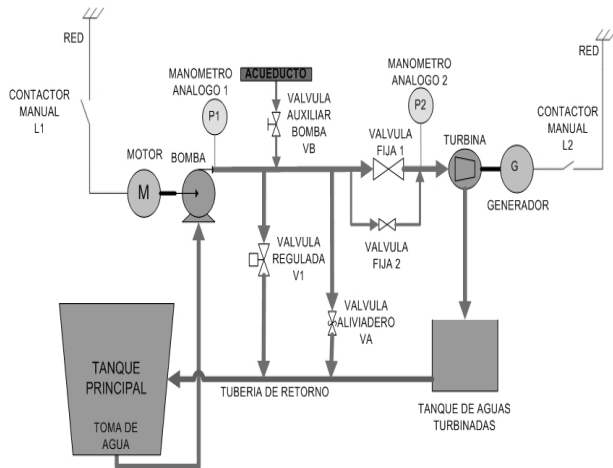


Figura 2. Diagrama esquemático del sistema

Este laboratorio tiene como objetivo la experimentación con diferentes grupos de turbina generador, contando con dos tipos de bombas diferentes actuando como turbinas y una turbina pelton; esto permitirá en un futuro conectar estas turbinas a un generador

asincrónico o sincrónico para la experimentación y caracterización de estos grupos.

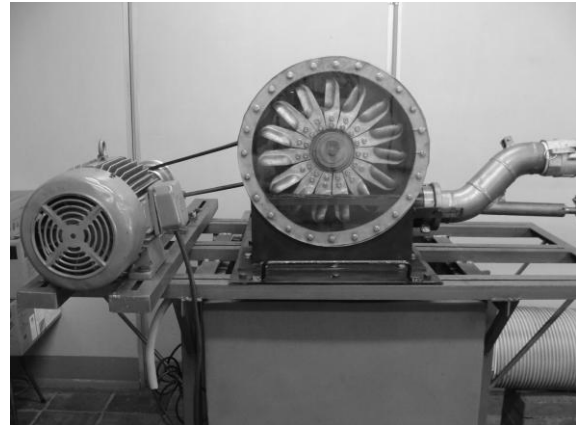


Figura 3. Sistema con turbina pelton.

### 3. INTERFAZ HARDWARE/SOFTWARE

#### Estado deseado

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.

Se hacen ajustes al sistema original para garantizar la protección de los equipos de medición, y permitir la operatividad de la misma, pero con los mismos fundamentos de operación de la planta en su estado actual (figura 5)

Las variables sensadas en el sistema son: nivel del tanque principal, caudal de agua, presión en la tubería, velocidad, corriente, tensión y potencia en el generador. Para realizar la operación del sistema, se deben controlar los contactores on/off C1, C2, C3, C4 y la válvula variable V1 (ver figura 4).

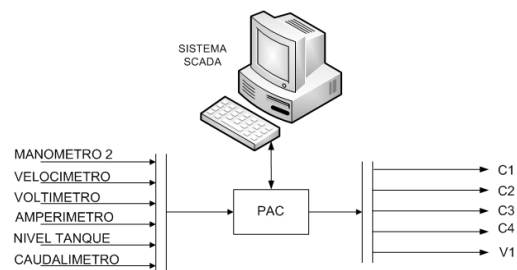


Figura 4. Variables de entrada y salida del controlador..

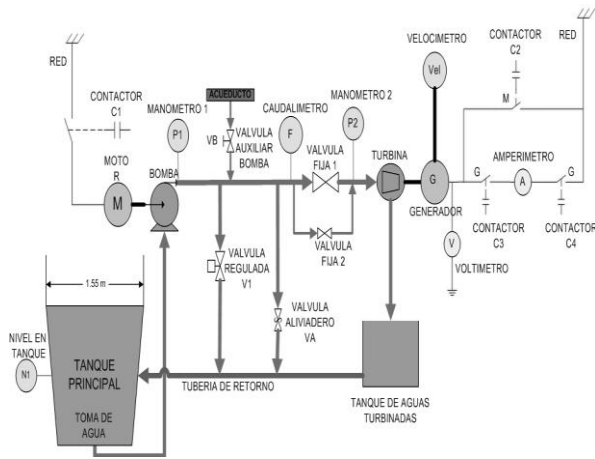


Figura 5. Diagrama esquemático del sistema modificado.

El SNAP-PAC-R1 es el dispositivo encargado de hacer el control y adquisición de datos, la comunicación entre éste y los instrumentos de medición se logra mediante módulos de 4-20mA.

Estas variables procesadas en el PAC, se almacenan en la base de datos implementada en un equipo servidor, que contiene igualmente la base de datos para la autenticación de usuarios y aplicaciones que permiten la comunicación de parámetros y la interfaz gráfica de usuario (GUI) para la operación de desde un navegador Web (ver figura 6).

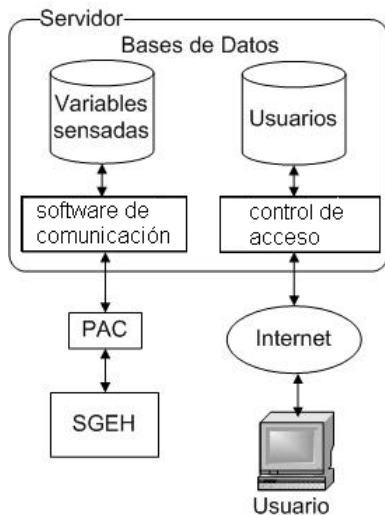


Figura 6. Esquema general de interconexión hardware/software

El sistema tiene tres tipos de usuarios: el administrador, el operador y los que solo realizan monitoreo. Éste permite solo un usuario/operador al tiempo y registra los comandos y errores de operación; el

administrador lo supervisa teniendo la opción de desconectarlo y seguir con la operación cuando sea necesario. Los usuarios restantes, solo podrán hacer monitoreo del sistema (ver figura 7).

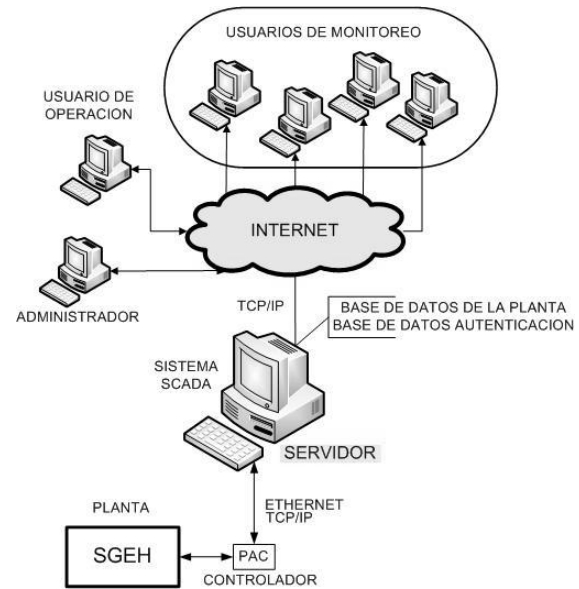


Figura 7. Diagrama general del sistema conectado a Internet.

Las variables del proceso son adquiridas y controladas desde el PAC. Este controlador se comunica con el servidor de datos usando el protocolo TCP/IP a través de una conexión Ethernet. Toda la información es tomada desde el PAC por el OPTO DATALINK un software especial que recoge las señales en periodos de tiempo determinados previamente y luego las almacena en una base de datos dentro del servidor de datos; este software sirve como puente de comunicación entre la interfaz gráfica, la base de datos y el controlador PAC.

La GUI para monitoreo y operación vía Internet, muestra la información en un mismo patrón, de forma ordenada, clara, intuitiva, y basada en protocolos generales de operación de CHE como los dados en la norma IEEE 1010.

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, siguiendo el protocolo general de operación para CHE. La GUI para autenticación se muestra en la figura 8.



Figura 8. Detalle de la página de autenticación.

Dado que realmente no se realiza sensado de todas las variables equivalentes a las de una CHE real, se simulan en la GUI de operación el comportamiento aproximado de dichas variables, 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.

También se realizará animaciones de sistemas propios de una CHE que no hacen parte del SGEH, tales como las compuertas, válvula de by pass, los alabes de las turbinas, además de la evolución en el tiempo de operación de diagramas mecánico, eléctrico e hidráulico.

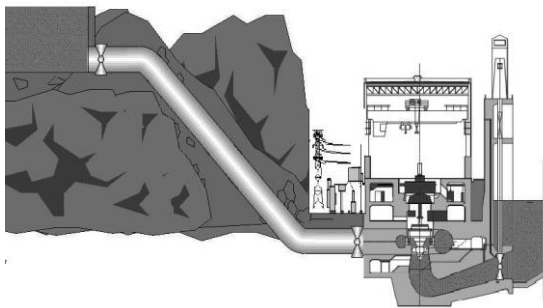


Figura 9. Gráfica de simulación dentro de la interfaz.

Este laboratorio puede maniobrase remotamente o localmente, para operarlo desde el propio laboratorio se usa un sistema gráfico que permite realizar todas las acciones correspondientes para empezar a generar energía. La interfaz gráfica local se observa en el monitor del servidor donde corre la base de datos y está hospedada la pagina web pero a la vez está el software de programación y de visualización del controlador PAC; esta interfaz se puede observar en la figura 10.

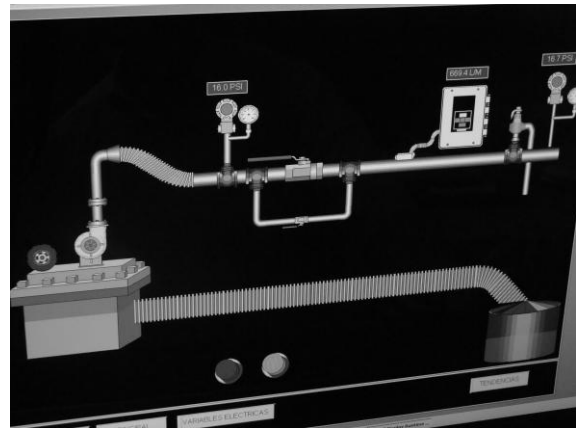


Figura 10. Interfaz gráfica local en el servidor.

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.

#### 4. CONCLUSIONES

Esta implementación es de importancia dado que contribuye al desarrollo y expansión de la aplicación de las TICs 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.

#### 5. REFERENCIAS

- [1] European Small Hydropower Association <http://www.esha.be/index.php?id=44>
- [2] BOLETIN ESTADISTICO DE MINAS Y ENERGÍA 2003-2008. UPME. 2008. [URL:http://www.upme.gov.co/Docs/Boletin\\_Estad\\_Minis\\_Energy\\_2003\\_2008.pdf](http://www.upme.gov.co/Docs/Boletin_Estad_Minis_Energy_2003_2008.pdf)
- [3] 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/r](http://www.lut.fi/fi/technology/lutenergy/electrical_engineering/research/electricitymarkets/r)

[research/monitoring/Documents/communication.pdf](http://www.lut.fi/technology/electrical_engineering/research/electricitymarkets/research/monitoring/Documents/communication.pdf)

[4] LINNDH T., AHOLA J., PARTANEN J., PIIRTINIEMI H., Communication Possibilities for Remote Control and Condition Monitoring of Small-Scale Hydro Power Plant. Lappeenranta University of Technology. Finland.

[http://www.lut.fi/technology/electrical\\_engineering/research/electricitymarkets/research/monitoring/Documents/communication.pdf](http://www.lut.fi/technology/electrical_engineering/research/electricitymarkets/research/monitoring/Documents/communication.pdf)



**Edgar Antonio Giraldo Orozco**  
Ing. Electrónico Universidad del Valle Cali-Colombia.  
Estudiante de maestría en ingeniería énfasis en electrónica.  
Profesor Servicio Nacional de Aprendizaje SENA.

Profesor Universidad de San Buenaventura Cali.



**Carlos Antonio Castaño Barrera**  
Ing. electricista  
Universidad del Valle – Colombia  
Estudiante de maestría en ingeniería énfasis en eléctrica.



**Ramiro Ortiz Flórez.** PhD en evaluación de recursos hidroenergéticos del Instituto Energético de Moscú, Magister en Centrales Eléctricas y Subestaciones, profesor de la Escuela de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la Universidad del Valle, Cali - Colombia. Autor del libro "Pequeñas Centrales Hidroeléctricas" Ed MacGraw Hill - 2002, galardonado con el Premio "Diodoro Sanchez – 2002" otorgado por la Sociedad Colombiana de Ingeniería. Su campo de investigación se centra en las Pequeñas Centrales Hidroeléctricas, desde la evaluación de los recursos hidroenergéticos hasta la aplicación de máquinas reversibles. ce: pamupo@univalle.edu.co; ramiro@emcali.net.co

**Alvaro Bernal Noreña.** Ph.D. en microelectrónica en el instituto politecnico nacional de Grenoble Francia. Magister diseño de circuitos VLSI en la escuela poitecnica de Escola en la Universidad de Sao profesor de la Escuela de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la Universidad del Valle, Cali - Colombia