

DISEÑO E INSTALACION DE UN SISTEMA INTELIGENTE DE ALERTA TEMPRANA PARA EL CASO DE UNA RUPTURA DE LA PRESA SALFEFACCHA

Marcillo Omar, Enríquez Wilson, Jua Ethelwoldo, Pinajota Eddy, Cáceres Vinicio
Departamento de Geofísica, Escuela Politécnica Nacional

RESUMEN

Se diseñó un Sistema Digital de Alerta Temprana planteando diferentes posibilidades de falla de la presa Salve Faccha (Quito Ecuador).

Dentro del Convenio de Cooperación suscrito entre la EMAAP-Q y la Escuela Politécnica Nacional a través del Departamento de Geofísica se vienen efectuando trabajos relacionados con el "Sistema de Alarma para Crecidas que se originarían en la Presa Salve Faccha y que podrían afectar a la Población de Oyacachi".

Uno de estos trabajos es el desarrollo, implementación y pruebas del sistema electrónico y de decisión de la alerta, que es un proyecto desarrollado enteramente en el área de Instrumentación del Instituto Geofísico.

Este es un sistema pionero y único en su tipo totalmente creado en la EPN que ha sido acogido por la EMAAP-Q y que al momento de presentar el presente documento, el proyecto está instalado y funcionando.

El modelo electrónico del sistema diseñado e instrumentación utilizada se la desarrolló tomando en cuenta los siguientes criterios:

- El tipo de presa
- La topografía del terreno para la transmisión
- La ubicación del pueblo en la cordillera
- El tipo de sistema de alerta que demandaba la población de Oyacachi.

SISTEMA IMPLEMENTADO

Luego de un análisis exhaustivo de varias posibilidades de diseño del sistema de alerta presentadas al interior del área de

instrumentación, se optó por el sistema de alarma suministrado por la ruptura en secuencia de cables extendidos a lo largo de la presa, basados en nuevos microcontroladores (PICs). La ruptura de uno o varios cables es captada por un sistema inteligente, con tarjetas electrónicas autónomas en donde el microcontrolador atendiendo a una secuencia lógica, transmite a través de la repetidora una señal de alarma al equipo de recepción ubicado en la parroquia Oyacachi, en donde otro módulo electrónico una vez comprobada la alarma dispara un sistema de audio que cubre toda la zona poblada.

Este sistema es totalmente autónomo y trabaja en base a baterías alimentadas con paneles solares por lo que se activaran independientemente de la existencia o no de energía eléctrica.

Una vez activada la alarma la población deberá seguir los planes de contingencia establecidos

Este diseño es totalmente seguro y la posibilidad de ocurrencia de falsas alarmas es casi nula, si se conserva como se ha instalado.

DISEÑO E INSTALACION DEL SISTEMA DE ALERTA

Concepción General y Descripción del Sistema Integrado.

Consideraciones Generales

De acuerdo a lo expuesto anteriormente, se consideró para realizar el diseño de un Sistema de Alerta Temprana las diferentes posibilidades de falla de la presa Salve Faccha.

El modelo electrónico del sistema diseñado e instrumentación utilizada se la desarrolló tomando en cuenta los siguientes criterios:

- El tipo de presa

ewilson@server.epn.edu.ec

- La topografía del terreno para la transmisión
- La ubicación del pueblo en la cordillera
- El tipo de sistema de alerta que demandaba la población de Oyacachi

Luego de un análisis exhaustivo de varias posibilidades de diseño del sistema de alerta presentadas al interior del área de instrumentación, se optó por el sistema de alarma suministrado por la ruptura en secuencia de cables extendidos a lo largo de la presa, basados en nuevos microcontroladores (PICs). La ruptura de uno o varios cables es captada por un sistema inteligente, con tarjetas electrónicas autónomas en donde el microcontrolador atendiendo a una secuencia lógica, transmite a través de la repetidora una señal de alarma al equipo de recepción ubicado en la parroquia Oyacachi, en donde otro módulo electrónico una vez comprobada la alarma dispara un sistema de audio que cubre toda la zona poblada.

Este sistema es totalmente autónomo y trabaja en base a baterías alimentadas con paneles solares por lo que se activarán independientemente de la existencia o no de energía eléctrica.

Una vez activada la alarma la población deberá seguir los planes de contingencia establecidos

Este diseño es totalmente seguro y la posibilidad de ocurrencia de falsas alarmas es casi nula, si se conserva como se ha instalado y entregado.

Diseño del Sistema

El diseño del Sistema de Alertas Tempranas para la Presa Salve Faccha se basó en los siguientes aspectos:

- Estructura y posibles escenarios de falla de la Presa.
- La ubicación geográfica y posibles escenarios de inundación por falla de la Presa en el Pueblo de Oyacachi
- Tecnología electrónica de punta disponible al momento del diseño.

El diseño de este sistema contempla básicamente 3 subsistemas complementarios:

- Subsistema de monitoreo de sensores en la Presa Salve Faccha
- Subsistema inteligente y autónomo de identificación, filtrado y generación de alertas en el Pueblo de Oyacachi.
- Estación de repetición para la comunicación entre la Presa Salve Faccha y Oyacachi.

Subsistema de Monitoreo

El Sistema de Monitoreo en la presa, verifica el estado de 15 sensores de rompimiento instalados longitudinalmente en la pared de la represa (figura 1), cada sensor está constituido de un cable de rompimiento de 70 m de longitud, sostenido por un promedio de 5 soportes equidistantes a una altura de 0.8 m de la superficie y empotrados a la pared de la presa.



Figura 1. En color azul se observan algunos de los 15 sensores de rompimiento en la pared de la Presa Salve Faccha.

El monitoreo de estos 15 sensores esta a cargo de un sistema electrónico que consta básicamente de 6 módulos basados en microcontroladores PicMicrocontroller, que además del sondeo de los sensores se encarga del manejo de una lógica de comunicación entre los diferentes módulos sustentada en el envío de mensajes, replicas y comprobación de las mismas. Los módulos son de dos clases:

MÓDULOS PRINCIPAL/MADRE: Son los dispositivos encargados de manejar las secuencias y lógica de los protocolos de comunicación en este subsistema (figura 2) controlando dos módulos hijos.



Figura 2. Módulo Principal/Madre

MÓDULOS PERIFERICO/HIJO: Son los dispositivos encargados de manejar las secuencias y lógica de los protocolos de comunicación y el estado de cuatro cables de rompimiento.

La secuencia y lógica de comunicación (figura 3), basada en mensajes que son enviados por los módulos madre cada 5 minutos hacia un bus común que comparten dos módulos periféricos y que marca el inicio de un ciclo de comprobación total del sistema, este mensaje es escuchado por los periféricos y solo uno de ellos, el que es preguntado, responde con el estado de los sensores a su cargo, si el periférico y la madre consideran que no hay ningún problema con los sensores esta comunicación MADRE-HIJO se termina y se establece ahora comunicación con el otro periférico, una vez que la comunicación con todos los periféricos está terminada la estación Madre envía por radio un mensaje del estado de los sensores con un código que indica que el sistema esta en estado normal. En el caso que una respuesta de uno de los periféricos sea que exista uno o mas sensores rotos, la estación MADRE entra en un estado de alerta, la secuencia de comunicación se inicia nuevamente con el periférico que genera la alerta con un protocolo especial de emergencia, los ciclos de comprobación del estado global del sistema se hacen ahora cada minuto y el mensaje que se envía vía radio con un código especial que indica que el sistema ha entrado a un estado de alerta.

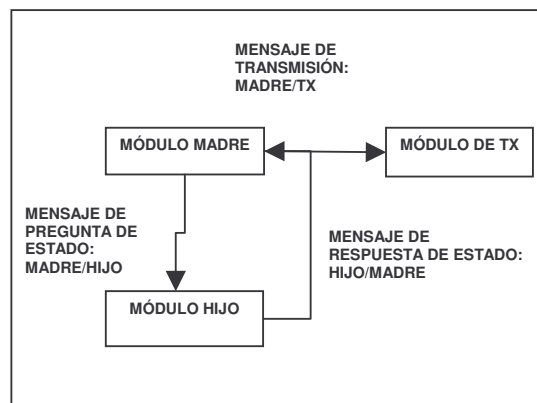


Figura 3. Secuencias de Comunicación en el Subsistema de Monitoreo

Globalmente el subsistema de monitoreo consta de 2 módulos principales (figura 4) ubicados en los extremos superiores a un costado de la presa y cuatro módulos periféricos que se ubican en las paredes laterales a un costado de la presa (figura 5).

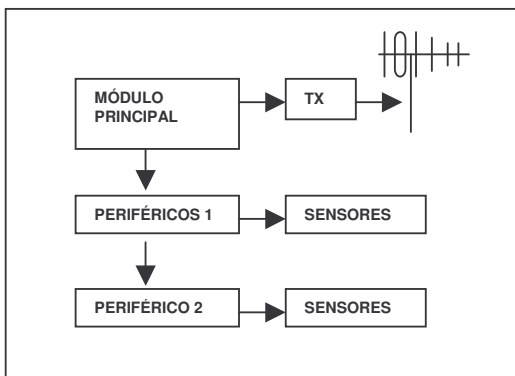


Figura 4. Diagrama de conexión entre estaciones PRINCIPAL Y PERIFÉRICOS

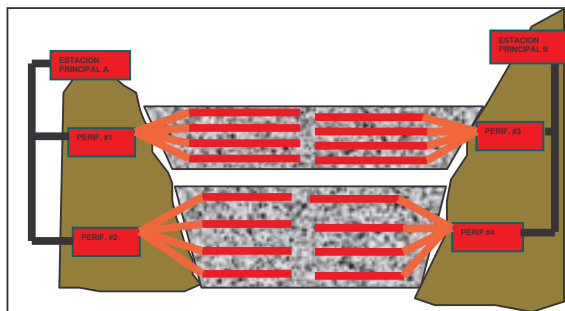


Figura 5. Diagrama general del Subsistema de Monitoreo de Sensores.

SUBSISTEMA DE DISPARO DE ALERTAS

Este subsistema, instalado en el Pueblo de Oyacachi (en la terraza de la Casa Comunal), es un dispositivo inteligente de recepción, filtrado e identificación de mensajes y generación de alarmas sonoras. Mismo que tiene como elemento principal un módulo inteligente basado en un dispositivo electrónico soportado por un microcontrolador PicMicrocontroller, que permite el manejo e identificación del protocolo de comunicación que genera el Subsistema de Monitoreo de Sensores en la Presa Salve Faccha. Además de la recepción e identificación de estos mensajes este dispositivo inteligente puede mediante una serie de algoritmos lógicos identificar posibles secuencias de rupturas de sensores que indiquen una falla en la represa, estos algoritmos lógicos están basados principalmente en secuencias físicas que se estudiaron, bajo las cuales la información de los sensores puede indicar una verdadera ruptura en la presa, los mensajes de alerta que no pasan los

algoritmos de identificación son descartados y considerados como rupturas accidentales en los sensores.

Este subsistema consta básicamente de un dispositivo inteligente de identificación y generación de alertas, un amplificador de señales sonoras 300W y un juego de 8 bocinas de núcleo de 100W (figura 6). El dispositivo inteligente una vez identificada la señal de alerta dispara una señal que oscila entre 300 y 700 Hz

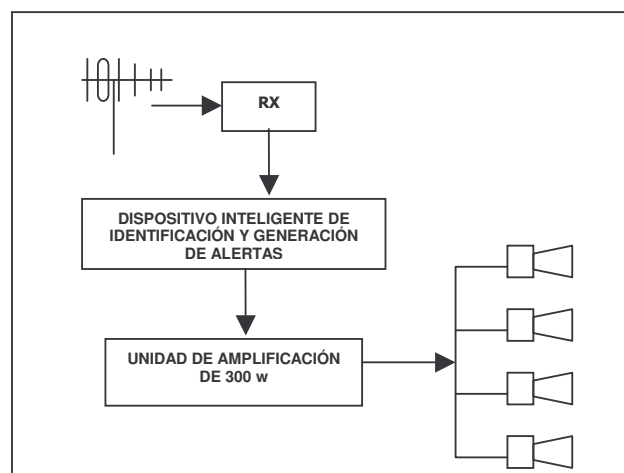


Figura 6. Esquema del Subsistema de Generación de Alertas

ESTACIÓN DE REPETICIÓN

Dada la geografía donde el sistema debía ser desplegado se hizo necesaria la implementación de una estación repetidora que fue instalada en el Cerro Rosas Pungo desde donde se tiene línea de vista a los dos puntos de interés: la Presa Salve Faccha y el Pueblo de Oyacachi.

La estación repetidora recibe la señal desde los módulos principales en la Presa Salve Faccha y la reorienta hacia Oyacachi a través de un modulo electrónico de repetición y viceversa garantizando de esta manera la comunicación entre los subsistemas de monitoreo y de disparo de alarmas.

INSTALACIÓN Y PRUEBA

A comienzos del año anterior 2004, y con el equipo construido y probado en el laboratorio, se empezaron con las pruebas de campo.

XIX Jornadas en Ingeniería Eléctrica y Electrónica

Las primeras pruebas se las realizaron sobre el Subsistema en la Presa Salve Faccha, se revisaron los protocolos de comunicación entre los módulos PRINCIPAL y PERIFÉRICOS, y se obtuvo la respuesta esperada en estos.

El segundo grupo de pruebas se hizo para comprobar el funcionamiento de la vía de transmisión entre la presa Salve Faccha y Oyacachi a través de la repetidora en el Cerro Rosas Pungo. Con el sistema total enlazado se procedió a verificar el funcionamiento mediante la simulación de una serie de eventos de ruptura de sensores, el Sistema Inteligente pudo discriminar entre las secuencias que simulaban eventos de ruptura verdaderos y rupturas de sensores por agentes externos.

Una vez con el Sistema total en funcionamiento se probaron los niveles de sonido en diferentes partes del pueblo y se comprobó, con ayuda de los moradores del mismo que el sonido generado por el amplificador de 300W y las 8 bocinas cubren a satisfacción la superficie del pueblo.

El día 9 de marzo del 2005 se realizó una prueba de funcionamiento del equipo conjuntamente con funcionarios de la EMAAP-Q. A las 12:30 horas se simuló una ruptura en el sistema de detección en la presa lo que disparó una alerta en Oyacachi, contándose con la presencia de las autoridades del pueblo como consta en el acta de verificación y funcionamiento del mismo.

Dadas las condiciones del clima en la Presa Salve Faccha se recomienda realizar un programa de mantenimiento anual en los sensores de rompimiento y en el equipo electrónico

CONCLUSIONES

De las pruebas que se han realizado sobre el sistema se concluye que este trabaja en óptimas condiciones y está listo para entrar en funcionamiento continuo.

Cualquier falla en la presa será detectada por los sensores de ruptura y activará la alarma en Oyacachi.

El sistema de audio instalado en la recepción en la parroquia Oyacachi tiene la suficiente

cobertura para alertar a toda la población aledaña.

El sistema diseñado e instalado es totalmente automático y altamente confiable, cualquier modificación al mismo lo puede convertir en vulnerable.

El sistema diseñado por el Instituto Geofísico es único en su tipo, pionero y exclusivo para esta aplicación con tecnología de punta.

Gracias al diseño de este sistema se ha logrado generar un conjunto de herramientas tecnológicas que permitirán la ejecución de nuevos proyectos en el país a bajo costo y fácilmente adaptables a la realidad nacional.

BIOGRAFÍAS

Marcillo Lara Omar.

Nació en Quito el 6 de Septiembre de 1977. Estudios superiores los realizó en la Escuela Politécnica Nacional en el Departamento de Física, obtuvo su título como Físico en el 2003. Desde Junio 2002 trabaja como investigador en el Departamento de Geofísica de la Escuela Politécnica Nacional y realiza desarrollo de hardware y software orientado al monitoreo volcánico. Actualmente trabaja en proyecto pionero usando nuevas tecnologías en el desarrollo de equipos para monitoreo volcánico en base al infrasonido, conjuntamente con investigadores de la Universidad de Harvard y la Universidad de New Hampshire.

Cáceres Arteaga Vinicio José

Nació en Cuenca el 15 de Agosto de 1942, obtuvo el título de Tecnólogo en Electrónica y Telecomunicaciones en la Escuela Politécnica Nacional en 1973, trabajó en el Ministerio de Obras Públicas desde 1965 a 1973 como Laboratorista de Suelos, en el Observatorio Astronómico desde 1973 hasta 1984 y, en el Departamento de Geofísica de la Escuela Politécnica Nacional desde 1984 a la presente fecha

Enríquez López Wilson.



Nació el 8 de febrero de 1962 en Tulcán Ecuador, sus estudios secundarios los realizó en el Instituto Superior Bolívar, los superiores en la Escuela Politécnica Nacional facultad de Ingeniería Eléctrica (Telecomunicaciones) donde se graduó de Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones. Sus estudios de postgrado los realizó en la Universidad de Cantabria España obteniendo el Título de Magíster en Ingeniería de Comunicaciones en 1997. Otros cursos realizados en Geological Survey USA Washington en Instrumentación Electrónica, Universidad de Hawaii en Técnicas de Monitoreo, Ciudad de Panamá, Panamá en Instrumentación de bajo costo, etc., ha presentado trabajos en Brasil, Colombia USA, etc. Actualmente se desempeña como Jefe del Área técnica del Departamento de Geofísica de la EPN. y profesor principal de la Escuela Politécnica Nacional Area de Telecomunicaciones.

Pinajota Duchi Eddy Alfredo

Nació en Quito el 27 de Abril de 1977, obtuvo el título de Tecnólogo en Electrónica y Telecomunicaciones en la Escuela Politécnica Nacional en el 2004, trabajo en EQUIPAS (1994-1995), realizando mantenimiento de equipos médicos, BIEMED (1997-1998), en mantenimiento y reparación de tarjetas electrónicas industriales, ESFOT (1998-2001), como auxiliar de Laboratorio de Software y, en el Departamento de Geofísica de la Escuela Politécnica Nacional desde 2001 hasta la presente fecha.