

## Conmutación automática de emergencia del sistema de ventilación del reactor nuclear RP-10

Walter Castillo\*, Marco Corimanya, Edgar Ovalle, Olgger Anaya, Emilio Veramendi

Dirección de Producción, Instituto Peruano de Energía Nuclear, Av. Canadá 1470, Lima 41, Perú

### Resumen

En el presente trabajo se resume los logros alcanzados en el diseño e implementación de un sistema de supervisión y control automático de los efluentes radiactivos que salen por la chimenea del reactor RP-10, utilizando como hardware una plataforma Arduino Uno, que contiene un micro controlador programable ATMEGA 328, al que se ha adicionado una pantalla LCD para visualizar los valores, un teclado y una memoria de datos EEPROM donde se fija el valor límite del nivel de radiación. El nivel de radiación del aire del hall del reactor, al pasar por la chimenea, es censado por un monitor de radiación denominado MAB1000 y los datos son suministrados al nuevo sistema. Cuando el nivel de radiación está por encima de las normas nacionales e internacionales, el nuevo diseño hace actuar un relé para que el sistema de ventilación sea conmutado automáticamente para funcionar en la condición de emergencia, evitando la liberación de contaminantes radiactivos al medioambiente. Una vez instalado el nuevo diseño, se ha verificado que el valor cesado por el monitor de radiación MAB1000 es idéntico al mostrado en el nuevo sistema. Adicionalmente, se ha probado con fuentes radiactivas la actuación del relé para conmutar el sistema de ventilación a la condición de emergencia en forma exitosa.

### Abstract

The present paper summarizes the achievements in the design and implementation of a system for monitoring and automatic control of radioactive effluents from the chimney of the reactor RP-10, using as hardware an Arduino platform UNO containing a ATMEGA 328 programmable micro controller to which has been added an LCD screen to display the values, a keyboard and a memory data EEPROM, where the limit of the level of radiation is fixed. The radiation level in the air of the reactor hall, going up the chimney is counted by a radiation monitor called MAB1000, and data are supplied to the new system. When the radiation level is above the national and international standards, the new design makes it act a relay, so that the ventilation system is automatically switched to operate in emergency condition, preventing the release of radioactive contaminants into the environment. After installing the new design, it was verified that removed by the radiation monitor MAB1000, value is identical to that shown in the new system. Additionally, it was tested with radioactive sources acting relay to switch the ventilation system to the emergency condition successfully.

### 1. Introducción

El Perú posee un reactor de investigación y productor de radioisótopos de 10 MW de potencia térmica, denominado RP-10. Para su operación normal se ha establecido un conjunto de medidas de seguridad, tanto en hardware como administrativas (reglamentos, procedimientos o normas) [1].

Durante operación normal del reactor, como medida de seguridad administrativa, se debe controlar y registrar en forma continua el nivel de radiación que tiene el aire que es extraído por el sistema de ventilación, desde la contención del reactor y posteriormente descargado al medioambiente a través de una chimenea, siempre que los niveles de radiación [2] se encuentren por debajo de los

límites establecidos por la Oficina Técnica de la Autoridad Nacional (OTAN) [3]. Con este propósito se tiene instalado un sistema fijo (hardware) de monitoreo continuo del aire que sale por la chimenea, el mismo que está conformado por un conducto de toma de muestra de aire, un detector centellador de NaI(Tl), una cadena MAB1000 con visor LCD y un conducto de retorno de la muestra de aire. En un trabajo anterior [4] se llevó este valor a la sala de control, donde el personal de operación y radioprotección lo registraban. Si por algún mecanismo se produjera la liberación de material radiactivo al medioambiente dentro de la contención del reactor, el Jefe del reactor o Supervisor de

\*Correspondencia autor: wcastillo@ipen.gob.pe

Operación ordenaba que el sistema de ventilación sea conmutado manualmente al modo de emergencia.

Utilizando el principio del sistema anterior [4], se han realizado modificaciones en el circuito electrónico para que, en situaciones similares, el nuevo diseño ordene la actuación sobre el sistema de ventilación realizando la conmutación en forma automática al modo de emergencia, tan pronto se detecte que el nivel de radiación del aire que se está liberando por la chimenea, tenga valores por encima de lo establecido.

Con este propósito, en el nuevo circuito electrónico, se ha utilizado como hardware la plataforma Arduino Uno que contiene un micro controlador ATMEGA 328 [5]. Se ha adicionado también, una pantalla LCD para visualizar los valores que vienen del MAB1000 y el valor límite, una memoria de datos EEPROM donde se fija el valor límite del nivel de radiación establecida por la OTAN. Finalmente se ha adicionado un teclado para poder variar los parámetros establecidos por la Autoridad Nacional.

## 2. Experimental

Para realizar el presente diseño se ha considerado el circuito mecánico-eléctrico que tiene instalado el sistema de ventilación, el cual extrae el aire de la contención del reactor. En la compuerta de este sistema tiene instalado un electroimán, sobre el cual actuará el relé para que se produzca la conmutación. En el proceso de diseño, se ha considerado tres etapas:

### 2.1 Etapa trasmisora

En el sótano del edificio del reactor, al pasar el aire por la chimenea, se mide el nivel de radiación con un detector de NaI(Tl) (Figura 1) en donde se originan las señales eléctricas en forma de pulsos por segundo, que es enviado a una equipo denominado MAB1000, que consta de un conjunto de módulos donde se transforma los pulsos por segundo a voltaje (V). Este equipo tiene un sistema de comunicación de formato estándar RS232 de  $\pm 12V$  de donde se toma la señal para nuestro sistema [6]. Como la señal que sale por el canal de comunicación RS232 solo puede viajar hasta 15 m, necesita de un circuito amplificador para que pueda llegar hasta la sala de control que se encuentra a

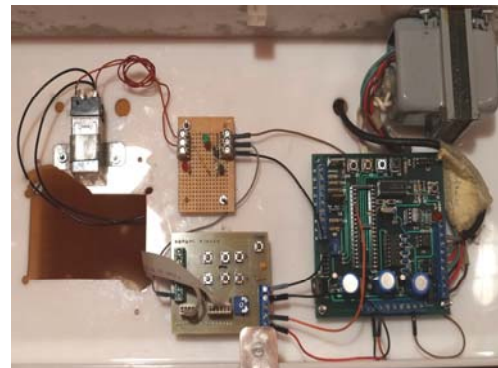
100 m de distancia. Este circuito está constituido por un integrado operacional UA741 donde se amplifica la señal, la cual luego actúa sobre un transistor que trabaja en la zona de corte y saturación y este a la vez controla a otro transistor que está configurado como una fuente de corriente de 20 mA, la cual va a la sala de control.



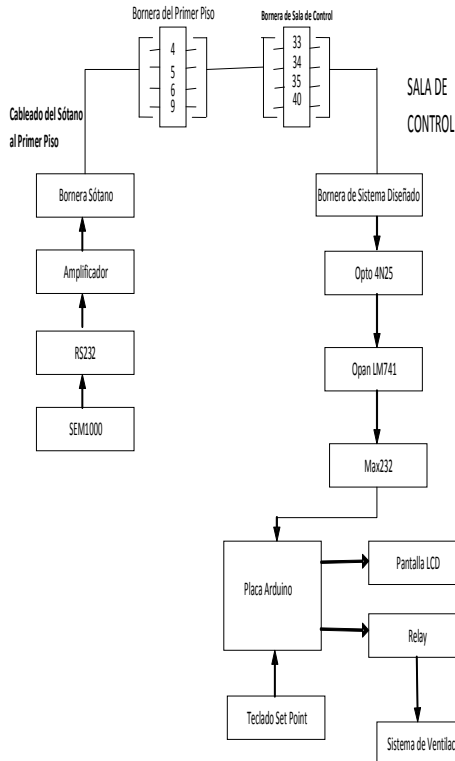
**Figura 1.** Cadena de medición y el MAB 1000.

### 2.2 Etapa receptora

La información que viene del sótano llega a la sala de control a través de cables en una manguera la cual es acoplada a un componente integrado denominado opto transistor, que es un aislador óptico cuya función es evitar que la señal sea distorsionada. Luego, la señal pasa a un componente integrado operacional UA741 el cual la amplifica e ingresa a un componente integrado denominado MAX 232, que convierte la señal de un puerto serial RS232 a señales compatibles con los niveles TTL para que puedan ingresar al microcontrolador. Debemos mencionar que fue necesario diseñar e implementar una fuente de alimentación de +12V, -12V y +5V, para polarizar a los circuitos integrados utilizados. El circuito se aprecia en la Figura 2.



**Figura 2.** Sistema diseñado.



**Figura 2a.** Diagrama de bloques del sistema conmutación automática de emergencia del sistema de ventilación del reactor nuclear RP-10.

**2.3 Etapa de control**

El componente central de este circuito es una plataforma de hardware libre, basado en una placa con un micro-controlador ATMEGA 328 [5]. El micro-controlador recibe la señal del Max232, y lo procesa para ser mostrada en una pantalla LCD en dos filas y veinte caracteres (Figura 3).

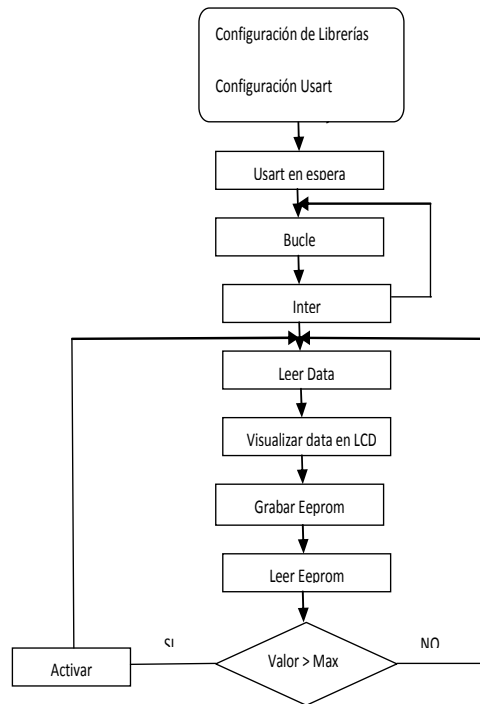


**Figura 3.** Valor del nivel de radiación indicado en sistema diseñado.

El valor que se muestra en la pantalla LCD en sala de control es el mismo valor que indica el MAB1000 que se encuentra en el sótano del reactor (Figura 4).



**Figura 4.** Valor del nivel de Radiación indicado en el MAB1000.



**Figura 5.** Diagrama de flujo de la programación del microprocesador.

El micro-controlador ATMEGA 328, se ha programado utilizando el software C++ [8], donde se ha definido un parámetro para fijar el valor límite permisible (nivel de disparo) y sea almacenado en la memoria de datos eeprom del micro-controlador, para que en caso de que la señal que viene del sótano sobrepase este valor límite active un relé para que realice la conmutación el Sistema de Ventilación de su modo normal de trabajo al modo de emergencia.

Adicionalmente, se ha instalado un teclado para poder redefinir el valore límite de disparo, cuando la OTAN varíe los límites de los efluentes radiactivos hacia el medio

ambiente. El área de Radioprotección del Reactor RP-10 ha fijado el límite de liberación de material radiactivo a través de la chimenea al ambiente en 100 impulsos por segundo (IPS). El diagrama de flujo del programa del micro-controlador se muestra en la Figura 5.

### 3. Resultados y Discusión

El diseño realizado e instalado en el sistema de ventilación del reactor RP-10, para la conmutación automática del funcionamiento normal a la condición de emergencia, ha superado satisfactoriamente las pruebas, al exponer al detector de NaI(Tl) del MAB1000, a las radiaciones de una fuente con una actividad mayor a 1000 impulsos por segundo.

Los resultados de esta prueba se muestran en la siguiente Tabla 1. Dos valores del equipo de medición MAB 1000 ubicado en el sótano del reactor son similares a la del sistema diseñado que se encuentra en la sala de control, con lo que se verifica que el diseño es satisfactorio.

**Tabla 1.** Valores del nivel de radiación mostrados simultáneamente en el equipo MAB1000 y el diseñado.

Equipo MAB 1000		Sistema diseñado	
Canal	Cuenta/S (IPS)	Canal	Cuenta/S (IPS)
KAN1	2.866E+00	C1	2.866E+00
KAN1	2.847E+00	C1	2.847E+00

El Sistema fue sometido a pruebas, y en todos los casos se realizaron mediciones simultáneas y se pudo observar que la señal llegaba a la sala de control sin ninguna distorsión.

Se pudo observar que cuando los valores sobrepasan el valor límite permisible (nivel de disparo) el sistema conmuta el paso del Sistema de Ventilación al modo de emergencia.

Como la pantalla LCD en la sala de control es de 16 x 2 caracteres solamente se presenta los valores de las cuentas por segundo como se ve en la figura 3.

### 4. Conclusiones

El Sistema diseñado e instalado, como parte del equipamiento del sistema de ventilación, cumple satisfactoriamente con las funciones

para el que fue diseñado. Adicionalmente, este sistema facilita al personal de radioprotección el registro de los valores del nivel de radiación del aire del recinto del reactor para su descarga al medioambiente.

El diseño activará el proceso de conmutación en forma automática, sin intervención del personal de operación ni radioprotección, en casos de incidentes o accidentes cuando se detecte que el aire tiene un nivel de radiación superior a lo establecido por las normas nacionales o internacionales.

### 5. Agradecimientos

Nuestro agradecimiento al personal de Operación y Radioprotección por su valiosa colaboración y participación.

### 6. Bibliografía

- [1] Instituto Peruano de Energía Nuclear. Informe Seguridad del RP-10 N° 12. Radioprotección y Gestión de Residuos Radiactivos. Octubre 2013; 63-64.
- [2] Instituto Peruano de Energía Nuclear. Informe Seguridad del RP-10 N° 14. Evaluación de Impacto Ambiental. Octubre 2013; 36-38.
- [3] Instituto Peruano de Energía Nuclear. Reglamento de Seguridad Radiológica. D.S. No. 009-97-EM. Disponible en URL: [http://www.ipen.gob.pe/site/regulacion/leyes\\_normatividad.htm](http://www.ipen.gob.pe/site/regulacion/leyes_normatividad.htm)
- [4] Castillo W, Anaya O, Ovalle E, Félix J. Control automático de efluentes gaseosos emitidos por chimenea en el reactor RP-10. Instituto Peruano de Energía Nuclear, Informe Científico Tecnológico 1998-2001. Lima: IPEN. 2002. p. 146-148.
- [5] Arduino. ATmega328 Microcontroller. [serie en Internet]. Disponible en: <http://store.arduino.cc/product/A000048>
- [6] Munchener Apparatebau Fur Elektronische Gerate GMBH. Instrument Manual. Fast Aerosol Monitor SAM 1000 - June 1989, 2-9.