

ENUNCIADO DE PROYECTO: MONITOREO Y CONTROL DE LA CALIDAD DE VARIABLES AMBIENTALES EN MINAS

CONTEXTO

La producción de carbón en Colombia es el segundo generador de divisas para la economía nacional después del petróleo. Este rubro es liderado por los departamentos de la costa atlántica aunque en los últimos años la actividad ha tomado mucha fuerza en algunos departamentos del centro del país, como es el caso de Boyacá y Cundinamarca. La explotación minera es una actividad de alto riesgo tanto para el medio ambiente como para los trabajadores que realizan la actividad. Para mitigar estos riesgos se hace necesario contar con normas de higiene y seguridad, además de implementar rigurosos mecanismos de control orientados fundamentalmente a la supervisión de variables ambientales y la generación de acciones inmediatas que permitan corregir cualquier foco de contaminación física, química o biológica. Esta actividad minera se realiza de dos formas: **subterránea** y la denominada a **cielo abierto**, siendo la primera la que mayor número de riesgos aporta, a saber: el trabajo en espacios confinados, la formación de gases, la concentración de ruido y las altas temperaturas. Las minas subterráneas constan de diferentes niveles (1, 2, 3, etc.) y por cada nivel puede haber cero o muchas de las siguientes áreas físicas:

- frente de trabajo (zonas de la roca natural que están siendo actualmente explotadas)
- vía de traslado
- zona de almacenamiento

PROBLEMA

En los últimos meses, en la mina de carbón subterránea de **Samacá**, departamento de Boyacá se han incrementado los diagnósticos por enfermedades laborales asociadas a los siguientes síntomas:

- a) Fatiga visual, se caracteriza por la inflamación de los ojos, visión defectuosa e intolerancia a la luz y es provocada por una inadecuada iluminación en las áreas de trabajo.
- b) Nistagmus del minero, genera movimientos involuntarios e incontrolables de los ojos y es provocado por pasar muchas horas en la oscuridad.
- c) Estrés térmico, genera alteración fisiológica y es provocada por la acumulación de calor en el cuerpo.
- d) Afectación o pérdida de la escucha por la exposición permanente a niveles sonoros por encima de los rangos máximos permitidos.
- e) Enfermedades respiratorias por la inhalación de gases tóxicos como el monóxido de carbono, metano y sulfuro de hidrógeno.

Las directivas de la mina, su equipo de seguridad y salud en el trabajo han realizado un estudio de causas, a partir del cual se ha determinado que la falta de detección de condiciones ambientales adversas para la realización de la actividad productiva y la no realización de las acciones correctivas para revertir la situación son el motivo principal de las enfermedades. Como alternativa de solución se ha planteado el diseño e implementación de un sistema de supervisión y control de variables ambientales en las áreas de trabajo de la mina.

DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA GLOBAL A CONSTRUIR

- Diseñar, implementar y probar una red de microcontroladores y sensores que abarque todos los niveles y áreas de la mina y permita supervisar una serie de variables (ver Anexo 1). Para cada variable a supervisar se define una información de referencia:
 - o Valor mínimo y máximo permisible
 - o Variación diaria permitida (se coloca 0 en caso de que no aplique)
 - o Unidad de medida
 - o Precisión (cantidad de cifras decimales a tener en cuenta en la medición)
 - o Frecuencia con la que se debe reportar la información (en segundos)

Se determinó que la cantidad de microcontroladores que se requieren para la mina de Samacá es de 2500, cada uno con 4 sensores para medir las variables ambientales de interés. Debe contemplarse el envío de la información de las mediciones a **un sistema que sea capaz de tomar acciones correctivas ante eventualidades (por ejemplo, enviar órdenes a actuadores que encienden equipos de ventilación que permiten que entre oxígeno a la mina).** **Se debe escoger un protocolo de comunicación entre los sensores y dicho sistema,** el cual debe contemplar algún mecanismo de seguridad que garantice que sólo los microcontroladores de la red puedan entregar información al sistema. Se proyecta que para el 2020, el área física se duplicará en tamaño, como resultado se comprará el doble de microcontroladores.

- Diseñar, implementar y probar el sistema que recibe las mediciones. El sistema debe satisfacer los siguientes requerimientos:
 - o Generar un resumen diario de las variables, especificando cantidad de mediciones en el día, valor mínimo y máximo sensado, valor promedio, variación y alertas generadas, desagregado por nivel, área física y variable. Este reporte se debe enviar cada día vía correo electrónico a las 11:55pm a los supervisores de la mina.
 - o Generar dos tipos de alertas (estas deben notificarse vía correo electrónico a los supervisores de la mina):
 - Sensor fuera de línea. Se considera que un sensor está fuera de línea al quinto reporte de información perdido (esto se determina con ayuda de la frecuencia).
 - Medición fuera de rango. Esta alerta se produce si al calcular el promedio de los últimos 10 valores recibidos, el promedio está por fuera de un rango permitido. El rango se determina así:
 - o ***límite inferior = valor mínimo - valor variación diaria***
 - o ***límite superior = valor máximo – valor variación diaria.***

En caso de generarse una alerta por medición fuera de rango se deben activar los actuadores (equipos de ventilación y calidad de aire) ubicados en el área en la que se generó la alerta. Los actuadores deben iniciar un ciclo de funcionamiento por espacio de 10 minutos y si transcurrido este tiempo la alerta persiste se debe iniciar un siguiente ciclo y así sucesivamente hasta que la alerta desaparezca. En caso de realizar 6 ciclos de manera continua se debe generar una alerta a los supervisores indicando que la acción de los actuadores no está siendo eficaz.

En el escenario más crítico de alerta, el sistema debe ser capaz de manejar notificaciones de emergencia provenientes de los 2500 microcontroladores en una ventana de 1 segundo con 0% de error y tiempos de respuesta inferiores a 30 milisegundos. Esto aplica para los dos tipos de alerta.

- Disponer de un tablero de control Web donde se muestren los valores actuales de las variables, desagregado por nivel y área física. El tablero de control Web se debe poder consultar desde diferentes tipos de dispositivos: computadores, tablet, teléfonos móviles, etc. En el tablero de control se deben mostrar claramente las posibles alertas lanzadas en ciertos niveles y áreas. Al seleccionar un área en alerta y una variable se debe poder generar un gráfico con los valores reportados en el día.
- Para consultar el tablero de control el usuario debe estar autenticado. Hay dos tipos de usuarios: el supervisor y el SYSO (seguridad y salud ocupacional). El supervisor tiene acceso a todas las funcionalidades del tablero de control y el SYSO a la funcionalidad que muestra las alertas detectadas en un área.
- El sistema debe estar disponible de las 5 a.m. a las 5 p.m. de lunes a viernes pues son los días y horarios de trabajo.

ANEXO 1. Información de referencia para las variables ambientales

a) Temperatura

Mínimo: 21.5

Máximo: 27.0

Variación: 5.4

Unidad de medida: °C (grados Celsius)

Precisión: 2

Frecuencia: 60 segundos

b) Ruido

Mínimo: 0

Máximo: 85

Variación: 0

Unidad de medida: dB (decibel)

Precisión: 2

Frecuencia: 120 segundos

c) Gases (monóxido de carbono)

Mínimo: 0

Máximo: 100

Variación: 0

Unidad de medida: ppm (partes por millón)

Precisión: 2

Frecuencia: 60 segundos

d) Iluminación

Mínimo: 100

Máximo: 2000

Variación: 0

Unidad de medida: Lux

Precisión: 2

Frecuencia: 120 segundos