

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Eléctrica

Tesis

Determinación del efecto de la automatización del sistema de ventilación en el consumo de energía eléctrica en minería subterránea de la Compañía Minera Buenaventura, Orcopampa - 2020

Harry Rony Alvarez Huanca

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Electricista

Arequipa, 2020

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

ÍNDICE

RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	4
1.1 Planteamiento y Formulación del Problema	4
1.1.1 Planteamiento del problema	4
1.1.2 Formulación del problema.....	6
1.2 Objetivos	6
1.2.1 Objetivo general.....	6
1.2.2 Objetivos específicos	7
1.3 Justificación e Importancia	7
1.4 Hipótesis.....	9
1.4.1 Hipótesis general	10
1.4.2 Hipótesis específicas	10
1.5 Descripción de Variables.....	11
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	13
2.1 Antecedentes del Problema.	13
2.1.1 Internacionales.....	13
2.1.2 Nacionales	18
2.2 Bases Teóricas.....	19
2.2.1 Ventilación en minería subterránea	19
2.2.2 Control del proceso	25
2.2.3 Sistema de ventilación	27
2.2.4 Procesador Lógico Programable (PLC) MODICON M 580	29
2.2.5 Ventilador primario en minería subterránea.....	33
2.2.6 Variador de velocidad (VFD).....	37
2.2.7 Gases en minería.....	40
2.2.8 Sensor/Controlador de Gases.....	42

2.2.9	Sensor/controlador de temperatura	44
2.2.10	Sensor/controlador de Caudal de aire	45
2.3	Definición de Términos Básicos	46
2.4	Marco Legal.....	49
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA.....		52
3.1	Método y Alcance de la Investigación	52
3.1.1	Método de la investigación.....	52
3.1.2	Tipo de investigación	52
3.1.3	Nivel de la investigación.....	52
3.2	Diseño de Investigación	53
3.3	Población y Muestra	54
3.3.1	Población	54
3.3.2	Muestra.....	54
3.4	Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.....	54
3.4.1	Recolección de datos.....	54
3.4.2	Instrumentos de medición.....	55
3.4.3	Horarios de aplicación de la estrategia de control del PLC.....	55
3.4.4	Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	56
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		57
4.1.1	Consumo de Energía Eléctrica de la Unidad Minera Orcopampa....	57
4.1.2	Análisis del Comportamiento de la Energía, Gases, Niveles de Temperatura y Flujo de Aire.....	58
4.2.1	Prueba de hipótesis general	71
CONCLUSIONES		84
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		86
ANEXOS.....		91

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Operacionalización de variables.....	11
Tabla 2.	Límites máximos y mínimos de agentes químicos permitidos.....	41
Tabla 3.	Pruebas de normalidad de hipótesis general	69
Tabla 4.	Prueba de muestras emparejadas de hipótesis general	72
Tabla 5.	Prueba de normalidad hipótesis específica 1	74
Tabla 6.	Estadísticos de muestras emparejadas de hipótesis específica 1 .	75
Tabla 7.	Prueba de muestras emparejadas de hipótesis específica 1	76
Tabla 8.	Prueba de normalidad de hipótesis específica 2	77
Tabla 9.	Prueba de muestras emparejadas hipótesis específica 2	78
Tabla 10.	Prueba de normalidad de hipótesis específica 3	79
Tabla 11.	Prueba de muestras emparejadas de hipótesis específica 3	80
Tabla 12.	Tabla de nuevos señales	93

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Diagrama de bloques del proceso.....	26
Figura 2.	Ventilación subterránea.....	28
Figura 3.	Circuito de ventilación Nazareno oeste-este.....	29
Figura 4.	Arquitectura típica M580..	31
Figura 5.	Representación de una sección FBD.....	32
Figura 6.	Ventilador extractor primario.....	34
Figura 7.	Ventilador axial.....	35
Figura 8.	Ventilador centrífugo.....	36
Figura 9.	Composición del variador.....	39
Figura 10.	Medidor de energía ION 7650.....	40
Figura 11.	Estación de medición de gases.....	43
Figura 12.	Estación de medición de temperatura.....	45
Figura 13.	Sensor ultrasónico.....	46
Figura 14.	Consumo de energía total.....	57
Figura 15.	Consumo de energía de ventilación primaria en el área de mina..	58
Figura 16.	Comportamiento promedio de la potencia en kW antes y después de la implementación del PLC.....	59
Figura 17.	Comportamiento promedio de la máxima demanda en kW en una semana de trabajo antes y después.....	59
Figura 18.	Consumo promedio de energía durante un horario de voladura y ventilación antes y después de la implementación del PLC.....	60
Figura 19.	Consumo de energía durante por meses en un año durante los horarios de voladura y ventilación antes y después de la implementación del PLC.....	61
Figura 20.	Comportamiento promedio de la concentración de Monóxido de carbono (CO) en PPM antes y después de la implementación del PLC.....	62
Figura 21.	Comportamiento promedio de la concentración de Óxidos de nitrógeno (NOx) en PPM antes y después de la implementación del controlador lógico programable (PLC).....	63

Figura 22.	Comportamiento promedio de la concentración de Dióxido de azufre (SO ₂) en PPM antes y después de la implementación del controlador lógico programable (PLC).....	64
Figura 23.	Comportamiento del % volumen de la concentración promedio del oxígeno (O ₂) antes y después de la implementación del controlador lógico programable (PLC).....	65
Figura 24.	Comportamiento promedio de la concentración de Dióxido de Carbono (CO ₂) en % de Volumen antes y después de la implementación del controlador lógico programable (PLC)	66
Figura 25.	Comportamiento promedio de la temperatura en grados Celsius (C°) antes y después de la implementación del controlador lógico programable (PLC).....	67
Figura 26.	Comportamiento promedio del caudal de aire (pies cúbicos x minuto de flujo de aire) antes y después de la implementación del controlador lógico programable (PLC).....	68
Figura 27.	Histograma kWh antes de la implementación del controlador lógico programable (PLC).....	70
Figura 28.	Histograma kWh después de la implementación del controlador lógico programable (PLC).....	70
Figura 29.	Comportamiento del consumo de energía durante el horario de voladura de las 52 muestras antes y después de la implementación del PLC	73
Figura 30.	Ventilador CH 800	102
Figura 31.	Motor eléctrico del ventilador.....	102
Figura 32.	Variador de velocidad VDF.....	103
Figura 33:	Sensores en campo.	103
Figura 34.	Controlador de gases.....	104
Figura 35.	Controlador de flujo de aire.....	104
Figura 36.	Diagrama general de la instalación de sensores.....	105
Figura 37.	Sensor de temperatura.....	105

RESUMEN

El presente proyecto de investigación buscó reducir el consumo de energía eléctrica con la automatización del sistema de ventilación mediante la implementación de un controlador lógico programable (PLC) en minería subterránea en la compañía minera Buenaventura-Orcopampa. Los objetivos específicos fueron determinar las concentraciones de gases, niveles de temperatura, niveles de flujo de aire y consumo de energía eléctrica en el sistema de ventilación antes y después de la implementación del PLC. El propósito de esta estrategia de control fue reducir los costos y optimizar el consumo de energía de los periodos de voladura y ventilación (05:45 a 08:00) y (17:45 a 20:00).

La presente investigación según su diseño de investigación fue experimental, la cual se desarrolló mediante la aplicación del método científico, siendo de tipo prospectivo-longitudinal y el nivel de investigación fue explicativa. Se concluye que con la automatización del sistema de ventilación mediante la implementación de un controlador lógico programable (PLC) en minería subterránea en la compañía minera Buenaventura-Orcopampa se redujo en promedio el consumo de energía en un ciclo de voladura y ventilación en 911.16 kWh, lo que representa un 73.7% de ahorro. Considerando que en un día existen dos ciclos de voladura y ventilación podemos decir que el ahorro fue de 1822.31 kWh-día lo que representa un ahorro por día de USD 91.12. Teniendo en cuenta que al mes se realiza 52 voladuras, esto representa un ahorro mensual de USD 2,369 y anual USD 28,428.08. así como también con la automatización del sistema de ventilación mediante la implementación de un controlador lógico programable (PLC) la concentración de gases, niveles de temperatura, niveles de flujo de aire se encuentran dentro de los límites establecidos por lo cual no afecta la labor del trabajador en la mina subterránea.

Palabras clave: Automatización, ventilación, gases, temperatura, caudal de aire, energía y controlador lógico programable (PLC).

ABSTRACT

This research project sought to reduce electrical energy consumption with the automation of the ventilation system through the implementation of a programmable logic controller (PLC) in underground mining at the Buenaventura-Orcopampa mining company. The specific objectives were to determine the gas concentrations, temperature levels, air flow levels and electrical energy consumption in the ventilation system before and after the implementation of the PLC. The purpose of this control strategy was to reduce costs and optimize energy consumption during the blasting and ventilation periods (05:45 to 08:00) and (17:45 to 20:00).

The present investigation according to its research design was experimental, which was developed through the application of the Scientific Method, being of a prospective-longitudinal type and the level of investigation was explanatory. It is concluded that with the automation of the ventilation system through the implementation of a programmable logic controller (PLC) in underground mining in the Buenaventura-Orcopampa mining company, the energy consumption in a blasting and ventilation cycle was reduced on average by 911.16 kWh, which represents a 73.7% savings. Considering that there are two blasting and ventilation cycles in one day, we can say that the saving was 1822.31 kWh-day, which represents a saving per day of USD 91.12. Taking into account that 52 blasts are carried out per month, this represents a monthly saving of USD 2,369 and annually USD 28,428.08. as well as with the automation of the ventilation system through the implementation of a programmable logic controller (PLC), the concentration of gases, temperature levels, air flow levels are within the established limits, which does not affect the work of the worker in the underground mine.

Keywords: Automation, ventilation, gases, temperature, air flow, energy and programmable logic controller (PLC).