

“Optimización de operación en sistemas de ventilación auxiliar en la empresa minera Catalina Huanca Sociedad Minera usando ventiladores de doble velocidad”.

Categoría : Operaciones Mineras TT-103

Datos del autor

Nombre : Felipe Alan Montalvo Tizado
Empresa : Catalina Huanca Sociedad Minera
Cargo : Especialista en Planeamiento de Ventilación
Dirección : Av Brasil 1055 dep. 506B Jesús María- Lima
Teléfono : 012724026
Móvil : +51978369665
Correo Electrónico : felipe.montalvo@trafigura.com/ingfelipemontalvo@hotmail.com

Ingeniero de Minas de la Universidad Nacional de Trujillo con estudios de Pos Grado en CENTRUM PUCP, con más de 12 años de experiencia en planeamiento de minado, diseños de ventilación en minería subterránea, tunelería, así mismo se ha desempeñado como instructor en software de simulación y consultor libre en temas de optimización de sistemas de ventilación auxiliar, principal y desarrollos disruptivos para disminución de consumo energético.

Datos del Coautor

Nombre : Luis Garay Lazo
Empresa : Catalina Huanca Sociedad Minera
Cargo : Jefe de Ventilación
Dirección : Jr San Gregorio N° 313, San Carlos Huancayo- Junin
Teléfono : 064-762496.
Móvil : 999606636 – 989035213.
Correo Electrónico : Luis.garay@trafigura.com

Datos del Coautor

Nombre : Jorge Luis Gutierrez Huaman
Empresa : Catalina Huanca Sociedad Minera
Cargo : Ingeniero de Ventilación
Dirección : Asociacion Covadonga Mz Q ; Lt -8 Distrito Ayacucho, Departamento Ayacucho.
Teléfono : Ninguno.
Móvil : 976637706
Correo Electrónico : jorge.huaman@trafigura.com

Datos del Coautor

Nombre : Jorge Poma Urbano
Empresa : Catalina Huanca Sociedad Minera
Cargo : Ingeniero senior de Planeamiento
Dirección :
Teléfono : Ninguno
Móvil : 987563344
Correo Electrónico : jorge.poma@trafigura.com

RESUMEN

Las operaciones de minería subterránea precisan de sistemas e instalaciones robustas y fiables que sean también económicamente eficientes, tanto desde el punto de vista de inversión como de operación y mantenimiento, con especial énfasis en los costes energéticos asociados.

Los sistemas de ventilación auxiliar en minería subterránea proveen de aire fresco a las zonas de producción, preparación y desarrollo. Estos sistemas de ventilación, quizás por su versatilidad, temporalidad y bajo coste de inversión no siempre son objeto de un análisis profundo para su dimensionamiento óptimo.

Una muy común mala práctica en minería subterránea es no monitorear y reducir los consumos energéticos relacionados a los sistemas de ventilación auxiliar por considerarse de baja cuantía, sin embargo, existen estudios que demuestran que el coste económico que afrontan las corporaciones mineras en materia de ventilación auxiliar puede variar entre el 60 y 70 % de su consumo energético total de ventilación.

Es en este contexto del control y eficiencia de la ventilación donde la regulación de los parámetros operativos del ventilador se hace económicamente imprescindible. Los paneles VDF son ampliamente utilizados para operar infinidad de sistemas de ventilación auxiliar tanto en proyectos civiles como en minería, pero a la vez que ofrecen ventajas innegables, no es menos cierto que afrontan ciertas limitaciones en cuanto a balance de costos CAPEX/OPEX, a la robustez de integración en el sistema y a los requerimientos de infraestructura eléctrica.

La alternativa idónea que se aplicó es el uso de ventiladores de doble velocidad, los cuales operan con tableros Y/D (más baratos, simples y de gran robustez) en combinación con motores eléctricos de doble velocidad, los cuales permiten operar a los ventiladores en distintos puntos de operación, para satisfacer de una manera óptima las diversas condiciones de uso, lo que genera un ahorro energético tangible con un payback de 10 a 12 meses y en adelante un ahorro energético anual semejante al valor del equipo adquirido.

1. Introducción

El presente trabajo técnico en ventilación de minas subterráneas, busca que las operaciones mineras tiendan a implementar sistemas de ventilación auxiliar eficientes y bajo demanda, pues actualmente los sistemas de ventilación auxiliar son operados con motores de una sola velocidad y utilizan el 100% de consumo energético en todas las etapas del ciclo de minado, siendo esta práctica poco eficiente y no alineada a los objetivos medioambientales de disminución de gases de efecto invernadero y control del costo operativo en las corporaciones. Generalmente los costes por consumo energético en ventilación auxiliar representan entre el 60% y 70% del total de la ventilación, dependiendo del método de minado, lo cual hace interesante la propuesta hacia un ahorro económico significativo.

2. Objetivos

Los objetivos que buscan lograr con la implementación de los ventiladores de doble velocidad como componente fundamental de la ventilación auxiliar son los siguientes:

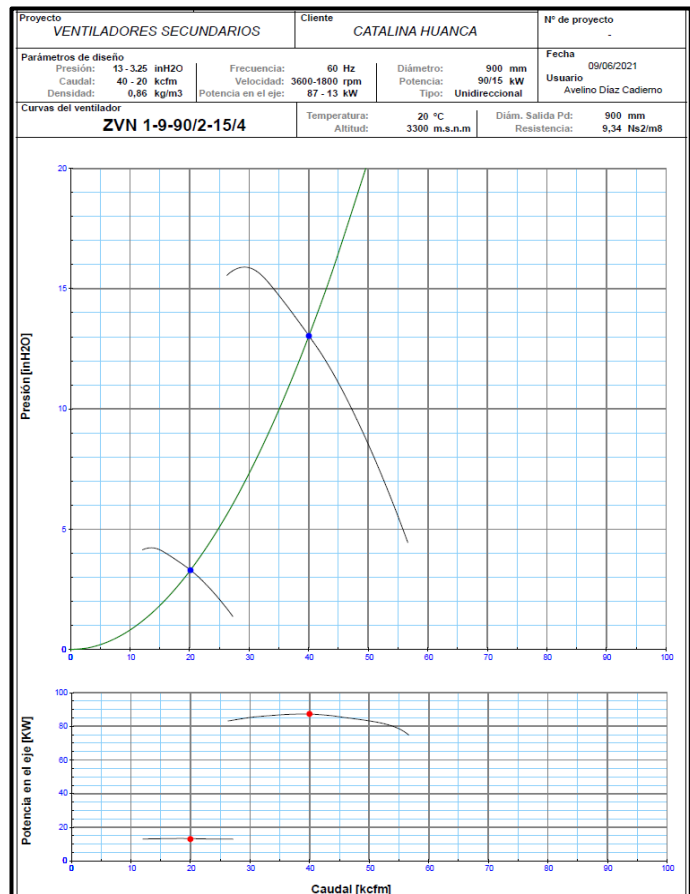
2.1. Disminuir el consumo energético en ventilación auxiliar en las operaciones mineras.

Los ventiladores de doble velocidad por tener una configuración de 2 puntos de operación bien marcados, el primero al 100% de las RPMs con un caudal de aire nominal de 40Kcfm, una presión de 13" H₂O y un consumo de 90kW y el segundo al 50% de las RPMs con un caudal de aire nominal de 20Kcfm, una presión de 3.25" H₂O y un consumo de 13kW (IMAGEN 01), tiene una utilización de ventilación bajo demanda, ya que cuando ingrese el equipo Scoop a realizar la limpieza del material roto, trabajará en el 1er punto de operación, sin embargo para el resto de actividades del ciclo de minado tales como: Perforación de labores, supervisión, sostenimiento, trabajos topografía, etc, es suficiente que opere en el 2do punto de operación, de las 24 horas del día, el 100% del ventilador usa solo 4 horas de limpieza, 2 horas para ventilar los gases de voladura y 17.25 horas de las otras actividades, por lo cual es necesario una discriminación de los tiempos de ventilación con lo cual la operación será más eficiente.

En la IMAGEN 01 mostramos la curva de operación del fabricante, donde especifica claramente los puntos de trabajo para cada uno de los 2 escenarios en el que un ventilador de 2 velocidades puede operar.

IMAGEN 01

Curva de operación de un ventilador de dos velocidades. Presión VS Caudal



Nota: Información disponible a junio del 2022
 1/comprende los ventiladores axiales de dos velocidades de 40kcfm y 90kw de potencia.
Fuente: Zitrón España – Departamento de calidad - Dossier ventiladores axiales de dos velocidades.

2.2. Disminuir la potencia acústica en los ventiladores auxiliares.

Los ventiladores auxiliares tienen un nivel sonoro que genera con el tiempo y dependiendo de la intensidad y nivel de exposición problemas auditivos, los cuales migran a enfermedades ocupacionales de gravedad que afectan directamente a la salud de los colaboradores y por consiguiente generan altos costos de tratamiento y denuncias por enfermedades ocupacionales por disminución de la capacidad auditiva. En este contexto se evalúan los 2 escenarios de la generación de ruido de los ventiladores de 2 velocidades.

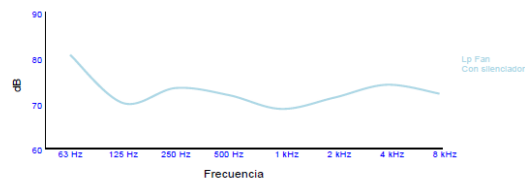
2.2.1. Potencia Acústica al 100% de las RPM

Los ventiladores modelo ZVN 1-9-90/2 con punto de operación de 40Kcfm y una potencia eléctrica de 90 kW, utilizando dispositivos de disminución del nivel sonoro(silenciadores), tienen una presión sonora en campo libre a 10 metros de 79 dB. En el GRAFICO 01 podemos ver cómo se comporta la potencia acústica en los distintos niveles

GRAFICO 01
Tendencia acustica de un ventilador axial al 100% de RPM.
 DB VS Frecuencia.

Datos ventilador:		Datos Pto. funcionamiento:	
Modelo:	ZVN 1-9-90/2	Densidad:	0,86 Kg/m ³
Tipo:	Unidireccional	Caudal:	40 Kcfm
Díámetro:	900 mm	Presión:	13 InH2O
Potencia motor:	90 kW	Velocidad Motor:	3600 rpm

63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz	dB	dB (A)
80,6	70,0	73,3	71,8	68,7	71,2	74,0	72,1	83,5	79,0



Nota: Información disponible a junio del 2022
 1/comprende los ventiladores axiales de dos velocidades de 40kcfm y 90kw de potencia.
Fuente: Zitrón España – Departamento de calidad - Dossier ventiladores axiales de dos velocidades.

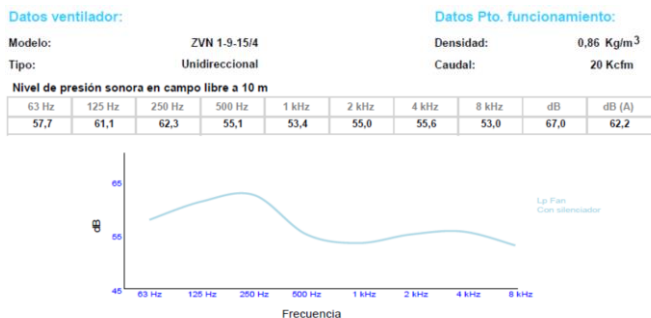
En el GRAFICO 01 podemos corroborar la potencia acústica generada por los ventiladores de 40Kcfm al 100% de sus RPM en operación.

2.2.2. Potencia Acústica al 50% de las RPM

Los ventiladores modelo ZVN 1-9-90/2 con punto de operación de 20Kcfm con una potencia eléctrica de 13 kW, utilizando dispositivos de disminución del nivel sonoro(silenciadores), tienen una presión sonora en campo libre a 10 metros de 62,2 dB.

GRAFICO 02

Tendencia acustica de un ventilador axial al 50% de RPM. DB VS Frecuencia.



Nota: Información disponible a junio del 2022
1/comprende los ventiladores axiales de dos velocidades de 40kcfm y 90kw de potencia.
Fuente: Zitrón España – Departamento de calidad - Dossier ventiladores axiales de dos velocidades.

En el GRAFICO 02 podemos corroborar la potencia acústica generada por los ventiladores de 40Kcfm al 50% de sus RPM en operación.

3. Metodología de trabajo

3.1 Planteamiento del problema

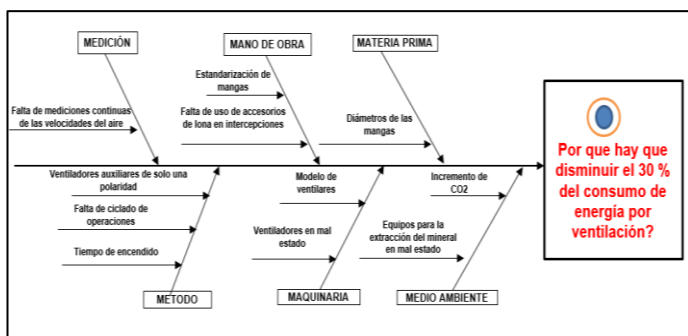
Actualmente en la unidad minera el uso de cada ventilador auxiliar de 40Kcfm de caudal y de 90kw de consumo, genera un costo por año de energía de 54,432 \$ por ventilador auxiliar con una desviación estándar de 400\$.

3.2 Hipótesis

Se analiza las posibles causas de sobreconsumo de energía, mediante una “brainstorming”, los datos obtenidos son clasificados en la herramienta “Espina de Pescado”

IMAGEN 02

Análisis de la hipótesis utilizamos la herramienta de espina de pescado.



Nota: Información disponible a junio del 2022
1/comprende el análisis de herramienta de espina de pescado.
Fuente: Departamento de Planeamiento- Ventilación. CHSM-Perú

El análisis de la herramienta de la espina de pescado nos clasifica las posibles causas en las áreas claves conocidas como las 6M.

3.3 Análisis de modo y efecto de falla

De acuerdo al análisis modo y efecto falla, valorizamos las causas potenciales. De acuerdo a ello, priorizamos las de mayor valor o impacto en el proceso.

Las causas potenciales definidas con mayor impacto son:

- ✓ Tecnología deficiente
- ✓ Ventiladores auxiliares solo de una sola velocidad
- ✓ Tiempo de encendido de ventiladores

TABLA 01.

Análisis de modo y efecto de falla.

PROCESS						
Process Steps or Product Functions	Potential Failure Mode	Potential Effects of Failure	S (1-10)	Potential Cause(s) of Failure	O (1-10)	D (RPN) (1-100)
1	Falta de mediciones continuas de las velocidades del aire	Documentación faltante	6	Falta de concientización de la información	8	No hay 3 144
2	Falta de estandarización de mangas	Aumento de resistencia en el circuito de ventilación	6	Falta de capacitación y concientización	8	Si hay 3 144
3	Uso de accesorios de lona en intersecciones	Aumento de resistencia en el circuito de ventilación	6	Falta de capacitación y concientización	7	Si hay 3 126
4	Diámetros y material de las mangas de las mangas	Aumento de resistencia en el circuito de ventilación	6	Material sobredimensionado	6	No hay 3 108
5	Ventiladores auxiliares sólo de una polaridad	Sobredimensionamiento de la ventilación	8	Tecnología deficiente	9	No hay 9 648
6	Falta de ciclado de operaciones	Aumento frentes en explotación	6	Aumento de frentes por deficiencia en otras zonas	5	Si hay 4 120
7	Modelo de ventiladores	Sobredimensionamiento de la ventilación	8	Tecnología deficiente	9	No hay 10 720
8	Ventiladores en mal estado	Aumento de resistencia en el circuito de ventilación	6	Falta de mantenimiento de los ventiladores	3	Mantenimiento preventivo 6 108
9	Incremento de CO2	Mayor caudal para la ventilación	7	Mayor concentración de gases de CO2	5	No hay 3 105
10	Equipos en mal estado	Mayor caudal para la ventilación	7	Mayor concentración de gases de CO	5	Mantenimiento preventivo 4 140
11	Tiempo de encendido del ventilador	Mayor consumo de energía	5	Tecnología deficiente	9	No hay 8 360

Nota: Información disponible a junio del 2022
1/comprende el análisis de modo y efecto de falla.
Fuente: Departamento de Planeamiento- Ventilación. CHSM-Perú

3.4 Plan de acción

3.4.1 Amef

Los planes de acción son definidos mediante el AMEF, se aplican a todas las causas potenciales, pero se prioriza las de mayor valor o impacto. En esta herramienta se definen las acciones a tomar, responsable y plazo de ejecución.

TABLA 02.

Controles, responsables y plazo de ejecución.

PROCESS								
Process Steps or Product Functions	Potential Failure Mode	Potential Effects of Failure	S (1-10)	Potential Cause(s) of Failure	O (1-10)	Current Controls	D (1-10)	(RPN)
1	Falta de mediciones continuas de las velocidades del aire	Documentación faltante	6	Falta de concientización de la información	8	No hay	3	144
2	Falta de estandarización de mangas	Aumento de resistencia en el circuito de ventilación	6	Falta de capacitación y concientización	8	Si hay	3	144
3	Uso de accesorios de lona en intercepciones	Aumento de resistencia en el circuito de ventilación	6	Falta de capacitación y concientización	7	Si hay	3	126
4	Diametros y material de las mangas de las mangas	Aumento de resistencia en el circuito de ventilación	6	Material sobredimensionado	6	No hay	3	108
5	Ventiladores auxiliares sólo de una polaridad	Sobredimensionamiento de la ventilación	8	Tecnología deficiente	9	No hay	9	648
6	Falta de ciclado de operaciones	Aumento frentes en explotación	6	Aumento de frentes por deficiencia en otras zonas	5	Si hay	4	120
7	Modelo de ventiladores	Sobredimensionamiento de la ventilación	8	Tecnología deficiente	9	No hay	10	720
8	Ventiladores en mal estado	Aumento de resistencia en el circuito de ventilación	6	Falta de mantenimiento de los ventiladores	3	Mantenimiento preventivo	6	108
9	Incremento de CO2	Mayor caudal para la ventilación	7	Mayor concentración de gases de CO2	5	No hay	3	105
10	Equipos en mal estado	Mayor caudal para la ventilación	7	Mayor concentración de gases de CO	5	Mantenimiento preventivo	4	140
11	Tiempo de encendido del ventilador	Mayor consumo de energía	5	Tecnología deficiente	9	No hay	8	360

Nota: Información disponible a junio del 2022
1/comprende plazo de ejecución de los controles a aplicar.

Fuente: Departamento de Planeamiento- Ventilación.
CHSM-Perú

3.6 Recolección y análisis de datos

La recolección y análisis de datos fue realizada en una primera instancia a los ventiladores de 1 velocidad, con la finalidad de tener una caracterización y línea base, la medición se realizó con equipos calibrados.

3.6.1. Ventiladores de 1 velocidad

3.6.1.1 Presión

La medición de la presión estática en los ventiladores de 1 velocidad fue realizada con un manómetro digital marca TESTO.

TABLA 03.
Medición de presión (pulg H2O) de un ventilador de una sola velocidad.
Caudal vs presión.

CODIGO	TIPO	CAPACIDAD cfm/Nominal	CAPACIDAD cfm /Efectiva	PRESIÓN pulg H2O
V40-01	Axial	40,000	45,361	11.4
V40-02	Axial	40,000	42,539	11.4
V40-03	Axial	40,000	42,963	11.6
V40-04	Axial	40,000	43,268	11.3
V40-05	Axial	40,000	44,631	11.5

Nota: Información disponible a junio del 2022
1/comprende medición de presión de un ventilador de una sola velocidad.

Fuente: Departamento de Planeamiento- Ventilación.

CHSM-Perú

La TABLA 03 nos muestra los valores de presión estática que se obtuvieron en los ventiladores de 1 velocidad.

3.6.1.2. Caudal.

La medición de la velocidad para el cálculo del caudal en los ventiladores de 1 velocidad fue realizada con un anemómetro digital marca TESTO.

TABLA 04.
Medición de caudal (CFM) de un ventilador de una sola velocidad.
Caudal.

CODIGO	TIPO	CAPACIDAD cfm/Nominal	CAPACIDAD cfm /Efectiva
V40-01	Axial	40,000	45,361
V40-02	Axial	40,000	42,539
V40-03	Axial	40,000	42,963
V40-04	Axial	40,000	43,268
V40-05	Axial	40,000	44,631

Nota: Información disponible a junio del 2022
1/comprende medición de caudal de un ventilador de una sola velocidad.

Fuente: Departamento de Planeamiento- Ventilación.
CHSM-Perú

La TABLA 04 nos muestra los valores de caudal calculados con las mediciones de velocidad que se obtuvieron en los ventiladores de 1 velocidad.

3.6.1.3. Amperaje.

La medición del amperaje en los ventiladores de 1 velocidad fue realizada con una pinza amperimétrica digital marca FLUKE.

TABLA 05.
Medición de Amperaje (A) de un ventilador de una sola velocidad.
Caudal vs Amperaje.

CODIGO	TIPO	CAPACIDAD cfm/Nominal	CAPACIDAD cfm /Efectiva	AMPERAJE
V40-01	Axial	40,000	45,361	126.0
V40-02	Axial	40,000	42,539	124.0
V40-03	Axial	40,000	42,963	123.0
V40-04	Axial	40,000	43,268	124.0
V40-05	Axial	40,000	44,631	120.0

Nota: Información disponible a junio del 2022

1/comprende la medición de amperaje de un ventilador de una sola velocidad.

Fuente: Departamento de Planeamiento- Ventilación. CHSM-Perú

La TABLA 05 nos muestra los valores de amperaje que se midieron en los ventiladores de 1 velocidad.

3.6.1.4. Voltaje

La medición del voltaje en los ventiladores de una velocidad fue realizada con un voltímetro digital marca FLUKE.

TABLA 06.

Medición de voltaje (V) de un ventilador de una sola velocidad.

Cuadral vs Voltaje.

CODIGO	TIPO	CAPACIDAD cfm/Nominal	CAPACIDAD cfm /Efectiva	VOLTAJE
V40-01	Axial	40,000	45,361	422.0
V40-02	Axial	40,000	42,539	425.0
V40-03	Axial	40,000	42,963	415.0
V40-04	Axial	40,000	43,268	428.0
V40-05	Axial	40,000	44,631	430.0

Nota: Información disponible a junio del 2022

1/comprende la medición de voltaje de un ventilador de una sola velocidad.

Fuente: Departamento de Planeamiento- Ventilación. CHSM-Perú

La TABLA 06 nos muestra los valores de voltaje que se obtuvieron en los ventiladores de 1 velocidad.

3.6.1.5. Consumo Energético y Económico

El consumo energético de los ventiladores de 1 velocidad fue calculado en base a las mediciones de voltaje, amperaje realizadas en la operación, así mismo su costo de energía fue obtenido con los consumos de energía y el costo por kW/hr de la energía.

TABLA 07.

Comparativo de potencias diaria, mensual, anual y costo energetico.

Potencia consumida vs costo de energía.

CODIGO	TIPO	CAPACIDAD cfm /Efectiva	VOLTAJE	POT. CONSUMIDA (kw)	COSTO ENERGIA (año)
V40-01	Axial	45,361	422	88	53,082
V40-02	Axial	42,539	425	87	52,610
V40-03	Axial	42,963	415	84	50,958
V40-04	Axial	43,268	428	88	52,982
V40-05	Axial	44,631	430	85	51,512

Nota: Información disponible a junio del 2022

1/comprende el coste de consumo de energía anual de un ventilador de una sola velocidad.

Fuente: Departamento de Planeamiento- Ventilación. CHSM-Perú

La TABLA 07 nos muestra los valores de consumo y costo energético que se obtuvieron en los ventiladores de 1 velocidad.

3.6.2. Ventiladores de 2 velocidades

3.6.2.1. Presión

La medición de la presión estática en los ventiladores de 2 velocidades fue realizada con un manómetro digital marca TESTO.

TABLA 08.

Medición de presión (pulg H2O) de un ventilador de dos veolcidades.

Cuadral Vs presión.

CODIGO	TIPO	CAPACIDAD cfm/Nominal	CAPACIDAD cfm /Efectiva	PRESIÓN pulg H2O
V40-19	Axial	40,000	43,521	12.5
		20,000	21,543	3.1
V40-20	Axial	40,000	45,213	12.4
		20,000	24,356	2.9
V40-21	Axial	40,000	44,912	12.8
		20,000	25,631	3.0
V40-22	Axial	40,000	44,361	12.5
		20,000	21,562	3.1
V40-23	Axial	40,000	44,632	11.9
		20,000	22,654	2.8

Nota: Información disponible a junio del 2022

1/comprende medición de presión de un ventilador de dos velocidades.

Fuente: Departamento de Planeamiento- Ventilación. CHSM-Perú

La TABLA 08 nos muestra los valores de presión estática que se obtuvieron en los ventiladores de 2 velocidades.

3.2.6.2. Caudal.

La medición de la velocidad para el cálculo del caudal en los ventiladores de 2 velocidades fue realizada con un anemómetro digital marca TESTO.

TABLA 9.

Medición de caudal (CFM) de un ventilador de dos velocidades.

Caudal.

CODIGO	TIPO	CAPACIDAD cfm/Nominal	CAPACIDAD cfm /Efectiva
V40-19	Axial	40,000	43,521
		20,000	21,543
V40-20	Axial	40,000	45,213
		20,000	24,356
V40-21	Axial	40,000	44,912
		20,000	25,631
V40-22	Axial	40,000	44,361
		20,000	21,562
V40-23	Axial	40,000	44,632
		20,000	22,654

Nota: Información disponible a junio del 2022

1/comprende medición de caudal de un ventilador de dos velocidades.

Fuente: Departamento de Planeamiento- Ventilación.
CHSM-Perú

La TABLA 9 nos muestra los valores de caudal calculados con las mediciones de velocidad que se obtuvieron en los ventiladores de 2 velocidades.

3.2.6.3. Amperaje.

La medición del amperaje en los ventiladores de 2 velocidades fue realizada con una pinza amperimétrica digital marca FLUKE.

TABLA 10.

Medición de Amperaje (A) de un ventilador de dos velocidades

Caudal Vs Amperaje.

CODIGO	TIPO	CAPACIDAD cfm/Nominal	CAPACIDAD cfm /Efectiva	AMPERAJE
V40-19	Axial	40,000	43,521	125.0
		20,000	21,543	17.4
V40-20	Axial	40,000	45,213	124.0
		20,000	24,356	29.5
V40-21	Axial	40,000	44,912	125.0
		20,000	25,631	28.0
V40-22	Axial	40,000	44,361	124.0
		20,000	21,562	29.0
V40-23	Axial	40,000	44,632	123.0
		20,000	22,654	24.0

Nota: Información disponible a junio del 2022

1/comprende la medición de amperaje de un ventilador de dos velocidades.

Fuente: Departamento de Planeamiento- Ventilación.
CHSM-Perú

La TABLA 10 nos muestra los valores de amperaje que se midieron en los ventiladores de 2 velocidades.

3.2.6.4. Voltaje.

La medición del voltaje en los ventiladores de 2 velocidades fue realizada con un voltímetro digital marca FLUKE.

TABLA 11.

Medición de voltaje (V) de un ventilador de una sola velocidad.

Caudal Vs Voltaje.

CODIGO	TIPO	CAPACIDAD cfm/Nominal	CAPACIDAD cfm /Efectiva	VOLTAJE
V40-19	Axial	40,000	43,521	430.0
		20,000	21,543	420.0
V40-20	Axial	40,000	45,213	428.0
		20,000	24,356	418.0
V40-21	Axial	40,000	44,912	426.0
		20,000	25,631	429.0
V40-22	Axial	40,000	44,361	432.0
		20,000	21,562	428.0
V40-23	Axial	40,000	44,632	433.0
		20,000	22,654	430.0

Nota: Información disponible a junio del 2022

1/comprende la medición de voltaje de un ventilador de dos velocidades.

Fuente: Departamento de Planeamiento- Ventilación.
CHSM-Perú

La TABLA 11 nos muestra los valores de voltaje que se obtuvieron en los ventiladores de 1 velocidad.

3.2.6.5. Consumo Energético y Económico

El consumo energético de los ventiladores de 2 velocidades fue calculado en base a las mediciones de voltaje, amperaje realizadas en la operación, así mismo su costo de energía fue obtenido con los consumos de energía y el costo por kW/hr de la energía.

TABLA 12.

Comparativo de potencias diaria, mensual y anual.
Potencia Vs costo de energía.

CODIGO	TIPO	CAPACIDAD cfm /Efectiva	VOLTAJE	POT. CONSUMIDA (kw)	COSTO ENERGIA (año)
V40-19	Axial	43,521	430	88.72	13,415
		21,543	420	12.06	5,244
V40-20	Axial	45,213	428	87.60	13,245
		24,356	418	20.35	8,848
V40-21	Axial	44,912	426	87.90	13,290
		25,631	429	19.83	8,619
V40-22	Axial	44,361	432	88.42	13,369
		21,562	428	20.49	8,906
V40-23	Axial	44,632	433	87.91	13,292
		22,654	430	17.03	7,405

Nota: Información disponible a junio del 2022

1/comprende coste por consumo de energía anual de un ventilador de dos velocidades.

Fuente: Departamento de Planeamiento- Ventilación.
CHSM-Perú

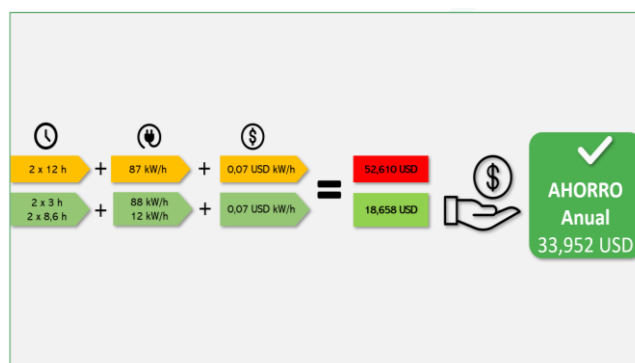
La TABLA 12 nos muestra los valores de consumo y costo energético que se obtuvieron en los ventiladores de 2 velocidades.

4. Conclusiones

El costo energético anual de 5 ventiladores de 40Kcfm de 1 velocidad es en promedio 261,144 U\$D, mientras que el costo energético anual de 5 ventiladores de 40Kcfm de 2 velocidades en promedio es 105,632 U\$D, con lo cual tendríamos un ahorro anual en energía por la operación de 5 ventiladores de 2 velocidades de 40Kcfm de 155,512 U\$D.

IMAGEN 3.

Comparativo del costo anual en consumo energetico de 1 ventilador de una velocidad vs uno de 2 Velocidades.



Nota: Información disponible a junio del 2022

1/comprende un comparativo de coste por consumo de energía anual de un ventilador de una velocidad vs 1 de dos velocidades.

Fuente: Departamento de Planeamiento- Ventilación.
CHSM-Perú

El ventilador de 40kcfm operado al 100% de las RPM tiene una presión sonora en campo libre a 10 metros de 79 dB, mientras que el ventilador de 40kcfm operado al 50% de las RPM tiene una presión sonora en campo libre a 10 metros de 62,2 dB, con lo cual podemos aseverar que con el trabajo del ventilador de 2 velocidades al 50% de sus RPM, tendríamos una disminución de 15 dB, lo cual ayudaría a las empresas mineras subterráneas a controlar los posibles problemas auditivos de sus colaboradores.

5. Agradecimientos

Agradezco a los principales líderes de CHSM por haber permitido y autorizado la publicación de este trabajo técnico.

Agradezco infinitamente a mi esposa, mi hija y mis padres por siempre confiar en mí y alentarme a seguir adelante.

Agradezco a mis compañeros de planeamiento e ingeniería y Mina por su constante respaldo y colaboración en la elaboración de este trabajo técnico.

Referencias

- Rodriguez Pozueta, M. A. 2008. Máquinas asíncronas. Santander: Universidad de Cantabria.
- Rodriguez Pozueta, M. A. 2017. Arranque de motores asíncronos.
- Fitzgerald, Kingsley y Umans. 2004. Máquinas eléctricas. Madrid: McGraw-Hill Interamericana.

- Boldea, I. 2006. Variable speed generators. Florida-U.S.A.: CRC Press, Taylor&Francis Group
- Gomez, J. 2022. Manual de operación y mantenimiento ventiladores ZVN. Zitron España.
<https://www.zitron.com>
- Suarez Rodriguez, M. 2020. Factores asociados al mayor daño auditivo inducido por ruido a través del menoscabo auditivo global en trabajadores de la industria minera en el Perú periodo 2018. Universidad Cayetano Heredia.
- Ramirez H, 2022. Ventilación es clave en ahorro de costos. Nueva minería
<http://www.nuevamineria.com>