



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA**

Diseño de un ventilador minero de 6000 CFM para la
disminución de ruido en la producción de aire de
ventilación.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Mecánico Electricista

AUTOR:

Paredes Narvaez, Alex Jonathan (orcid.org/0000-0002-6491-558x)

ASESOR:

Dr. Mirez Tarrillo, Jorge Luis(orcid.org/0000-0002-5614-5853)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Generación, Transmisión y Distribución

LÍNEA DE ACCIÓN DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo económico, empleo y emprendimiento.

TRUJILLO - PERÚ
2023

DEDICATORIA

A mi madre, por educarme y convertirme en persona de bien, estando presente conmigo a pesar de todas las situaciones difíciles que se presentaron durante mi carrera profesional, hasta llegar a mi meta planteada.

AGRADECIMIENTO.

Agradecer a Dios por la vida, A mis familiares, pero principalmente a mi madre haberme cuidado en esta situación tan lamentable que estamos viviendo en todo el mundo, así mismo también al equipo de docentes de la Universidad Cesar Vallejo por toda la enseñanza brindada durante el desarrollo de mi etapa profesional.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, MIREZ TARRILLO JORGE LUIS, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, asesor de Tesis titulada: "Diseño de un ventilador minero de 6000 CFM para la disminución de ruido en la producción de aire de ventilación.", cuyo autor es PAREDES NARVAEZ ALEX JONATHAN, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 13.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

TRUJILLO, 27 de Diciembre del 2023

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
MIREZ TARRILLO JORGE LUIS DNI: 27423478 ORCID: 0000-0002-5614-5853	Firmado electrónicamente por: JMIREZTA el 27-12- 2023 22:57:01

Código documento Trilce: TRI - 0710735





UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**

Declaratoria de Originalidad del Autor

Yo, PAREDES NARVAEZ ALEX JONATHAN estudiante de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Diseño de un ventilador minero de 6000 CFM para la disminución de ruido en la producción de aire de ventilación.", es de mi autoría, por lo tanto, declaro que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. He mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Nombres y Apellidos	Firma
PAREDES NARVAEZ ALEX JONATHAN DNI: 74485955 ORCID: 0000-0002-6491-558X	Firmado electrónicamente por: PAREDESN el 23-03- 2024 12:14:40

Código documento Trilce: INV - 1538194

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMINETO.....	iii
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR.....	iv
DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD DEL AUTOR.....	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT.....	x
CAPÍTULO I	11
INTRODUCCIÓN	11
CAPÍTULO II.....	13
MARCO TEÓRICO.....	13
Antecedentes del problema.	13
Presentaciones de los ventiladores axiales.....	37
Simulación en SolidWorks.....	42
CAPÍTULO III.....	43
METODOLOGÍA.....	43
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	43
3.2. Variable y operacionalización.	43
3.3. Población, muestra y muestreo.....	44
3.4. Técnicas e/o instrumentos para la recolección de datos	44
3.5. Procedimiento.	44
3.6. Método de análisis de datos.....	45
3.7. Aspectos éticos.	46
3.8. Parámetros que deben tener el diseño del ventilador minero.	46
CAPÍTULO IV	47
RESULTADOS.....	47
Cálculo de mangas a utilizar según el caudal obtenido.....	64

Cálculo realizado para la fabricación de cada aleta del ventilador.	65
CAPÍTULO V.....	74
DISCUSIÓN.....	74
CONCLUSIONES.....	78
RECOMENDACIONES.	79
REFERENCIAS.....	80
ANEXOS.	83

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Límites de vibración.....	27
Tabla 2: Velocidad del sonido	39
Tabla 3: Datos sin hipersustentador.....	50
Tabla 4: Energía eléctrica.....	59
Tabla 5: Tiempo de operación.....	59
Tabla 6: Costo hora de trabajo.....	60
Tabla 7. Costo de chimenea.....	60
Tabla 8: Costo año	61
Tabla 9: Cálculo de manga.....	62
Tabla 10: Cálculo perfil n°0.....	63
Tabla 11: Cálculo perfil n°1.....	64
Tabla 12: Cálculo perfil n°2.....	65
Tabla 13: Cálculo perfil n°3.....	67
Tabla 14: Cálculo perfil n°4.....	68
Tabla 15: Cálculo perfil n°5.....	69
Tabla 16: Cálculo perfil n°6.....	70
Tabla 17: Cálculo perfil n°7.....	71
Tabla 18: Cálculo perfil n°8.....	72
Tabla 19: Guía para la presión.....	73
Tabla 20: Selección de tipo de motor.....	73

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ventilador.....	14
Figura 2: Bosquejo.....	14
Figura 3: Ventilación.....	15
Figura 4: Ventilación con directriz.....	16
Figura 5: Principio de funcionamiento.....	16
Figura 6: Curvas características.....	17
Figura 7: Presión total.....	18
Figura 8: Caja de ventilador.....	20
Figura 9: Partes del ventilador	25
Figura 10: Presión manométrica.....	30
Figura 11: Medición con tubo Pitot.....	31
Figura 12: Sonómetro.....	32
Figura 13: Simulación en SolidWorks.....	39
Figura 14: Diseño de ventilación	42
Figura 15: Curvas características.....	55
Figura 16: Medición sonómetro.....	55
Figura 17: Medición sonómetro.....	56

RESUMEN

Para determinar la variable geométrica del diseño, en esta tesis se mide y calcula la generación de ruido del ventilador axial. También se examina el impacto del número de aspas del ventilador y se realizan cálculos. En este caso, se consideran de 8 a 12 álabes para formular los indicadores de la varianza y el número de álabes que serán necesarios. El concepto teórico se valida mediante experimentos realizados en un banco de pruebas para cuantificar los valores y validar la teoría generada con los datos experimentales, habiéndose determinado su fluctuación de las cifras de presión, flujo y parámetros acústicos.

La información se recopiló de forma similar utilizando el método de observación y la técnica de análisis documental. En consecuencia, las guías de observación y las guías de análisis documental sirvieron de instrumentos. Como consecuencia, no había suficiente corriente de aire para soportar el frente de trabajo. Así pues, se puso fin a la situación con la instalación del sistema de ventilación, que disminuirá los agentes físicos y químicos del trabajo y permitirá la salida del aire viciado.

Palabras clave: Ventilador axial, álabes, banco de prueba, flujo, presión.

ABSTRACT

In order to ascertain the geometric variable of design, the axial fan's noise generation is measured and calculated in this thesis. The impact of the fan's blade count is also examined and calculations are done. In this instance, 8 to 12 blades are taken into consideration in order to formulate the indicators of the variance and the number of blades that will be necessary. The theoretical concept is validated by experiments conducted on a test bench to quantify the values and validate the theory generated with the experimental data, having determined its fluctuation of pressure figures, flow, and acoustic parameters.

Information was gathered in a similar way using the observation approach and the documentary analysis technique. As a result, the observation guides and the documentary analysis guides served as the instruments. As a result, there was not enough airflow to support the work front. Thus, it came to an end with the installation of the ventilation system, which will lessen the physical and chemical agents of the job and enable the outflow of foul air.

Keywords: Axial fan, blades, test bench, flow, pressure.

CAPÍTULO I

I. INTRODUCCIÓN

La ingeniería mecánica es el estudio de movimiento y el diseño de componentes y sistemas que involucran movimientos mecanizados. Esta tiene como objetivos crear nuevas propuestas, soluciones de problemas en el ambiente de mecánica, dando así la mejora en el diseño de una máquina. Por este motivo, este proyecto está enfocado en realizar el diseño de un ventilador minero a base de cálculos ingenieriles, para reducir la vibración sonora. Con el fin de mejorar la productividad, menos daño ecológico y daño al personal por la disminución del ruido, se mejorará el rendimiento en la mejora de producción de aire.

Las máquinas a lo largo de la en la industria viene remplazando la mano de obra de las personas, reduciendo y mejorando el tiempo de entrega del producto. La finalidad de estas máquinas, no solo es de remplazar el trabajo manual, sino facilitar, reducir los riesgos en cada persona encargada de realizar dicho trabajo.

El desarrollo de este tema nace de la necesidad de algunos empresarios, dueños de empresas mineras. El fin de este es mejorar su productividad, menos daño ecológico y personal de trabajo. Sobre todo, en lugares donde los riesgos al personal son más vulnerable y riesgoso, se necesita hacer llegar una cierta cantidad de aire.

El sector de la minería a pequeña y mediana escala en nuestra nación se ha ido expandiendo constantemente, adoptando nuevas tecnologías para aumentar la productividad. Las operaciones de perforación, voladura, carga y transporte de mineral están siendo mejoradas con nueva tecnología a fin de lograr una mayor producción a menores costos y producción operativa a menores costos y gastos operativos. Un desarrollo productivo en la empresa minera, así como en otros procesos, depende tanto de los sistemas de ventilación y la evacuación de gases tóxicos.

Moisés Paul Valarezo (2020) menciona que “El sistema de ventilación es crucial para el funcionamiento eficaz de la mina, la disipación de los gases de voladura y el suministro de aire al personal minero. De los gases de voladura, para suministrar aire a los mineros y para garantizar la eficacia de las maquinarias empleadas en el sector. De la maquinaria empleada en el sector. Es más sencillo realizar todas las actividades necesarias en los procesos de extracción gracias al diseño del drenaje, que permite una extracción óptima del agua y una extracción óptima del agua.

Formulación del problema:

¿Cuál es el diseño del ventilador de 6000 CFM para la evacuación de gases, disminución de ruido en la producción de aire?

Problemas específicos.

- ¿Qué gases, humos y polvo en la superficie deben evacuarse de los trabajos de la planta principal de la mina?
- ¿Cuál es el caudal de aire limpio que debe suministrarse para la evacuación de gases?
- ¿Cuánto es el ruido o vibración que genera dicho ventilador?

Objetivos generales

Realizar un diseño de un ventilador minero de 6000CFM para la evacuación de gases y disminución de ruidos en la producción de aire.

Objetivos específicos.

- Evaluar los tipos de gases para la evacuación de los trabajos realizados de la galería principal.
- Realizar el cálculo de todo el caudal de aire fresco, al suministrar para realizar la evacuación de los gases.
- Calcular el diseño y la cantidad de vibración, ruido que genera el ventilador.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

1. Antecedentes del problema.

En la tesis “Modificación e implementación del sistema de ventilación de la unidad minera Cobriza Zona Norte (área coris), El objetivo de modificar y aplicar el diseño de dicho sistema es garantizar el funcionamiento continuo de la mina a largo plazo. Llegamos a la conclusión de que se obtenía un mayor rango de flujo de aire cambiando el manguito a un diámetro mayor de 40". A la altura de la mina de cobre, Los ventiladores de trabajo actúan como unos extractores para determinar el circuito de ventilación principal; al utilizar manguitos en espiral de 48" es su diámetro, el evitamiento de encadenamiento de ventiladores auxiliares; al cambiar la reducción, se evitó la pérdida de presión de los ventiladores; al utilizar cortinas de guillotina, se mejoró el flujo de aire a Zig Zag 0-A5; al utilizar manguitos en espiral y respiraderos principales mecánicos, se realizar la mejora de la planta del nivel 10 de mantenimiento designado a lo mecánico.

En la tesis “Optimización del sistema de ventilación aplicando tecnologías informáticas minera hemco – Nicaragua. El objetivo se trata de realizar algunas evaluaciones integrales de la mina de Hemco, que permitiera modelar el diseño del nuevo sistema de ventilación utilizando el software VentsimTM y posibilitara la mecanización del sistema de extracción utilizando equipos Diesel sin comprometer mayores niveles de explotación. Asimismo, se revisarán los parámetros mineros, con el objetivo de estandarizar las circunstancias actuales y esperadas y asegurar la conformidad con los requisitos actuales del Estado de Nicaragua, validados por las normas chilenas y peruanas. Los resultados fueron los siguientes: Observando que muchas empresas hacen la planificación minera sin abordar cómo ventilarían sus operaciones, descubrimos que construir un sistema de ventilación utilizando un simulador es un método práctico y fiable

de eliminar inversiones excesivas en equipos e infraestructura. Con el diseño propuesto, Hemco pasa de un sistema de ventilación de tiro natural con recirculación y déficit de aire, con cambios en la dirección del flujo durante el día y la noche, a un sistema de ventilación mecánica con flujos definidos, estableciendo dos ejes principales de extracción (zona de extracción) y una zona convencional y otra mecanizada (zona mecanizada).

En la tesis “Evaluación y propuesta del mejoramiento de la ventilación para la mina (el Maracaibo, municipio de Samacá”, El objetivo es evaluar el flujo que pasa de aire actual en la mina El Maracaibo y sugerir uno nuevo. Llegando a las conclusiones de que fue posible entender y distinguir entre las diversas estructuras presentes en el área de estudio; también fue posible realizar la evaluación de la ventilación actual de la mina El Maracaibo, donde se descubrieron algunos elementos significativos que tienen un impacto en el flujo de aire; los caudales reales de la mina; y también se registraron las condiciones climáticas dentro de la mina. El sistema principal de ventilación previsto para la mina de El Maracaibo está diseñado para diluir todos los gases producidos a lo largo de todas las actividades hasta un valor límite aceptable (VLA). El componente más significativo de la explotación de una mina es la regulación del medio ambiente, ya que influyen en la salud de los trabajadores y la productividad al generar condiciones atmosféricas más agradables para la actividad humana. Una ventilación adecuada mejora el entorno minero y poder aumentar numerablemente el rendimiento de cada uno de los trabajadores.

2. Ventilador en minas subterráneas.

Tiene por misión, crear unas condiciones termo ambientales adecuadas para las personas que trabajan en la mina, los sistemas de ventilación de las minas deben suministrar aire fresco. crear unas condiciones termo ambientales adecuadas para los trabajadores de las minas subterráneas, así como para el funcionamiento de las distintas instalaciones y equipos subterráneos (Vargas, 2015).

1. Objetivos de ventilación subterránea.

- Proceder al realizar el suministro de oxígeno para la respiración del personal.
- Tomar medidas para tener en cuenta de no realizar mezclas explosivas.
- Entregar el volumen necesario de aire para cada equipo que realiza perforación.
- Disolver y proceder a extraer los gases y polvo de su pensión.
- Reducción de la temperatura.

2. Tipos de ventilación.

Ventilación aspirante: El polvo y los gases se extraen mediante un sistema de aspiración por conducción de aire. El aire entra en el túnel por la boca y recorre toda la longitud hasta llegar a la cara de avance, mezclándose con las posibles impurezas que haya por el camino. Contaminantes que pudiera haber. El aire del frente entra por un extremo de la tubería y se expulsa por el otro al exterior del túnel mediante un ventilador conectado a la tubería (Piqueras,2012).

Ventilación soplante: En ella, dicho aire llega a la parte frontal de ataque a través de una tubería de alimentación, y el aire contaminado sale por la galería que se está excavando (Piqueras,2012).

Ventilación mixta: Es una combinación de las anteriores, al producirse la voladura, se adopta la disposición aspirante ya cuando haya terminado de extraer la mayor parte de los gases, se realiza en cambio a soplante (Piqueras,2012).

3. Mangas de ventilación.

Las mangas de ventilación son conductos creados para extraer el aire, los gases y el polvo de las distintas operaciones mineras. También se utilizan para la inyección de aire a presión positiva. Asegura ser un sistema duradero y ligero debido a su estructura reforzada con anillos metálicos o sintéticos a lo largo de la manga.

4. Tipos de ventiladores.

Las herramientas necesarias para el desplazamiento del aire por la ventilación primaria como también por la secundaria. Los ventiladores primarios suelen encontrarse en la superficie, lejos de la mina (Palai,2019).

Tipos de ventiladores utilizados son:

- **Axiales o de hélice:** Cuando el aire entra y procede a salir de un ventilador siguiendo una marcada trayectoria paralela al eje de la hélice, se dice que el ventilador es axial. Paralelo al eje de la hélice. Una hélice con un número variable de palas propulsa el aire en los ventiladores axiales. Mediante una hélice con un número variable de palas o álabes que están ensambladas a un cubo, es un componente que permite transferir la energía del eje a las palas (Palau,2019).



Figura 1: Ventilador.

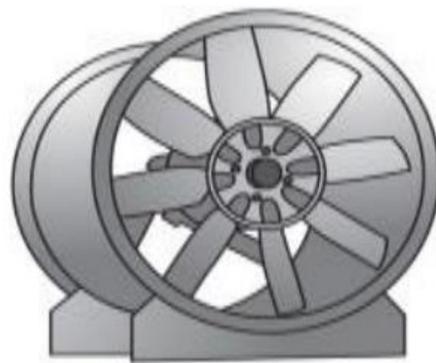


Figura 2: Bosquejo de ventilador.

- **Ventiladores tubulares con directrices.**

Se caracterizan por una carcasa cilíndrica que aloja un rodete de aspas aerodinámicas, con álabes rectificadores del flujo de aire situados normalmente en el lado de accionamiento del rodete. Funcionan mejor y pueden alcanzar presiones más elevadas (hasta 200 bar) que otros tipos de ventiladores axiales. Pueden experimentar presiones más elevadas (hasta 200 mm WDC). Se limitan a situaciones con aire limpio.

El objetivo de las directrices es eliminar cualquier rotación de fluido adquirida o actual del sistema, ya sea en la entrada del impulsor o después de que el fluido haya pasado por el impulsor. Estas instrucciones están disponibles en forma transportable y pueden colocarse a la entrada o a la salida del impulsor. Deben calcularse correctamente ya que, aunque mejoran las propiedades del flujo de aire y permiten que el ventilador funcione en mejores circunstancias, también dan lugar a una pérdida de presión adicional que puede afectar al conjunto de la instalación. Además, pueden jugar en su contra si el caudal de diseño varía significativamente.

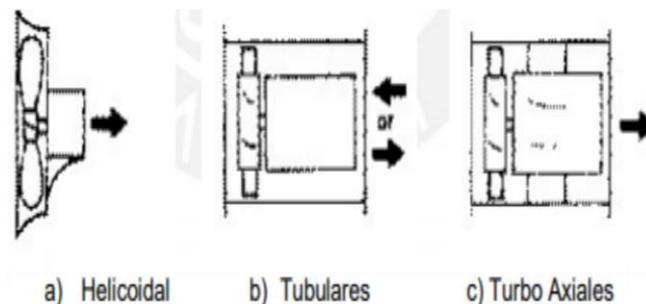


Figura 3: Ventilación.

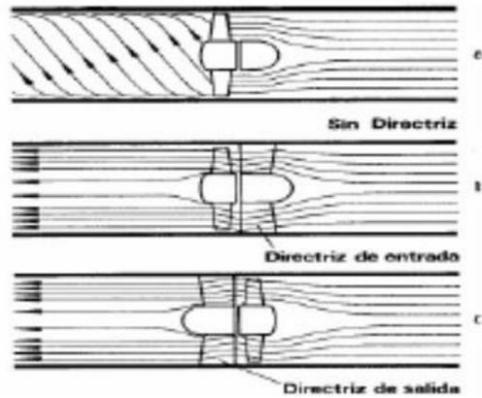


Figura 4: Ventilación con directriz.

- El principio de funcionamiento (se utiliza la ecuación de Euler):** el triángulo de la velocidad en la salida y en entrada del ventilador centrífugo indican su movimiento del fluido en el ventilador. Se representa triángulo de velocidad a cada salida y en cada entrada del rodete, donde cada uno de los tres vectores triangulares están compuestos por la velocidad periférica del rodete (u), la velocidad relativa (w) y la velocidad absoluta (c).

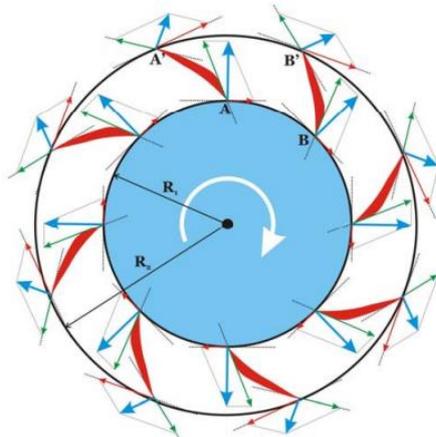


Figura 5: Cada principio de sus funcionamientos de un ventilador.

- **Curvas características sobre el funcionamiento del ventilador axial.**

Para llevar a cabo la investigación sobre ventiladores axiales, es necesario conocer las curvas características de funcionamiento de estos equipos. En ellas se describe el trabajo del ventilador desde la cada descarga que realiza libre hasta la estrangulación completa del caudal de descarga; todos los parámetros considerados se trazan en función del caudal que deriva a cada uno de los puntos de función de máquina. Indicado por el porcentaje de estrangulación de la descarga.

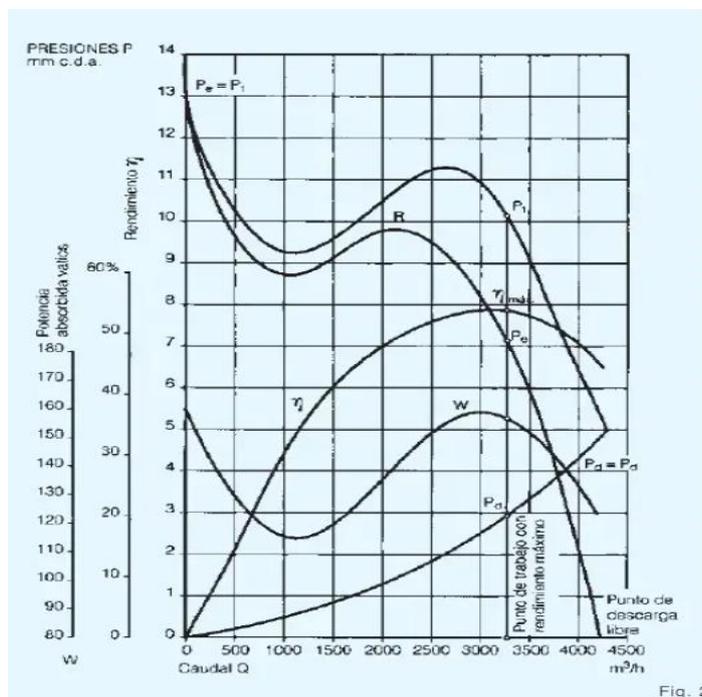


Figura 6: Curva características.

5. Parámetros característicos.

- **PRESIÓN (P):** La presión Total (P_t) es el resultado de la suma de la Presión Estática (P_e) más la presión dinámica (P_d) a la salida del ventilador.

$$P_t = P_e + P_d \quad (1)$$

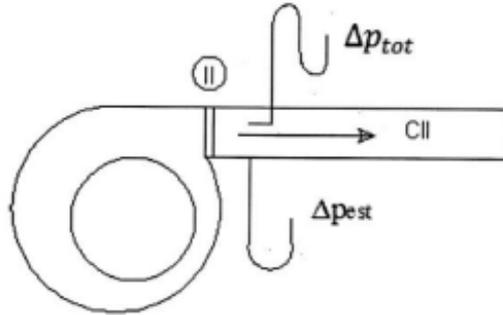


Figura 7: Presión total.

- **DENSIDAD:** Determinar la densidad del aire a la altitud de 2400 metros sobre el nivel del mar en la ciudad de Patas.
- **POTENCIA:** La fórmula que sigue, para cualquier medio, corresponde al trabajo que ha realizado el aficionado:

$$HP = \frac{M_a H}{76 \times 60} = \frac{M_a H}{4560} \quad (2)$$

Siendo:

M_a = Es el peso de todo el aire trasegado, en kg/min.

H = Presión que debe superar el ventilador durante su funcionamiento,
Medida en metros de columna de aire que lo atraviesa.

$$HP = \frac{Q x h_\tau x D}{76 \times 60} \quad (3)$$

En donde

Q = Representación del caudal de aire trasegado, en m³/min.

h_τ = La diferencia de presión total realizada por el ventilador, en cm de agua.

D = Densidad del agua a la temperatura del fluido que pasa por el indicador de presión, en kg/m³.

- **RENDIMIENTO.** La relación entre la potencia desarrollada por un ventilador y la absorbida en su eje se denomina rendimiento mecánico del ventilador.

$$e_m = \frac{\text{Potencia absorbida}}{\text{Potencia desarrollada}} \quad (4)$$

Los ingresos pueden ser totales o estáticos. La presión total del ventilador se utiliza para calcular la potencia producida por el ventilador cuando la eficiencia general es importante. Las características estáticas se determinan calculando la potencia desarrollada, teniendo en cuenta la presión estática en lugar de la presión dinámica.

6. Ruido.

Es uno de los contaminantes inocuos sin armonía ni ritmo y con una desconcertante unidad de medida en decibelios.

- **Decibeles:** Esta es una unidad utilizada para comunicar la relación entre dos potencias acústicas o eléctricas (no es una unidad de medida), y la utilizaremos para expresar el grado de ruido que hace el ventilador en este caso.

7. Fuente de ruido en un ventilador axial.

Para reducir los efectos negativos de los ventiladores industriales sobre la biodiversidad, las comunidades vecinas y la salud y seguridad en el trabajo, los niveles de ruido deben gestionarse cuidadosamente. A continuación, se exponen algunos métodos típicos para controlar el ruido sin modificar sustancialmente el funcionamiento de los ventiladores:

- **Absorción acústica:** Emplear materiales de absorción acústica en las proximidades del origen del ruido. Para evitar que el ruido se propague, coloque paneles fonoabsorbentes en las paredes o techos

adyacentes. Además, para bloquear directamente el sonido en su origen, piense en utilizar barreras acústicas.

- **Recubrimientos contra el ruido:** Recubra las superficies de los ventiladores con revestimientos contra el ruido. Estos revestimientos, como espumas acústicas o materiales porosos, pueden reducir la transmisión del sonido y las vibraciones.

8. Ruido en ventiladores.

Cualquier máquina en movimiento, al igual que un ventilador, hará sin duda algo de ruido. Se generará algo de ruido dependiendo de la posición de este de mayor o menor fuerza, pero deben estar dentro de los límites permitidos.

$$NPS = 20 \text{ Log } \frac{P}{20} \quad (5)$$

Nivel de precisión sonora.

P = Presión (Pa)

W = Potencia (W)

$$NWS = 10 \text{ Log } \frac{W}{10^{-12}} \quad (6)$$

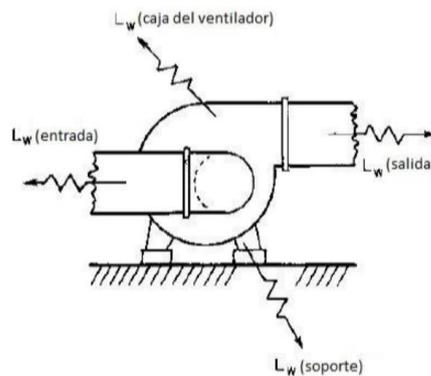


Figura 8: caja de ventilador

9. Ruido en el ventilador axial.

Dado que el ruido está siempre presente a nuestro alrededor, podría decirse que lo más esencial a evaluar no es el volumen de un aparato en sí, sino el aumento de las molestias que se produce cuando se enciende un ventilador.

Hay tres requisitos previos para la característica del sonido: la intensidad, el tono y el timbre. Así como el timbre.

La intensidad de un sonido se refiere a su potencia; podemos hablar de un sonido más o menos intenso. La intensidad puede aumentar o disminuir.

El tono es la capacidad de diferenciar entre sonidos agudos y graves. Graves.

El timbre se refiere a la composición del sonido; es la propiedad que nos permite diferenciar las voces de las personas.

Debido a que el ventilador axial tiene menos álabes, los vórtices surgen con mayor frecuencia, aumentando el esfuerzo de cabeceo en el elemento giratorio (rodete y álabes). Este trabajo se ha realizado sobre ventiladores centrífugos ya que son más utilizados en la industria y disponen de más variables en el rodete (ángulo de colocación de los álabes) para el estudio; además, se obtendrá un amplio análisis de la acústica como base para un posterior estudio del ventilador axial.

10. Fuentes de ruidos en ventiladores.

Los ventiladores son con frecuencia una fuente de ruido que perturba el confort del entorno. De la zona, por lo que su rendimiento acústico suele ser un elemento decisivo en la elección del ventilador. En consecuencia, se han llevado a cabo investigaciones. Se ha estudiado el origen del ruido en los

ventiladores. Según su origen, se han identificado fuentes de ruido mecánicas y aerodinámicas.

- a) **Fuente mecánica:** Éstas son causadas por la desalineación del impulsor (rozamiento), la desalineación del motor eléctrico (acoplamiento) y las vibraciones de los conductos y la carcasa. El problema más grave, además del ruido mecánico del motor, es la vibración causada por el desequilibrio del motor o del ventilador, que provoca fallos prematuros en las varillas. Al interactuar directamente, estos hechos tienen un efecto artístico directo.

- b) **Fuente aerodinámicas:** El ruido se debe a las turbulencias de aire creadas por la velocidad de rotación del ventilador. La velocidad de rotación del ventilador viene determinada por la velocidad del flujo de aire en el ojo de aspiración (entrada), la generación de vórtices en los bordes de las aspas y las variaciones de presión

Las aspas de un ventilador, independientemente de su forma, crean a su alrededor un campo de presión que cambia de un lugar a otro del espacio, lo que da lugar a ondas acústicas que interactúan entre sí y se propagan por el aire, las paredes, el suelo, los conductos, etc. Como resultado, la principal fuente de ruido en los ventiladores es el impulso que recibe el aire en un lugar determinado cada vez que pasa la pala. La repetición de este impulso se conoce como álabe. La frecuencia de repetición de este impulso se conoce como frecuencia de álabe, y su valor puede calcularse de la siguiente manera: en la superficie del ventilador. Las aspas y también los cambios de presión en la superficie de las aspas. La superficie del aspa.

11. Causas de ruido en ventiladores.

Las aspas de un ventilador generan un campo de presión que fluctúa en el espacio a su alrededor. Este campo de presión interactúa con las ondas sonoras producidas por el ventilador y viaja a través de las paredes, el suelo, el aire y la estructura del edificio en su conjunto.

Las causas son:

- La frecuencia más importante del ventilador se determina multiplicando su velocidad de rotación por el número de aspas del rodete.
- La velocidad periférica del ventilador es aproximadamente proporcional al volumen de sonido generado por las aspas y la quinta potencia del número de revoluciones y de la velocidad periférica de la punta de las aspas.
- El ruido se produce cuando la separación entre la lengüeta de la carcasa espiral y el borde de salida de los álabes del impulsor es demasiado pequeña.
- El número de álabes móviles no puede ser mayor o igual que el número de álabes guía fijos.
- En comparación con la corona de rotación con álabes guía, la corona difusora sin álabes hace menos ruido.
- Los ruidos fuertes pueden deberse a las vibraciones forzadas de los conductos de admisión y escape, así como de la carcasa. Especialmente cuando se cumplen los requisitos de resonancia.

- Rodamientos desalineados y desequilibrio del motor, tanto estático como dinámico.

12. Curva de ruido-eficiencia en ventilador. Los valores de potencia acústica se calculan utilizando la curva de eficiencia y el funcionamiento del ventilador. Según la curva de eficiencia. El tipo de ventilador, el tamaño y la velocidad deben ajustarse de forma que el ventilador alcance el punto de eficiencia óptima, lo cual es significativo no sólo desde el punto de vista de la gestión del ruido. No sólo desde el punto de vista de la reducción del ruido, sino también desde el punto de vista de la conservación de la energía.

13. Partes del ventilador axial.

- a) **Tobera de admisión:** Se trata de un accesorio que ayuda a reducir la caída de presión provocada por la entrada de aire del ventilador. La mayoría de los ventiladores disponen de este accesorio, a excepción de los ventiladores reversibles con dos difusores.
- b) **Rodete:** El ruido de los ventiladores se compone de una serie de tonos discretos superpuestos a un componente de banda ancha, que se transfiere a la parte giratoria de la máquina (rodete), lo que provoca una transferencia de energía y la generación de calor debido a la fricción entre el aire y el cuerpo sólido. Esta última se conoce como componente de vórtice, y es responsable de la creación de remolinos.

El paso de las aspas es crítico en el funcionamiento del ventilador porque se genera un impulso al aire en un punto de la rotación. Este impulso puede provocar una sucesión de grandes y pequeñas oscilaciones de la onda sonora. El tono primario de esta onda sonora o ruido del ventilador giratorio suele estar dictado por la frecuencia del paso de las aspas. Los armónicos superiores pueden ser de intensidad equivalente en el diseño de álabes muy estrechos, mientras que los álabes más grandes disminuyen gradualmente los armónicos superiores.

- c) **Ducto:** La resonancia de la sala en la que está colocado el ventilador, así como sus conductos, pueden ser otra fuente de ruido. Los conductos también pueden ser una fuente de ruido porque cualquier resonancia o mecánica excitará una frecuencia natural de vibración. En consecuencia, el uso de silenciadores es un método rentable de reducción del ruido en la instalación o el sistema. El uso de silenciadores es un sistema.

Para eliminar la propagación del ruido en el eje del conducto, se construye un sistema de conductos ideal con una simetría exactamente redonda. Por desgracia, en algunos sistemas de conductos, tal simetría es inalcanzable, y el ruido del aire transportado en el conducto se evita cuidadosamente. El ruido de vórtice en los conductos no puede anularse debido a su naturaleza. En consecuencia, esta forma de ruido siempre se propaga.

- d) **Rejilla:** Este accesorio protege el impulsor de objetos extraños que podrían impedir que el ventilador funcionara según lo previsto. Suele colocarse en la zona de aspiración del ventilador, pero si el ventilador es reversible, debe colocarse tanto en el lado de aspiración como en el de descarga del dispositivo.
- e) **Motor eléctrico.** El ventilador puede transmitir una fuente magnética. La base del motor de algunos ventiladores de baja velocidad debe aislarse con precaución. Algunas bases de motor de ventiladores de baja velocidad deben aislarse con consideración. Sin embargo, en los ventiladores de alta velocidad y alta presión, el montaje es poco práctico y menos esencial en la intensidad acústica de salida, ya que es menor en el ruido del ventilador. El ruido del ventilador es reducido.
- f) **Carcasa:** la carcasa protectora que rodea el impulsor y el motor del ventilador suele ser de acero al carbono. En escenarios de baja demanda, el ventilador se trata con chorro de arena, pero en escenarios de alta demanda, se galvaniza por inmersión en caliente.

El galvanizado por inmersión en caliente se utiliza para facilitar el montaje, el transporte y el mantenimiento.

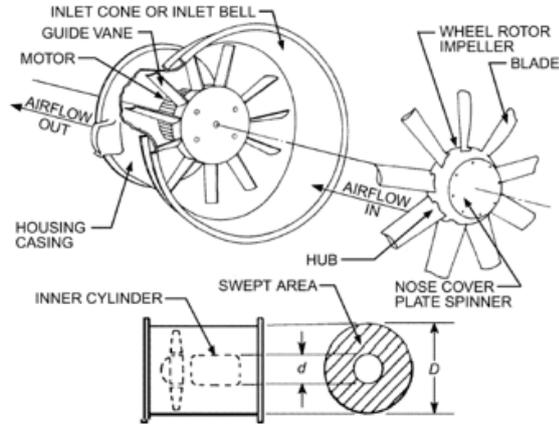


Figura 9: Partes de ventilador.

14. Evaluación vibracional de ventilador.

Sabríamos cómo vibra en cada punto si conociéramos el espectro de frecuencias y la fase de vibración en cada posición.

En la práctica, el escenario descrito no se dará, y sólo obtendremos datos de los puntos de referencia.

El tipo de máquina y su potencia definen las clases I a IV. Las zonas A, B, C y D vienen determinadas por la aplicación, siendo A la más exigente y D la que indica que el equipo no puede aceptar vibraciones.

Límites de vibración para máquinas en general (ISO 10816-1)					
Velocidad de vibración	Clase I	Clase II	Clase III	Clase IV	
0.28	A	A	A	A	
0.45					
0.71					
1.12	B	B	B	A	
1.8					
2.8	C	B	B	B	
4.5					
7.1	D	C	C	B	
11.2					
18		D	D	D	C
28					
45				D	

Tabla 1: Límites de vibración.

15. Evaluación para vibración de los motores.

Cada motor por cada equipo tiene designada su propia vibración, que es detectada por un dispositivo de recogida de datos.

El resultado de la recogida de datos es muy significativo; en su interior sólo encontraremos los datos relevantes del equipo.

Con el fin de obtener más información del equipo para el estudio, los datos del motor de ventilación deben recogerse en el lugar donde están colocados los elementos rodantes, a ser posible en los tres ejes. Los datos deben recogerse en lugares sólidos y no en estaciones vigiladas o móviles.

16. Banco de prueba experimental para ventiladores axiales.

Para expresar la presión, que es la fuerza por unidad de superficie o unidad de superficie proporcional a la energía por unidad de volumen en el fluido, se puede utilizar la siguiente fórmula.

Se identifican tres categorías de tensiones:

a. Presión atmosférica o barométrica.

Según Cengel (2012), menciona que El peso del aire sobre ese lugar por unidad de superficie es su presión atmosférica. Por tanto, se ve afectada tanto por las condiciones del aire como por la altura. Cuando no hay aire en la estratosfera, la presión barométrica desciende a cero y está inversamente correlacionada con el nivel del mar. Como equivalentes a la presión atmosférica, tenemos los siguientes valores:

- **Principio de Conservación de la Masa:** La ley de conservación de la masa establece que la cantidad de masa que ingresa a un sistema debe ser igual a la cantidad de masa que sale. En el contexto de ventiladores axiales, esto significa que la cantidad de aire que entra por el lado de succión debe ser igual a la cantidad de aire expulsado por el lado de descarga.

- **Principio de Bernoulli:**

Las aspas de un ventilador axial aceleran el flujo de aire, generando áreas de baja presión. Este principio describe la relación entre la velocidad del fluido y su presión, y es fundamental para entender cómo los ventiladores crean flujo de aire.

- **Leyes de la Ventilación:**

Las leyes de la ventilación, como la ley de afinidad y la ley de potencias, describen cómo cambian el flujo de aire y la presión estática en un sistema cuando se alteran variables como la velocidad del ventilador y la geometría del conducto.

- **Diseño de las Aspas:**

La eficiencia del ventilador depende en gran medida del diseño de las aspas. Las aspas suelen tener una forma aerodinámica para maximizar la eficiencia y minimizar la resistencia al flujo de aire.

- **Curvas de Rendimiento:**

Las curvas de rendimiento del ventilador muestran cómo varía el flujo de aire y la presión estática en función de la velocidad del ventilador. Estas curvas son esenciales para seleccionar el ventilador correcto para una aplicación específica.

- **Ruido y Vibración:**

La teoría del ruido y la vibración en ventiladores implica comprender cómo se generan y transmiten estas perturbaciones. Factores como la velocidad del ventilador, el diseño de las aspas y la geometría del sistema afectan el nivel de ruido y vibración.

- **Eficiencia del Ventilador:**

La eficiencia del ventilador se relaciona con la cantidad de energía que se convierte en trabajo útil (movimiento del aire) en comparación con la energía total suministrada al sistema. Un ventilador eficiente convierte más energía en movimiento de aire y menos en calor.

- **Selección y Aplicaciones:**

La selección adecuada del ventilador implica considerar factores como el flujo de aire requerido, la presión estática, las restricciones de espacio y los niveles de ruido. Los ventiladores axiales se utilizan en una variedad de aplicaciones, desde sistemas de ventilación industrial hasta enfriamiento en aplicaciones electrónicas.

b. **Presión manométrica o relativa.**

La diferencia entre la presión del líquido (gas) y P_{atm} se llama P_m o P_r , y P_{abs} es la presión relacionada con el cero absoluto. El dispositivo para medir P_r o P_m tiene la forma de un manómetro. Esto está determinado por la siguiente ecuación:

$$P_{abs} = P_r + P_{atm} \quad (7)$$

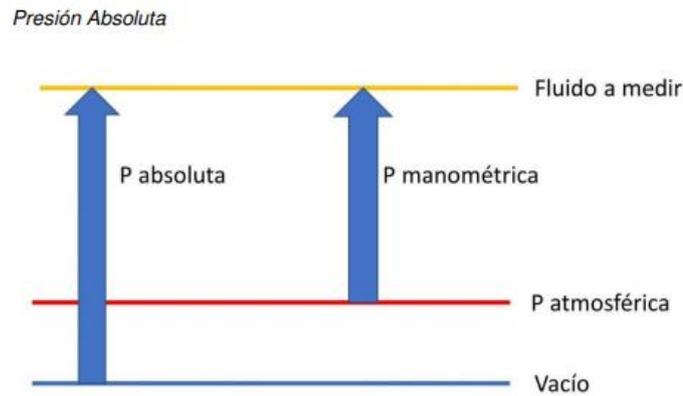


Figura 10: Presión manométrica o relativa.

c. Gasto o Caudal (Q).

“El parámetro básico en mecánica de fluidos es el caudal o la velocidad del flujo. Se entiende como la cantidad de líquido que pasa por la incisión en un determinado periodo de tiempo” (Soler y Palau, 2022). El sistema inglés utiliza el término minuto cúbico (CFM).

d. Presión estática (Pe).

Una propiedad de todos los fluidos (líquidos y gases) es la presión. Pe es la presión del fluido ejercida por su posición relativa a un punto en una superficie continua. Si el medio se considera vacío entonces Pe será igual a Pt.

e. Presión dinámica (Pd).

Se entiende por Pd la presión que ejerce un fluido en movimiento. que se aplica como resultado de la variación de presiones en distintos lugares; esto crea un gradiente de presión y también confiere al aire una velocidad.

$$P_d = \frac{\gamma V^2}{2g} \left(\frac{Kg}{m^3} \right) \quad (8)$$

Donde:

γ = Peso específico del aire (kg/m³)

g = Aceleración de la gravedad (9.81 m/s²)

v = Velocidad del aire (m/s)

f. Presión total.

P_t es la presión causada por el grado de compresión del aire, y su movimiento es igual a la suma algebraica de $P_d + P_e$ en un lugar determinado. Cabe mencionar que, debido a su dependencia de la velocidad, P_d es siempre mayor que cero tanto en la succión como en la descarga, pero P_e es menor que cero en la succión y mayor que cero en la descarga.

$$P_t = P_e + P_d \quad (9)$$

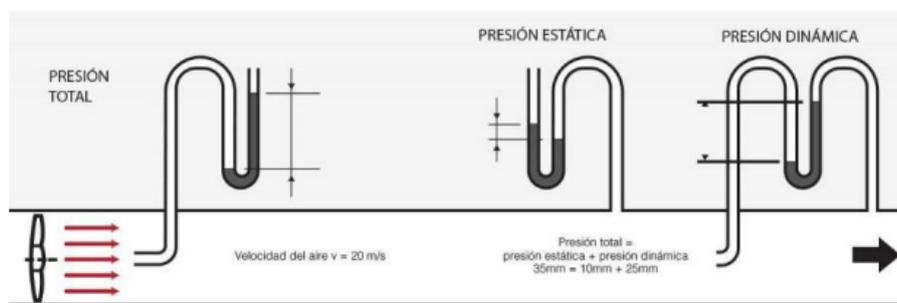


Figura 11: Medición con el tubo de Pitot.

El tubo Pitot es un instrumento que permite medir el flujo, es uno de los medidores más exactos para poder medir la velocidad de un flujo dentro de una tubería.

g. **Cámara de Pruebas:** Incluye una cámara cerrada donde se coloca el ventilador axial para realizar las mediciones.

- h. **Instrumentación de Medición:** Sensores de presión: Para medir la caída de presión a través del sistema y el rendimiento del ventilador.
- i. **Anemómetros:** Para medir la velocidad y el flujo de aire generados por el ventilador.
- j. **Sensores de temperatura:** Para medir la temperatura del aire en diferentes puntos del sistema.
- k. **Control de Condiciones Ambientales:** Sistema de control de temperatura y humedad: Para mantener condiciones ambientales constantes durante las pruebas.
- l. **Control de presión atmosférica:** Para compensar cambios en la presión atmosférica que podrían afectar las mediciones.
- m. **Variación de Velocidad:** Permite ajustar la velocidad del ventilador axial para evaluar su rendimiento en diferentes condiciones de funcionamiento.
- n. **Medición de Potencia:** Instrumentación para medir la potencia eléctrica consumida por el ventilador, lo que permite calcular la eficiencia del sistema.
- o. **Sistema de Adquisición de Datos:** Un sistema de adquisición de datos para recopilar y registrar mediciones de los diferentes sensores durante las pruebas.
- p. **Sistema de Fijación del Ventilador:** Dispositivos de fijación para asegurar el ventilador en su lugar durante las pruebas y garantizar que no haya fugas de aire alrededor del mismo.
- q. **Placa de Orificio o Tubo Pitot:** Utilizado para medir la velocidad del aire y calcular el caudal volumétrico.

- r. **Sistema de Protección y Seguridad:** Dispositivos de seguridad para proteger contra situaciones como sobrecargas eléctricas o fallas en el equipo.
- s. **Software de Control y Análisis:** Un software especializado para controlar el banco de pruebas, recopilar datos y realizar análisis de rendimiento del ventilador.

17. Características del sonido y el ruido.

A. Características del sonido. A continuación, se describen las características del sonido:

Medio de transmisión.

Cuando el sonido viaja de un lugar a otro, siempre atraviesa un medio material, que puede ser gaseoso (aire), líquido (agua) o sólido (metal, madera, etc.). El sonido no puede viajar a través del vacío porque no hay medio material.

Velocidad del sonido (m/s y a 0° °C)

Acero	5.100	Madera	3.900
Plomo	1.190	Granito	6.000
Cobre	3.500	Agua	1.480
Hierro	5.100	Aire	331

Tabla 2: velocidad de sonido.

B. Intensidad.

Dependiendo de la amplitud del movimiento oscilatorio, la intensidad es la fuerza con la que se percibe. Describimos un sonido como fuerte o suave

basándonos en una percepción subjetiva. La fuerza del sonido aumenta cuando subimos el nivel de la radio. Para cuantificar la intensidad se utilizan decibelios. Una explosión puede alcanzar los 140 dB, lo que puede causar daños en el oído, mientras que un murmullo apenas llega a los 25 Decibelios. Esta característica permite distinguir entre ruidos altos (fuertes) y débiles.

18. Presentaciones de los ventiladores axiales.

Muchos factores afectan al rendimiento de los ventiladores axiales; examinemos los más significativos y las formas en que influyen. Las características más importantes son el diámetro, la velocidad, el ángulo, el número y la anchura de las palas.

Tanto en cantidad como en anchura.

- **Diámetro:** El caudal crece cúbicamente con el número y la anchura de las palas de acuerdo con las leyes del ventilador. Cúbicamente con el diámetro, es decir, si duplicamos el diámetro manteniendo los mismos valores para los demás parámetros. Manteniendo constantes los demás factores, el caudal se multiplicará por ocho. El cuadrado del diámetro y la presión están relacionados. Tendremos cuatro veces más presión con el doble de diámetro.

Las revoluciones por minuto: según las ecuaciones descritas anteriormente, la presión es proporcional al cuadrado de las revoluciones, y el caudal está relacionado con el número de revoluciones por minuto.

Los dos factores que más influyen en el rendimiento de un ventilador axial son el diámetro y las revoluciones por minuto.

Velocidad del sonido.

La velocidad a la que viajan las ondas sonoras a través de un medio concreto a una temperatura dada en unas condiciones establecidas se conoce como velocidad del sonido. El sonido se desplaza a través de medios más sólidos, por lo que su velocidad aumenta. Además, el sonido viaja mejor a temperaturas más altas. La velocidad del sonido en el aire es de 1235 km/h, o 343 m/s, suponiendo 20 grados centígrados.

Herramientas para medir el ruido.

Nuestros principales dispositivos para medir el sonido incluyen:

- Sonómetro.

El decibelio (dB) es la unidad de medida utilizada por este dispositivo para medir la cantidad de presión sonora en un lugar y momento determinados. Funciona imitando la forma en que lo haría el oído humano. Algunos sonómetros pueden promediar la presión sonora cuadrática a lo largo del tiempo. El término "sonómetros integradores" se refiere a estos medidores en particular.



Figura 12: Sonómetro.

La caída de presión o depresión del flujo de aire.

Es la pérdida de presión que ocurre cuando un fluido (como el aire) se desplaza a través de un conducto, un conducto o cualquier otro sistema. Esta pérdida de presión puede deberse a diversas razones y es un fenómeno común en sistemas de transporte de fluidos. En el contexto de sistemas de ventilación, la caída de presión es un aspecto crítico a considerar para asegurar un flujo de aire adecuado y eficiente. Aquí hay algunos puntos clave sobre este concepto:

- **Causas de la caída de presión:**

Fricción: La resistencia al flujo debido a la fricción del aire contra las paredes del conducto.

Cambio de dirección: La presión puede disminuir cuando el aire tiene que cambiar de dirección, por ejemplo, al pasar por codos o curvas en el sistema.

Obstrucciones: Presencia de obstáculos u obstrucciones en el camino del flujo de aire.

Filtros y componentes adicionales: Filtros, válvulas u otros componentes pueden contribuir a la caída de presión.

Medición de la caída de presión: La caída de presión se mide típicamente en unidades de presión, como pascales (Pa) o pulgadas de agua. Puede medirse utilizando manómetros o equipos de medición de presión diferencial.

Importancia en sistemas de ventilación: Una caída de presión excesiva puede resultar en un flujo de aire insuficiente, lo que afecta la eficiencia del sistema de ventilación. El diseño adecuado de conductos, la selección de

componentes y la gestión de obstáculos son esenciales para minimizar la caída de presión.

Optimización y mitigación: Los ingenieros y diseñadores trabajan para optimizar los sistemas de ventilación y minimizar la caída de presión mediante la selección de componentes eficientes, el diseño adecuado de conductos y la reducción de obstrucciones.

Análisis de sistemas: Un análisis detallado de la caída de presión es crucial en el diseño de sistemas de ventilación para garantizar que se cumplan los requisitos de flujo de aire y se eviten problemas como el ruido excesivo y la pérdida de eficiencia energética.

19. Simulación de Ventilador Axial en SolidWorks:

- **Modelado del Ventilador:** Crea el modelo tridimensional del ventilador axial en SolidWorks. Esto debe incluir todas las partes relevantes, como las palas, la carcasa y el motor.
- **Preparación del Modelo:** Asegúrate de que el modelo esté bien definido, cerrado y libre de errores geométricos. SolidWorks Flow Simulation requiere una geometría precisa.
- **Acceso a SolidWorks Flow Simulation:** Abre el entorno de SolidWorks Flow Simulation. Este módulo puede requerir una licencia adicional y no está disponible en todas las versiones de SolidWorks.
- **Creación del Proyecto de Simulación:** Crea un nuevo proyecto de simulación y selecciona las condiciones iniciales, como la velocidad del aire y la presión atmosférica.

- **Definición de Propiedades del Material:** Asigna propiedades del material a las partes del modelo. Esto es esencial para que la simulación considere las propiedades del fluido.
- **Establecimiento de Condiciones de Contorno:** Define las condiciones de contorno, como las condiciones de entrada y salida del aire, la rotación del ventilador y cualquier otra condición específica de tu diseño.
- **Configuración del Dominio de Simulación:** Delimita el espacio que va a ser simulado (dominio de fluido). Define las paredes, superficies y regiones que participarán en la simulación.
- **Generación de Malla (Meshing):** SolidWorks Flow Simulation creará automáticamente la malla. Ajusta la configuración de malla según sea necesario para garantizar resultados precisos.
- **Configuración de Parámetros de Simulación:** Configura parámetros como la velocidad del ventilador, el régimen de flujo y otros parámetros específicos de tu análisis.
- **Simulación y Análisis:** Inicia la simulación y analiza los resultados. SolidWorks Flow Simulation proporcionará visualizaciones del flujo, datos sobre la velocidad del aire, presiones y otros resultados relevantes.
- **Optimización del Diseño:** Si es necesario, ajusta el diseño del ventilador y repite la simulación para optimizar su rendimiento.
- **Generación de Informes y Documentación:** solidworks Flow Simulation permite generar informes detallados y documentación sobre la simulación para su presentación y análisis.

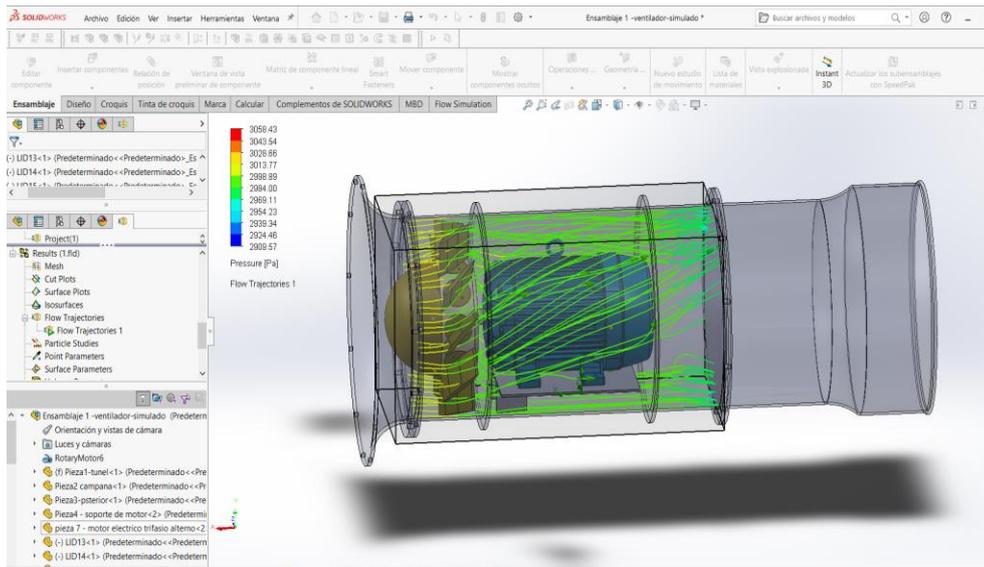


Figura 13: Simulación en SolidWorks.

Diseño Robusto: Los ventiladores axiales mineros suelen tener un diseño robusto y resistente para soportar las duras condiciones ambientales y las vibraciones asociadas con la operación en entornos mineros.

Materiales Resistentes a la Corrosión: Dado que la minería a menudo implica la presencia de sustancias corrosivas, los ventiladores axiales mineros suelen estar fabricados con materiales resistentes a la corrosión, como acero inoxidable o recubrimientos protectores.

Eficiencia Energética: La eficiencia energética es un aspecto crucial en la minería, por lo que los ventiladores axiales mineros suelen ser diseñados para proporcionar un flujo de aire significativo con un consumo de energía eficiente.

Regulación de Velocidad: Algunos modelos pueden incluir sistemas de regulación de velocidad para adaptarse a diferentes requerimientos de ventilación y optimizar el consumo de energía.

Bajas Vibraciones y Ruido: La reducción de vibraciones y niveles de ruido es esencial para minimizar la incomodidad para los trabajadores y mantener un entorno de trabajo seguro y saludable.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación.

Tipo de investigación. Se trata de un estudio de investigación aplicada. Se distingue por estar dirigida a la utilización de los conocimientos obtenidos.

Diseño de investigación.

El diseño para realizar el estudio es preexperimental, ya que las actividades se llevarán a cabo sin alterar conscientemente la variable independiente. ¿Por qué se diseña y evalúa la mejora de la maquinaria propuesta?

3.2. Variable y operacionalización.

- **Variable independiente.**

- Diseño, dimensiones de langa del ventilador.
- Cantidad de aire.

- **Variable dependiente.**

- Evacuación de los gases, polvo y humo en suspensión.
- Velocidad de giro del motor.
- Dimensiones totales del túnel.
- Disminución de ruido y vibración que genera el ventilador.

3.3. Población, muestra y muestreo.

- **Población:** industria minera.
- **Muestra:** cantidad y distancia de aire que se va a suministrar.
- **Muestreo:**
Muestro aleatorio simple: por la medición de decibles y el cálculo de componentes para la selección del ventilador de 6000 CFM al azar de la población total.

3.4. Técnicas e/o instrumentos para la recolección de datos

Para realizar esta investigación se realizó entrevistas y análisis de documentos (fichas técnicas, manuales de fabricación) como técnicas de recolección de datos.

En el análisis documental, se recopiló datos de la distancia de aire a suministrar, ruido que genera dicho ventilador y los decibeles que afectan a los trabajadores.

3.5. Procedimiento.



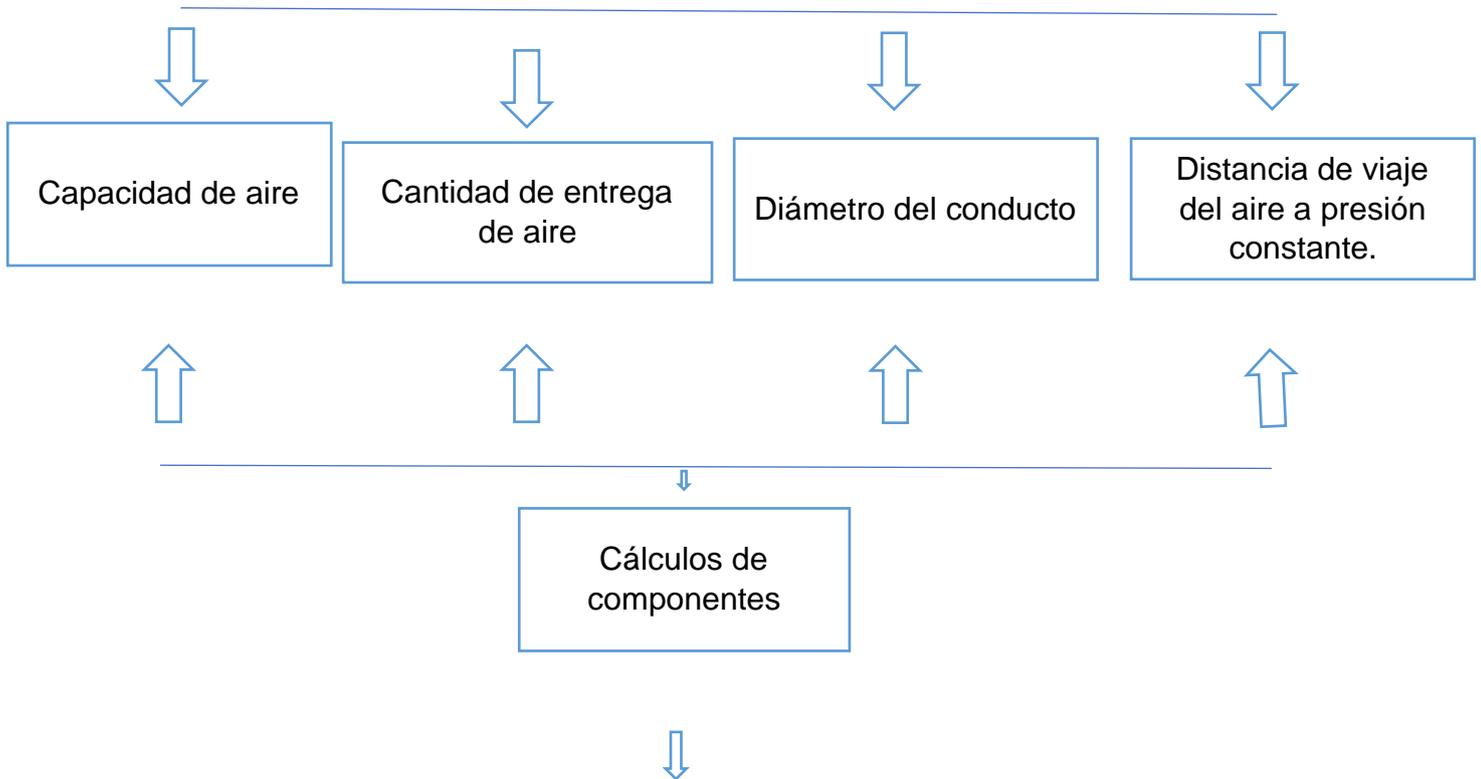


Figura 14: Diseño de ventilador minero de 6000 CFM

3.6. Método de análisis de datos.

Los datos de esta investigación se analizaron cuantitativamente, con una serie de cálculos de presión de aire, energía y mecánica realizados con instrumentos prácticos. Diagramas, gráficos y tablas serían las herramientas utilizadas para lograr un diseño óptimo.

Método analítico: Se realizaron todos los cálculos necesarios para el diseño del ventilador axial.

Método experimental: Se realizó las simulaciones de cada componente y todo en conjunto, mediante el análisis de elementos finitos con ayuda del software SOLIDWORKS simulation.

3.7. Aspectos éticos.

En actual trabajo realizado, el autor se compromete a respetar la protección de derecho de las personas involucradas en el proceso de la recolección de datos.

3.8. Parámetros que deben tener el diseño del ventilador minero.

Para poder determinar los parámetros o requisitos del diseño del motor, se realizará mediante entrevistas, para la recolección de los datos necesarios que debe cumplir el diseño del motor de 6000 CFM.

CAPÍTULO IV RESULTADOS.

4.1. Consideraciones del diseño:

Vamos a construir un sistema de ventilación para un túnel minero. Para diseñar el sistema de ventilación se requieren ciertos criterios básicos, como el caudal de aire, la presión que debe elevarse en el sistema y el número de rotaciones del rodete del ventilador, así como el tipo de ventilador adecuado.

4.1.1. Caudal de aire.

Para calcular el caudal requerido en la empresa minera, tenemos las siguientes dimensiones:

Altura= 4.00m

Ancho= 55.00m

Largo= 75.00m

Las dimensiones nos permiten calcular el volumen.

$$vol = h.a.l = 4 \times 55.00 \times 75.00 = 16500m^3 \quad (11)$$

Elegimos los cambios de aire adecuados utilizando la tabla "cambios de aire sugeridos para una ventilación adecuada".

$$\frac{N^{\circ}Revoluciones}{Hora} = 6 - 8 \quad (12)$$

Para la máxima capacidad de dicho taller tomamos

$$\frac{N^{\circ}Revoluciones}{Hora} = 6 \quad (13)$$

Para ello el caudal requerido será:

$$Q = 64350 \frac{m^3}{hora} \quad (14)$$

4.2. La presión del sistema de ventilación (p):

Para determinar la presión del sistema de ventilación, primero debemos diseñarlo como se ilustra en el esquema:

Disponemos de los siguientes accesorios para el sistema propuesto.

- 12 rejillas de ventilación
- 2 compuertas
- 2 unidades de 45°

- **Presión para longitud del ducto.**

$$P_l = \frac{0.08 \text{ pulgadas} * H2O}{30.48m} * (57 + 4 + 4) = 0.6398 \text{ pulgadas} * H2O \quad (15)$$

- **Presión de accesorios.**

$$P_{\text{accesorios}} = 0.08 \text{ pulgadas} * H2O = 1.28 \text{ pulgadas} * H2O \quad (16)$$

- **Presión total:**

$$P = P_L + P_{\text{accesorios}} = 0.6398 + 1.28 \quad (17)$$

$$P = 1.9198 \text{ pulgadas} H2O = 477.72 Pa \quad (18)$$

Para mayor seguridad se toma como $p = 480 Pa$

4.3. Los rpm del ventilador.

Se empleará un acoplamiento de correa motor-rotor, así como un motor de 1 par de polos que funcione a 3600 rpm y una transmisión por correa para hacer girar el rotor del ventilador a 1100 RPM.

4.4. Selección del tipo de ventilador a utilizar:

A continuación, se calcula el coeficiente de velocidad (n_y). En función del valor de este parámetro, elegimos el tipo de ventilador que vamos a utilizar. Utilizamos el libro "Mecánica de fluidos, de Kirchhoff".

$$n_y = \frac{53xQ^{\frac{1}{2}}w}{P^{\frac{3}{4}}} = \frac{53\left(\frac{32175}{3600}\right)^{1/2}x\left(\frac{1100}{60}\right)x2\pi}{240^{3/4}} \quad (19)$$

$$n_y = 299.327 \quad (20)$$

4.5. Diámetro periférico del rodete(d).

- Tenemos la ecuación empírica.

$$D = \frac{0.32x(0.545xn_y+4xb)x\sqrt{240}}{n} \quad (21)$$

Donde "b" es el ancho del alabe y varía entre 30 y 100 mm. Tomamos b=100 mm, reemplazamos los valores:

$$D = \frac{0.32x(0.545x299.327+4x0.1)x\sqrt{240}}{1100} \quad (22)$$

$$D = 0.7370 \quad (\text{segun dicha ecuacion empirica}) \quad (23)$$

- Tenemos las siguientes ecuaciones derivadas de la ecuación de continuidad.

$$D = 2.9x^3 \sqrt{\frac{1}{v(1-v^2)}} x \sqrt[3]{\frac{Q}{K_y * n}} \quad (24)$$

Donde:

$v = \frac{D_{cubo}}{D}$, es el diámetro relativo del cubo, varia entre 0,4 y 0,8. Tomamos $v=0.6$

$K_y = \frac{C_a}{u_{cubo}}$, varia entre 0.6 y 1.0. Tomamos $K_y = 0.8$

Reemplazamos valores:

$$D = 2.9 * \sqrt[3]{\frac{1}{0.6(1-0.6^2)}} x \sqrt[3]{\frac{\frac{32175}{3600}}{0.8 * 1100}} \quad (25)$$

$$D = 0.864m \quad (\text{segun la ecuacion de continuidad})$$

Tomamos un diámetro medio entre los valores obtenidos para ambas ecuaciones.

$$D = 0.80m$$

4.6. Velocidad tangencial periférica del ventilador (u):

$$u = \frac{\pi x D x n}{60} = \frac{\pi x 0.8 x 1100}{60} = 46.077 \text{ m/s} \quad (26)$$

Verificamos que “u” obtenido es menor que 100 m/s que es el valor límite para las velocidades tangenciales de los ventiladores axiales (mayores velocidades empeoran sus características acústicas).

$$U = 46.077 \text{ m/s} \leq 100 \text{ m/s}$$

4.7. Coeficiente de caudal y presión para el área total:

Hallar el área proyectada del ventilador (f)

$$F = \frac{\pi * x}{4} = \frac{\pi x 0.8^2}{4} = 0.50265 \text{ m}^2 \quad (27)$$

- **Coeficiente de caudal (φ'):**

$$\varphi' = \frac{Q}{F x u} = \frac{32175/3600}{0.50265 x 46.077} = 0.38589 \quad (28)$$

- **Coeficiente de presión (ψ)**

$$\psi = \frac{2P}{F x u^2} = \frac{2 x 240}{12 x 46.077^2} = 0.1884 \quad (29)$$

Para hallar el coeficiente de la presión teórica multiplicamos el valor obtenido por 1.25.

$$\psi_1 = 1.25 * \psi = 1.25 * 0.1884 = 0.2355 \quad (30)$$

4.8. Diámetro del cubo (D_{cubo}):

$$D_{cubo} = vxD = 0.6 \times 0.8 = 0.48 \text{ m} \quad (31)$$

4.9. Longitud de las paletas (l)

$$l = \frac{(D - D_{cubo})}{2} = \frac{0.8 - 0.48}{2} \quad (32)$$

$$l = 0.16 \text{ m} \quad (33)$$

4.10. Diámetro de la carcasa ($D_{carcasa}$)

Se consideramos una holgura de 0.01m entre el diámetro periférico del rodete y el diámetro de la carcasa, por lo que se tiene:

$$D_{carcasa} = D + 2 \times 0.01 = 0.8 + 0.02 = 0.82 \text{ m} \quad (34)$$

4.11. Área anular (F_1):

$$F_1 = F - F_{cubo} = F(1 - v^2) = 0.50265 * (1 - 0.6^2) \quad (35)$$

$$F_1 = 0.321696 \text{ m}^2$$

❖ El área anular del ventilador calculado es de 0.321696 m^2

4.12. Coeficiente de caudal para área anular (φ):

$$\varphi = \frac{\varphi'}{1 - v^2} = \frac{0.38589}{1 - 0.6^2} = 0.6028 \quad (36)$$

❖ El coeficiente de caudal requerido para el área anular es de 0.6028.

4.13. Velocidad de entrada (C_a):

$$C_a = \varphi * u = 0.6028 * 46.077 \quad (37)$$

$$C_a = 27.775 \text{ m/s}$$

4.14. Desarrollo del alabe:

Dividimos la paleta en una serie de secciones anulares por la longitud entre 7 a 10 (divisiones) y para cada una se efectúa el cálculo respecto a su radio medio. Tomamos 8 divisiones.

Formula a emplear para el cálculo de los valores de la tabla de desarrollo de alabe.

- **Radio medio (r_i):**

$$r_i = \frac{D_{cubo}}{2} + \frac{lx(2i-1)}{2m} \quad (38)$$

$$r_i = \frac{0.48}{2} + \frac{0.16x(2i-1)}{2*8} \quad (39)$$

$$r_i = 0.24 + 0.00125(2i - 1) \quad (40)$$

donde : m es el numero de divisiones

- **Radio relativo (r_i):**

$$r_i = \frac{r_i}{r} = \frac{r_i}{\frac{0.8}{2}} \quad (41)$$

donde "r" es el radio periférico del rodete.

$$r_i = \frac{r_i}{0.4} \quad (42)$$

- **Velocidad tangencial (u_i):**

$$u_i = \frac{2\pi r_i x n}{60} = \frac{2\pi r_i x 1100}{60} \quad (43)$$

$$u_i = 115.19 r_i$$

- **Componente tangencial de la velocidad absoluta (C_{2ui}):**

$$C_{2ui} = \frac{P}{p x u_i x \eta_h} = \frac{240}{1.2 x u_i x 0.9} = \frac{222.2222}{u_i} \quad (44)$$

La eficiencia (η_h) varia entre 0.75 y 0.92 tomamos 0.90

- **Angulo de entrada (β_{li}):**

$$\beta_{li} = \text{Arctan} \left(\frac{C_a}{u_i} \right) = \text{Arctan} \left(\frac{27.775}{u_i} \right) \quad (45)$$

- **Angulo medio (β_{mi}):**

$$\beta_{mi} = \arctan\left(\frac{C_a}{u_i - \frac{C_{2ui}}{2}}\right) = \arctan\left(\frac{27.775}{u_i - \frac{C_{2ui}}{2}}\right) \quad (46)$$

- **Angulo de salida(β_{2i}):**

$$B_{2i} = \text{Arctan}\left(\frac{C_a}{u_i - C_{2ui}}\right) = \text{Arctan}\left(\frac{27.775}{u_i - C_{2ui}}\right) \quad (47)$$

- **Carga aerodinámica ($(C_y\tau)_i$):**

$$(C_y\tau)_i = \frac{\psi_t x \cos\beta_{mi}}{\bar{R}_i^2 - \psi_t/4} \quad (48)$$

Donde $\psi_t = 0.2355$ (calculado anteriromente)

$$(C_y\tau)_i = \frac{0.2355 x \cos\beta_{mi}}{\bar{R}_i^2 - 0.058875} \quad (49)$$

- **Numero de paletas(z):**

Se asume $C_y = 0.7$

Calculamos la relación cuerda-paso (τ_{prom}) para el radio promedio.

$$\tau_{prom} = \frac{(C_y\tau)_{prom}}{C_y} = \frac{0.47415}{0.7} = 0.67735 \quad (50)$$

Entonces para en número de paletas tenemos:

$$Z = \frac{\pi \times \tau_{prom} \times D \bar{r}_{prom}}{b} \quad (51)$$

$$Z = \frac{\pi \times 0.67735 \times 0.8 \times 0.625}{0.10} \quad (52)$$

$$Z = 10.64$$

Tomamos $z=12$ paletas (número par para el balanceo).

- **Relación cuerda-paso para cada sección (τ_i):**

$$\tau_i = \frac{Z \cdot h}{\pi \cdot 0.8 \cdot \bar{r}_i} = \frac{12 \cdot 0.1}{\pi \cdot 0.8 \cdot \bar{r}_i} = \frac{0.47746}{\bar{r}_i} \quad (53)$$

- **Coefficiente de sustentación (C_{yi}):**

$$C_{yi} = \frac{(C_y \tau)_i}{\tau_i} \quad (54)$$

Para los valores obtenidos de C_{yi} tenemos que el valor de $C_y = 0.7$ asumido anteriormente es adecuado al encontrarse dentro de los mismos.

4.15. Eficiencia total (η_{total}):

Anteriormente asumimos $\eta_{hidraulica} = 0.90$, la cual contempla la eficiencia de cascada, pérdidas hidráulicas, pérdidas de entrada y salida, pérdidas por fricción, etc.

Se debe considerar las pérdidas por fricción en los rodamientos, en la transmisión por fajas, etc. Por lo que se debe considerar una eficiencia mecánica. La eficiencia mecánica (η_{mec}) varía entre 0.94 y 0.98. Se asume $\eta_{mec} = 0.97$.

Entonces:

$$\eta_{total} = \eta_{hidraulica} * \eta_{mec} \quad (55)$$

$$\eta_{total} = 0.9 * 0.97 \quad (56)$$

$$\eta_{total} = 0.873 = 87.30\% \quad (57)$$

4.16. Potencia del motor (n):

$$N = \frac{Q*P}{\eta_{total}} = \frac{32175/3600*240}{0.873} \quad (58)$$

$$N = 2457.0446w \quad (59)$$

$$N = 3.2949 HP \quad (60)$$

$$N = 4 HP$$

4.17. Tabla y gráfico de ventilador axial sin hipersustentador.

Posición	Hest (mm.d.a.)	Htot (mm.d.a.)	Hdin (mm.d.a.)	V (m/s)	Q (m ³ /h)	H (%)
1	4.3	22.3	18	19.8	22231.02	48.8
2	6.1	23.5	17.4	19.48	21863.75	49.97
3	8.6	25.2	16.6	19	21320.28	51.45
4	11.4	27	15.6	18.39	20641.21	52.89
5	14.2	28.6	14.4	17.75	19916.1	53.96

6	17.7	30.6	12.9	16.79	18838.65	54.7
7	22.3	32.9	10.6	15.18	17030.9	53.95
8	26.1	34.3	8.2	13.35	14983.03	50.56

Tabla 3: Datos sin dispositivo hipersustentador.

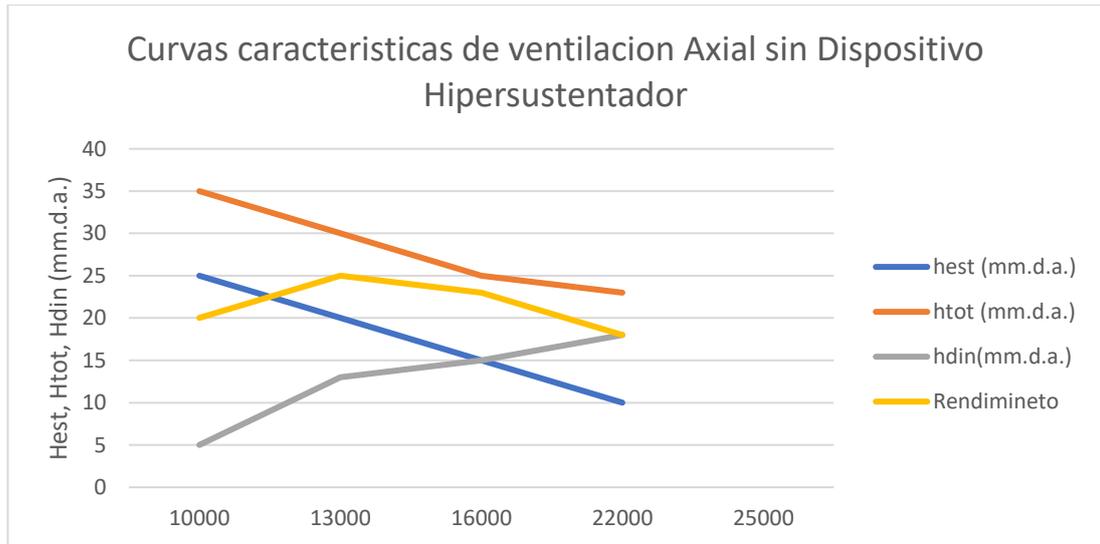


Figura 15: Curva característica de ventilador axial sin dispositivo hipersustentador.

4.18. Datos obtenidos con instrumento de medición de ruido (sonómetro).

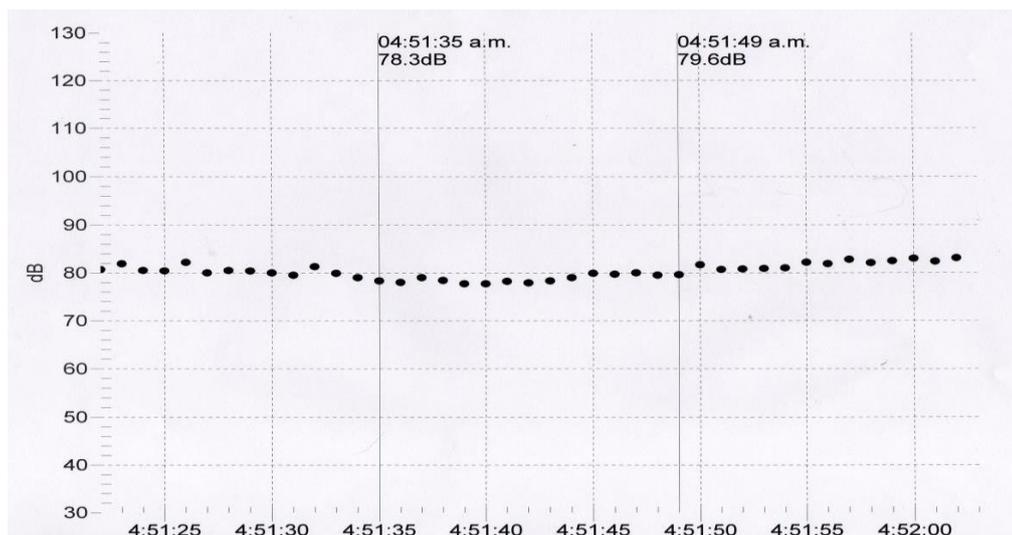


Figura 16: Medición obtenida con el sonómetro en el ventilador axial sin hipersustentador.

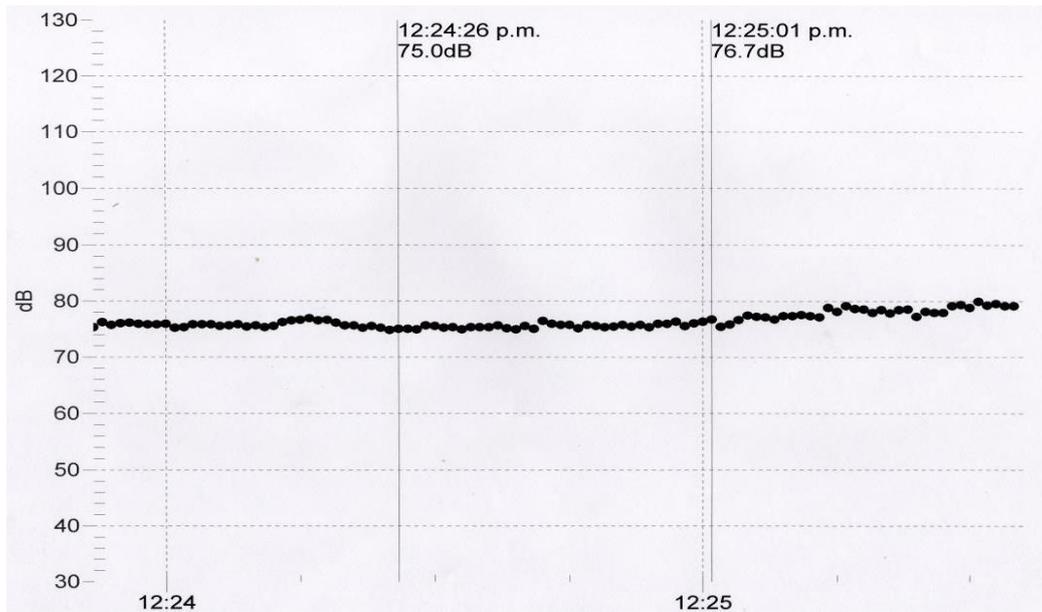


Figura 17: Medición obtenida con el sonómetro en el ventilador axial con hipersustentador.

4.19. CÁLCULO DE CAUDAL.

Número de la cantidad de trabajadores.

Según las normas de seguridad y salud en el trabajo en la minería, el caudal mínimo que debe emplearse para una altitud superior a 4000 m.s.n.m. Es de 6 m³ /min. En este caso hay 110 personas.

La ecuación se utilizó para calcular del caudal total por personas:

$$QTr = 6m^3 \times 110 \quad (61)$$

$$QTr = 660m^3 /min \quad (62)$$

$$QTr = 23,308 \text{ cfm} \quad (63)$$

1.19.1. Caudal requerido de gases y polvo en suspensión.

El caudal total se obtuvo tras evaluar los caudales por número de empleados, equipos diésel y voladuras. Se calculó el caudal total.

El caudal total necesario en el extremo de la tubería es:

$$QG = QTr + qeq \quad (64)$$

$$QG = 62\,429.59 + 23\,308 \quad (65)$$

$$QG = 85,737.59 \text{ cfm} = 40.46 \text{ m}^3 / \text{s} \quad (66)$$

Remplazamos formula:

Para realizar la determinación del diámetro óptimo se toma en cuenta los siguientes factores: la mina tiene un tamaño de 4 m. x 4 m. De tamaño, con el equipo más grande de 1,7 m y el menor coste anual de consumo de energía. A continuación, se examina un radio de tubería de 1,1 m.

$$D = 2r = 2.2 \text{ m}$$

$$L = 5 \text{ m}$$

$$Q = 40.46 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$g = 9.81 \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{\frac{\pi r^2}{2}} = \frac{40.46}{3.8} = 10.64 \text{ m/s} \quad (67)$$

Para este caso consideramos $f=0.007$

$$L = 0.007 \times \frac{5}{2.2} \times \frac{.6410^2}{2 \times 9.81} = 0.09m \quad (68)$$

La longitud del túnel es 50 m.

Ahora sustituimos en la ecuación los números que se utilizaron para obtener el valor final del caudal:

$$Q_{final} = 40.46(1 - 100) - (50.09 100) Q$$

$$Q_{final} = 40.66 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{final} = 86,153.74 \text{ CFM}$$

Costos de toda la energía eléctrica a suministrar(e).

El coste de funcionamiento de cada electroventilador se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$E = P \times T_e \times \text{costo}/kW \quad (69)$$

Costo de energía eléctrica					
Ventilador	Voltaje	Amperaje	Parámetro Eléctrico	Eficiencia eléctrica	Potencia(P) kW
Axial 6000 CFM	180	28	0.87	0.80	7.5

Tabla 4: Energía eléctrica.

Tiempo efectivo de operación	
Horas/día	10
Días/mes	26
Meses	12
Horas/año	3120

Tabla 5: Tiempo de operación.

Costo de consumo de energía eléctrica

Coste de la electricidad (electricidad trifásica) (\$/kWh) 0,21 el coste total del consumo de energía eléctrica de 6000 CFM (en dólares estadounidenses al año) es de 4914,00.

Nivel 4003.00	Subtotal/hora
Ventiladores, accesorios	0.501
Energía eléctrica	1.575
Costo horario (US\$/h)	2.075
Nivel 4003.00	Subtotal/hora
Ventiladores, accesorios	0.342
Energía eléctrica	1.575
Costo horario (US\$/h)	1.917
Nivel 4003.00	Subtotal/hora
Ventiladores, accesorios	0.383
Energía eléctrica	1.575
Costo horario (US\$/h)	1.958
Nivel 4003.00	Subtotal/hora
Ventiladores, accesorios	0.337
Energía eléctrica	1.575
Costo horario (US\$/h)	1.912

Tabla 6: Costo por hora de trabajo del ventilador por niveles de tiempo.

Discusión de resultados.

Constatando con el análisis realizado sobre el cálculo realizado del caudal de aire para la ventilación de dichos niveles.

Costo por la construcción de chimenea 1	
	50 metros US\$/m 133.17 US\$ 6 658.50
Costo por la construcción de chimenea 1	
Metros de construcción	77 metros
Costo/ metros de avance	US\$/m 133.17
Costo total construcción	US\$ 10 254.09
Costo chimenea 1	US\$ 6 658.50
Costo chimenea 2	US\$ 10 254.09
Costo total chimenea 1 y 2	US\$ 16 912.59

Tabla 7: Costo de chimenea.

Costo por año de la adquisición de ventiladores, accesorios y energía eléctrica	
Nivel	Costo total/año
Nivel 4003.00	US\$ 5 073.12
Nivel 4015.00	US\$ 4 577.04
Nivel 4027.00	US\$ 4 704.96
Nivel 4043.00	US\$ 4 561.44
Costo total de los 4 niveles/año	US\$ 18 916.56

Tabla 8: Costo x año de ventiladores.

Cálculo de mangas a utilizar según el caudal obtenido.

❖ Formula de ATKINSON (caída de presión)

$$\Delta P = \frac{K \times 2 \times \pi \times r \times L \times Q^2}{\pi^3 \times r^6} \quad (70)$$

❖ Cálculo de coeficiente de rapidez.

$$\eta_y = \frac{53 \times Q^{\frac{1}{2}} \times w}{p^{3/4}} \quad (71)$$

❖ Diámetro periférico del rodete.

$$D = \frac{0.32 \times (0.545 \times \eta_y + 4 \times b) \times \sqrt{P}}{n} \quad (72)$$

MANGA									
Q (CF M)	L (m)	K	D(pul g)	V (m/s)	V (pies/min)	ρ (kg/m 3)	ΔP (Pa)	ΔP (in H2O)	η _y
5000	50	0.00 2	18	14.37367 66	2828.7395 57	1.225 4	184.5802 67	0.746559 2	612.9201 03
5000	75	0.00 2	18	14.37367 66	2828.7395 57	1.225 4	276.8704 01	1.119838 8	452.2050 64
5000	100	0.00 2	18	14.37367 66	2828.7395 57	1.225 4	369.1605 34	1.493118 4	364.4444 74
5000	125	0.00 2	18	14.37367 66	2828.7395 57	1.225 4	461.4506 68	1.866398	308.2824 91
5000	150	0.00 2	18	14.37367 66	2828.7395 57	1.225 4	553.7408 01	2.239677 6	268.8827 4
5000	175	0.00 2	18	14.37367 66	2828.7395 57	1.225 4	646.0309 35	2.612957 2	239.5260 94
5000	430	0.00 2	18	14.37367 66	2828.7395 57	1.225 4	1587.390 3	6.420409 12	122.0478 2
MANGA									
Q (CF M)	L (m)	K	D(pul g)	V (m/s)	V (pies/min)	ρ (kg/m 3)	ΔP (Pa)	ΔP (in H2O)	
7500	50	0.00 2	18	21.56051 49	4243.1093 36	1.225 4	415.3056 01	1.679758 2	408.6134 02

7500	75	0.00	2	18	21.56051 49	4243.1093 36	1.225 4	622.9584 02	2.519637 3	301.4700 43
7500	100	0.00	2	18	21.56051 49	4243.1093 36	1.225 4	830.6112 02	3.359516 4	242.9629 83
7500	125	0.00	2	18	21.56051 49	4243.1093 36	1.225 4	1038.264	4.199395 5	205.5216 61
7500	150	0.00	2	18	21.56051 49	4243.1093 36	1.225 4	1245.916 8	5.039274 6	179.2551 6
7500	175	0.00	2	18	21.56051 49	4243.1093 36	1.225 4	1453.569 6	5.879153 7	159.6840 63
7500	250	0.00	2	18	21.56051 49	4243.1093 36	1.225 4	2118.058 57	8.566766 82	120.4023 53

		MANGA								
Q (CFM)	L (m)	K	D(pulg)	V (m/s)	V (pies/min)	ρ (kg/m ³)	ΔP (Pa)	ΔP (in H ₂ O)		
10000	50	0.00	2	28.74735 32	5657.4791 15	1.225 4	738.3210 69	2.98623 68	306.4600 52	
10000	75	0.00	2	28.74735 32	5657.4791 15	1.225 4	1107.481 6	4.47935 52	226.1025 32	
10000	100	0.00	2	28.74735 32	5657.4791 15	1.225 4	1476.642 14	5.97247 36	182.2222 37	

Tabla 9: Cálculo de mangas.

Observación: En esta tabla se realizó el cálculo de las mangas a utilizar según el caudal que nos brindaba dicho ventilador, se realizó para un caudal de 5 000 CFM, para 10 000 CFM y para un caudal de 12 500 CFM. Teniendo todos los valores y longitud en metros se procede a evaluar y seleccionar la manga más adecuada.

Cálculo realizado para la fabricación de cada aleta del ventilador.

- Perfil de aleta N° 0:

PERFIL NACA

	%	Coordenada X	Coordenada Y		
0	0.00000	Valor 0.00000	% 0.00000	Valor 0.00000	Valor 0
			0.00000	0.00000	0

1	0.50000	0.73511	0.75200	1.10560	1.0000	0.7351	2.86167139
2	0.75000	1.10266	0.89000	1.30849	2.0000	1.1027	3.38681853
3	1.25000	1.83776	1.12400	1.65252	3.0000	1.8378	4.27728542
4	2.50000	3.67553	1.57100	2.30970	4.0000	3.6755	5.97830551
5	5.00000	7.35106	2.22200	3.26681	5.0000	7.3511	8.45563008
6	7.50000	11.02659	2.70900	3.98280	6.0000	11.0266	10.3088667
7	10.00000	14.70212	3.11100	4.57383	7.0000	14.7021	11.8386432
8	15.00000	22.05317	3.74600	5.50741	8.0000	22.0532	14.2550811
9	20.00000	29.40423	4.21800	6.20135	9.0000	29.4042	16.0512366
10	25.00000	36.75529	4.57000	6.71887	10.0000	36.7553	17.3907423
11	30.00000	44.10635	4.82400	7.09230	11.0000	44.1063	18.3573175
12	35.00000	51.45740	4.98200	7.32459	12.0000	51.4574	18.9585729
13	40.00000	58.80846	5.05700	7.43486	13.0000	58.8085	19.243979
14	45.00000	66.15952	5.02900	7.39369	14.0000	66.1595	19.1374274
15	50.00000	73.51058	4.87000	7.15993	15.0000	73.5106	18.5323666
16	55.00000	80.86163	4.57000	6.71887	16.0000	80.8616	17.3907423
17	60.00000	88.21269	4.15100	6.10285	17.0000	88.2127	15.7962738
18	65.00000	95.56375	3.62700	5.33246	18.0000	95.5637	13.8022369
19	70.00000	102.91481	3.03800	4.46650	19.0000	102.9148	11.560848
20	75.00000	110.26586	2.45100	3.60349	20.0000	110.2659	9.3270699
21	80.00000	117.61692	1.84700	2.71548	21.0000	117.6169	7.0285998
22	85.00000	124.96798	1.25100	1.83923	22.0000	124.9680	4.76057301
23	90.00000	132.31904	0.74900	1.10119	23.0000	132.3190	2.85025514
24	95.00000	139.67009	0.35400	0.52045	24.0000	139.6701	1.34711658
25	100.00000	147.02115	0.15000	0.22053	25.0000	147.0212	0.57081211

0.00000

0.0000
0

Tabla 10: Cálculo perfil 0.

Observación: En este cálculo se tomó unos perfiles de referencia, los cuales son los perfiles naca. Tomando dos coordenadas, la coordenada X y la coordenada Y.

- **Perfil de aleta N° 1:**

Coordenada X		Coordenada Y		Valor	
%	Valor	%	Valor		
0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0	0
0.50000	0.78790	0.75200	1.18500	1	0.78790134
0.75000	1.18185	0.89000	1.40246	2	1.18185201
1.25000	1.96975	1.12400	1.77120	3	1.96975335
2.50000	3.93951	1.57100	2.47559	4	3.93950669
5.00000	7.87901	2.22200	3.50143	5	7.87901338
7.50000	11.81852	2.70900	4.26885	6	11.8185201
10.00000	15.75803	3.11100	4.90232	7	15.7580268
15.00000	23.63704	3.74600	5.90296	8	23.6370402
20.00000	31.51605	4.21800	6.64674	9	31.5160535
25.00000	39.39507	4.57000	7.20142	10	39.3950669
30.00000	47.27408	4.82400	7.60167	11	47.2740803
35.00000	55.15309	4.98200	7.85065	12	55.1530937
40.00000	63.03211	5.05700	7.96883	13	63.0321071
45.00000	70.91112	5.02900	7.92471	14	70.9111205
50.00000	78.79013	4.87000	7.67416	15	78.7901338
55.00000	86.66915	4.57000	7.20142	16	86.6691472
60.00000	94.54816	4.15100	6.54116	17	94.5481606
65.00000	102.42717	3.62700	5.71544	18	102.427174
70.00000	110.30619	3.03800	4.78729	19	110.306187
75.00000	118.18520	2.45100	3.86229	20	118.185201
80.00000	126.06421	1.84700	2.91051	21	126.064214
85.00000	133.94323	1.25100	1.97133	22	133.943228
90.00000	141.82224	0.74900	1.18028	23	141.822241
95.00000	149.70125	0.35400	0.55783	24	149.701254
100.00000	157.58027	0.15000	0.23637	25	157.580268

Tabla 11: Cálculo de perfil 1.

Observación: Con el perfil naca trabajamos con las coordenadas en X y en las coordenadas Y, teniendo así el valor se procede a insertar en un plano 2d los puntos se unen formando la vista de la aleta.

- **Perfil de aleta N° 2:**

Coordenada X		Coordenada Y		Coordenada Y			
%	Valor	%	Valor	%	Valor	Valor	Valor
0.00000	0.00000	0.0000	0.00000	0	0	0	0
0.50000	0.84174	0.7520	1.26597	1	0.841737	1.430835	2.861671
0.75000	1.26261	0.8900	1.49829	2	28	77	54
1.25000	2.10434	1.1240	1.89223	3	1.262605	1.693409	3.386818
2.50000	4.20869	1.5710	2.64474	4	93	35	71
5.00000	8.41737	2.2220	3.74068	5	2.104343	2.138642	4.277285
7.50000	12.62606	2.7090	4.56053	6	21	82	65
10.00000	16.83475	3.1110	5.23729	7	4.208686	2.989152	5.978305
15.00000	25.25212	3.7460	6.30630	8	42	91	83
20.00000	33.66949	4.2180	7.10090	9	8.417372	4.227815	8.455630
25.00000	42.08686	4.5700	7.69348	0	85	26	52
30.00000	50.50424	4.8240	8.12108	1	12.62605	5.154433	10.30886
35.00000	58.92161	4.9820	8.38707	2	93	64	73
40.00000	67.33898	5.0570	8.51333	3	16.83474	5.919321	11.83864
45.00000	75.75636	5.0290	8.46619	4	57	91	38
50.00000	84.17373	4.8700	8.19852	5	25.25211	7.127540	14.25508
55.00000	92.59110	4.5700	7.69348	6	85	94	19
60.00000	101.0084	4.1510	6.98810	7	33.66949	8.025618	16.05123
65.00000	109.4258	3.6270	6.10596	8	14	71	74
70.00000	117.8432	3.0380	5.11440	9	42.08686	8.695371	17.39074
75.00000	126.2605	2.4510	4.12620	0	0	62	32
				1	42	96	39
				2	50.50423	9.178659	18.35731
				3	71	24	85
				4	58.92161	9.479286	18.95857
				5	0	96	39
				6	67.33898	9.62199	19.24398
				7	28	9.62199	19.24398
				8	75.75635	9.568714	19.13742
				9	56	2	84
				0	84.17372	9.266183	18.53236
				1	85	77	75
				2	92.59110	8.695371	17.39074
				3	13	62	32
				4	101.0084	7.898137	15.79627
				5	74	33	47
				6	109.4258	6.901118	13.80223
				7	47	79	76
				8	117.8432	5.780424	11.56084
				9	2	29	86
				0	126.2605	4.663535	9.327070
				1	93	2	39

80.00000	134.6779 7	1.8470 0	3.10938	2 1	126.2605 93	3.514300 09	7.028600 17	7.028600 17
85.00000	143.0953 4	1.2510 0	2.10603	2 2	143.0953 38	2.380286 63	4.760573 26	4.760573 26
90.00000	151.5127 1	0.7490 0	1.26092	2 3	151.5127 11	1.425127 65	2.850255 29	2.850255 29
95.00000	159.9300 8	0.3540 0	0.59595	2 4	159.9300 84	0.673558 33	1.347116 65	1.347116 65
100.0000 0	168.3474 6	0.1500 0	0.25252	2 5	168.3474 57	0.285406 07	0.570812 14	0.570812 14

Tabla 12: Cálculo de perfil 2.

Observación: Con el perfil naca, trabajamos con las coordenadas X y coordenadas Y con su valor y porcentaje, teniendo así los puntos en la recta X y Y para los puntos uniéndolos entre sí formando la vista de la aleta.

- **Perfil de aleta N° 3:**

Coordenada X		Coordenada Y			Valor	Valor
%	Valor	%	Valor		Valor	Valor
0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0	0	0
0.50000	0.89629	0.75200	1.34802	1	0.89629258	2.86167154
0.75000	1.34444	0.89000	1.59540	2	1.34443888	3.38681871
1.25000	2.24073	1.12400	2.01487	3	2.24073146	4.27728565
2.50000	4.48146	1.57100	2.81615	4	4.48146292	5.97830583
5.00000	8.96293	2.22200	3.98312	5	8.96292584	8.45563052
7.50000	13.44439	2.70900	4.85611	6	13.4443888	10.3088673
10.00000	17.92585	3.11100	5.57673	7	17.9258517	11.8386438
15.00000	26.88878	3.74600	6.71502	8	26.8887775	14.2550819
20.00000	35.85170	4.21800	7.56112	9	35.8517034	16.0512374
25.00000	44.81463	4.57000	8.19211	10	44.8146292	17.3907432
30.00000	53.77756	4.82400	8.64743	11	53.7775551	18.3573185
35.00000	62.74048	4.98200	8.93066	12	62.7404809	18.9585739
40.00000	71.70341	5.05700	9.06510	13	71.7034067	19.24398
45.00000	80.66633	5.02900	9.01491	14	80.6663326	19.1374284
50.00000	89.62926	4.87000	8.72989	15	89.6292584	18.5323675
55.00000	98.59218	4.57000	8.19211	16	98.5921843	17.3907432
60.00000	107.55511	4.15100	7.44102	17	107.55511	15.7962747
65.00000	116.51804	3.62700	6.50171	18	116.518036	13.8022376
70.00000	125.48096	3.03800	5.44587	19	125.480962	11.5608486
75.00000	134.44389	2.45100	4.39363	20	134.443888	9.32707039
80.00000	143.40681	1.84700	3.31090	21	143.40681	7.02860017
85.00000	152.36974	1.25100	2.24252	22	152.369739	4.76057326

90.00000	161.33267	0.74900	1.34265	23	161.332665	2.85025529
95.00000	170.29559	0.35400	0.63458	24	170.295591	1.34711665
100.00000	179.25852	0.15000	0.26889	25	179.258517	0.57081214

grados radianes			
	β_{1i}	β_{mi}	β_{2i}
0	0.5994733	0.7480003	0.9653722
1	0.5654388	0.6874872	0.8606508
2	0.5347005	0.6360339	0.7754537
3	0.5068521	0.5917973	0.7053513
4	0.481542	0.5533814	0.6469292
5	0.4584667	0.5197178	0.5976211
6	0.4373644	0.4899789	0.5555067
7	0.4180089	0.4635157	0.5191428
8	0.4002049	0.4398134	0.4874337

Tabla 13: Cálculo de perfil 3.

Observación: Con el perfil naca, trabajamos con las coordenadas X y coordenadas Y con su valor y porcentaje, teniendo así los puntos en la recta X y Y para los puntos uniendo los entre si formando la vista de la aleta.

- **Perfil de aleta N° 4:**

Coordenada X		Coordenada Y		
%	Valor	%	Valor	Valor
0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.50000	0.95135	0.75200	1.43084	2.86167
0.75000	1.42703	0.89000	1.69341	3.38682
1.25000	2.37838	1.12400	2.13864	4.27729
2.50000	4.75677	1.57100	2.98915	5.97831
5.00000	9.51354	2.22200	4.22782	8.45563
7.50000	14.27030	2.70900	5.15443	10.30887
10.00000	19.02707	3.11100	5.91932	11.83864
15.00000	28.54061	3.74600	7.12754	14.25508
20.00000	38.05414	4.21800	8.02562	16.05124
25.00000	47.56768	4.57000	8.69537	17.39074
30.00000	57.08121	4.82400	9.17866	18.35732
35.00000	66.59475	4.98200	9.47929	18.95857

40.00000	76.10828	5.05700	9.62199	19.24398
45.00000	85.62182	5.02900	9.56871	19.13743
50.00000	95.13535	4.87000	9.26618	18.53237
55.00000	104.64889	4.57000	8.69537	17.39074
60.00000	114.16242	4.15100	7.89814	15.79627
65.00000	123.67596	3.62700	6.90112	13.80224
70.00000	133.18949	3.03800	5.78042	11.56085
75.00000	142.70303	2.45100	4.66354	9.32707
80.00000	85.00000	1.84700	3.51430	7.02860
85.00000	161.73010	1.25100	2.38029	4.76057
90.00000	171.24364	0.74900	1.42513	2.85026
95.00000	180.75717	0.35400	0.67356	1.34712
100.00000	190.27071	0.15000	0.28541	0.57081

grados sexagesimales			
	β_{1i}	β_{mi}	β_{2i}
0	0.5994733	0.7480003	0.9653722
1	0.5654388	0.6874872	0.8606508
2	0.5347005	0.6360339	0.7754537
3	0.5068521	0.5917973	0.7053513
4	0.481542	0.5533814	0.6469292
5	0.4584667	0.5197178	0.5976211
6	0.4373644	0.4899789	0.5555067
7	0.4180089	0.4635157	0.5191428
8	0.4002049	0.4398134	0.4874337

Tabla 14: Cálculo de perfil 4.

Observación: Con el perfil naca, trabajamos con las coordenadas X y coordenadas Y con su valor y porcentaje, teniendo así los puntos en la recta X y Y para los puntos uniendo los entre si formando la vista de la aleta.

- **Perfil de aleta N° 5:**

Coordenada X		Coordenada Y	
%	Valor	%	Valor
0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.50000	1.00678	0.75200	1.51419
0.75000	1.51016	0.89000	1.79206

1.25000	2.51694	1.12400	2.26323
2.50000	5.03388	1.57100	3.16329
5.00000	10.06775	2.22200	4.47411
7.50000	15.10163	2.70900	5.45471
10.00000	20.13550	3.11100	6.26415
15.00000	30.20325	3.74600	7.54276
20.00000	40.27100	4.21800	8.49315
25.00000	50.33875	4.57000	9.20192
30.00000	60.40651	4.82400	9.71337
35.00000	70.47426	4.98200	10.03151
40.00000	80.54201	5.05700	10.18252
45.00000	90.60976	5.02900	10.12614
50.00000	100.67751	4.87000	9.80599
55.00000	110.74526	4.57000	9.20192
60.00000	120.81301	4.15100	8.35825
65.00000	130.88076	3.62700	7.30315
70.00000	140.94851	3.03800	6.11717
75.00000	151.01626	2.45100	4.93521
80.00000	161.08402	1.84700	3.71903
85.00000	171.15177	1.25100	2.51895
90.00000	181.21952	0.74900	1.50815
95.00000	191.28727	0.35400	0.71280
100.00000	201.35502	0.15000	0.30203

	grados sexagesimales		
	β_{1i}	β_{mi}	β_{2i}
0	0.5994733	0.7480003	0.9653722
1	0.5654388	0.6874872	0.8606508
2	0.5347005	0.6360339	0.7754537
3	0.5068521	0.5917973	0.7053513
4	0.481542	0.5533814	0.6469292
5	0.4584667	0.5197178	0.5976211
6	0.4373644	0.4899789	0.5555067
7	0.4180089	0.4635157	0.5191428
8	0.4002049	0.4398134	0.4874337

Tabla 15: Cálculo de perfil 5.

Observación: Con el perfil naca, trabajamos con las coordenadas X y coordenadas Y con su valor y porcentaje, teniendo así los puntos en la recta X y Y para los puntos uniendo los entre si formando la vista de la aleta.

- **Perfil de aleta N° 6:**

Coordenada X		Coordenada Y	
%	Valor	%	Valor
0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.50000	1.06246	0.75200	1.59794
0.75000	1.59369	0.89000	1.89117
1.25000	2.65614	1.12400	2.38840
2.50000	5.31229	1.57100	3.33824
5.00000	10.62457	2.22200	4.72156
7.50000	15.93686	2.70900	5.75639
10.00000	21.24914	3.11100	6.61061
15.00000	31.87371	3.74600	7.95993
20.00000	42.49828	4.21800	8.96289
25.00000	53.12285	4.57000	9.71086
30.00000	63.74743	4.82400	10.25059
35.00000	74.37200	4.98200	10.58632
40.00000	84.99657	5.05700	10.74569
45.00000	95.62114	5.02900	10.68619
50.00000	106.24571	4.87000	10.34833
55.00000	116.87028	4.57000	9.71086
60.00000	127.49485	4.15100	8.82052
65.00000	138.11942	3.62700	7.70706
70.00000	148.74399	3.03800	6.45549
75.00000	159.36856	2.45100	5.20816
80.00000	169.99313	1.84700	3.92472
85.00000	180.61770	1.25100	2.65827
90.00000	191.24228	0.74900	1.59156
95.00000	201.86685	0.35400	0.75222
100.00000	212.49142	0.15000	0.31874

Tabla 16: Cálculo de perfil 6.

Observación: Con el perfil naca, trabajamos con las coordenadas X y coordenadas y con su valor y porcentaje, teniendo así los puntos en la recta X y Y para los puntos uniendo los entre si formando la vista de la aleta.

- **Perfil de aleta N° 7:**

Coordenada X		Coordenada Y	
%	Valor	%	Valor
0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.50000	1.11833	0.75200	1.68197
0.75000	1.67749	0.89000	1.99063

1.25000	2.79582	1.12400	2.51400
2.50000	5.59165	1.57100	3.51379
5.00000	11.18329	2.22200	4.96985
7.50000	16.77494	2.70900	6.05911
10.00000	22.36658	3.11100	6.95824
15.00000	33.54987	3.74600	8.37852
20.00000	44.73317	4.21800	9.43422
25.00000	55.91646	4.57000	10.22153
30.00000	67.09975	4.82400	10.78964
35.00000	78.28304	4.98200	11.14303
40.00000	89.46633	5.05700	11.31078
45.00000	100.64962	5.02900	11.24815
50.00000	111.83291	4.87000	10.89253
55.00000	123.01621	4.57000	10.22153
60.00000	134.19950	4.15100	9.28437
65.00000	145.38279	3.62700	8.11236
70.00000	156.56608	3.03800	6.79497
75.00000	167.74937	2.45100	5.48205
80.00000	178.93266	1.84700	4.13111
85.00000	190.11595	1.25100	2.79806
90.00000	201.29925	0.74900	1.67526
95.00000	212.48254	0.35400	0.79178
100.00000	223.66583	0.15000	0.33550

grados sexagesimales			
	β_{1i}	β_{mi}	β_{2i}
0	0.5994733	0.7480003	0.9653722
1	0.5654388	0.6874872	0.8606508
2	0.5347005	0.6360339	0.7754537
3	0.5068521	0.5917973	0.7053513
4	0.481542	0.5533814	0.6469292
5	0.4584667	0.5197178	0.5976211
6	0.4373644	0.4899789	0.5555067
7	0.4180089	0.4635157	0.5191428
8	0.4002049	0.4398134	0.4874337

Tabla 17: Cálculo de perfil 7.

Observación: Con el perfil naca, trabajamos con las coordenadas X y coordenadas Y con su valor y porcentaje, teniendo así los puntos en la recta X y Y para los puntos uniendo los entre si formando la vista de la aleta.

- **Perfil de aleta N° 8:**

Coordenada X		Coordenada Y		coordenadas Z	
%	Valor	%	Valor	Valor	Valor
0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0	0
0.50000	1.17434	0.75200	1.76621	1	2.86167154
0.75000	1.76151	0.89000	2.09033	2	3.38681871
1.25000	2.93585	1.12400	2.63992	3	4.27728565
2.50000	5.87171	1.57100	3.68978	4	5.97830583
5.00000	11.74341	2.22200	5.21877	5	8.45563052
7.50000	17.61512	2.70900	6.36258	6	10.3088673
10.00000	23.48682	3.11100	7.30675	7	11.8386438
15.00000	35.23023	3.74600	8.79816	8	14.2550819
20.00000	46.97365	4.21800	9.90674	9	16.0512374
25.00000	58.71706	4.57000	10.73348	10	17.3907432
30.00000	70.46047	4.82400	11.33004	11	18.3573185
35.00000	82.20388	4.98200	11.70114	12	18.9585739
40.00000	93.94729	5.05700	11.87729	13	19.24398
45.00000	105.69070	5.02900	11.81152	14	19.1374284
50.00000	117.43412	4.87000	11.43808	15	18.5323675
55.00000	129.17753	4.57000	10.73348	16	17.3907432
60.00000	140.92094	4.15100	9.74938	17	15.7962747
65.00000	152.66435	3.62700	8.51867	18	13.8022376
70.00000	164.40776	3.03800	7.13530	19	11.5608486
75.00000	176.15117	2.45100	5.75662	20	9.32707039
80.00000	187.89458	1.84700	4.33802	21	7.02860017
85.00000	199.63800	1.25100	2.93820	22	4.76057326
90.00000	211.38141	0.74900	1.75916	23	2.85025529
95.00000	223.12482	0.35400	0.83143	24	1.34711665
100.00000	234.86823	0.15000	0.35230	25	0.57081214

Tabla 18: Cálculo de perfil 8.

Observación: Con los perfiles naca obtenidos, ya estaría formada la estructura ya que son las capas de cada caída en los perfiles X y Y, con estos cálculos ya se puede mandar fabricar las aletas del ventilador.

5. Apéndice.

5.1. Guía para la presión estática.

Sin ducto	0.05 a 0.20 pulgada de H ₂ O
Con ducto	0.20 a 0.40 pulgada de H ₂ O por cada 100 pies de ducto
Instalación	0.08 pulgada de H ₂ O por cada elemento instalado (codo, rejilla, compuerta, etc.).

Tabla n°19. Guía para la presión estática.

5.2. Selección de tipo de ventilador.

Tipo de ventilador	n_y
Radial de alta presión	10-30
Radial con alabes doblados hacia adelante	30-60
Radial con alabes doblados hacia atrás	50-80
Radial con doble entrada	80-120
Axial para altas presiones	120-200
Axial con alabes torcidos planos	200-400

Tabla n°20. Selección de tipo de ventilador.

CAPÍTULO V.

DISCUSIÓN.

Se demostró que la velocidad del aire es decreciente a lo largo del recorrido, con 0 m/s en el frente de la obra, mediante la identificación de las mediciones de los agentes físicos y químicos creados por las voladuras en la cota 2670. Como consecuencia de que el anemómetro no registra lectura para la obra, la velocidad del aire es nula. Además, los valores de los gases superan los umbrales aceptables especificados en las directrices de salud y seguridad en el trabajo.

El acceso para realizar las investigaciones en la obra y la posibilidad de realizar las mediciones necesarias de los gases y la velocidad del aire se vieron obstaculizados por problemas en el interior de la mina. Buscamos el equipo de medición de gases en la empresa y alquilamos un anemómetro porque el contratista no disponía de los aparatos de medición necesarios.

La limitada comprensión por parte de los investigadores de las restricciones legales que definen los parámetros de los cálculos requeridos dificultó su capacidad para calcular el caudal de aire total necesario. Para ello, fue necesaria una investigación y un análisis exhaustivos de los decretos supremos que hacen hincapié en la regulación de la salud y la seguridad en el trabajo en la minería. Además, la dirección y orientación de nuestro asesor temático fueron esenciales para comprender y llevar a cabo correctamente la investigación.

En la estimación de costos para la instalación del sistema de ventilación para regular los agentes físicos y químicos liberados durante la voladura en el nivel 2670, se determinó que el sistema costaría S/. 24,332.80. Se incluyó el costo de S/. 9,332.80 por la instalación del sistema de ventilación.

un sistema de ventilación con un coste de S/9.500,00, con un gasto energético mensual de S/873,60. También se incluyó el costo de un ventilador axial de 6,000 pies cúbicos por minuto, o S/ 8,555.00 mensuales, y el costo de la electricidad, de S/ 873.60 mensuales, o S/ 8,556.00 por minuto. Estos resultados son demostrados por Cáceres (2019).

Par el costeo de instalación, mantenimiento, costes energéticos, mangas de ventilación y accesorios deben tenerse en cuenta a la hora de estimar los gastos asociados a la implantación de la ventilación. A lo largo de estos procesos hubo que aplicar operaciones aritméticas que simplifican la determinación del importe de la inversión para calcular el coste global de la implantación.

CONCLUSIONES.

- La colocación de un dispositivo aerodinámico en el rotor permitió optimizar teórica y experimentalmente el comportamiento acústico (ruido) en los ventiladores axiales, ya que las pruebas revelaron una reducción de casi el 5 % en los niveles de ruido, es decir, unos 4 decibeles.
- El monóxido de carbono, los gases nitrosos y el polvo de las voladuras son algunos de los gases que predominan en las actividades mineras
- Si se utiliza un ventilador axial, la realización de evacuación de todos los gases consiste en la entrada de aire limpio por encima por la superior y la expulsión de todos gases por la parte de abajo, ya que otra opción sería integrar ductos y evacuar cada uno de los gases de forma natural.
- La entrada de aire debe vencer la resistencia que se presenta a su movimiento (choque por fricción), lo que se traduce en una pérdida de energía en movimiento, ya que el caudal disminuye constantemente a medida que se adentra en las labores, lo que obliga a utilizar chimeneas o ventiladores axiales para forzar el flujo de aire.
- Pudimos evaluar y optimizar experimentalmente el comportamiento acústico (ruido) en ventiladores axiales mediante pruebas y mediciones realizadas en el laboratorio. También demostramos que se puede disminuir el ruido producido por el ventilador y aumentar su eficiencia mediante la instalación adecuada de un dispositivo aerodinámico en el rotor.

RECOMENDACIONES.

- Como esto garantizará que las pruebas y mediciones se realicen correctamente y con menos errores, siempre se aconseja utilizar equipos que estén perfectamente calibrados y en buen estado de funcionamiento.
- Se aconseja que sean profesionales quienes realicen las pruebas y mediciones, ya que producirán los mejores resultados y cometerán menos errores.
- Para alcanzar los objetivos que se propusieron y evitar el error que se da en generalizar el estudio aplicado a otro, se recomienda conocer cada componente. Todos los componentes difieren en cuanto a construcción, material y diseño, lo que hace necesaria una nueva evaluación por parte de un equipo de expertos.

REFERENCIAS

- Daniel Ricardo Castillo Aranguren. (marzo 13 de 2017).Evaluación del sistema del sistema de ventilación de la mina el roble. <https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/handle/001/1886/TGT-457.pdf;jsessionid=0AB2903B979AADF5FE911BA87E0370A1?sequence=1>
- Kevin Brain Ostos Julca. (2022). Calculo de los parámetros de diseño de un ventilador axial principal para la mina manuelita de la compañía minera argenium en el departamento de Junín. https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/19131/Ostos_jk.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Bhegade Kamlesh, Raut Sumeet, Gandhi Akshay Kumar, Supekar Suraj, Khetre Subhash, febrero de 2019, ciencia y gestión, Una revisión sobre el diseño y la fabricación de Carrocería volquete, Volumen 2, Número 2, Perú: CIS, no. 550, pp.506-507[consulta: abril de 2023]. Disponible: https://www.ijresm.com/Vol.2_2019/Vol2_Iss2_February19/IJRESM_V2_I2_132.pdf
- PERÚ, MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS DEL. Decreto Supremo 023-2017 e.m. Lima : El Peruano, 2017.
- TECSUP (2001) “Gestión de mantenimiento – curso de especialización” Lima – Perú.
- <https://www.sonami.cl/v2/wp-content/uploads/2016/04/01.-Etapas-del-Proceso-Productivo-de-una-Mina.pdf>
- MASANA, José. Fanáticos y potenciadores. rọng.Marcombo.
- PFLEYDERERA.K. Bombas centrífugas y boosters. Editor.Partido Laborista, 1960.
- RECUERO, Manuel, 2001, Aires acondicionados acústicos, edición 2001, México, editorial Paraninfo México D.F.
- SEVERNS, V. La energía proviene del aire, el vapor y el gas. Editor. Regresó, 2005
- SOLOMAJOVA, T. Ventiladores Centrífugos. Ed. Machinostraiene 1975.
- Salvador Escoda S.A. Manual práctico de ventilación: Catalogo técnico, 2018.

- HUAMANÍ Bendezú, Juan. Mejoramiento del sistema de ventilación subterránea de la mina Condor IV, Minera El Palacio del Cóndor S.A.C. Tesis (Ingeniero de Minas). Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú, Facultad de Ingeniería de Minas, 2020. <https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/6659>
- GUIZÁBALO Correa, Jackson. Modelamiento predictivo del flujo de aire para la optimización del sistema de ventilación en el nivel 4093 de la unidad minera Santa Bárbara de Trujillo, 2017. Tesis (Ingeniero de Minas). Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo, Facultad de Ingeniería, 2017. Disponible en <https://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/9568>
- GONZÁLEZ, Wilmary y MONTILLA, Argenis. Estrategia de enseñanza de conceptos básicos de educación financiera para niños en edad escolar. *Dinamus Revista de Administración* [en línea]. Enero 2019-2021, vol. 1, núm. 3. [Fecha de consulta 23 de Abril de 2022]. Disponible en <https://revistadinamus.org/index.php/dinamus/article/view/244> ISSN 158-171
- Decreto Supremo N° 023-2017-EM, Modifican diversos artículos y anexos del reglamento de seguridad y salud ocupacional en minería, aprobado por Decreto Supremo N° 024-2016-EM. Diario oficial El Peruano, Lima, Perú, 18 de agosto de 2017.
- CÁCERES Navarro, Juan. Optimización de costos de ventilación mecánica en el diseño del sistema de ventilación del nivel 2270 Unidad Minera San Andrés – Marsa. Tesis (Ingeniero de Minas). Puno: Universidad Nacional del Altiplano de Puno, Facultad de Ingeniería de Minas, 2019. Disponible en http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/14867/C%c3%a1ceres_Navarro_Juan.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- BOLAÑOS, Pamela y CHACÓN, Carolina. Intoxicación por monóxido de carbono. *Medicina Legal de Costa Rica* [en línea]. Enero-Marzo 2017, vol. 34 num. 01. [Fecha de consulta 23 de Abril de 2022]. Disponible en https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S140900152017000100137
- ARIAS, Jesús; VILLASIS, Miguel y MIRANDA, María. El protocolo de investigación III: la población de estudio. *Revista Alergia México* [en línea]. Vol. 63, núm. 2, abril-junio, 2017. [Fecha de consulta 23 de Abril de 2022]. Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/4867/486755023011.pdf>

- DURAN Janampa, Jimmi. Mejoramiento de la ventilación en la mina subterránea - Mina Colquijirca CIA. de Mina Buenaventura S.A.A. Tesis (Ingeniero de Minas). Pasco: Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Facultad de Ingeniería de Minas, 2018. Disponible en http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/512/1/T026_72490254_T.pdf
- SANHUEZA Aguayo, Esteban. Proyecto de diseño técnico y económico de sistema de ventilación de mina Trinidad, Lebu. Tesis (Ingeniero de Civil en Minas). Concepción: Universidad Andrés Bello, Facultad de Ingeniería, 2020. Disponible en <https://repositorio.unab.cl/xmlui/handle/ria/18613>
- VALAREZO Blacio, Moisés. Diseño del sistema de ventilación en la concesión minera “Cebral” y diseño del sistema de desagüe en la concesión minera “R-Nivel”, Zaruma - El Oro. Tesis (Ingeniero de Civil en Minas). Cuenca: Universidad del Azuay, Facultad de Ciencia y Tecnología, 2020. Disponible en <https://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/10146>
- ALDIVIA Herrera, Gilberto. evaluación del sistema de ventilación de la mina Consorcio Minero Horizonte – LA LIBERTAD – 2018. Tesis (Bachiller de Minas). Cajamarca: Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería, 2018. Disponible en <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/21331/Valdivia%20Herrera%20Gilberto%20Jaime.pdf?sequence=4>
- VENTURA, José. Population or sample? A necessary difference. Revista Cubana de Salud Pública [en línea]. Octubre – Diciembre 2017, vol. 43 no. 4 [Fecha de consulta 23 de Abril de 2022]. Disponible en http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S086434662017000400014
- PORTAL, Pedro; VALDEZ, Heri; MENDOZA, Juan; DÁVILA, Karen. Orientación emprendedora en empresas del sector manufactura de prendas de vestir en Cajamarca. Revista Gaceta Científica [en línea]. Enero – Abril de 2021. [Fecha de consulta 23 de Abril de 2022]. Disponible en <http://revistas.unheval.edu.pe/index.php/gacien/article/download/1083/1184?inline=1>
- MUÑOZ Ríos, Cesar y SALAZAR Izquierdo, Lourdes. Modelamiento del sistema de ventilación del proyecto minero Papelillo - Namora 2018, utilizando el software Ventsim 5.0™. Tesis (Ingeniero de Minas). Cajamarca: Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería, 2018. Disponible en <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/14650/Mu%c3%b1oz%20Rios%20Cesar%20Humberto%20Salazar%20Izquierdo%20Lourdes.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

ANEXOS.

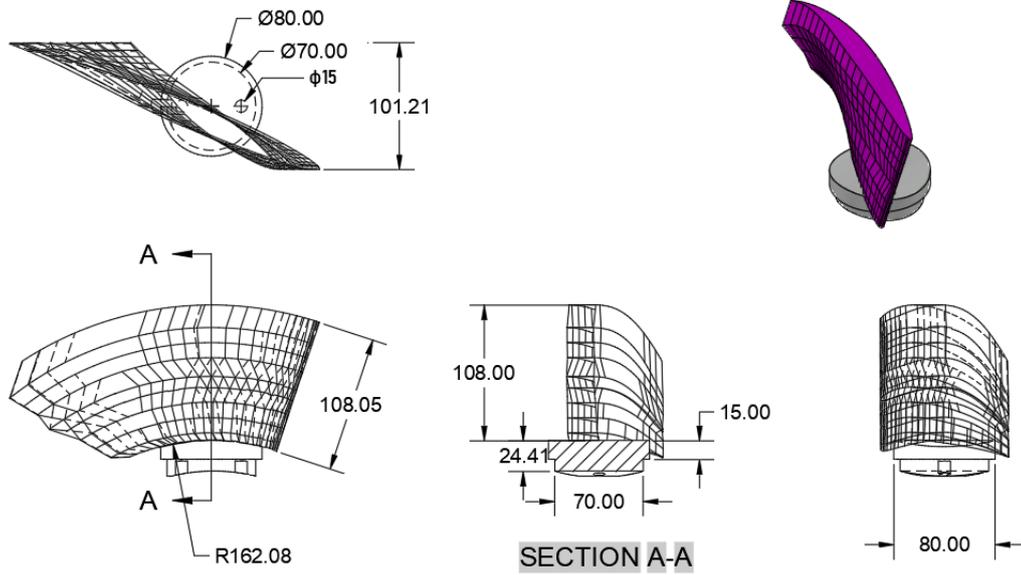


Figura 15: Diseño de aleta.

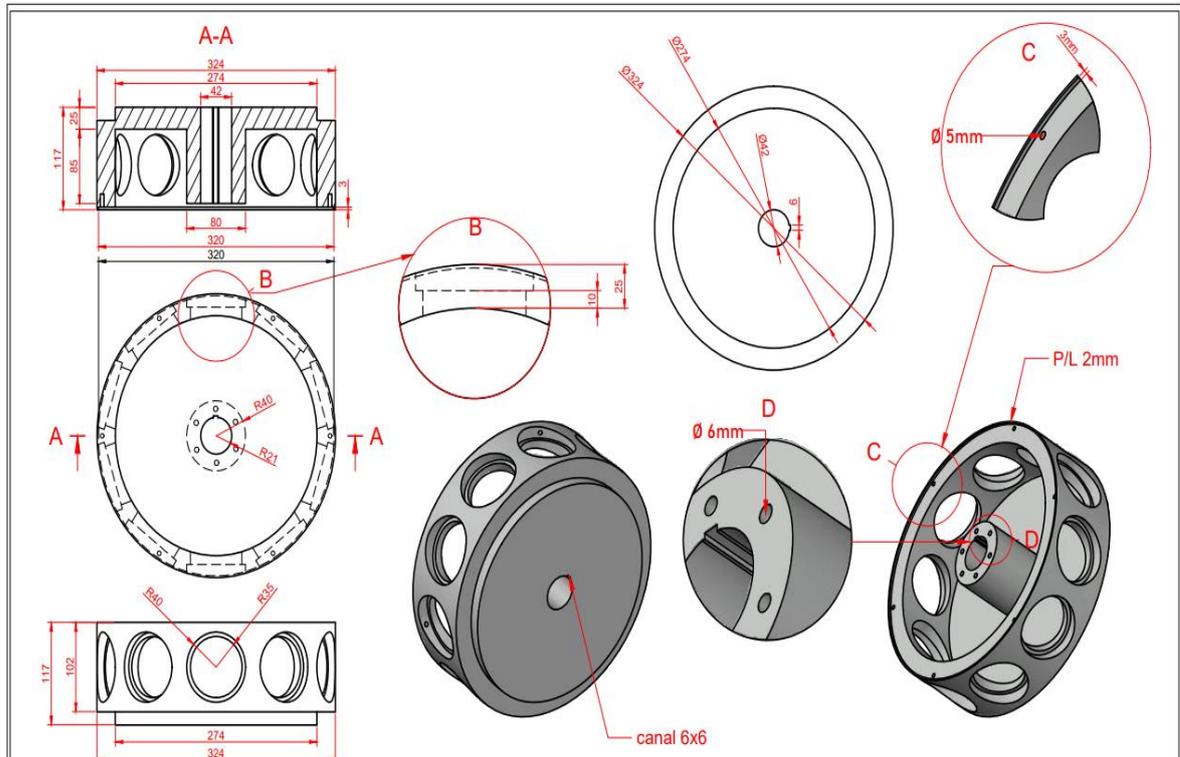


Figura 16: medidas de rodete de ventilador.

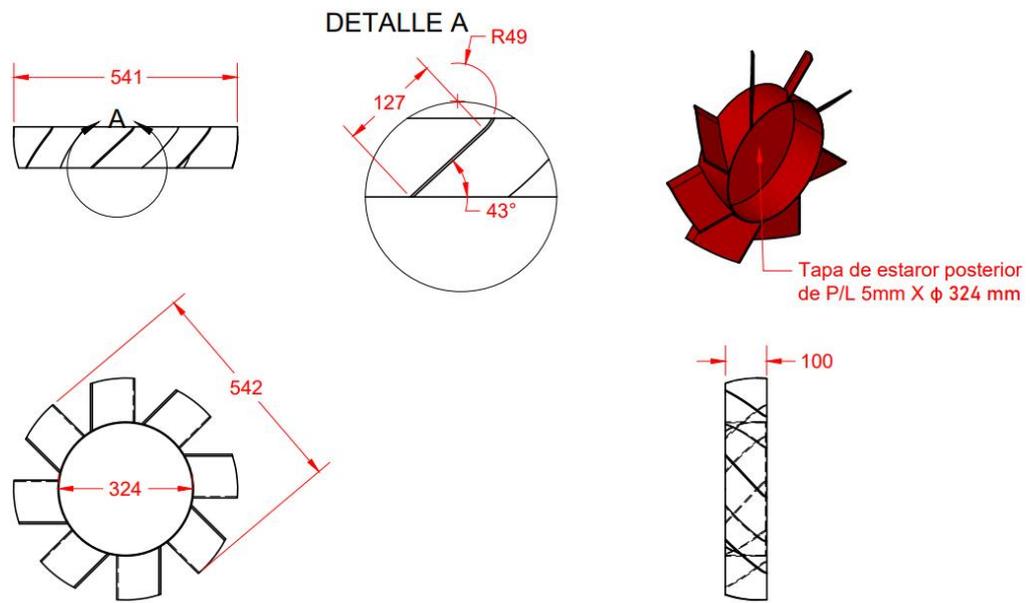


Figura 17: Tapa de extractor.

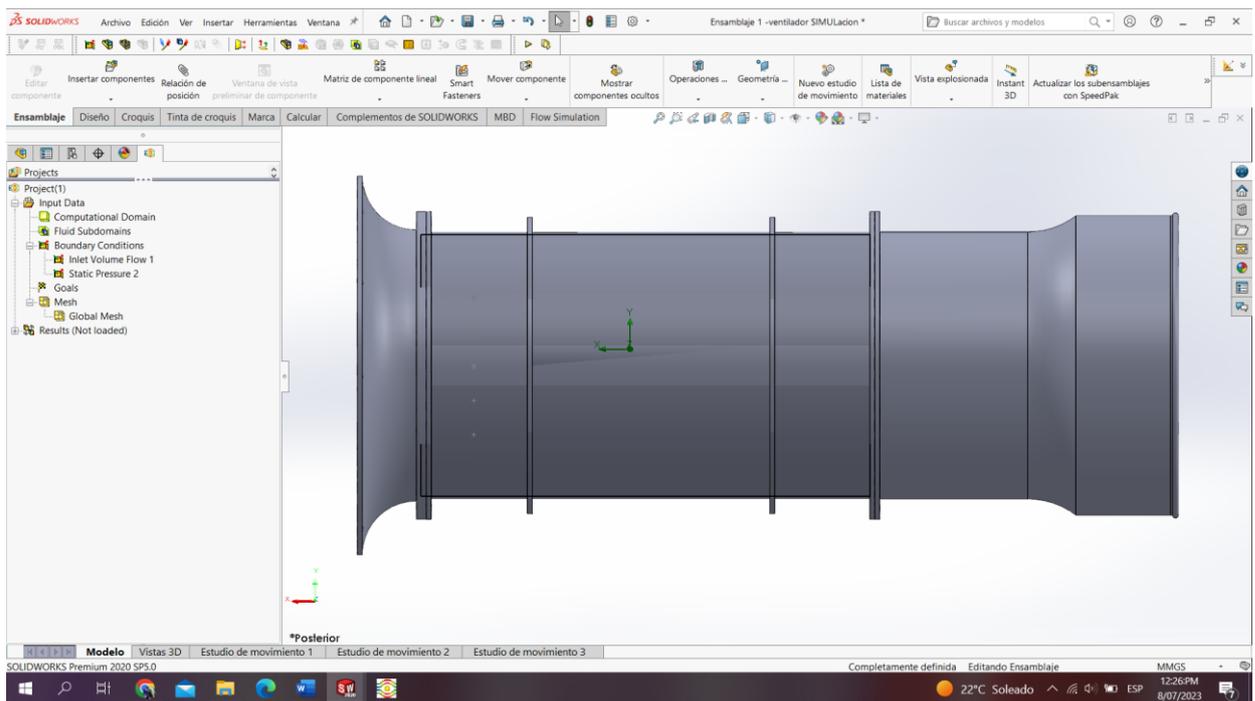


Figura 18: Dibujo de armadura en SolidWorks.

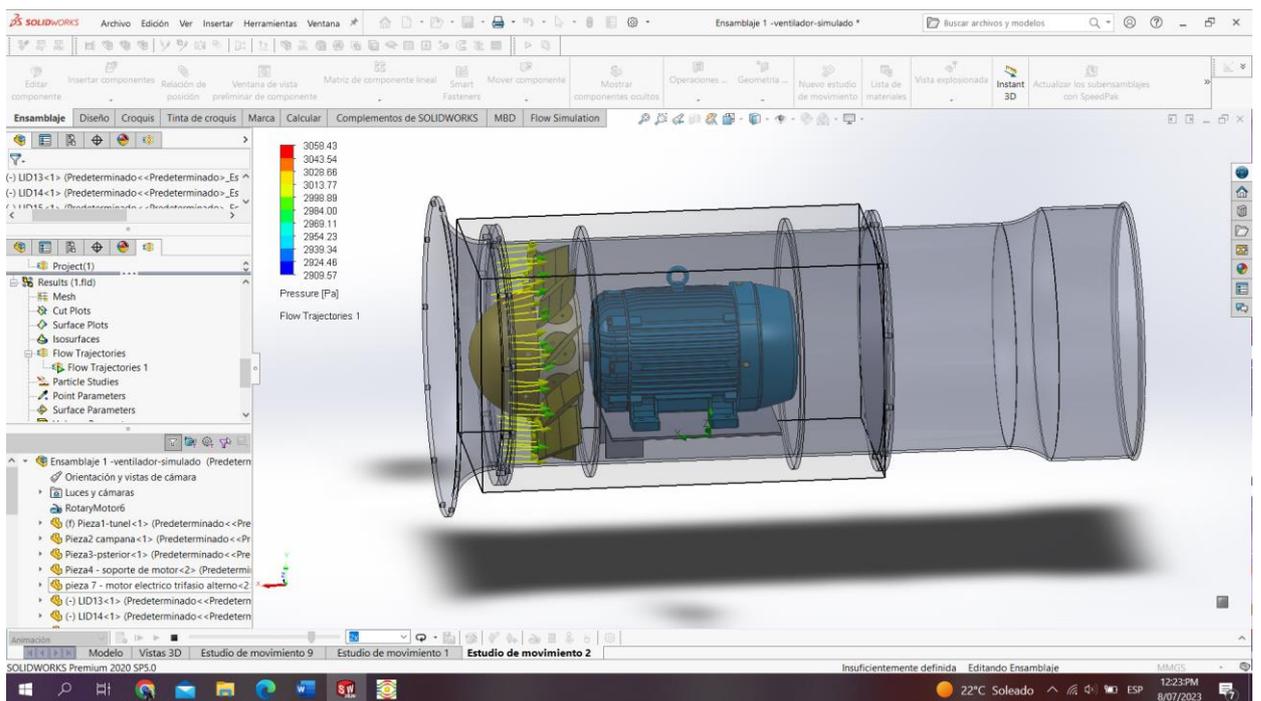
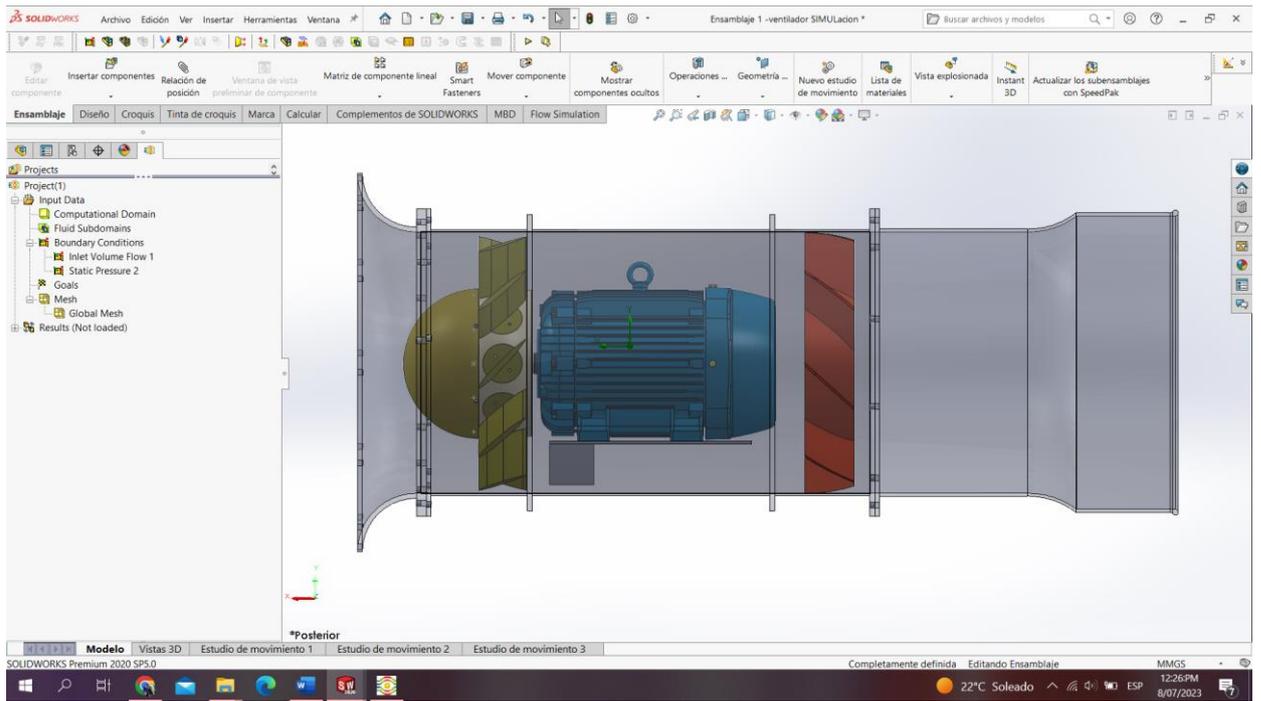


Figura 19: Ensamble de componentes de ventilador axial de 6000 CFM.

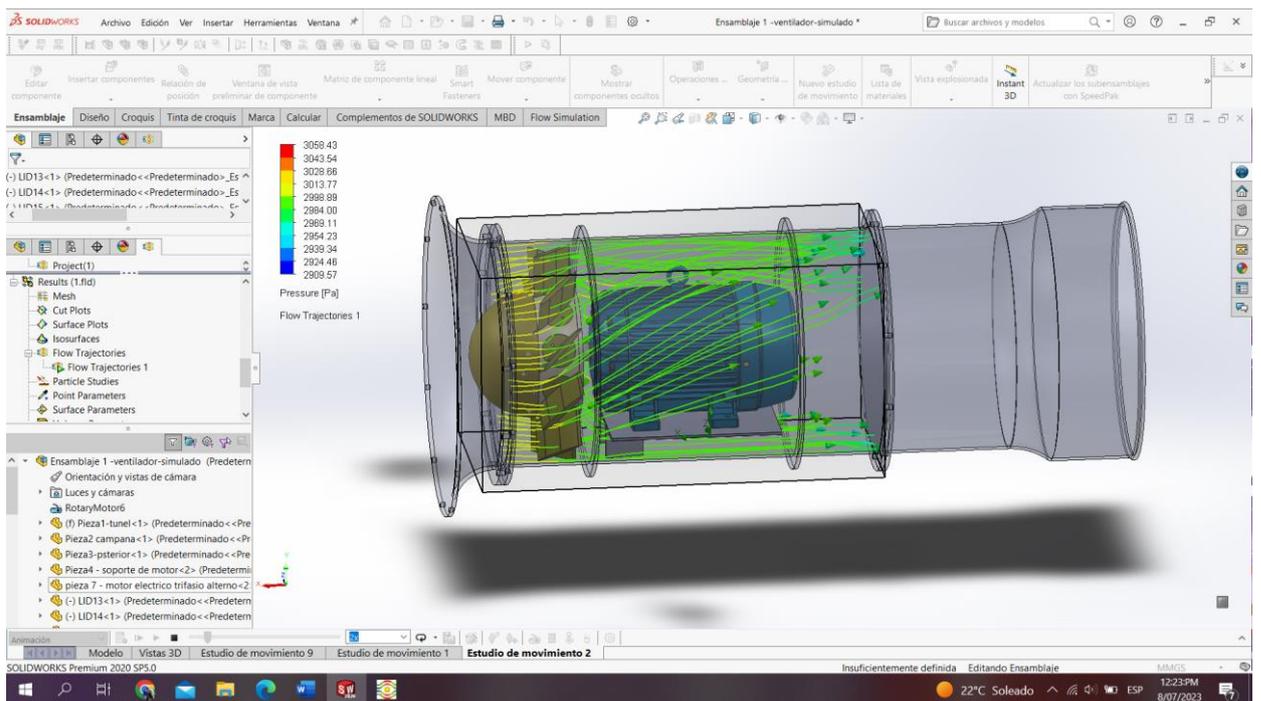
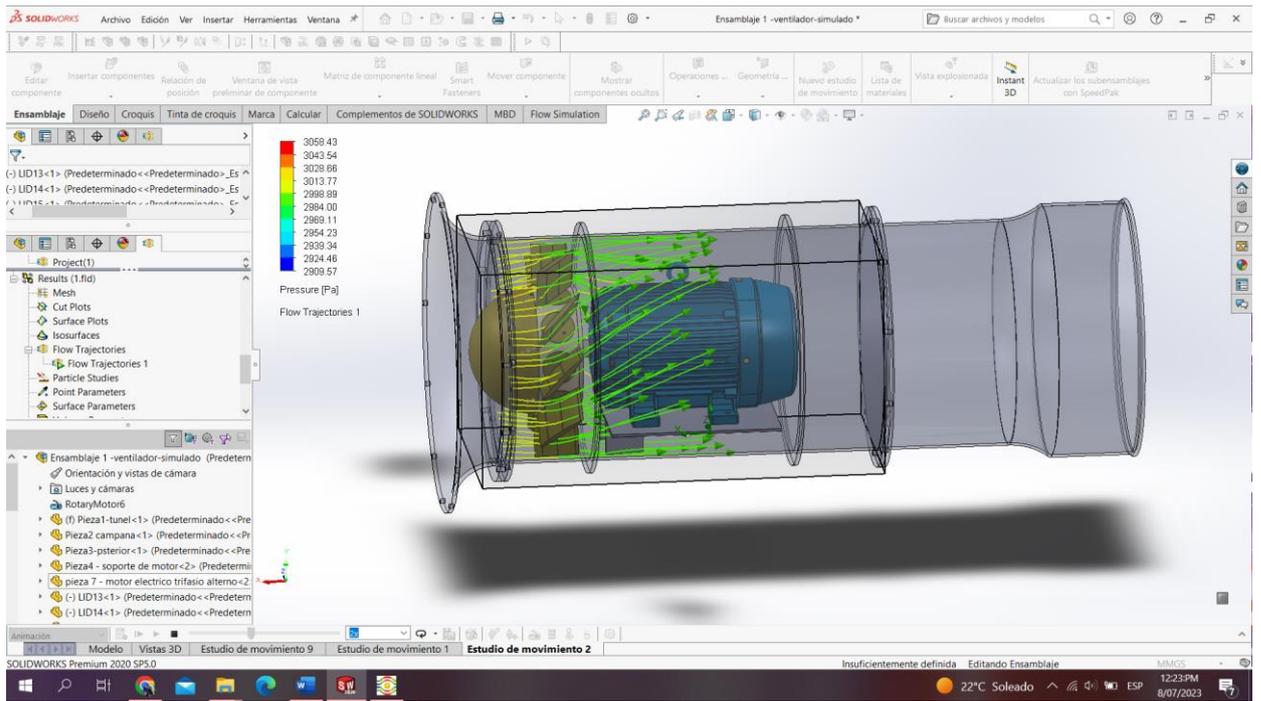


Figura 20: Simulación del caudal de aire en ventilador.

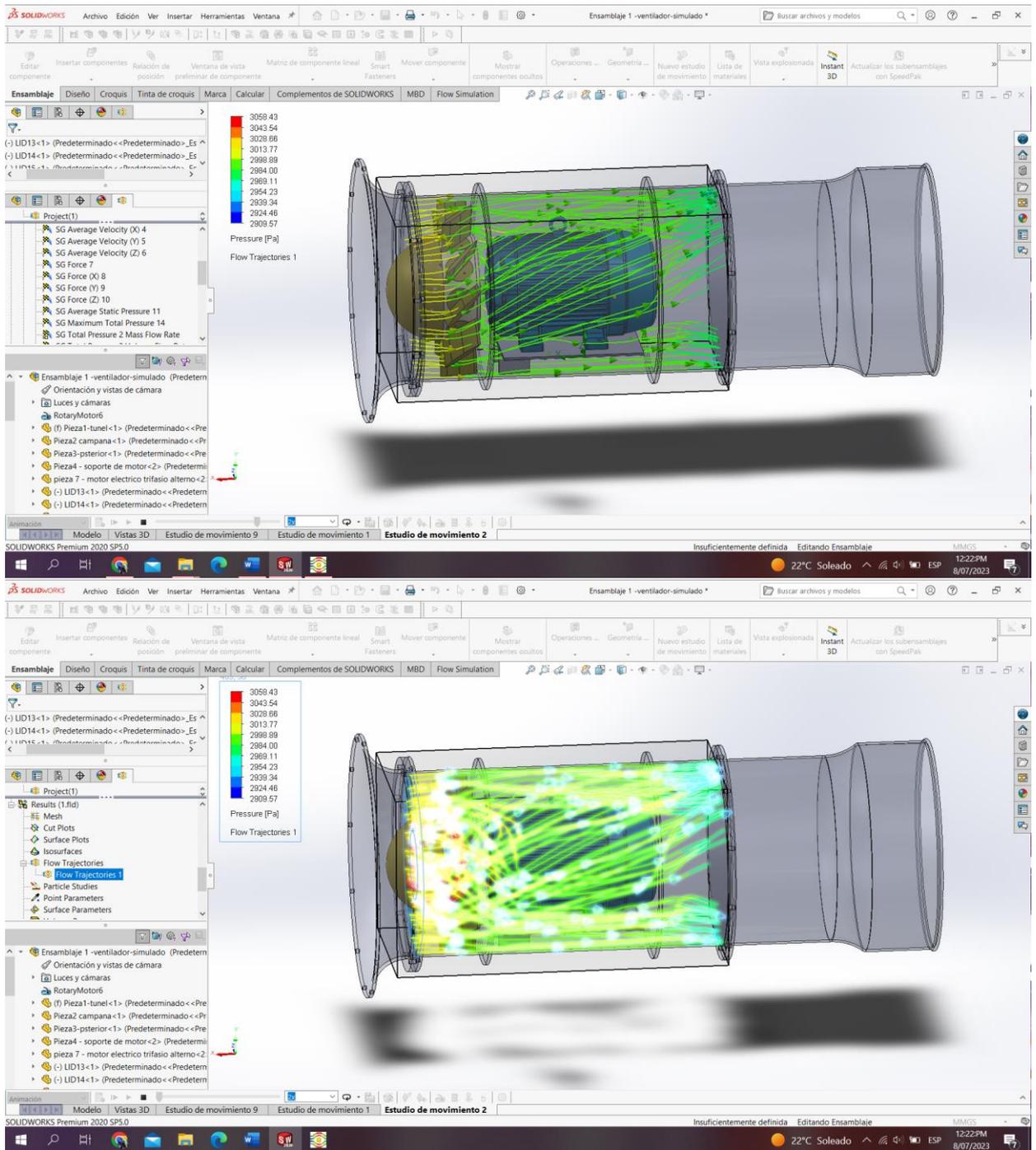


Figura 21: Simulación de la presión de aire.

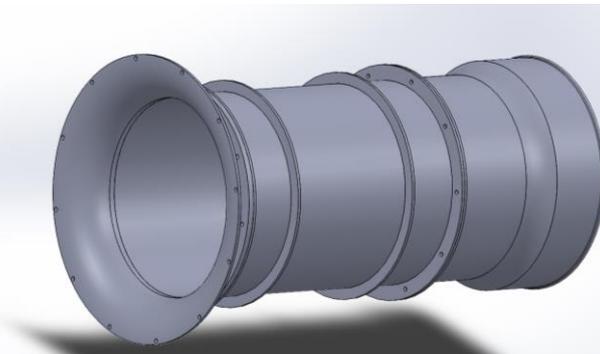
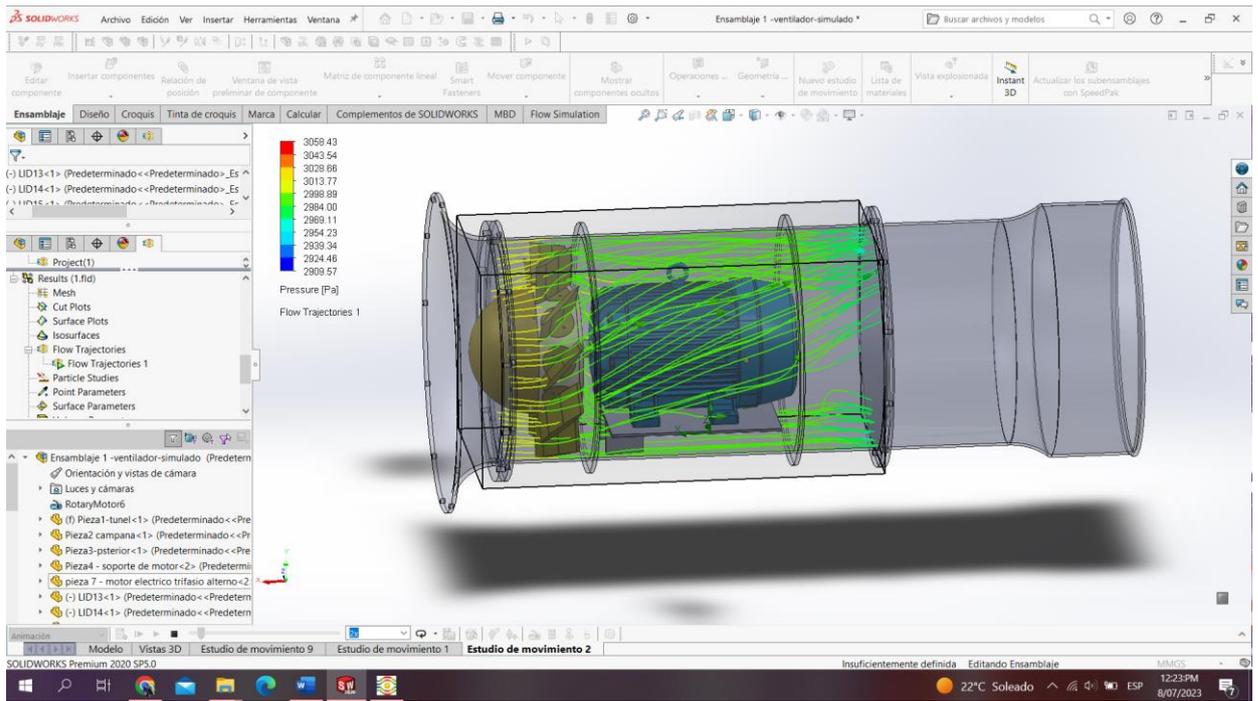


Figura 22: Ventilador fabricado y realización de pruebas físicas.

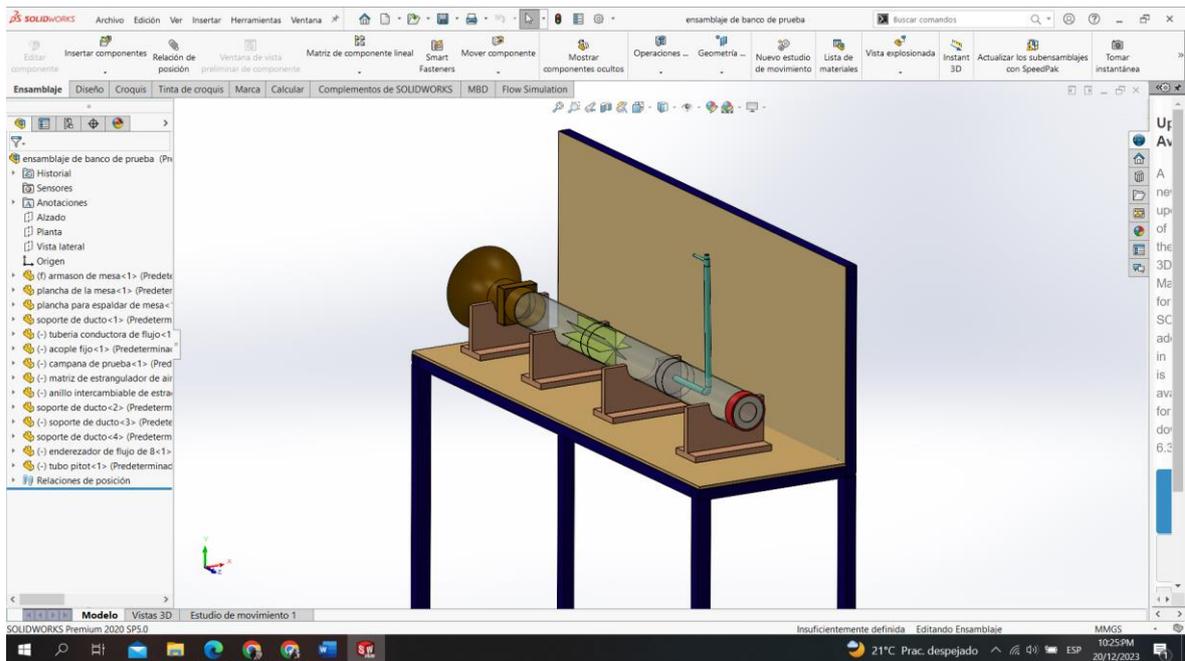
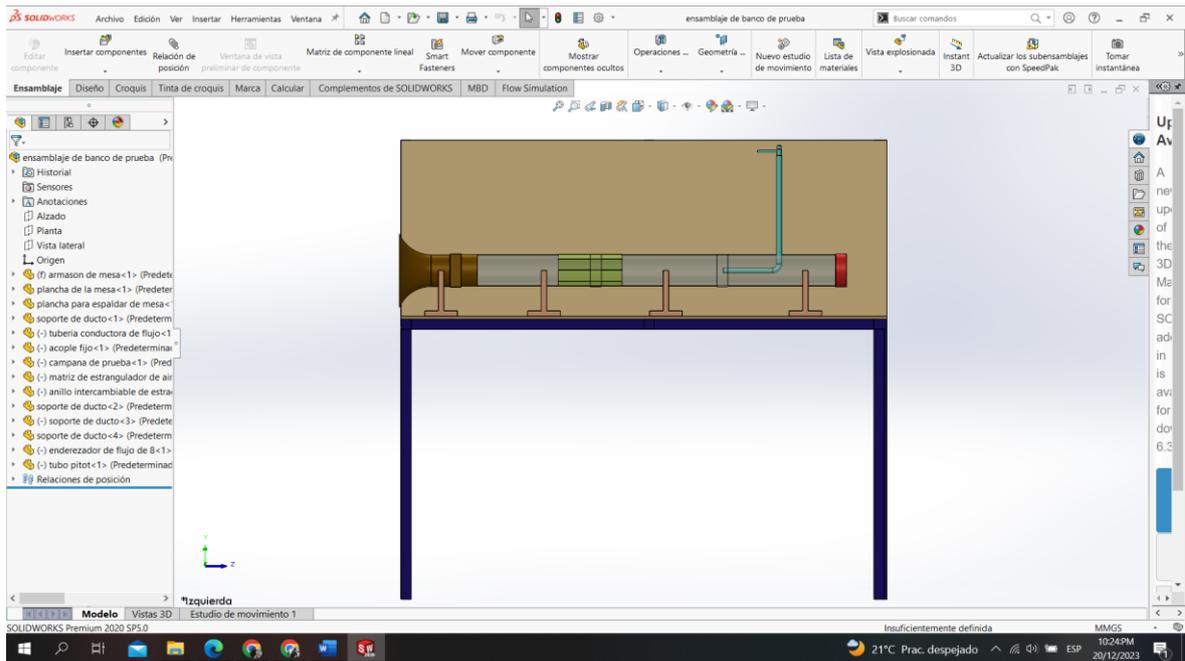


Figura 23: Diseño de banco de prueba para ventilador.