Universidad Autónoma Metropolitana
Casa abierta al tiempo Azcapotzalco

División de Ciencias Básicas e Ingeniería

Licenciatura en Ingeniería Mecánica

Diseño de un banco de pruebas para caracterizar ventiladores centrífugos

Proyecto Tecnológico

Primera versión
Trimestre 22-I

Aimé Carolina Báez García
2163033781
al2163033781@azc.uam.mx
Firma: _____

Asesor:
M. en C. Eduardo Campero Littlewood
Profesor Titular C
5318.9380
ecl@azc.uam.mx
Firma:
_____

Co-asesor:
Ing. Mauricio Cano Blanco
Profesor Asistente C
5318.9059
mcb@azc.uam.mx
Firma:
_____

19 Abril 2022. Ciudad de México

Declaratoria

En caso de que el Comité de Estudios de la Licenciatura en Ingeniería Mecánica apruebe la realización de la presente propuesta, otorgamos nuestra autorización para su publicación en la página de la División de Ciencias Básicas e Ingeniería.

Eduardo Campero Littlewood

Mauricio Cano Blanco

Aimé Carolina Báez García

Introducción

Los ventiladores son máquinas rotativas con la capacidad de mover gases mediante un ligero incremento de presión [1]. Estas máquinas tienen una gran presencia y demanda en el sector industrial, son necesarias para realizar una enorme cantidad de procesos y/o aplicaciones industriales, así como acondicionar el ambiente. Algunos sectores donde es necesario el uso de estas máquinas son los de la industria química, minera, automotriz, médica, agrícola y de construcción, por mencionar solo algunos. En todos estos sectores industriales deben existir sistemas de ventilación que permitan remover calor, humedad, gases y olores de recintos cerrados para garantizar un ambiente apropiado para los usuarios y los procesos.

Hoy en día, el mercado ofrece una amplia gama de ventiladores, que varía desde su tamaño, potencia y velocidad, hasta por el diseño de sus aspas. Estas turbomáquinas se clasifican en dos grupos principales: centrífugos y axiales, lo anterior de acuerdo con la trayectoria del flujo de aire que entra y sale por el ventilador. Los ventiladores centrífugos descargan al gas a seguir una trayectoria perpendicular a la dirección de la entrada de aire al equipo [2] figura 1.

Un parámetro de la práctica industrial que es vital conocer de estos equipos es la eficiencia, ya que por las condiciones de operación en las cuales se utilizan (períodos de largas horas e incluso días) se busca un equipo de gran eficiencia que permita trabajar de una forma más rentable y ahorrar tanto costos energéticos como de mantenimiento. La única forma de conocer la eficiencia de estas máquinas es mediante un ensayo en un banco de pruebas. En estos bancos se evalúa el desempeño de los ventiladores bajo diversas condiciones de operación (velocidad de giro, potencia de accionamiento, tamaño de impulsor, humedad del aire, estrangulación del aire en la descarga), que permiten determinar el comportamiento de esta turbomáquina.

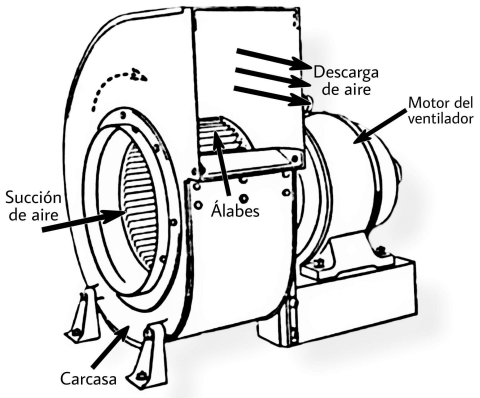

Figura 1.Trayectoría del gas a través de un ventilador centrífugo

Desde el punto de vista de un usuario, es importante conocer las condiciones mencionadas al momento de seleccionar un ventilador. Por otra parte, es de gran utilidad para los fabricantes o desarrolladores poder contar con bancos de pruebas que les permita caracterizar el funcionamiento de sus equipos. Por lo tanto, disponer de estos dispositivos en instituciones de educación superior enfocadas al área de ingeniería, puede ser de gran utilidad para que los estudiantes conozcan y puedan evaluar el funcionamiento de este tipo

de máquinas, lo anterior permitirá comparar los conocimientos teóricos con los resultados experimentales y facilitará su ingreso al sector industrial.

El banco de pruebas cuyo diseño se propone en este proyecto, servirá para caracterizar ventiladores centrífugos. Éste contará con la instrumentación necesaria para medir y/o calcular variables tales como: potencia, presiones, caudal, humedad y temperatura, entre otras. La información anterior, permitirá determinar las curvas características de un ventilador, las cuales se observan en la figura 2.

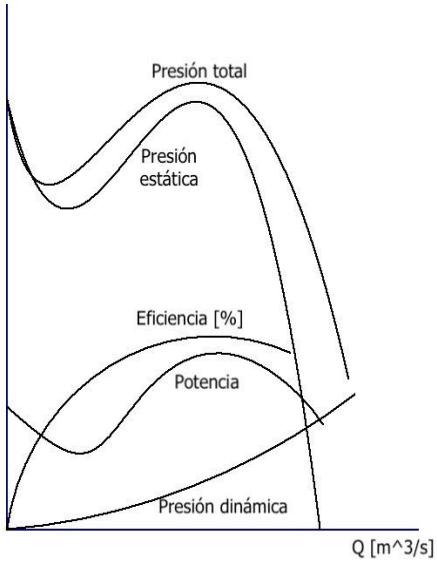

Figura 2. Las cinco curvas características que describen las capacidad de un ventilador

Antecedentes

Como antecedentes al proyecto que aquí se propone, se pueden mencionar los siguientes trabajos.

En 2006, Hugo J. Lozano estudiante de la Licenciatura en Ingeniería Mecánica Eléctrica de la UNAM, diseñó un banco de pruebas de cavitación donde se analizó y estudió dicho fenómeno, donde el fluido circulaba a lo largo del sistema en un circuito cerrado mediante un módulo independiente de alimentación. El objetivo principal de este proyecto fue diseñar un sistema donde se pudieran realizar pruebas de variación de presiones, capacidad de la bomba, medidas de par y empuje, entre otras [3].

En 2014, Jonathan Rodríguez estudiante de la Licenciatura en Ingeniería Mecatrónica de la UNAM, realizó el proyecto titulado “Diseño y construcción de un banco de pruebas para caracterización de motores eléctricos monofásicos”. Uno de los requerimientos de la tesis era considerar la posibilidad de trabajar con diferentes tipos de motores eléctricos, como motores de arranque por capacitor y motores trifásicos. Así mismo, el diseño cumplió con los lineamientos de la norma NOM-014-ENE-2004 que contiene indicaciones para estandarización de pruebas de eficiencia [4].

En 2015, Martín J. Pedroza estudiante de la Licenciatura en Ingeniería Mecatrónica de la UNAM, realizó el proyecto titulado “Diseño y construcción de un banco de pruebas para la caracterización de mecanismos de compresión”. Donde el banco de pruebas sirvió como herramienta en etapa inicial para desarrollar un prototipo de compresión que permitiera a la empresa Mabe conocer el funcionamiento de su propio compresor. Posteriormente se realizó una comparación con los mecanismos de compresión comercializados por otros fabricantes de talla mundial [5].

Los antecedentes con mayor relevancia a este proyecto están presentes en el Departamento de Energía de la UAM Azcapotzalco. El Laboratorio de Termofluidos, ubicado en el edificio O, dispone de diversos equipos para estudiar las propiedades físicas de los fluidos, así como el desempeño de máquinas y dispositivos que realizan trabajo o procesos sobre fluidos. En el laboratorio se dispone de dos bancos de pruebas para ventiladores, uno de ellos cuenta con un ventilador centrífugo de uso industrial y el otro con un pequeño ventilador axial de uso doméstico. Sin embargo, las condiciones actuales del banco de pruebas centrífugo (figura 3) son tales que tiene que ser reemplazado. Entonces, resulta conveniente proponer otro equipo de pruebas que, mediante un diseño cuidadoso y haciendo consideraciones físicas, así como de instrumentación en el equipo, haga posible desarrollar un banco de pruebas funcional. Esto, junto con los demás equipos y personal del Departamento de Energía (taller de manufactura, técnicos de taller, instrumentación), aportaría un mejor desempeño del trabajo de los estudiantes en prácticas de laboratorio y los resultados experimentales enriquecerían sus conocimientos.

Figura 3. Banco de pruebas con ventilador centrífugo en el Departamento de Energía de la UAM Azc.

Justificación

El nuevo diseño de un banco de pruebas podrá beneficiar directamente las actividades docentes y de investigación que se realizan en el Laboratorio de Termofluidos de la UAM-Azcapotzalco. Con el diseño detallado del banco de pruebas se podrá evaluar y considerar el presupuesto y la asignación de recursos para llevar a cabo su construcción y mantenimiento. En la construcción podrían participar alumnos de diversas licenciaturas supervisados por el

personal técnico del que dispone el Departamento de Energía. Esta modalidad de trabajo fomentaría el desarrollo de habilidades en los participantes.

El reporte de este trabajo podrá formar parte del material para llevar a cabo la elaboración de manuales y guías de prácticas con las cuales se imparte docencia dentro de las asignaturas a cargo del Departamento de Energía. De igual forma, el reporte contendrá referencias importantes respecto a las pruebas y normas bajo las cuales se debe realizar la caracterización de los ventiladores. También dispondrá de información detallada de la instrumentación con lo cual se podrá llevar a cabo la planeación y el diseño de experimentos. Actualmente, la mayoría de los equipos del laboratorio de Termofluidos carece de manuales de operación, mantenimiento, así como material de consulta relacionado.

Entre las asignaturas para las cuales este diseño y su construcción podrían aportar beneficios son:

- Mediciones en Ingeniería
- Laboratorio de Termofluidos I y II
- Taller de Termofluidos
- Laboratorio de hidráulica de tuberías
- Taller de Calefacción y Aire acondicionado
- Taller de procesos en Ingeniería Química

Adicional al trabajo docente, se podrían llegar a ofrecer los servicios de caracterización, a pequeñas y medianas empresas que diseñan prototipos de ventiladores. Como resultado, se podría fomentar la vinculación con el sector industrial así como el reconocimiento de la institución para proporcionar servicios tecnológicos.

Objetivos

Objetivo General

Diseñar un banco de pruebas para caracterizar ventiladores centrífugos no mayores a 5 hp.

Objetivos específicos

Seleccionar ventiladores centrífugos menores a 5 hp a partir de los cuales partirá el diseño del banco.
Dimensionar la estructura, la línea de succión y descarga del ventilador.
Diseñar el sistema de control y potencia del moto-ventilador.
Diseñar el sistema de instrumentación para el banco de pruebas.
Determinar el costo de fabricación del banco de pruebas.

Descripción técnica

Este proyecto propone el diseño de un banco de pruebas para caracterización de ventiladores centrífugos, donde el equipo será compatible con distintos ventiladores centrífugos comerciales impulsados por motores de 110 VCA o 220 VCA. Con base en los datos de los ventiladores seleccionados y la potencia del motor se definirá el tamaño del banco y de los

instrumentos de mediciones. El trabajo de diseño se llevará a cabo durante un trimestre atendiendo sucesivamente tres etapas tal como se muestran en el diagrama de la figura 4.

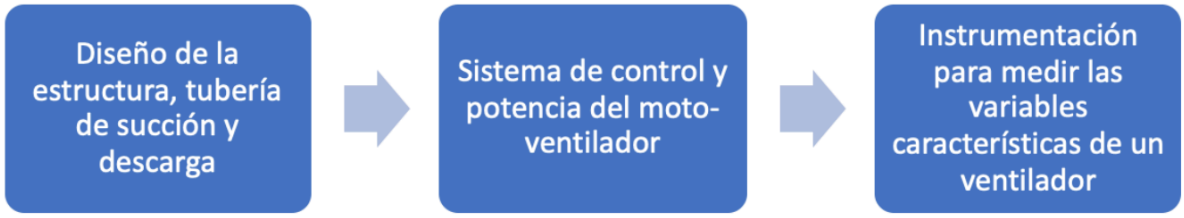

Figura 4. Diagrama de bloques para el diseño del sistema propuesto

Diseño de la estructura, tubería de succión y descarga

En primer lugar, el diseño de la estructura depende de la selección de los ventiladores centrífugos, cuyos datos precedentes para el diseño serán el caudal máximo, velocidad máxima y la potencia del motor. Una vez conocidos estos datos, se procederá con el diseño de la estructura, tubería de succión, descarga y dispositivos de estrangulamiento que permitan regular el flujo de aire al final del banco.

Sistema de control y potencia del moto-ventilador

Posteriormente, se seleccionarán los elementos que permitan regular la velocidad de giro del ventilador y del motor, mediante un controlador de voltaje y un multiplicador de velocidad entre el eje del motor y el eje de la máquina centrífuga. Para medir la potencia de accionamiento del motor se necesitará de un amperímetro y voltímetro o incluso de un medidor de potencia al freno.

Instrumentación para medir las variables características de un ventilador

Finalmente, en esta etapa del proyecto se elegirá la instrumentación que permita determinar las curvas características, las cuales son potencia, eficiencia, presión estática, presión dinámica y total en función del flujo de aire. De acuerdo con la norma AMCA 201-02 y AMCA 210-16, se determinará la ubicación correcta para instalar la instrumentación.

Se seleccionarán sondas que permitan sensar la presión estática, dinámica y total en dos puntos a lo largo del tubo de descarga. De igual forma se deberán seleccionar indicadores de presión sensibles al orden de magnitud para los flujos de aire. Entre otros instrumentos será necesario contar con equipo para determinar la temperatura y humedad del aire, así como la velocidad de giro del eje del motor.

Cronograma de actividades

UEA para la que se solicita autorización:

-Proyecto de Integración en Ingeniería Mecánica I.

Actividad Trimestre 22-P	**Semana**											
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**
1.Seleccionar los ventiladores centrífugos comerciales de los cuales se basará el diseño	**x**											
2. Diseñar la estructura, línea de succión y descarga del ventilador.		**x**	**x**	**x**								
3. Diseñar el sistema de control para el moto-ventilador.				**x**	**x**							
4. Seleccionar y diseñar la instrumentación.					**x**	**x**						
5. Elaborar mediante software CAD los dibujos de detalle del banco de pruebas							**x**	**x**				
6. Hacer una cotización del banco de pruebas									**x**	**x**		
7. Elaborar el reporte final	**x**	**x**	**x**	**x**	**x**	**x**	**x**	**x**	**x**	**x**	**x**	**x**

Normatividad

Se utilizarán las normas AMCA 201_02 y AMCA 210-16 que establece procedimientos estándar para realizar e informar sobre las pruebas de los ventiladores, incluidos los de tipo centrífugo, axial y de flujo mixto.[6;7]

Entregables

Listado de elementos a entregar al finalizar el proyecto propuesto:

- Reporte del proyecto de integración
- Dibujos de detalle del banco de pruebas propuesto
- Cotización del banco de pruebas

Referencias bibliográficas

[1] White FM, 2004, "Mecánica de fluidos", 5ª ed. McGraw-Hill Interamericana, p. 727.

[2] Jutglar L, 2005, "Bombas, Ventiladores y Compresores", 2ª ed. España: CEAC,. p. 25.

[3] Lozano AH, 2006, "Diseño y construcción de un banco de pruebas de cavitación", Tesis, Tesis, Universidad Nacional Autónoma de México.

[4] Rodríguez AJ, 2014, "Diseño y construcción de un banco de pruebas para caracterización de motores eléctricos monofásicos", Tesis, Universidad Nacional Autónoma de México.

[5] Jurado PM, 2015, "Diseño y construcción de un banco de pruebas para la caracterización de mecanismos de compresión", Tesis, Universidad Nacional Autónoma de México.

[6] AMCA, 2011. "Fans and Systems", AMCA 201_02 (R2011).

[7] AMCA, 2016. "Laboratory Methods of Testing Fans for Certified Aerodynamic Performance Rating", ANSI/AMCA Standard 210-16.

Terminología

No es necesaria

Infraestructura

No es necesaria

Asesoría complementaria

No es necesaria

Publicación o difusión de los resultados

No se tiene intención de publicar