



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INGENIERÍA.

ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL.

“Trabajo de grado previo a la obtención del Título de Ingeniero Industrial”

TRABAJO DE GRADUACIÓN

“CONSTRUCCIÓN DE UN VENTILADOR AXIAL”

AUTORES:

MIGUEL ÁNGEL RUÍZ FERNÁNDEZ.

MIGUEL ÁNGEL INCA PÉREZ.

DIRECTOR DE TESIS: Ing. Mario Cabrera.

RIOBAMBA-ECUADOR

2011.

PÁGINA DE REVISIÓN

Los miembros del Tribunal de Graduación del proyecto de investigación de título: CONSTRUCCIÓN DE UN VENTILADOR AXIAL, presentado por: Miguel Ángel Inca Pérez, y Miguel Ángel Ruíz Fernández, dirigida por: el Ing. Mario Cabrera.

Una vez escuchada la defensa oral y revisado el informe final del proyecto de investigación con fines de graduación escrito en la cual se ha constatado el cumplimiento de las observaciones realizadas, remite la presente para uso y custodia en la biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la UNACH.

Para constancia de lo expuesto firman:

Ing. Rodrigo Briones
Presidente

Ing. Mario Cabrera
Director

Ing. Edmundo Cabezas
Miembro

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La responsabilidad de este proyecto de graduación, nos corresponde exclusivamente a: Miguel Ángel Inca Pérez y Miguel Ángel Ruíz Fernández e Ing. Mario Cabrera director del proyecto; y el patrimonio intelectual de la misma a la Universidad Nacional de Chimborazo

AGRADECIMIENTO.

A Dios por la salud, la vida, el valor, y la oportunidad de podernos preparararnos en la Universidad Nacional de Chimborazo, de manera muy especial a nuestro docente, maestro y amigo el Ing. Mario Cabrera por ser nuestro Director de Tesis, al Ing. Rodrigo Briones por encaminarnos con valores, enseñanzas, por compartirnos sus experiencias, demostrarnos que frente a toda adversidad debemos perdonar y estar siempre unidos, y al Ing. Edmundo Cabezas por ser nuestro asesor del proyecto, por sus conocimientos en el campo ético y profesional.

Y todos los docentes de la Escuela de Ing. Industrial de la Universidad Nacional de Chimborazo quienes nos han apoyado incondicionalmente en toda nuestra carrera universitaria.

DEDICATORIA

**“ESFUÉRZATE Y SE MUY VALIENTE
NO TEMAS NI NUNCA DESMAYES
PORQUE EL SEÑOR TÚ DIOS ESTARÁ
DONDE QUIERAS QUE TÚ VAYAS”.**

JOSUÉ 1:9

Quiero dedicar este trabajo a mi Creador, a mis padres Miguel Antonio Inca, y Zoila Rosa Pérez, a mis hermanos y a mis hermosos sobrinos quienes han sido los que me han impulsado a culminar este trabajo.

Y a una mujer maravillosa quien ha cambiado toda mi perspectiva de vivir y me ha acompañado en este largo trajinar de la vida universitaria a la Dra. La Sta. Rina Rodas mi más bello y único amor.

Miguel Ángel Inca Pérez.

DEDICATORIA

“NO ES MÁS SABIO AQUEL QUE SABE MUCHAS COSAS SINO AQUEL QUE HACE MUCHAS COSAS CON LO POCO QUE SABE”.

Quiero dedicar este trabajo a Dios por estar siempre conmigo en todo momento, a mis padres personas muy queridos que los amo y los respeto mucho como son: Alejandrina Fernández y Fausto Alfonso Ruíz, Betsabe Dayanara Ruíz, quienes me enseñaron el camino del bien, la paciencia, el amor por las cosas que uno realiza, mis hermanas y a todas las personas que me supieron ayudar brindándome el apoyo necesario para culminar con mi carrera.

Miguel Ángel Ruíz Fernández

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Fig. 1 Palas curvas hacia adelante	10
Fig. 2 Palas radiales	11
Fig. 3 Palas inclinadas hacia atrás	11
Fig. 4 Palas aerodinámicas	12
Fig. 5 Punta radial.	12
Fig. 6 Tipo hélice	14
Fig. 7 Tipo aspa axial	14
Fig. 8 Ventiladores helicoidales	15
Fig. 9 Ventiladores tubulares	15
Fig.10 Ventiladores turbo axiales con directrices	15
Fig.11 Ventiladores axiales con directrices	16
Fig.12 Tipo propulsor o de pared	17
Fig.13 Tipo turbo – axial	17
Fig.14 Tipo vane – axial	18
Fig.15 Curva soplante, exhaustor.	20
Fig.16 Curvas características del ventilador axial	22
Fig.17 Palas del ventilador axial	23
Fig.18 Motor eléctrico trifásico	28
Fig.19 Partes del motor eléctrico.	28
Fig.20 Sistema de transmisión Banda-Polea.	30
Fig.21 Transmisión simple Banda-Polea	31
Fig.22 Anemómetro	33
Fig.23 Variador de frecuencia	35
Fig.24 Termómetro digital	37
Fig.25 Fluctuaciones de temperatura.	38
Fig.26 Ambientes calurosos.	42
Fig.27 Temperaturas abatidas	43
Fig.28 Aislamiento térmico	43
Fig.29 Ventilación y aspiración	44

Fig.30. Álabes a diferentes Ángulos	58
Fig.31. Álabe en un ángulo de 30°	65
Fig.32. Diagrama de frecuencia vs Rpm observados en la práctica	68
Fig.33. Diagrama de caudal vs Rpm observados en la práctica	69
Fig.34. Diagrama de frecuencia vs Rpm observados en la práctica	70
Fig.35. Diagrama de caudal vs Rpm observados en la práctica	70
Fig.36. Diagrama de frecuencia vs Rpm observados en la práctica	71
Fig.37. Diagrama de caudal vs Rpm observados en la práctica	72
Fig.38. Diagrama de frecuencia vs Rpm observados en la práctica	73
Fig.39. Diagrama de caudal de succión vs Rpm observados en la práctica	73
Fig.40. Caudal de descarga vs Rpm observados en la práctica	74
Fig.41. Diagrama de frecuencia vs Rpm observados en la práctica	75
Fig.42. Diagrama de caudal vs Rpm observados en la práctica	76
Fig.43. Diagrama de frecuencia vs Rpm observados en la práctica	77
Fig.44. Diagrama de Caudal vs Rpm observados en la práctica	77
Fig.45. Diagrama de frecuencia vs Rpm observados en la práctica	78
Fig.46. Diagrama de caudal vs Rpm observados en la práctica	79
Fig.47. Diagrama de frecuencia vs Rpm observados en la práctica	80
Fig.48. Diagrama de caudal vs Rpm observados en la práctica	80
Fig.49. Curvas características en un ángulo de 30°	85
Fig.50. Curva característica	85
Fig.51. Datos técnicos del ventilador	86
Fig.52. Especificación técnica	86
Fig.53. Porcentaje del nivel sonoro del ventilador en un ángulo de 30°	87
Fig.54. Demostración de la conexión del programa EDIBON.	96
Fig.55. Instalación del software en sus diferentes fases.	97
Fig.56. Caja-interfaz de adquisición de datos.	97
Fig.57. Diagrama simplificado del sistema EDIBON.	98
Fig.58. Programación del software.	98
Fig.59. Interfaz de comunicación profesor-alumno.	99

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla. 1. Temperaturas confortables	39
Tabla. 2. Operacionalización de variables	47
Tabla. 3. Recurso físico	53
Tabla. 4. Recursos financieros	54
Tabla. 5. Costo del proyecto	54
Tabla. 6. Diferentes ángulos de los álabes	56
Tabla. 7. Resultados del ángulo de los álabes.	64
Tabla. 8. Resultados del ángulo de los álabes.	60
Tabla. 9. Resultados del ángulo de los álabes.	61
Tabla.10. Resultados del ángulo de los álabes.	61
Tabla.11. Resultados del ángulo de los álabes.	61
Tabla.12. Resultados del ángulo de los álabes.	62
Tabla.13. Resultados del ángulo de los álabes.	62
Tabla.14. Resultados del ángulo de los álabes.	62
Tabla.15. Diferentes ángulos del ventilador de sus álabes.	64
Tabla.16. Resultados del ventilador en un ángulo de 20°	68
Tabla.17. Resultados del ventilador en un ángulo de 25°	69
Tabla.18. Resultados del ventilador en un ángulo de 30°	71
Tabla.19. Resultados del ventilador en un ángulo de 32.5°	72
Tabla.20. Resultados del ventilador en un ángulo de 35°	75
Tabla.21. Resultados del ventilador en un ángulo de 37.5°	76
Tabla.22. Resultados del ventilador en un ángulo de 40°	78
Tabla.23. Resultados del ventilador en un ángulo de 45°	79
Tabla.24. Resultados de los alabes en un ángulo de 30° que es el más eficiente.	81
Tabla.25. Valores del número de Reynolds.	82
Tabla.26. Costo total del sistema EDIBON. Propuesto.	102

RESUMEN

Los estudiantes y docentes que utilizan el laboratorio de Operaciones Unitarias tienen la necesidad de conocer, experimentar y maniobrar todos y cada uno de las máquinas ahí existentes; motivo por el cual, y palpando la gran importancia de los sistemas de ventilación en la industria, nos hemos visto en la necesidad de construir un ventilador axial.

El equipo permite el estudio del proceso de ventilación, esto se logra por un rotor de cinco alabes móviles, solidario a un eje propulsor movido por un motor trifásico que impulsa aire en una trayectoria recta, con salida de flujo helicoidal. Con el propósito de que los estudiantes obtengan habilidades y destrezas en la manipulación de este aparato y que se sumerjan directamente en los procesos productivos de la industria.

El ventilador axial está compuesto de una base móvil, un tablero de mando, un variador de frecuencia que varía de velocidad, conducto de succión y salida de aire, con ayuda de un anemómetro podemos medir la velocidad, una carcasa con alabes móviles en diferentes ángulos que nos permitirá realizar las curvas características, y poder determinar la eficiencia del ventilador eso implica que se puede seleccionar la mejor posición de los alabes móviles de acuerdo al tipo de trabajo en el cual se va a desempeñar esta máquina.

En las prácticas de laboratorio se realizó con los ocho ángulos móviles de este ventilador, en el cual se encuentran los cuadros de las curvas características, sus gráficos respectivos de cada práctica; esto servirá como guía de los estudiantes y docentes de la facultad.

Al terminar esta investigación se propone la automatización del ventilador axial utilizando el sistema EDIBON, el cual servirá para la interrelación en el aprendizaje profesor-alumno al momento de realizar las prácticas.

SUMMARY.

Students and teachers who use the Unit Operations Laboratory have the need to know, to experience and handling each of the existing machine there for, this reason, and feeling the great importance of ventilation systems in the industry we have seen the need to build an axial fan.

The equipment allows the study of the ventilation process this is achieved by a five-blade rotor phones, integral with a drive shaft driven by a three phase motor that drives air in a straight line with helical outflow. In order to give to the student skill acquisition and skills in handling of the equipment and they are involved directly in the production processes of the industry.

The axial fan is composed of a mobile base, a control panel, a frequency that varies speed, suction tubing and air outlet, with the help of an anemometer can measure speed, a housing with blades moving at different angles allowing us to make the characteristic curves, and to determine the efficiency of the fan that means you can select the best position of the moving blades according to the type of work which is going to development this machine.

In the labs was conducted with eight mobile angles of this fan, in which are tables of the characteristic curves, their respective graphics of each practice, this will serve as a guide for students and teachers of the faculty.

Upon completion of this research proposes the axial fan automation, using EDIBON system, which will serve to interrelate the teacher student learning when making practices.

INTRODUCCIÓN

Los ventiladores se utilizan para producir corrientes de aire que se manipulan para neutralizar y eliminar la presencia de calor, polvo, humo, gases, condensaciones, olores, etc., también se los ocupa en secadores, torres de enfriamiento, ayuda a la combustión en hornos, transportación, o ventilación en los lugares de trabajo, que puedan resultar nocivos para la salud de los trabajadores. Muchas de estas partículas disueltas en la atmósfera no pueden ser evacuadas al exterior porque pueden dañar el medio ambiente.

En esos casos surge la necesidad, de reciclar estas partículas para disminuir las emisiones nocivas al exterior, o en su caso, proceder a su recuperación para reincorporarlas al proceso productivo. Ello se consigue mediante un equipo adecuado de captación y filtración. Según sean las partículas, sus componentes y las cantidades generadas exigen soluciones técnicas específicas.

Los sistemas de ventilación industrial pueden ser:

Ventilación estática o natural: mediante la colocación de extractores estáticos (ventiladores axiales) situados en las cubiertas de las plantas industriales aprovechan el aire exterior para ventilar el interior de las naves industriales y funcionan por el efecto Venturi (Principio de Bernoulli).

Ventilación dinámica o forzada: se produce mediante ventiladores extractores colocados en lugares estratégicos de las cubiertas de las plantas industriales.

Cuando la concentración de un agente nocivo en el ambiente del puesto de trabajo supere el valor límite ambiental los trabajadores tienen que utilizar los equipos de protección individual adecuados para proteger las vías respiratorias.

Entre las funciones básicas para las máquinas como instalaciones o procesos industriales, la ventilación permite controlar el calor, la transportación neumática de productos, la toxicidad del aire o el riesgo potencial de explosión.

La FACULTAD DE INGENIERIA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO, actualmente está ubicada en la Provincia de Chimborazo, cantón Riobamba, **Campus Norte “Ms. Edison Riera R.”**; Avda. Antonio José de Sucre, Km 1 ½ vía a Guano, siendo una Institución líder en la educación superior, ha visto la necesidad de seguir implementando su laboratorio de Operaciones Unitarias, para que los alumnos al contar con un ventilador AXIAL en un laboratorio, dotado con todos los elementos necesarios, adecuados, y óptimos, la Facultad de Ingeniería podrá facilitar la comprensión y entendimiento de ciertas cátedras como Operaciones Unitarias, Mantenimiento Industrial, Procesos Industriales, Seguridad e Higiene Ocupacional (climas confortables) etc., con lo cual los estudiantes de Ingeniería Industrial, Agroindustrial y Ambiental podrán ser lo directos beneficiados de este Equipo.

CAPÍTULO I

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

1. GENERALIDADES

1.1 PROBLEMATIZACIÓN

1.1.1 SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

Tomando en cuenta que en la mayoría de procesos industriales intervienen sistemas de ventilación, enfriamiento, y ambientes confortables se hace prescindible conocer su funcionamiento, desempeño, y aplicación en el sector industrial, de ahí que esta investigación se propone a construir un ventilador axial para implementarlo en el laboratorio de Operaciones Unitarias, para familiarizarse y seguir desarrollando aptitudes relacionados con su desempeño, y trabajo, así como con los elementos que dispone y los parámetros respectivos para su función destinada a cumplir.

1.1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

El contar con un ventilador AXIAL en un laboratorio, dotado con todos los elementos necesarios, adecuados, y óptimos con los cuales no cuenta al momento la Facultad de Ingeniería, podrá facilitar la comprensión y entendimiento de ciertas cátedras como Operaciones Unitarias, Mantenimiento Industrial, Procesos Industriales etc., con lo cual los estudiantes de Ingeniería Industrial, Agroindustrial y Ambiental podrán ser lo directos beneficiados de este Equipo al realizar prácticas de laboratorio

Los sistemas de ventilación sirven para eliminar el calor, la humedad, vapores, polución y olores acumulados en el interior del local o nave, gracias a su elevada capacidad de extracción. Restablece los niveles necesarios de oxígeno proporcionando unas condiciones ambientales confortables para el trabajo,

incidiendo notablemente en el rendimiento de los trabajadores, aumentando la productividad.

Por estas razones y por no generar costos de operación y mantenimiento, el ventilador axial, se constituye en la mejor y más económica opción en ventilación industrial.

- Extraen humos, gases, vapores, polvillo, humedad, olores, renovando el aire ambiental interior. Su diseño optimizado permite un ahorro total, por lo que no requiere de mantenimiento en: lubricación, corrosión, ruido, goteras y pintura.
- Renueva constantemente el aire interior de su ambiente las 24 horas al día
- Reduce carga térmica generada por el proceso productivo.
- Eleva los índices de control térmico: equilibra las temperaturas: interna/externa (a la sombra). Reduce la polución suspendida en el aire. Reduce la humedad interior de su ambiente. Restablece los niveles de oxígeno proporcionando un ambiente más saludable. Elimina los olores acumulados en el interior del local o nave.
- Genera un ambiente agradable que propicia un mayor índice de productividad.
- Proporciona un ambiente más benigno para la conservación de los elementos estructurales de la edificación y el almacenamiento de mercancías.
- Contribuye a la reducción del consumo de energía eléctrica en Aires Acondicionados ubicados en las naves industriales.
- Ayuda a preservar la buena salud de las personas que laboran en donde se instalan.
- Representa una excelente relación costo / beneficio.

1.1.3 UBICACIÓN DEL SECTOR

El presente proyecto de graduación, se divide en dos etapas de ejecución como son:

- Construcción.
- Ensayos.

La construcción del equipo lo realizamos en SIMEC Equipos industriales, y el mismo que se encuentra ubicado en la Ciudad de Riobamba, complejo la panadería, avenida circunvalación entre Carabobo y Juan Montalvo. Aquí realizamos la parte del ensamble y la colocación de accesorios que contiene el ventilador axial. Una vez ensamblado y verificado el correcto funcionamiento trasladamos el equipo a realizar los respectivos ensayos.

Los ensayos se realizaron en el laboratorio de Maquinaria Eléctrica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Chimborazo, ubicada en la ciudad de Riobamba en el Kilometro 1 ½ vía a Guano Campus Edison Riera Rodríguez.

1.1.4 JUSTIFICACIÓN.

La construcción de este ventilador axial, es el tema fundamental de este estudio así como equipos para la ventilación, la trayectoria de sustancias volátiles, ventilación de industrias, potencia necesaria y manuales para el manejo de equipos prácticos en la utilización de los laboratorios.

La cátedra de Operaciones Unitarias exige un fundamento teórico, el cual está sustentado en los libros y enciclopedias existentes, pero evidentemente se requiere que también tenga una base y fundamento práctico el cual debería darse en el laboratorio, la industria ha ido evolucionando con los avances técnicos y científicos de ahí nace la necesidad y causa de capacitar a los estudiantes con métodos prácticos, palpables y con los conocimientos de la maquinaria utilizada en la industria.

La causa esencial de este estudio es la falta de implementación de este equipo en el laboratorio de Operaciones Unitarias, para las competencias adquiridas en la capacitación de los estudiantes al momento de desarrollarse profesionalmente.

Los ventiladores en la industria ecuatoriana son utilizados en más de un (60%) de los procesos, por lo que hemos visto la necesidad de construir un ventilador axial e implementar este equipo fundamental en el campo profesional y de futuro desarrollo de la investigación.

1.1.5- OBJETIVOS.

1.1.5.1 GENERAL.

Construir un ventilador axial para la implementación del laboratorio de operaciones unitarias de la Facultad de Ingeniería.

1.1.5.2. ESPECÍFICOS:

- Realizar un estudio de las diferentes variables que intervienen en el proceso de construcción del ventilador AXIAL.
- Seleccionar los equipos y materiales necesarios para la construcción del ventilador AXIAL para su ensamble correspondiente de todos sus elementos.
- Desarrollar habilidades y destrezas en el manejo del equipo detección de fallas, manejo de instrumentos y mantenimiento del ventilador AXIAL.
- Realizar pruebas con el equipo ya construido y calibrar ciertos desperfectos.
- Realizar las curvas características correspondientes a los ángulos de los álabes móviles.
- Efectuar guías de laboratorio para que los estudiantes se puedan desenvolverse durante sus prácticas.
- Elaborar manuales de laboratorio, operación, mantenimiento y uso del ventilador AXIAL.
- Precisar el ángulo de trabajo y desempeño más eficiente del ventilador.

1.5.- LIMITACIONES.

Para el diseño y construcción de este ventilador se requiere una gran cantidad de tiempo y recursos económicos básicamente, de ahí que se ha planificado para su desarrollo seis meses, tiempo en el cual estamos seguros de sobrellevar dichas limitaciones satisfactoriamente

1.6. MARCO TEÓRICO

1.6.1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

1.6.1.1. INTRODUCCIÓN VENTILACIÓN

Se denomina **ventilación** al acto de mover o dirigir el movimiento del aire para un determinado propósito.

La ventilación se refiere al conjunto de tecnologías que se utilizan para neutralizar y eliminar la presencia de calor, polvo, humo, gases, condensaciones, olores, etc. en los lugares de trabajo, que puedan resultar nocivos para la salud de los trabajadores. Muchas de estas partículas disueltas en la atmósfera no pueden ser evacuadas al exterior porque pueden dañar el medio ambiente.

En esos casos surge la necesidad, de reciclar estas partículas para disminuir las emisiones nocivas al exterior, o en su caso, proceder a su recuperación para reincorporarlas al proceso productivo. Ello se consigue mediante un equipo adecuado de captación y filtración. Según sean las partículas, sus componentes y las cantidades generadas exigen soluciones técnicas específicas.

Los sistemas de ventilación industrial pueden ser:

Ventilación estática o natural: mediante la colocación de extractores estáticos (ventiladores axiales) situados en las cubiertas de las plantas industriales aprovechan el aire exterior para ventilar el interior de las naves industriales y funcionan por el efecto Venturi (Principio de Bernoulli).

Ventilación dinámica o forzada: se produce mediante ventiladores extractores colocados en lugares estratégicos de las cubiertas de las plantas industriales. Cuando la concentración de un agente nocivo en el ambiente del puesto de trabajo supere el valor límite ambiental los trabajadores tienen que utilizar los equipos de protección individual adecuados para proteger las vías respiratorias.

Entre las funciones básicas para las máquinas como instalaciones o procesos industriales, la ventilación permite controlar el calor, la transportación neumática de productos, la toxicidad del aire o el riesgo potencial de explosión.

Un ventilador es una turbo máquina que se caracteriza porque el fluido impulsado es un gas (fluido compresible) al que transfiere una potencia con un determinado rendimiento.

A pesar de que no existe convenio alguno universalmente adoptado; los ventiladores pueden subdividirse en cuatro grupos:

1. ventiladores de baja presión: hasta una presión del orden 200 Mm. c agua (ventiladores propiamente dichos).
2. ventiladores de media presión: entre 200 y 800 Mm. c agua (soplantes)
3. ventiladores de alta presión: entre 800 y 2500 Mm. c agua (turbo axiales)

4. ventiladores de muy alta presión, mayor a 2500 Mm. c agua (turbocompresores)¹

1.6.1.2. CLASIFICACIÓN DE LOS VENTILADORES DE ACUERDO A LA DIRECCIÓN DEL FLUJO.

Los ventiladores pueden ser del tipo centrífugo y radial.

1.6.1.2.1. VENTILADORES CENTRÍFUGOS.

Este tipo de ventilador pueden ser de baja, media, y de alta presión; la embocadura de entrada es una tobera de perfil aerodinámico con lo cual se puede reducir las pérdidas. Se llama ventiladores centrífugos a las máquinas para el mezclado de gases puros con materiales sólidos menudos que poseen un grado de elevación de la presión no mayor de 1.15 Pascales. Con la densidad de 1.2 Kg/m^3 .

El índice característicos de los ventiladores centrífugos es la elevación de presión a cuenta del trabajo de, la fuerza centrífuga que se desplazo en la rueda de trabajo hacia la periferie.

Al elevar insignificamente la presión del gas se puede despreciar la variación de su estado termodinámico. Por esta razón a ese tipo de ventilador se les puede aplicar la teoría de la máquina para el medio incomprensible.

Los ventiladores centrífugos están ampliamente divulgados en la industria, la economía para la ventilación de los edificios, la aspiración de sustancias nocivas en los procesos tecnológicos, en las instalaciones termo energéticas, en suministro de aire a la caja de fuego de las calderas, el mezclado de combustible, y la aspiración de los gases.

¹ <http://casiva.com/funcionamiento-tipo> de ventiladores

1.6.1.2.2 CLASIFICACIÓN DE LOS VENTILADORES CENTRÍFUGOS DE ACUERDO A LA FORMA DE ÁLABES.

Se clasifican en:

a) Palas curvas hacia adelante.-

Las palas son pequeñas y curvadas en la dirección de rotación. Son ventiladores de baja velocidad para el volumen de aire que maneja.

APLICACIÓN.

Normalmente para bajas presiones, ventilación y aire acondicionado en unidades centrales y de paquete.

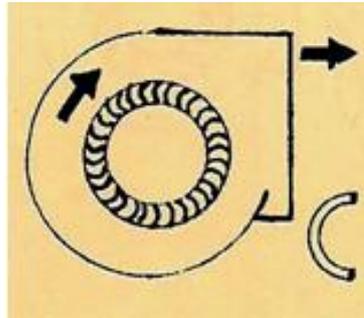


Fig.1 Palas curvas hacia adelante

b) Palas radiales.-

Las palas están perpendiculares a la dirección de rotación, pueden o no tener cubiertas laterales. Son ventiladores de velocidad media para los volúmenes de aire que maneja.

APLICACIÓN.

Las palas radiales se diseñaron para el manejo de materiales, son robustas y fáciles de reparar en el campo. Se utilizan en aplicaciones industriales que demanda alta presión. (Ver fig. 2)

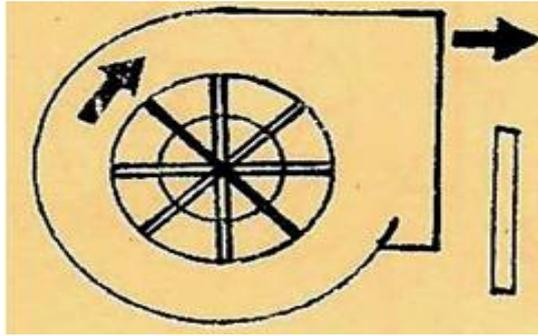


Fig.2 Palas radiales

c) Palas inclinadas hacia atrás.-

Las palas en el rotor son planas y están acostadas en la dirección opuesta a la rotación estos ventiladores operan a velocidades relativamente altas para el volumen de aire que manejan. Es más eficiente que los anteriormente listados.

APLICACIÓN.

En sistemas de aire, ventilación y calefacción, también es utilizado en muchas aplicaciones industriales donde uno de diseño aerodinámico puede estar sujeto a erosión por bajas cargas contaminantes.

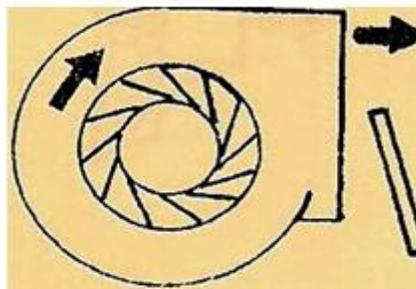


Fig.3 Palas inclinadas hacia atrás

d) Palas aerodinámicas.-

Aunque no es un tipo básico, corresponde a una variación significativa del diseño de paletas inclinadas hacia atrás. (Ver fig. 4)

Desarrolla las mejores eficiencias y opera a velocidades un poco mayores que el diseño anterior.

APLICACIÓN.

Normalmente utilizado en sistemas grandes de aire acondicionado y ventilación.

Aplicaciones industriales donde se manejan atmósferas limpias. En construcciones especiales pueden manejar gases erosivos.

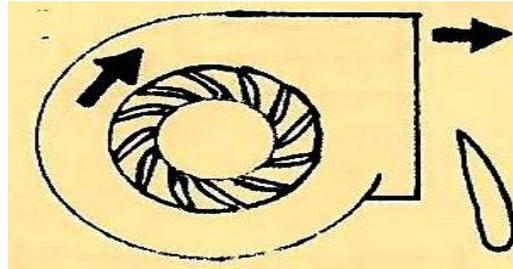


Fig.4 Palas aerodinámicas

e) Punta radial.

Se obtiene buen rendimiento en aplicaciones con transportación neumática (el aire puede estar limpio, polvoso, con astillas de madera.), extracción de gases. Su principal característica es obtener altas presiones, altas velocidades y capacidades más o menos bajas y las aspas tienden a realizar auto limpieza.

APLICACIÓN.

Este diseño se adapta a situaciones sucias y corrosivas. Es más eficiente que el ventilador de palas radiales.

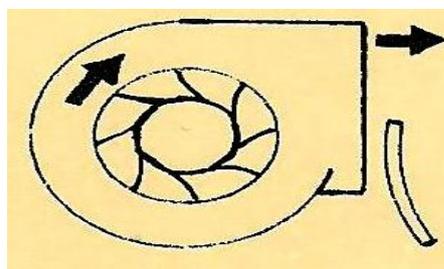


Fig.5 Punta radial.

1.7. VENTILADORES AXIALES

El rendimiento es elevado porque consta de un número determinado de aletas ($n=50\%$), de que consta el rodete, dichos aletas son diseñadas como perfil de avión.

En una máquina axial la transmisión de energía del árbol al flujo sucede con ayuda de la rueda de trabajo o rotor, que consta de aletas fijadas sobre el cubo. Dado que la rueda de la máquina, al girar se mantiene en dirección axial, y las aletas de la misma están fijadas bajo un ángulo determinado al plano de giro, la rueda desplaza al gas a lo largo del eje.

APLICACIÓN.

Los ventiladores axiales son excelentes para aplicaciones de gran volumen en que los niveles de ruido son de importancia secundaria por lo tanto son aplicables en instalaciones industriales; son ventiladores de alta velocidad y requieren de aletas directrices para obtener buenos rendimientos.

La técnica de ventilación impone diversas exigencias a los ventiladores, por lo que se necesitan muchos tipos de ellos. Hay que diferenciar entre dos tipos constructivos básicos: Ventiladores radiales y ventiladores axiales.

En los ventiladores axiales el aire fluye a través del ventilador en dirección axial. Estos ventiladores transportan cantidades grandes de aire (caudales) con pequeños aumentos de presión.

1.7.1. TIPOS DE VENTILADORES AXIALES

Existen tres tipos básicos de ventiladores axiales: Helicoidales, tubulares y tubulares con directrices.

Los ventiladores **tipo hélice** el rotor normalmente tiene dos o más aspas dentro de una carcasa sencilla. Eficiencia y presiones bajas, sus aplicaciones son de alto volumen y para presión como circulación de aire a través de una pared.

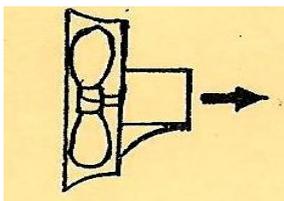


Fig.6 Tipo hélice

Los ventiladores **tipo aspa axial**, es el más eficiente de los axiales utiliza en la carcasa aspas enderezadoras del flujo que mejoran su eficiencia y presión, su aplicación en sistemas de ventilación y aire acondicionado. Utilizado extensamente en aplicaciones industriales.



Fig.7 Tipo aspa axial

Los **ventiladores helicoidales** se emplean para mover aire con poca pérdida de carga, y su aplicación más común es la ventilación general. Se construyen con dos tipos de álabes: álabes de disco para ventiladores sin ningún conducto; y alabes estrechas para ventiladores que deban vencer resistencias bajas (menos de 25 Mm. c d a). Sus prestaciones están muy influenciadas por la resistencia al flujo del aire y un pequeño incremento de la presión provoca una reducción importante del caudal. (ver fig. 8)



Fig.8 Ventiladores helicoidales

Los **ventiladores tubulares** disponen de una hélice de álabes estrechos de sección constante o con perfil aerodinámico (ala portante) montada en una carcasa cilíndrica. Generalmente no disponen de ningún mecanismo para ende rezar el flujo de aire. Los ventiladores tubulares pueden mover aire venciendo resistencias moderadas (menos de 50 mm.)



Fig.9 Ventiladores tubulares

Los **ventiladores turbo axiales con directrices** tienen una hélice de álabes con perfil aerodinámico (ala portante) montado en una carcasa cilíndrica que normalmente dispone de aletas enderezadoras del flujo de aire en el lado de impulsión de la hélice. En comparación con los otros tipos de ventiladores axiales, éstos tienen un rendimiento superior y pueden desarrollar presiones superiores (hasta 600 mm.cda).



Fig.10 ventiladores turbo axiales con directrices

Las directrices (compuertas) tienen la misión de hacer desaparecer la rotación existente o adquirida por el fluido en la instalación, a la entrada del rodete o tras su paso por el mismo. Estas directrices pueden colocarse a la entrada o a la salida del rodete, incluso las hay fijas ó removibles.



Fig.11 ventiladores axiales con directrices

1.7.2. VENTILADORES AXIALES INDUSTRIALES

Los ventiladores axiales son apropiados para la extracción de aire en general, gases y vapores, o para la inyección de aire en recintos tales como salas de cine, tiendas, almacenes, establos, etc.

También se emplean para disipar el calor producido por equipos que requieran constante refrigeración, como motores y transformadores de potencia.

Los ventiladores axiales están compuestos básicamente de un rotor de dos a 13 paletas, solidario a un eje propulsor movido por un motor que impulsa aire en una trayectoria recta, con salida de flujo helicoidal. Existen 3 tipos básicos de estos ventiladores que son:

- a) **TIPO PROPULSOR O DE PARED:** Que es el típico ventilador para bodegas industriales, de baja presión estática (0,5 a 1,5 pulg. de columna de agua) con caudales variables según su diámetro. . (ver fig. 12)

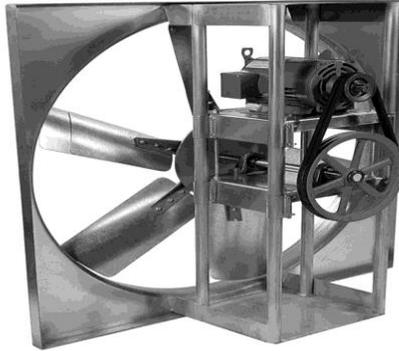


Fig.12 Tipo propulsor o de pared

- b) **TIPO TURBO – AXIAL:** Es aquel que tiene su rotor y motor dentro de una carcasa cilíndrica, lo que incrementa su capacidad y presión estática hasta valores de 6 pulg. Columna de agua, apropiada para ser conectados a ductos, campanas, torres de enfriamiento, y para operar en serie.



Fig.13 Tipo turbo – axial

- c) **TIPO VANE – AXIAL:** Es similar al anterior, pero además posee un juego de paletas guías fijas a la carcasa (vanes, venas) que le permite obtener una más alta presión estática de trabajo (de 6 a 13 ó más pulgadas de agua en casos de diseños especiales)² . (Ver fig. 14)

² [http:// Coin Blower.ventiladores industriales](http://Coin Blower.ventiladores industriales).



Fig.14 Tipo vane – axial

1.7.3. EXTRACCIÓN DE AIRE

Cuando se extrae aire de un local cerrado, se crea un vacío. Este vacío provoca la entrada de aire fresco por las aberturas naturales del mismo (ventanas y puertas).

En caso de que el local esté cerrado por completo y haya que renovar el aire frecuentemente, se hacen necesarias aberturas adicionales.

La velocidad de aire entrante no deberá sobrepasar 1 m/s. En caso de locales grandes, es preferible el uso de varios ventiladores, porque una ventilación completa solamente existe cuando todo el aire del local es uniformemente removido.

La extracción de aire se usa especialmente en lugares con concentraciones de gases, vapores y malos olores que no deban salir a locales vecinos.

1.7.3.1. INYECCIÓN DE AIRE.

En un local cerrado, el ventilador que introduce aire desde el exterior genera una leve sobrepresión y obliga al aire del local a salir por las aberturas naturales del mismo.

Si el volumen de aire a renovar es grande, habrá que practicar aberturas adicionales para la salida del aire.

La ventaja de esta modalidad de ventilación es poder limpiar el aire entrante por medio de filtros, o también acondicionarlo por medio de dispositivos adicionales.

1.7.3.2. COMBINACIÓN DE SISTEMAS.

Una combinación de sistemas de extracción e inyección de aire es recomendable en los locales que requieran un elevado número de renovaciones de aire, o cuando se desee un flujo de éste en una dirección determinada.

1.7.3.3. INSTALACIONES DE EXTRACCIÓN DE IMPUREZAS DEL AIRE.

Son adecuadas para locales o fábricas donde se generan vapores o polvo.

Aparte de la ventilación del local, la extracción de impurezas debe ser hecha lo más cerca posible del lugar donde se generan, por medio de un ventilador que, combinado con un sistema de campana y recolector, transporte las impurezas y las deposite (si es el caso) en lugares seguros (colectores).

Dependiendo de las condiciones físicas y geométricas del local, es aconsejable instalar dos o más ventiladores uniformemente distribuidos, con lo cual se obtiene una ventilación más eficiente del recinto.

Ya que el motor está dispuesto en el trayecto de flujo de aire, se recomienda utilizarlo en temperaturas inferiores a 40° C., en la misma forma, para aplicaciones con humedad relativa alta del medio a transportar, se recomienda hacer protección

1.8. PRESIÓN ESTÁTICA, DINÁMICA Y TOTAL DE UN VENTILADOR

Un ventilador puede trabajar de tres formas distintas, a) Como soplante, aspirando gas a la presión atmosférica y comprimiéndolo a mayor presión b)

Como exhaustor, aspirando gas a una presión inferior a la atmosférica y comprimiéndole hasta la presión atmosférica c) Como soplante y como exhaustor al mismo tiempo En los tres casos la altura efectiva H, así como la altura dinámica, estática y el caudal Q desarrollado por el ventilador en condiciones de rendimiento óptimo son idénticos; pero al variar la densidad en cada caso, las presiones estáticas, dinámicas y totales son distintas. (Ver fig.15)

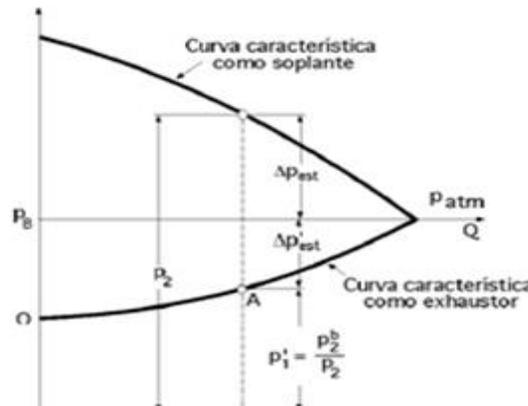


Fig.15 Curva soplante, exhaustor.

Esto se ha de tener presente en el trazado de las curvas características, ya que, como hemos dicho, en los ventiladores no se suelen utilizar como variables las alturas, sino las presiones.

Conocido un punto cualquiera de la característica del ventilador trabajando, por ejemplo, como soplante, es si hallar el punto correspondiente de la misma trabajando como exhaustor.

1.9. MAGNITUDES CARACTERÍSTICAS Y CONCEPTOS FUNDAMENTALES

Los ventiladores se emplean para producir presiones pequeñas y medias, pero los volúmenes impulsados pueden ser muy grandes. Suelen llamarse soplantes cuando la presión excede de unos 1500 ml. De columna de agua, pero no hay ningún acuerdo establecido ni en cuanto a denominaciones ni en lo que se refiere a los valores límites de presión.

Los funcionamientos básicos que caracterizan del aire son:

1.9.1. Caudal: Es el volumen de gas impulsado en la mitad de tiempo y se mide habitualmente en m^3/min . El caudal que circula por un conducto y la velocidad de circulación están ligadas por la expresión:

$Q = v \times s$, donde Q es el caudal en m^3/hora , v es la velocidad del aire en m/seg , y s, es el área de la sección del conducto en m^2 .

1.9.2. Presión Estática: Es la presión que circula en una tubería que ejerce según el sentido horizontal a la pared de la tubería. Es la que medirá un manómetro que se desplaza con la corriente de gas, ósea la presión del gas en la boca de la salida del ventilador independientemente del estado de su movimiento.

1.9.3. Presión Dinámica: Es la presión equivalente a la energía cinética que posee un gas al desplazarse de un punto a otro. Es la presión procedente del movimiento del gas.

1.9.4. Presión Total: Es la suma de la presión estática y la presión dinámica.

1.9.5. Rendimiento: Es la potencia utilizable producida por el ventilador dividida por la potencia absorbida, es decir, por los Kw consumidos.

1.10. DESCRIPCIÓN Y CURVAS DE OPERACIÓN.

La curva característica de los ventiladores axiales, donde se incluye los valores de presión estática, presión total, potencia requerida, eficiencia mecánica y presión de velocidad de la descarga.

Más abajo se han incluido curvas típicas de los tres tipos de ventiladores axiales, a modo de comparación.³ . (Ver fig. 16)

³ <http://www.tecnoeduca.com/curvas-características.com>

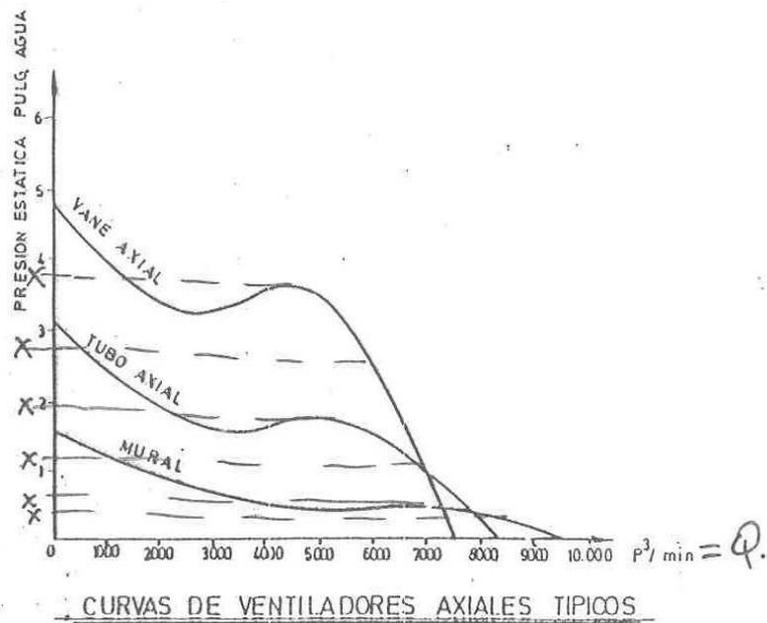
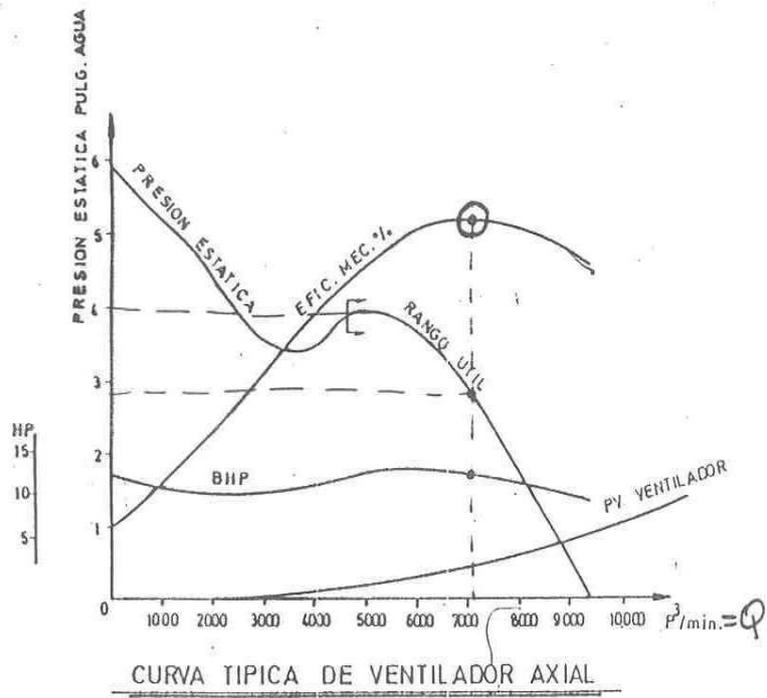


Fig.16 Curvas características del ventilador axial

1.11. PRINCIPIO DE OPERACIÓN

Un ejemplo corriente de ventilador axial es el típico ventilador de sobremesa. La denominación "axial" deriva del hecho de que el aire que pasa a través del ventilador no cambia de dirección y fluye en paralelo al eje del ventilador. Los ventiladores axiales suelen emplearse cuando los requisitos de flujo son elevados y la necesidad de presión es baja.

Las palas de un ventilador axial funcionan de una forma similar a las alas de un avión. No obstante, mientras en las alas la fuerza de sustentación actúa hacia arriba, levantándolas y soportando el peso del avión, un ventilador axial está en una posición fija y hace que el aire se mueva.

Las palas de los ventiladores axiales suelen ser aerodinámicas en la sección transversal. Pueden tener una posición fija o rotar alrededor de su eje longitudinal. El ángulo de las palas respecto al flujo de aire, también llamado paso, puede ser fijo o ajustable. El cambio del paso o ángulo de las palas es una de las principales ventajas de un ventilador axial. Un ángulo de paso reducido generará un flujo reducido, y el incremento del paso conllevará un flujo mayor.

Los ventiladores axiales más sofisticados pueden cambiar de paso estando en funcionamiento, de forma similar al rotor de un helicóptero, lo que les permite alterar el flujo en consonancia. Por eso se les denomina ventiladores axiales de paso variable.



Fig.17 Palas del ventilador axial

La presión de operación es la suma de la presión total y la presión velocidad del gas a la salida del ventilador. Las tablas de operación de ventiladores, generalmente se encuentra referidas únicamente a la presión estática; importante tener presente esta consideración cuando se realiza la selección de un ventilador.

La presión total de un ventilador se define como:

$$P_{TV} = P_{Total\ Salida} - P_{Total\ Entrada} \quad (1)$$

Donde:

$$P_{TV} = \text{Presión total del ventilador} \quad (2)$$

La presión de operación de un ventilador se define entonces por la expresión:

$$P_{EV} = P_{TV} - P_{SALIDA} \quad (3)$$

Donde:

P_{EV} = Presión estática del ventilador o presión de operación.

Sustituyendo la ecuación de P_T que se encuentra en la introducción se tiene:

$$P_{EV} = (P_E + P_V)_{SALIDA} - (P_E + P_V)_{ENTRADA} - P_{V\ SALIDA} \quad (4)$$

Simplificando términos se obtiene la ecuación final:

$$P_E = P_{E\ SALIDA} - P_{E\ ENTRADA} - P_{V\ ENTRADA} \quad (5)$$

Las anteriores presiones se determinan experimentalmente y se debe tener especial cuidado en los signos ya que por lo general $P_{E\ SALIDA}$ es generalmente positiva, $P_{E\ ENTRADA}$ es generalmente negativa y la P_V es siempre positiva.

La cabeza o presión del ventilador expresa como:

$$H = \frac{P_{EV}}{\rho_{gas}} \quad (6)$$

Donde:

H=Cabeza del ventilador en (m)

La cabeza del ventilador se relaciona con la potencia suministrada al fluido por la expresión:

$$HP = m \cdot H \quad (7)$$

Donde:

HP=Potencia del ventilador o energía suministrada al fluido.

m=Gasto másico.

H=Cabeza del ventilador.

La eficiencia de la mayoría de los equipos para mover fluidos se determina por:

$$\eta = \frac{HP}{BHP} \quad (8)$$

Donde:

η = es la eficiencia del equipo

BHP= es la potencia al frenado (energía suministrada al equipo).⁴

1.12. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Los ventiladores axiales con elevado caudal de aire son especialmente aptos para ser instalados sobre paredes o ductos, en cualquier posición axial. Para su

⁴ <http://www.premac-inc.com/pdfs/publicaciones/Ventilacion/manualventiladores>.

montaje debe tenerse en cuenta la función deseada: extracción o inyección, ya que el aire debe circular en dirección de las aspas al motor, para lo cual el sentido de giro del motor debe ser hacia la derecha. Un cambio en el sentido de rotación reduce en un 35% el caudal nominal de aire.

Su ejecución mecánica se basa en una tobera cilíndrica en lámina de acero (laminado en frío) con dos recubrimientos de pintura, una anticorrosiva, en casos de humedad, y otra de acabado color gris. El motor se fija por medio de cuatro soportes equidistantes, un extremo apoyado sobre una abrazadera alrededor de este y el otro al cilindro del ventilador. La rueda de aletas plásticas, en polipropileno de alta resistencia o, bajo pedido, en fundición de aluminio, se fija directamente al eje del motor, no siendo necesaria una brida especial.

Los valores de caudal de aire se basan en una sobrepresión estática equivalente a 0 N/m^2 y en un medio a transportar con peso específico de 1.23 Kp/m , correspondiente al aire a una temperatura de 15° C . y 76 mm . Columna de mercurio.

1.12.1 MOTORES Y GENERADORES ELÉCTRICOS

Son un grupo de aparatos que se utilizan para convertir la energía mecánica en eléctrica, o a la inversa, con medios electromagnéticos. A una máquina que convierte la energía mecánica en eléctrica se le denomina generador, alternador o dínamo, y a una máquina que convierte la energía eléctrica en mecánica se le denomina motor.

Dos principios físicos relacionados entre sí sirven de base al funcionamiento de los generadores y de los motores. El primero es el principio de la inducción descubierto por el científico e inventor británico Michael Faraday en 1831. Si un conductor se mueve a través de un campo magnético, o si está situado en las proximidades de un circuito de conducción fijo cuya intensidad puede variar, se establece o se induce una corriente en el conductor. El principio opuesto a

éste fue observado en 1820 por el físico francés André Marie Ampere. Si una corriente pasaba a través de un conductor dentro de un campo magnético, éste ejercía una fuerza mecánica sobre el conductor.

La máquina dinamoeléctrica más sencilla es la dinamo de disco desarrollada por Faraday, que consiste en un disco de cobre que se monta de tal forma que la parte del disco que se encuentra entre el centro y el borde quede situada entre los polos de un imán de herradura. Cuando el disco gira, se induce una corriente entre el centro del disco y su borde debido a la acción del campo del imán.

El disco puede fabricarse para funcionar como un motor mediante la aplicación de un voltaje entre el borde y el centro del disco, lo que hace que el disco gire gracias a la fuerza producida por la reacción magnética.

El campo magnético de un imán permanente es lo suficientemente fuerte como para hacer funcionar una sola dinamo pequeña o motor. Por ello, los electroimanes se emplean en máquinas grandes. Tanto los motores como los generadores tienen dos unidades básicas: el campo magnético, que es el electroimán con sus bobinas, y la armadura, que es la estructura que sostiene los conductores que cortan el campo magnético y transporta la corriente inducida en un generador, o la corriente de excitación en el caso del motor. La armadura es por lo general un núcleo de hierro dulce laminado, alrededor del cual se enrollan en bobinas los cables conductores.

1.12.2. MOTORES ELÉCTRICOS

Los motores eléctricos son máquinas eléctricas rotatorias que transforman la energía eléctrica en energía mecánica. Debido a sus múltiples ventajas, entre las que cabe citar su economía, limpieza, comodidad y seguridad de funcionamiento, el motor eléctrico ha reemplazado en gran parte a otras fuentes de energía, tanto en la industria como en el transporte, las minas, el comercio, o el hogar.

Los motores eléctricos satisfacen una amplia gama de necesidades de servicio, desde arrancar, acelerar, mover, o frenar, hasta sostener y detener una carga. Estos motores se fabrican en potencias que varían desde una pequeña fracción de caballo hasta varios miles, y con una amplia variedad de velocidades, que pueden ser fijas, ajustables o variables. (Ver fig. 18-19)



Fig.18.- Motor eléctrico trifásico

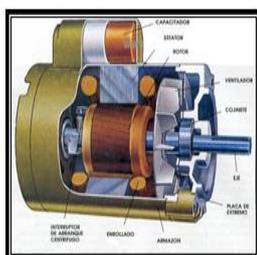


Fig. 19 Partes del motor electrico.

1.12.3. TIPOS DE MOTORES

Se clasifican en dos grandes grupos, según el tipo de red eléctrica a la que se encuentren conectadas. Así, se tienen:

- Motores eléctricos de corriente alterna.
- Motores eléctricos de corriente continua; (normal y paso a paso).

A su vez, en las máquinas de corriente alterna la generación del campo magnético excitador se puede llevar a cabo:

- Mediante corriente alterna, en las máquinas asíncronas.
- Por medio de corriente continua, en las máquinas síncronas.

Debido a su reversibilidad, estos tipos de máquinas eléctricas rotativas pueden funcionar:

- Como motores, transformando la energía eléctrica en energía mecánica.
- Como generadores, transformando la energía mecánica en eléctrica.⁵

1.12.4. MECANISMOS DE TRANSMISIÓN.

- Un mecanismo es un dispositivo que transforma el movimiento producido por un elemento motriz en un movimiento deseado en la salida. La transformación de la fuerza y el movimiento producido, generalmente por un motor, se suele realizar mediante cadenas cinemáticas, que son sistemas de elementos mecánicos convenientemente conectados entre sí para transmitir potencia mecánica del elemento motriz a la carga propiamente dicha.
- Estos elementos mecánicos, a su vez, suelen ir montados sobre los llamados ejes de transmisión, que son piezas cilíndricas sobre las cuales se colocan los mecanismos de transmisión correspondientes y que serán los encargados de transmitir el movimiento de una parte a otra del sistema.
- Entre los mecanismos de transmisión más importantes empleados en la transmisión de potencia mecánica a través de cadenas cinemáticas, podemos destacar: sistemas de poleas y correas, sistemas de ruedas de fricción, sistemas de engranajes, sistemas de ruedas dentadas y cadenas, sistemas de tornillo sinfín y rueda helicoidal, sistemas de rueda dentada y cremallera, etc.

⁵ <http://www.nichese.com/motor.html>

1.12.4.1. SISTEMA DE POLEAS Y CORREAS.

- Los sistemas de transmisión de poleas y correas se emplean para transmitir la potencia mecánica proporcionada por el eje del motor entre dos ejes separados entre sí por una cierta distancia. La transmisión del movimiento por correas se debe al rozamiento éstas sobre las poleas, de manera que ello sólo será posible cuando el movimiento retórico y de torsión que se ha de transmitir entre ejes sea inferior a la fuerza de rozamiento. El valor del rozamiento depende, sobre todo, de la tensión de la correa y de la resistencia de ésta a la tracción; es decir, del tipo de material con el que está construida (cuero, fibras, hilos metálicos recubiertos de goma, etc.) y de sus dimensiones.
- Las poleas son ruedas con una o varias hendiduras en la llanta, sobre las cuales se apoyan las correas.
- Las correas son cintas cerradas de cuero y otros materiales que se emplean para transmitir movimiento de rotación entres dos ejes generalmente paralelos. Pueden ser de forma plana, redonda, trapezoidal o dentada.
- Este sistema se emplea cuando no se quiere transmitir grandes potencias de un eje a otro. Su principal inconveniente se debe a que el resbalamiento de la correa sobre la polea produce pérdidas considerables de potencia; sobre todo en el arranque. Para evitar esto parcialmente se puede utilizar una correa dentada, que aumenta la sujeción.
- Para evitar que las correas se salgan de las poleas, será necesario que las primeras se mantengan lo suficientemente tensas como para que sean capaces de transmitir la máxima potencia entre ejes sin llegar a salirse ni romperse. Para evitar este problema se emplean a veces rodillos tensores, los cuales ejercen sobre las correas la presión necesaria para mantenerlas en tensión.⁶

⁶ http://www.elprisma.com/apuntes/ingenieria_mecanica/transmisioncorrea

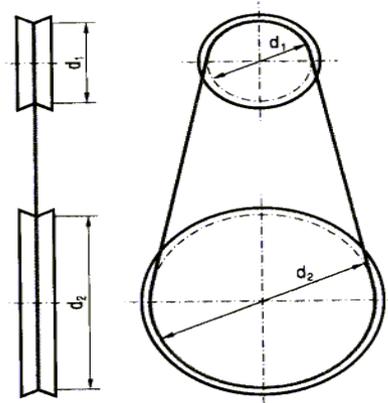


Fig.20 Sistema de transmisión Banda-Polea.

1.12.4.2. TRANSMISIÓN SIMPLE.

- Cuando un mecanismo se transmite directamente entre dos ejes (motriz y conducido), se trata de un sistema de transmisión simple.
- Si se consideran dos poleas de diámetros "d1" y "d2" que giran a una velocidad "n1" y "n2" respectivamente, tal y como se indica en la figura, al estar ambas poleas unidas entre sí por medio de una correa, las dos recorrerán el mismo arco, en el mismo periodo de tiempo.

- $d1 * n1 = d2 * n2$

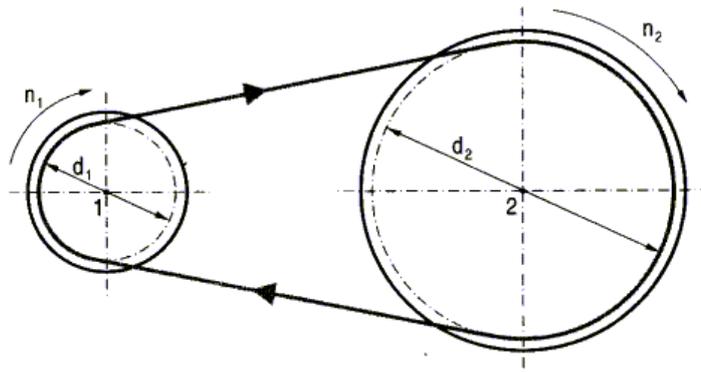


Fig.21 Transmisión simple Banda-Polea

- De donde se deduce que los diámetros son inversamente proporcionales a las velocidades de giro y, por tanto, para que el mecanismo actúe como reductor de velocidad, la polea motriz ha de ser de menor diámetro que la polea conducida. En caso contrario actuará como

mecanismo multiplicador. El sentido de giro de ambos ejes es el mismo.

1.12.4.3. RELACIÓN DE TRANSMISIÓN (I)

- $i = \text{velocidad de salida} / \text{velocidad de entrada}$
- $i = n_2 / n_1 = d_1 / d_2$
- Cuando i es mayor que 1 es un sistema multiplicador.
- Cuando i es menor que 1 es un sistema reductor.

1.13. ANÉMOMETROS

El indicador de velocidad aerodinámica o anemómetro es un instrumento que mide la velocidad con respecto al aire en que se mueve, y su unidad de medida es m / s.

En los manuales de operación no nos indica ninguna maniobra que no refleje una velocidad a mantener, no sobrepasar, o una recomendada, etc., además de que la mayoría de números, críticos y no críticos, a velocidades: velocidades de pérdida, de rotación de mejor acenso.

Este instrumento es el primordial y el más importante, quizá ya que puede servir para proporcionar la siguiente información:

- a) Limitar: por ejemplo no sobrepasar la velocidad máxima de la maniobra.
- b) Decidir: por ejemplo cuando rotar, y cuando irse el aire en el despegue.
- c) Corregir: por ejemplo una velocidad de aproximación incorrecta.
- d) Deducir: por ejemplo que el ángulo de ataque es muy elevado.

En resumen, el anemómetro puede ser un magnifico auxiliar durante todas aquellas maniobras donde sea especialmente necesario el mejor control del

ángulo de ataque, este instrumento de medida proporciona e indica la mejor medida de dicho ángulo.

1.13.1. PRINCIPIOS DE OPERACIÓN

El indicador de velocidad es en realidad y básicamente un medidor de diferencias de presión, que transforma esa presión diferencial en unidades de velocidad.

La diferencia entre la presión total proporcionada por el tubo de pitot (**Pe + PD**) y la presión estática (**Psi**) dadas por las tomas estáticas, es la presión dinámica (**Pe + Pd - Pe = Pd**), que es proporcional a $\frac{1}{2} dv^2$ y que adecuadamente convertida a unidades de velocidad es la que se muestra el anemómetro.

1.13.2. CONSTRUCCIÓN

Similar a los otros instrumentos basados en las propiedades del aire, consta de una caja sellada dentro de la cual hay una cápsula barométrica, cápsula aneroide o diafragma, conectada; mediante varillas y engranajes, a una aguja indicadora que pivota sobre una escala graduada.



Fig.22 Anemómetro

- La cápsula barométrica mantiene en su interior la presión de impacto o total gracias a una toma que conecta con el tubo pitot, mientras que en la caja se mantiene la presión ambiental que proviene de la toma estática a través de otra conexión.
- La diferencia de presión entre el interior y el exterior de la cápsula aneroide hace que esta se dilate o se contraiga, adecuadamente calibrada el movimiento se trasmite de forma mecánica a la aguja indicada por medio de varillas y engranajes.
- La presión de impacto y la estática son iguales y por lo tanto este instrumento marcará cero. La presión de impacto será mayor que la presión de la toma estática; esto hará que el diafragma se expanda y mueva la aguja del indicador en proporción a esta diferencia. En la medida que aumente o disminuya la velocidad, el aumento o disminución de la presión diferencial hará que la aguja indique el incremento o disminución de velocidad.
- El frontal visible de este instrumento, consta básicamente de una esfera con una escala numerada, una aguja indicadora, y alrededor de esta; se encuentran posicionadas unas franjas de colores. Algunos tienen además unas ventanillas graduadas y un botón giratorio de ajuste.⁷

1.13.3. LECTURA DEL INDICADOR DE VELOCIDAD.

La lectura de este instrumento es muy sencilla: una aguja marcará directamente la velocidad. Algunos anemómetros tienen dos escalas, una en **m.p.h.** y otra en **m/s**; se puede tomar como referencia la una u otra, pero con mucha atención para no confundirse de escala.

Chequeo.

Dada la importancia de este instrumento, durante la carrera del viento se debe comprobar que la aguja marca cada vez mayor velocidad, eso nos quiere

⁷ http://www.infoagro.com/instrumentos_medida/doc_anemometro_velocidad_viento.

indicar que el anemómetro esta funcionando correctamente o esta vivo. Si se observa que la máquina aumenta la velocidad y el anemómetro no se mueve detenga el aparato y observe que pasa con el anemómetro, ya que es de gran frecuencia olvidarse la protección de la aguja.

1.13.4. FUNCIONAMIENTO DE UN ANEMÓMETRO.

Un anemómetro es un aparato destinado a medir la velocidad relativa del viento que incide sobre él. Si el anemómetro está fijo colocado en nivel del piso, entonces medirá la velocidad del viento reinante, pero si está colocado en un objeto en movimiento, puede servir para apreciar la velocidad del movimiento relativo del objeto con respecto al viento en calma.

Para medir la velocidad relativa del viento es necesario utilizar algún proceso físico cuya magnitud varíe según una regla fija con respecto a la variación de esa velocidad. En la práctica entre otros se usan:

1. La variación de velocidad de rotación de una hélice sometida al viento.
2. La fuerza que se obtiene al enfrenar una superficie al viento.
3. La diferencia de temperatura entre dos filamentos calentados por igual, uno sometido al viento y otro en calma.
4. Aprovechando la presión aerodinámica producida en una superficie enfrentada al viento.
5. Otros métodos ultrasónicos o laser.

1.14. VARIADOR DE FRECUENCIA

Es un sistema para el control de la velocidad rotacional de un [motor de corriente alterna](#) (AC) por medio del control de la [frecuencia](#) de alimentación suministrada al motor. Un variador de frecuencia es un caso especial de un [variador de velocidad](#). Los variadores de frecuencia. Son también conocidos como drivers de frecuencia ajustable (AFD), drivers de CA, micro drivers o

inversores. Dado que el voltaje es variado a la vez que la frecuencia, a veces son llamados drivers VVVF (variador de voltaje variador de frecuencia).⁸



fig.23 Variador de frecuencia

1.14.1. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

Los dispositivos variadores de frecuencia operan bajo el principio de que la velocidad síncrona de un motor de corriente alterna (CA) está determinada por la frecuencia de CA suministrada y el número de polos en el estator, de acuerdo con la relación

$$RPM = \frac{120 \times f}{p}$$

Donde

RPM = Revoluciones por minuto

f = frecuencia de suministro CA (Hercio)

p = Número de polos (a dimensional).

Las cantidades de polos más frecuentemente utilizadas en motores síncronos o en motor asíncrono son 2, 4, 6 y 8 polos que, siguiendo la ecuación citada, resultarían en 3000 RPM, 1500 RPM, 1000 RPM y 750 RPM respectivamente para motores sincrónicos únicamente y a la frecuencia de 50 Hz. Dependiendo de la ubicación geográfica funciona en 50Hz o 60Hz.

⁸ http://www.potenciaelectromecanica.com/variadores_frecuencia.

En los motores asíncronos las revoluciones por minuto son ligeramente menores por el propio asincronismo que indica su nombre. En estos se produce un desfase mínimo entre la velocidad de rotación (RPM) del rotor (velocidad "real" o "de salida") comparativamente con la cantidad de RPM's del campo magnético (las cuales si deberían cumplir la ecuación arriba mencionada tanto en Motores síncronos como en motores asíncronos) debido a que sólo es atraído por el campo magnético exterior que lo aventaja siempre en velocidad (de lo contrario el motor dejaría de girar en los momentos en los que alcanzase al campo magnético).

1.15. AMBIENTES CONFORTABLES VENTILACIÓN

La inmensa mayoría de los espacios de trabajo pueden y deben tener un ambiente confortable. La legislación dispone que el microclima en el interior de la empresa sea lo más agradable posible en todo caso, adecuado al organismo humano y al tipo de actividad desarrollada.⁹



Fig.24 Termómetro digital .

En los locales de trabajo cerrado o semicerrados se generan unas condiciones climáticas que, aunque influidas por el clima externo, difieren normalmente de éste. A veces hay espacios dónde se generan temperaturas extremas: hornos de

⁹ <http://www.hotfrog.es/Trabajo-industria/Ambientes-Comfortables>

fundición, cámaras frigoríficas, etc., para los que hay que adoptar medidas especiales de prevención.

Los factores que más influyen en el confort ambiental son la temperatura, la humedad y la ventilación. Estos factores interactúan entre sí; por ejemplo, si hay mucha humedad parece que haga más calor de lo que indica la temperatura real, o si hay movimiento del aire, la temperatura parece menor. Es imposible definir con exactitud los parámetros de un ambiente confortable, entre otras razones, porque las personas se sienten confortables en condiciones diferentes: cuando para una persona hace frío, otra encuentra ideal esa misma temperatura.

Con todo, se puede decir que, en general, un ambiente confortable ha de tener suficiente renovación de aire sin que se formen corrientes de aire molestas, y no tener excesivas fluctuaciones de temperatura.

La normativa propone una serie de medidas concretas. Dicha concreción no es obstáculo a la reivindicación de mejores condiciones para conseguir un ambiente de trabajo más confortable.

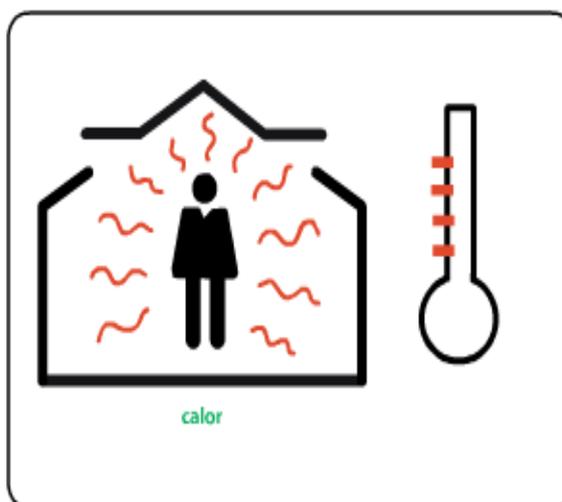


Fig.25 fluctuaciones de temperatura.

1.15.1. QUÉ DICE LA LEY, DEL MICROCLIMA DE TRABAJO

El Decreto oficial 2393 establece con carácter general que las condiciones ambientales de los lugares de trabajo no deben suponer un riesgo para la salud de los trabajadores, y que en la medida de lo posible tampoco deben constituir una fuente de incomodidad o molestia.

A tal efecto, deberán evitarse las temperaturas y las humedades extremas, los cambios bruscos de temperatura, las corrientes de aire molestas, los olores desagradables, la irradiación excesiva y en particular, la radiación solar a través de ventanas, luces o tabiques acristalados. (Ver anexo C).

1.15.2. TEMPERATURAS CONFORTABLES

En cuanto a la temperatura en locales cerrados, se establecen los siguientes intervalos de valores aceptables:

Locales donde se realicen trabajos sedentarios (oficina o similares)	17 a 27°C
Locales donde se realicen trabajos ligeros	14 a 25°C

Tabla.1 Temperaturas confortables.

En los locales que no puedan quedar cerrados o en los lugares de trabajo al aire libre se deben tomar medidas para que los trabajadores puedan protegerse de las inclemencias del tiempo.

Se sugieren, entre las medidas a tomar:

- Ventilación utilizando ventiladores acordes para la recirculación del aire y humedad
- La habilitación de zonas cubiertas o de sombras.
- El uso de prendas de protección que protejan todo el cuerpo, incluida la cabeza, de la radiación solar excesiva.
- Gafas.
- Cremas protectoras, etc.

- Información sobre el riesgo de desarrollar cánceres de piel tras la exposición a una excesiva radiación ultravioleta.

1.15.3. GUÍA DE CONTROL PARA EL MICROCLIMA

Ventilación y humedad

- ¿Están suficientemente ventilados los locales de trabajo?
- ¿Existe ventilación forzada o localizada para la extracción de calor o contaminantes ambientales?
- ¿Se revisan periódicamente estos sistemas?
- ¿Se controlan los niveles de humedad?
- ¿Se producen corrientes de aire molestas?

Frío

- ¿Existen tiempos de estancia limitada en puestos de trabajo con bajas temperaturas?
- ¿Facilita la empresa ropa y elementos de protección suficientes y adecuados?
- ¿Existen lugares de descanso aclimatados?
- ¿Se realiza una vigilancia de la salud específica?
- ¿Los trabajadores presentan a menudo efectos relacionados con la exposición a bajas temperaturas?

Calor

- ¿Son las temperaturas de los locales adecuadas al tipo de trabajo?
- ¿Puedes identificar y describir las fuentes de calor principales?
- ¿Existen puestos de trabajo con temperaturas muy elevadas?
- ¿Se crean en verano condiciones de calor que producen malestar, sudoración excesiva, cansancio, etc.?
- ¿Se han tomado mediciones?

- ¿Ha tomado la empresa alguna medida de tipo técnico u organizativo para reducir la exposición al calor?
- ¿Se realiza una vigilancia médica específica a los trabajadores/as expuestos a riesgo de estrés térmico?
- Si se manejan sustancias tóxicas en tu centro de trabajo, ¿el calor puede influir de alguna manera con estas sustancias?

En materia de microclima, algunos técnicos se limitan a evaluar el riesgo de estrés térmico, despreciando la importancia de los problemas de discomfort que plantean los trabajadores.

Los delegados de prevención deben intentar corregir esa tendencia y reivindicar unas condiciones ambientales que aseguren la máxima comodidad para el mayor número de personas posibles.

Es importante también que acompañen a los técnicos que realizan las mediciones de temperatura, humedad y ventilación, para verificar que se efectúan correctamente y en las condiciones habituales de trabajo.

1.15.4. PORQUE INSTALAR UN VENTILADOR AXIAL

1.15.4.1. AMBIENTES CALUROSOS

Algunos trabajadores están expuestos a temperaturas muy altas que suponen una seria amenaza para su salud. Otros trabajadores que sin llegar a estos extremos, estén expuestos a temperaturas más elevadas que las adecuadas a las características de su trabajo, pueden tener que soportar desde simples molestias hasta pérdidas en su salud.

No todo el mundo tiene el mismo nivel de tolerancia al calor. Soportan peor el calor quienes tienen problemas de salud o sobrepeso o abusan del alcohol o no están aclimatados.

Para valorar el problema han de tenerse en cuenta estas características individuales.

Los factores que influyen:

La sensación de calor no depende solo de la temperatura ambiente, depende también de otros factores como:

- la humedad
- el movimiento del aire
- la temperatura radiante (focos de calor)
- la ropa de trabajo
- la actividad física que se realice

Todos estos factores se han de tener en cuenta para valorar la situación.

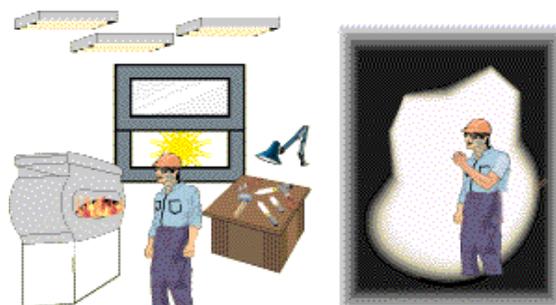


Fig.26 Ambientes calurosos.

EFECTOS DEL CALOR.

Los síntomas de la exposición a un ambiente caluroso pueden ser muy variados: exceso de sudoración y sensación de malestar; pérdida de fuerza; disminución del rendimiento, de la atención y de la capacidad de respuesta.

En situaciones extremas pueden llegar a experimentarse calambres y llegar a la pérdida de conciencia y muerte.

El calor y los tóxicos

La exposición a sustancias tóxicas (humos, vapores, etc.) en el lugar de trabajo se incrementa por la acción del calor:¹⁰ (Ver fig. 27)

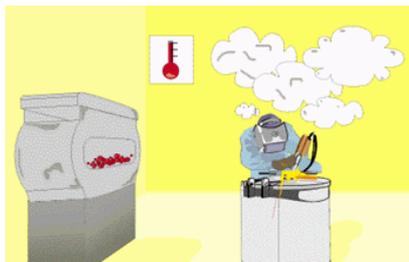


fig.27 Temperaturas abalizadas

El calor favorece la emisión de vapores de las sustancias volátiles, como los disolventes, así como su absorción por el organismo a través de la piel o por la respiración.

CONTROL DEL CALOR.

Medidas técnicas:

- Sobre los edificios: aislamiento térmico, pintura exterior de color refractante, mojar techos y paredes, utilizar cristales reflectantes u opacos en los lados sur y oeste, cortinas de aire frío.



fig.28 aislamiento termico

¹⁰ decreto 2393reglamento de salud y seguridad en el trabajo ecuador.

- Sobre el proceso productivo: automatización de procesos, aislar las fuentes de calor, expulsar el calor al exterior.
- Sobre el ambiente: instalar ventiladores, impulsores o extractores de aire, aire acondicionado. (Ver fig. 29)

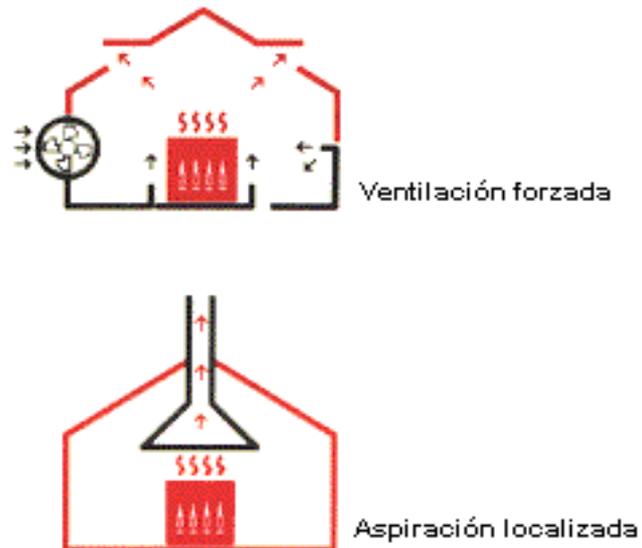


fig.29 Ventilación y Aspiración

MEDIDAS ORGANIZATIVAS.

- Establecer períodos de descanso en espacios climatizados.
- Disponer de agua fresca y abundante
- Programar los trabajos de mayor carga física en las horas de menos calor.
- Rotación de tareas.

MEDIDAS DE PROTECCIÓN PERSONAL.

- Prever procesos de aclimatación cuando la situación lo requiera.
- Prendas de protección personal
- Control médico periódico.

CAPÍTULO II

2. METODOLOGÍA.

2.1 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La metodología que se aplicara para este tema de tesis comprende varios campos de la investigación científica:

Lo más competente y pertinente, es comenzar la investigación a partir de los conceptos fundamentales de ventilación lo que nos permitirá desarrollar el ventilador axial mediante el método inductivo y ejecutar mediante la aplicación de lo conocido, entendido, y comprendido de la teoría en algo práctico. Mediante el método inductivo de investigación determinar los mejores elementos mecánicos, específicamente los que se utilizaran en la construcción del ventilador.

Buscamos los materiales necesarios en las diferentes casas comerciales de la ciudad para determinar y cotizar sus costos, investigamos de igual forma la resistencia de los diferentes materiales y escogimos los mejores para la construcción del equipo. Finalmente y con una gran certeza de que se utilizara el método experimental después de la construcción ya que mediante este método se podrá llegar a determinar las condiciones óptimas de funcionamiento del equipo y del cual se podrán elaborar tablas, prácticas de laboratorio y las gráficas experimentales.

2.2.- NIVEL DE INVESTIGACIÓN

Evaluativo y correlacionar.- Este nivel trata de que tendrá que evaluarse el equipo desde diferentes aspectos como el económico, durabilidad, forma y fundamentalmente la función que desempeña y este se relacionara con todo el fundamento teórico adquirido para determinar todas las características antes mencionadas.

2.3.- TIPO DE ESTUDIO

Método Lógico Inductivo Incompleto.- Para llegar a la construcción del ventilador axial, fue muy indispensable valernos de esta importante herramienta para la investigación, como es el método lógico inductivo ya que partimos de casos particulares como la identificación de cada uno de los elementos.

Para poder identificar todo el proceso en su totalidad. Además fue inducción incompleta ya que en este método se estudian los caracteres y/o conexiones necesarias del objeto de investigación, en vista que nos basamos en casos existentes en la industria y lo adecuamos a nuestro caso en particular. Este método se apoya también en métodos empíricos como la observación y la experimentación los cuales también utilizamos para desarrollar las prácticas de laboratorio que quedará para la obtención destrezas y habilidades de los estudiantes.

Método Lógico Deductivo.- Fue fundamental este método para la construcción en sí del ventilador ya que, después de determinar todas las características que debía tener el mismo, procedimos a construirlo ya que mediante esta metodología de investigación se aplican los principios descubiertos a casos totalmente particulares, a partir de un enlace de juicios y

consiste en encontrar principios desconocidos (en caso de que faltara hacer algunas adecuaciones)

Método de Concordancia y el Método Analítico.- Compara entre sí varios casos en que se presenta un fenómeno natural y señala lo que en ellos se repite, como causa del fenómeno fue fundamental para determinar la guía de mantenimiento y la guía para las prácticas de laboratorio.

2.4. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

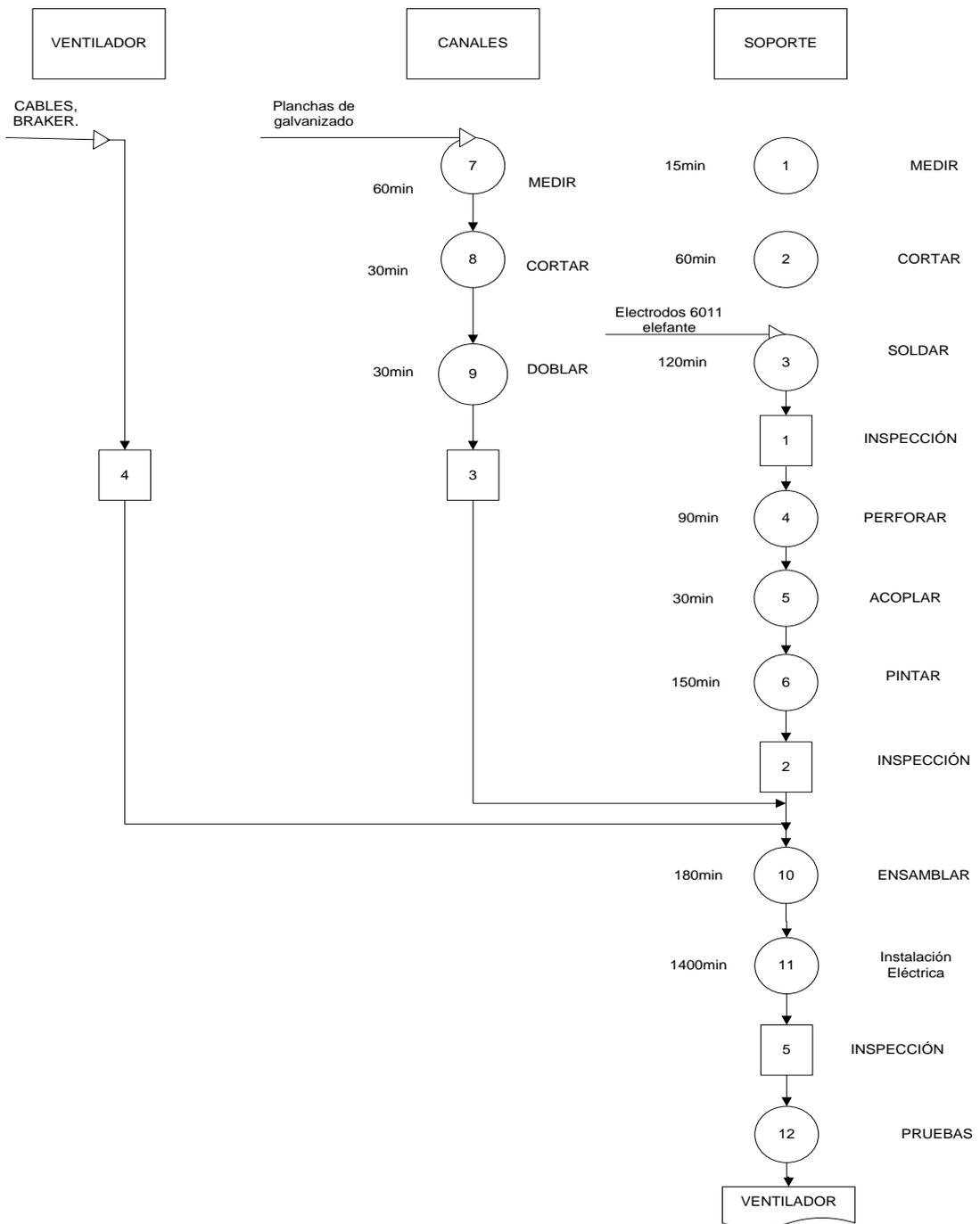
Variable	Concepto	Indicador	Técnicas	Instrumentos
Diseño	Consiste en una especulación idea dora de la resolución de un producto ,un proyecto o una necesidad a futuro	Porcentaje de eficiencia. Porcentaje de Cumplimiento.	Medición. Análisis. Interpretación.	Planos. Catálogos de ensamble.
Construcción	Se designa con el término de construcción a aquel proceso que supone el armado de cualquier cosa básica hasta Algo complejo.	Porcentaje de eficiencia. Porcentaje de Cumplimiento.	Matriz de Evaluación y control	Herramientas. Materiales.
Selección de Materiales	Se denomina selección a la técnica de tomar o elegir una o más cosas entre otras	Calidad	Análisis. Interpretación. Control	Catálogos.

Tabla 2. Operacionalización de variables

2.5. PROCESOS DE CONSTRUCCIÓN DEL VENTILADOR AXIAL.

Esta es la fase primordial del presente proyecto ya que nos ha permitido familiarizarnos de gran manera con una serie de elementos y aprender un sin número de actividades y procesos relacionados con la construcción de equipos de ventilación para llegar a la culminación de la presente máquina, el proceso de construcción se resume en el siguiente diagrama.

2.6 DIAGRAMA DE OPERACIONES PARA EL ENSAMBLE DEL VENTILADOR.



2.7 CONSTRUCCIÓN Y ENSAMBLE DEL SOPORTE.

En esta etapa de la elaboración del proyecto es importante conocer los materiales que se utilizaron para la construcción de la base del soporte del

ventilador y la caja de mando, con las características y las cualidades técnicas para poder estar acorde con su funcionamiento de cada uno de los elementos y equipos que intervienen en el diseño y construcción del ventilador axial con el propósito de obtener los resultados esperados.

2.7.1 MATERIALES, EQUIPOS Y EPP:

Materiales:

- ❖ 6 metros de tubo cuadrado estructural de 1 pulg. Por 1.5mm.
- ❖ 2 metro cuadrado de lámina de latón.
- ❖ 1 metro de platina de 1 pulg por ¼.
- ❖ 2 libras de electrodos E60-11.
- ❖ 1 litro de tiñer.
- ❖ 1 litro de pintura acrílica anticorrosiva color negro.
- ❖ 1 litro de pintura acrílica color azul eléctrico.
- ❖ Tabla triplex.
- ❖ Solución.
- ❖ 4 pernos de 1 pulgada.
- ❖ 5 pernos de ½ pulgada.
- ❖ 3 pernos de 3 pulgadas.
- ❖ 24 rodela.
- ❖ Cauchos
- ❖ 4 llantas metálicas.
- ❖ Ácido

Equipos

- ❖ Flexómetro.
- ❖ Escuadra.

- ❖ Rayador.
- ❖ Amoladora.
- ❖ Taladro de mesa.
- ❖ Taladro de mano.
- ❖ Brocas.
- ❖ Arco de sierra.
- ❖ Cepillo de acero.
- ❖ Soldadora eléctrica.
- ❖ Compresor.
- ❖ Pistola y pulverizador.
- ❖ Martillo.
- ❖ Dobladora de tubo.
- ❖ Yunque
- ❖ 2 lijas # 100
- ❖ Cable de extensión de corriente.
- ❖ Entenalla.
- ❖ Mesa metálica.
- ❖ Cámara fotográfica.

Equipos de protección personal.

- ❖ Casco de soldar.
- ❖ Lentes de plástico.
- ❖ Mascarilla.
- ❖ Guantes.
- ❖ Tapones Auditivos.

2.8 OPERACIONES.

Medir.- Una vez realizado los trazos en una mesa dibujando la forma del bastidor y con la materia prima a mano se procede a la medición, primero del

ángulo para; una vez medidos, rayamos dichas medidas. Esta operación la realizamos con ayuda del flexómetro, rayador y escuadra.

Cortar.- Luego de medir y rayar los materiales anteriormente mencionados se procede a cortar para lo cual utilizamos un arco de sierra con su respectiva sierra.

Soldar.- El paso primordial de esta operación es puntear los, y cada uno de las uniones de los extremos que se va a soldar, con la ayuda de un nivel y una escuadra verificamos su buen acoplamiento, para luego soldar definitivamente sin tratar de fundir las partes soldadas.

Amolar.- Esta operación consiste en desbastar toda la parte que fue soldada, tratando de sacar todo el residuo metálico del contacto del electrodo con el metal soldado; se lo realiza con una amoladora manual.

Ligar.- Este proceso se lo realiza con la liga # 100 tratando de retirar parte sobrante o pintura del tubo original para que el fondo antes del pintado agarre de mejor manera en el metal.

Pintado.- En este proceso utilizamos primeramente la pintura anticorrosiva para fondear toda la parte a ser pintada, y luego aplicamos la pintura de color negra tanto para el bastidor o soporte y de igual manera la pintura de color azul eléctrico para el cono y para el ventilador.

2.9 RECURSOS HUMANOS.

A continuación se detalla los recursos humanos para la construcción del ventilador axial con álabes móviles.

Dos egresados de la Facultad de Ingeniería.

Un director de tesis de la UNACH.

Un asesor de tesis de la UNACH.

Un asesor en soldadura y construcción.

Un técnico electrónico.

2.10 RECURSOS FÍSICOS.

DISPONIBLE	NO DISPONIBLE
Equipo	Equipo de protección personal
Computador	Guantes
Materiales	Orejas
Hojas de impresión	Gafas
Documentos	Overol
Manual del ingeniero mecánico. Manual de operación, y mantenimiento de ventiladores axiales. Manual de programación del variador de frecuencia.	
Maquinaria	Materiales
Soldadora eléctrica	1 Tubo cuadrado de 1 x 1.5
Compresor	Electrodos
Soplete	Pintura
Taladro	Tiñer
Dobladora de tubo	Pernos
Amoladora	Lija
Herramientas	Manguera
Alicate	Plancha galvanizada
Sierra	Cable trifásico, y cable flexible
Escuadras	Interruptores
Flexómetro	Cemento de contacto, brujita
Entenalla	Caucho
Brocas	Ruedas
Llaves de corona	Tuercas
Llaves de boca	Espiral (protección de cables)
Rache	
Destornilladores	

Tabla.3. Recursos físicos.

2.11 RECURSOS FINANCIEROS.

Se describe los recursos financiados por los autores del proyecto.

NO DISPONIBLE	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	TOTAL
----------------------	-----------------	---------------------------	--------------

Equipos	Unidad	\$	\$
Motor trifásico de 0.5 hp	1	153	153
Carcasa y alabes móviles	1	950	950
Chumaceras	2	62	124
Eje	1	40	40
Banda	1	12	12
Polea.	2	8	16
Variador de frecuencia.	1	300	300
Tablero eléctrico y breaker	1	200	200
Contactador	1	2.50	2.50
Paro de emergencia	1	4.80	4.80
Cable trifásico	3m	4.50	13.50
Cable flexible # 12	1m	0.50	0.50
Tubo cuadrado	8m	1.90	15.20
Ruedas	1 juego	5.50	5.50
Cemento de contacto, y brujita	1	1.30	1.30
Pernos, tuercas, rodela.	25	0.25	6.25
Pintura.	1 litro	5	5
Tiñer.	1 litro	1	1
Plancha galvanizada	1 plancha	72	72
Mano de obra	1	200	200
		TOTAL	2077.00

Tabla.4. Recursos financieros

2.12 COSTO TOTAL DEL PROYECTO

DESCRIPCIÓN	COSTO

Financiado por los autores del proyecto.	2077.00
COSTO TOTAL DEL PROYECTO	2077.00

Tabla. 5. Costo del proyecto

2.13. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL LABORATORIO DE OPERACIONES UNITARIAS	
TEMA: INFORME DE PRÁCTICAS N₀.....	
PROFESOR O AYUDANTE.....	
FECHA:..... ALUMNO(A):.....	

➤ **Introducción.**

Los ventiladores axiales son apropiados para la extracción de aire en general, gases y vapores, o para la inyección de aire en recintos tales como salas de cine, tiendas, almacenes, establos, gallineros, etc.

También se emplean para disipar el calor producido por equipos que requieran constante refrigeración, como motores y transformadores de potencia, las revoluciones por minuto (rpm/min) es una unidad de frecuencia, usada frecuentemente para medir la velocidad angular. En este contexto, una revolución es una vuelta de una rueda, un eje, un disco o cualquier cosa que gire sobre su propio eje.

➤ **Objetivo General.**

Determinar la relación que existe entre la frecuencia y las revoluciones por minuto (RPM) dependiendo del ángulo de inclinación de los alabes.

➤ **Objetivos Específicos.**

Colocar los alabes en los ángulos diferentes que son :

Ángulos Externos	Ángulos Internos
20°	35°
25°	37.5°
30°	40°
32.5°	45°

Tabla.6. Diferentes ángulos de los álabes

- Verificar la fluctuación adecuada del variador de frecuencia.
- Tomar la medida correspondiente con el tacómetro.
- Tomar la medida utilizando el anemómetro
- Verificar la frecuencia mínima para que le motor trifásico no se detenga

y su temperatura no se eleve.

➤ **Materiales**

- Aire.
- Ducto circular de salida.
- Alabes móviles a diferentes ángulos.
- Llave de boca número 11.
- Hoja de campo.

➤ **Equipos**

- Variador de Frecuencia.
- Tacómetro Digital.
- Anemómetro.
- Ventilador Axial.

➤ **Gráficos**

ÁNGULOS	EXTERNOS
20°	 A photograph showing a hand holding an orange axial fan blade. The blade is curved and has a small white label with '20°' written on it. The background is a plain, light-colored wall.

<p>25°</p>	
<p>30°</p>	
<p>32.5°</p>	
<p>ÁNGULOS</p>	<p>INTERNOS</p>
<p>35°</p>	

375°	
40°	
45°	

Fig.30. Alabes a diferentes Ángulos

➤ **Procedimiento:**

- Antes de conectar el VENTILADOR verifique que el voltaje indicado en el equipo sea igual.
- Encender el equipo de la caja de mando.
- Comprobar que el equipo encienda.
- Verificar que le variador de frecuencia encienda.
- Verificar que todos los mecanismos como poleas, bandas,

pernos, chumacera, eje, que se encuentre bien ajustados para evitar cualquier accidente.

- No permitir que ningún objeto obstaculice el ingreso de aire por la parte de la succión.
- Verificar que el variador de frecuencia se encuentre programado para realizar la práctica.
- En caso de falla o desperfecto desconecte su equipo y comunique al encargado del laboratorio.
- Con el variador de frecuencia seleccionar las revoluciones necesarias para la práctica.
- Tomar los datos con el anemómetro que se requiere en la práctica.
- Tomar los datos con el tacómetro que se requiere en la práctica.
- Desconectar el tablero de funcionamiento del VENTILADOR AXIAL.
- Des-energice por completo el equipo.

Precauciones de Seguridad

- Para proteger del riesgo de un corto circuito, no permita que se derrame agua ni ningún otro líquido sobre el enchufe o el cable, ni dentro del mecanismo del interruptor ni del tomacorriente y del motor.
- No coloque sobre, dentro ni cerca del VENTILADOR herramientas o materiales que no tengan nada que ver con los mismos que pueden dañar los alabes o parte de transmisión (polea, banda, chumacera, eje) y por ende el equipo.
- No toque los equipos en movimiento los cuales pueden causar algún atascamiento y por ende algún accidente de

quienes estén operando el equipo.

➤ **Marco Teórico (Debe consultar el estudiante)**

➤ **Toma de Datos**

Para registrar los datos

ÁNGULO	FRECUENCIA	RPM	CAUDAL m^3/s	T °C
20	20			
	30			
	40			
	50			
	60			

Tabla.7. Resultados del ángulo de los álabes.

ÁNGULO	FRECUENCIA	RPM	CAUDAL m^3/s	T °C
25	20			
	30			
	40			
	50			
	60			

Tabla.8. Resultados del ángulo de los álabes.

ÁNGULO	FRECUENCIA	RPM	CAUDAL m^3/s	T °C
30	20			
	30			
	40			
	50			

	60			
--	----	--	--	--

Tabla.9. Resultados del ángulo de los álabes.

ÁNGULO	FRECUENCIA	RPM	SUCCION	DESCARGA	T °C
32.5	20				
	30				
	40				
	50				
	60				

Tabla.10. Resultados del ángulo de los álabes.

ÁNGULO	FRECUENCIA	RPM	CAUDAL <i>m³/s</i>	T °C
35	20			
	30			
	40			
	50			
	60			

Tabla.11. Resultados del ángulo de los álabes.

ÁNGULO	FRECUENCIA	RPM	CAUDAL <i>m³/s</i>	T °C
375	20			
	30			
	40			
	50			
	60			

Tabla.12. Resultados del ángulo de los álabes.

ÁNGULO	FRECUENCIA	RPM	CAUDAL m^3/s	T °C
40	20			
	30			
	40			
	50			
	60			

Tabla.13. Resultados del ángulo de los álabes.

ÁNGULO	FRECUENCIA	RPM	CAUDAL m^3/s	T °C
45	20			
	30			
	40			
	50			
	60			

Tabla.14. Resultados del ángulo de los álabes.

Curvas en relación a las Rpm, Frecuencia, Caudal.

Conclusiones y Recomendaciones:

Bibliografía:

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
LABORATORIO DE OPERACIONES UNITARIAS

TEMA:

INFORME DE PRÁCTICAS N₀.....

FECHA:.....

PROFESOR O AYUDANTE.....

ALUMNO(A):.....

CURSO:.....

GRUPO:.....

CALIFICACIÓN:.....

➤ **Introducción.**

Los ventiladores axiales se incluyen en un sistema de tuberías para convertir energía mecánica (suministrada por un mecanismo impulsor). Esta energía adicional permite transmitir un fluido de un lugar a otro cuando no es factible que fluya por gravedad, elevarlo a cierta altura sobre la bomba o recircularlo en un sistema cerrado. En general, el efecto del ventilador es incrementar la energía total en una cantidad H .

La energía proporcionada por un ventilador a un sistema se expresa como la cabeza equivalente del aire que está siendo transportado y se conoce como la cabeza total del ventilador. La cabeza total es la diferencia entre la cabeza de energía total a la salida y la cabeza de energía total a la entrada.

➤ **Objetivo General.**

Determinar la cabeza del ventilador (curvas características) en una inclinación de 30° .

➤ **Objetivos Específicos.**

- Determinar el número de Reynolds
- Comprobar el cumplimiento de los ventiladores ,graficando las curvas características en diferentes ángulos en especial al de 30°

Colocar los alabes en los ángulos diferentes que son :

Ángulos Externos	Ángulos Internos
20°	35°
25°	37.5°
30°	40°
32.5°	45°

Tabla. 15. Diferentes ángulos del ventilador de sus álabes.

➤ **Materiales**

- Aire.
- Ducto circular de salida.
- Alabes móviles a diferentes ángulos.
- Llave de boca número 11.
- Hoja de campo.

➤ **Equipos**

- Variador de Frecuencia.
- Tacómetro Digital.
- Anemómetro.
- Ventilador Axial.

➤ **Gráfico**



Fig.31.Álabe en un ángulo de 30°

➤ **Procedimiento:**

- Antes de conectar el VENTILADOR verifique que el voltaje indicado en el equipo sea igual.
- Encender el equipo de la caja de mando.
- Comprobar que el equipo encienda.
- Verificar que le variador de frecuencia encienda.
- Verificar que todos los mecanismos como poleas, bandas, pernos, chumacera, eje, que se encuentre bien ajustados par evitar cualquier accidente.
- No permitir que ningún objeto obstaculice en ingreso de aire por la parte de la succión.
- Verificar que el variador de frecuencia se encuentre programado para realizar la práctica.
- En caso de falla o desperfecto desconecte su equipo y comunique al encargado del laboratorio.
- Con el variador de frecuencia seleccionar las revoluciones necesarias para la práctica.
- Tomar los datos con el anemómetro que se requiere en la práctica.
- Tomar los datos con el tacómetro que se requiere en la práctica.
- Desconectar el tablero de funcionamiento del VENTILADOR AXIAL.
- Des-energice por completo el equipo.

Precauciones de Seguridad

- Para proteger del riesgo de un corto circuito, no permita que se derrame agua ni ningún otro líquido sobre el enchufe o el cable, ni dentro del mecanismo del interruptor ni del tomacorriente y del motor.

- No coloque sobre, dentro ni cerca del VENTILADOR herramientas o materiales que no tengan nada que ver con los mismos que pueden dañar los alabes o parte de transmisión (polea, banda, chumacera, eje) y por ende el equipo.
- No toque los equipos en movimiento los cuales pueden causar algún atascamiento y por ende algún accidente de quienes estén operando el equipo.

➤ **Marco Teórico (Debe consultar el estudiante).**

➤ **Toma de Datos**

Para registrar los datos

Cálculos:

Cálculos matemáticos del número de Reynolds

$$NRe = \frac{D * V * \delta}{\mu}$$

Donde :

Re=Numero de Reynolds

D=Diámetro del ducto

v=velocidad promedio del líquido

α =Densidad del aire.

μ =Viscosidad del aire.

Cálculo del Área.

$$A = \frac{\pi D^2}{4}$$

Calculamos la velocidad.

$$V = \frac{Q}{A2}$$

Ecuación de la energía mecánica.

$$\frac{1}{2 \cdot \alpha} (V2^2 - V1^2) + g (Z2 - Z1) + \frac{P2 - P1}{\rho} + \epsilon F + Ws = 0$$

Potencia del motor.

$$HP = \frac{-Ws \cdot Caudal \cdot d}{n - 0.745 \cdot 1000}$$

Curvas características gráfica (debe realizar el estudiante en base a los datos obtenidos en la práctica de los laboratorios.)

Conclusiones y Recomendaciones:

Bibliografía:

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS.

3.1 DATOS RECOPIADOS DURANTE LA PRÁCTICA #1.

ÁNGULO	FRECUENCIA	RPM	CAUDAL m^3/s	T °C
20	20	419	1.36	26
	30	691	2.35	25

	40	959	3.54	24
	50	1219	4.20	25.1
	60	1503	6.22	25.4

Tabla.16. Resultados del ventilador en un ángulo de 20°

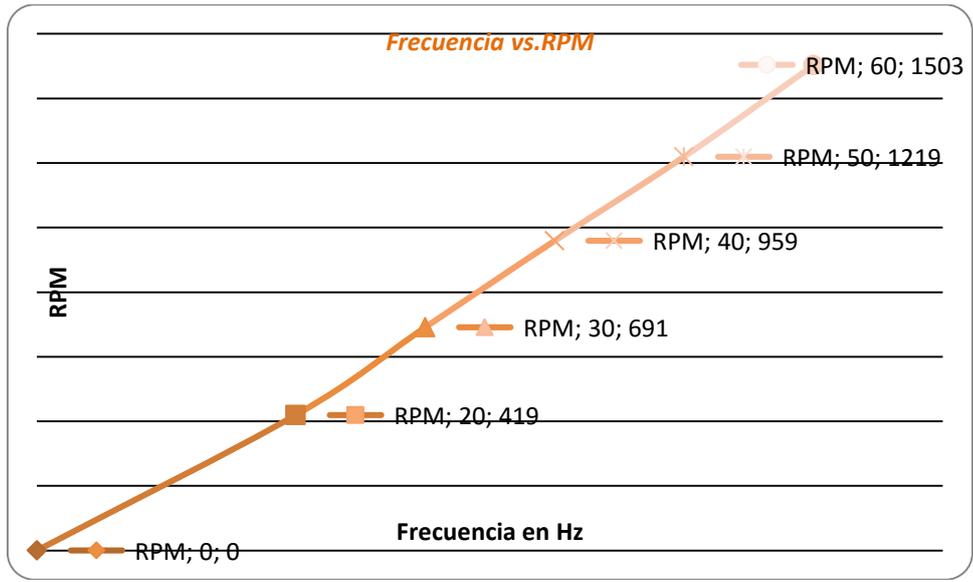


Fig.32. Diagrama de frecuencia vs Rpm observados en la Práctica

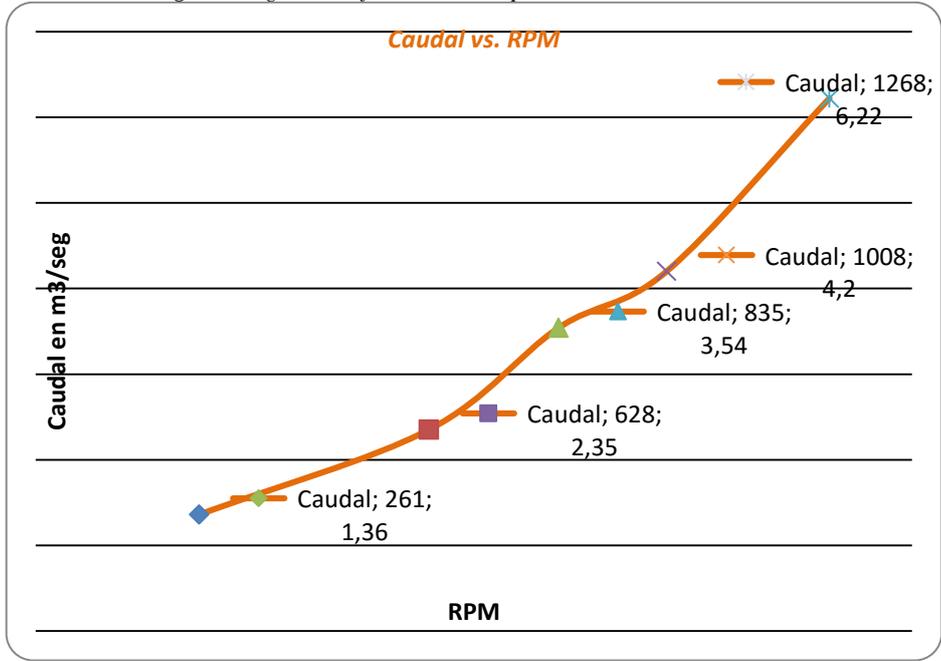


Fig.33. Diagrama de Caudalvs Rpm observados enla Práctica

ÁNGULO	FRECUENCIA	RPM	CAUDAL m^3/s	T °C
25	20	420	2.22	25
	30	690	3.17	25.5
	40	940	5.07	24.2
	50	1179	6.82	24.6
	60	1430	7.68	26

Tabla.17. Resultados del ventilador en un ángulo de 25°

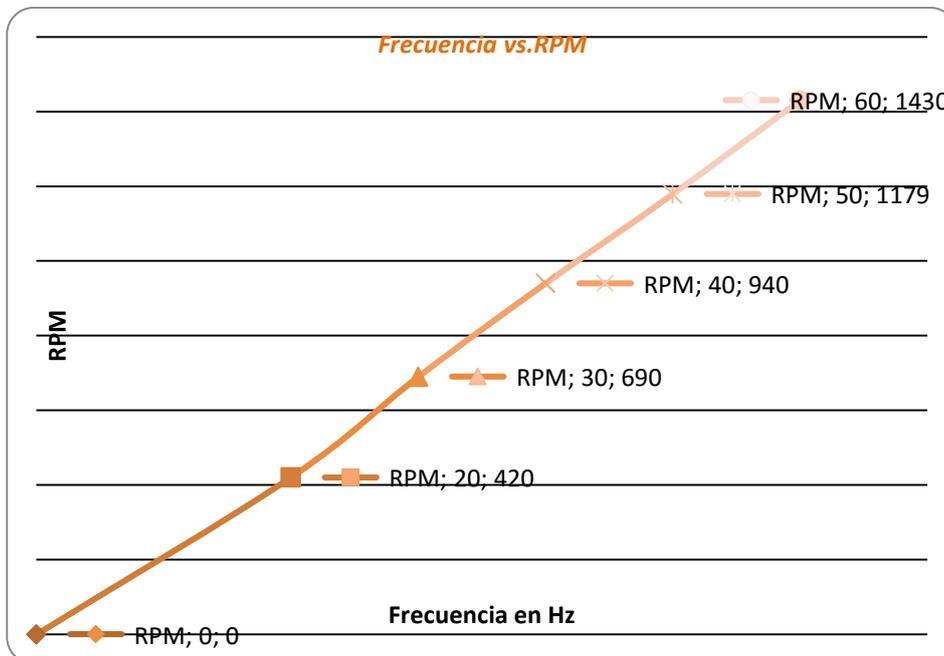


Fig.34. Diagrama de frecuencia vs Rpm observados enla Práctica

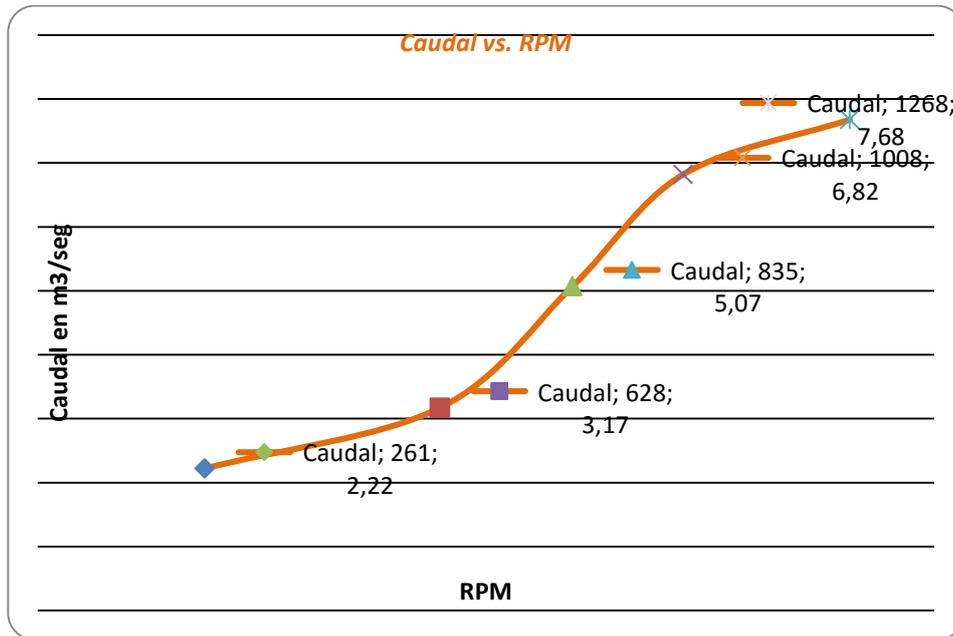


Fig.35. Diagrama de Caudal vs Rpm observados en la Práctica

ÁNGULO	FRECUENCIA	RPM	CAUDAL m^3/s	T °C
30	20	261	3.62	24
	30	628	4.25	23
	40	835	5.71	24
	50	1008	6.73	23.6
	60	1268	8.72	25

Tabla.18. Resultados del ventilador en un ángulo de 30°

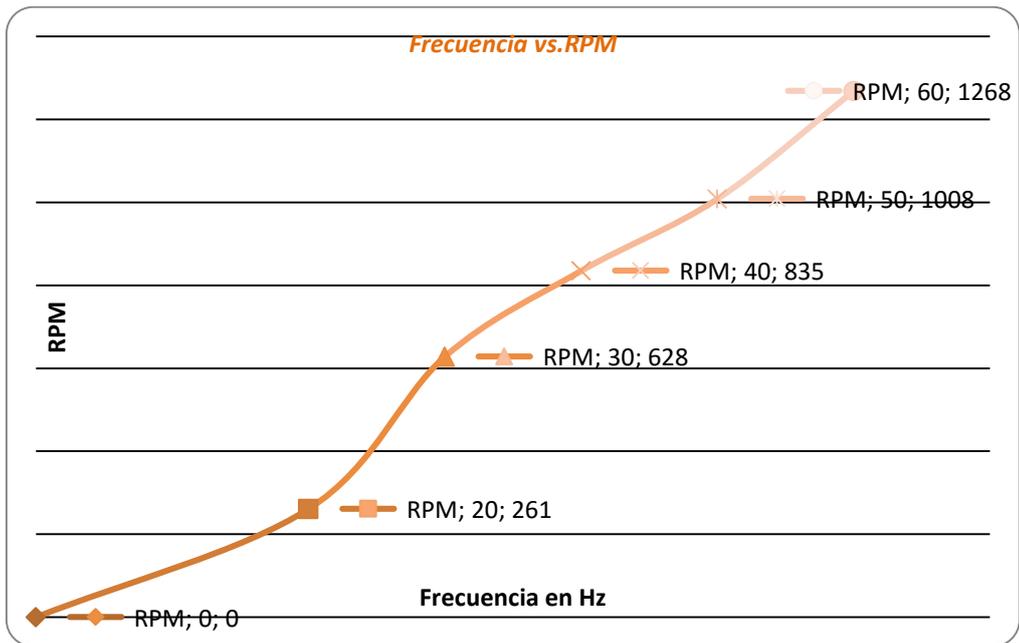


Fig.36. Diagrama de frecuencia vs Rpm observados en la Práctica

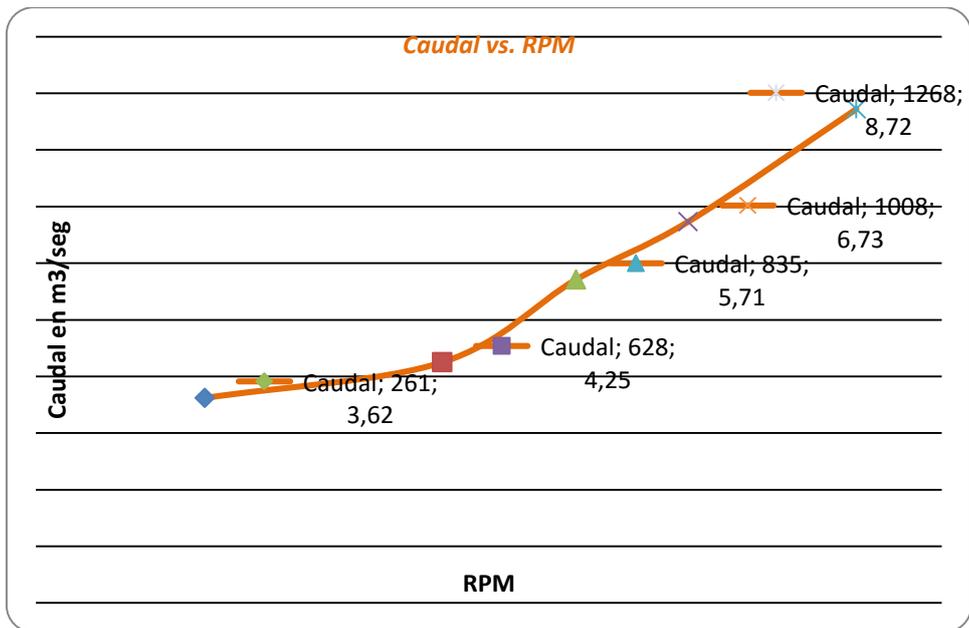


Fig.37. Diagrama de Caudal vs Rpm observados en la Práctica

ÁNGULO	FRECUENCIA	RPM	SUCCION	DESCARGA	T °C
32.5	20	248	2.09	1.98	25
	30	433	3.08	2.84	26.3
	40	554	4.25	3.56	26.8
	50	624	4.03	4.07	24.9
	60	782	5.07	4.20	23

Tabla.19. Resultados del ventilador en un ángulo de 32.5°

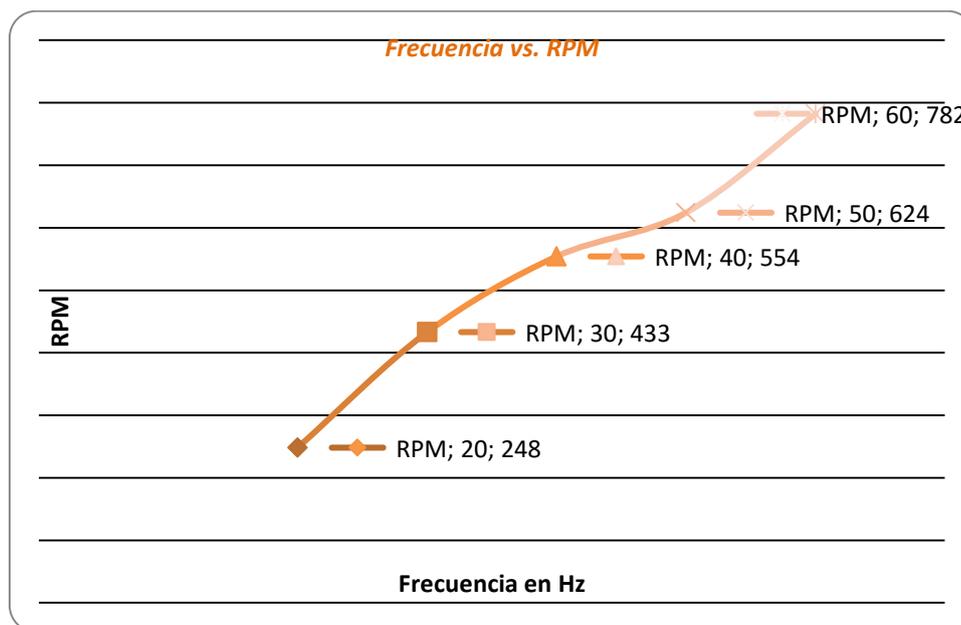


Fig.38. Diagrama de frecuencia vs Rpm observados en la Práctica

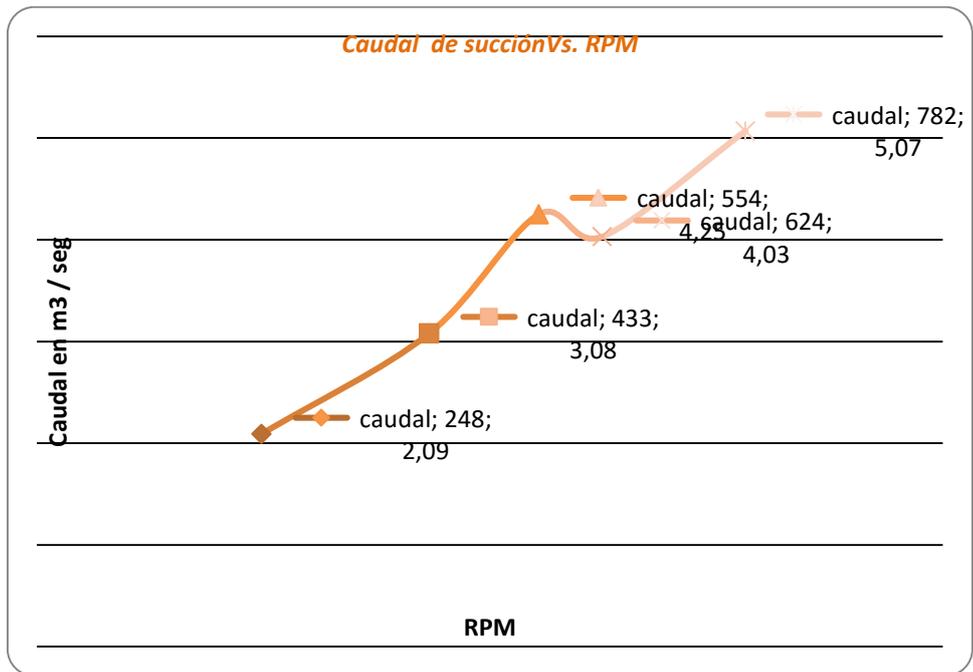


Fig.39. Diagrama de Caudal de succión vs Rpm observados en la Práctica

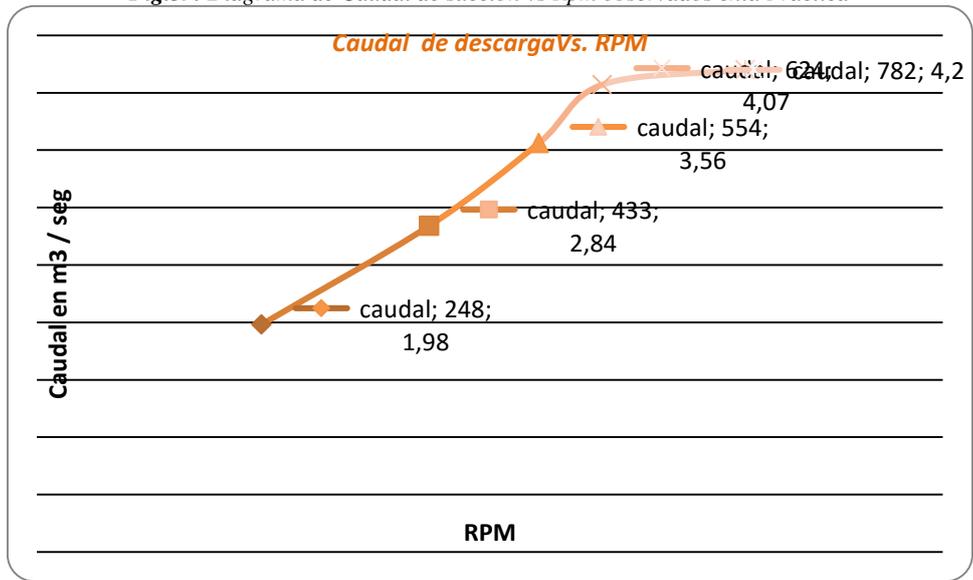


Fig.40. Caudal de descarga vs Rpm observados en la Práctica

TOMA DE DATOS DE LOS ÁNGULOS INTERNOS.

ÁNGULO	FRECUENCIA	RPM	CAUDAL <i>m³/s</i>	T °C
35	20	356.9	1.85	22
	30	617.3	3.26	21.3
	40	825	5.40	21.6
	50	983.3	7.38	22.5
	60	1215	8.36	22.4

Tabla.20. Resultados del ventilador en un ángulo de 35°

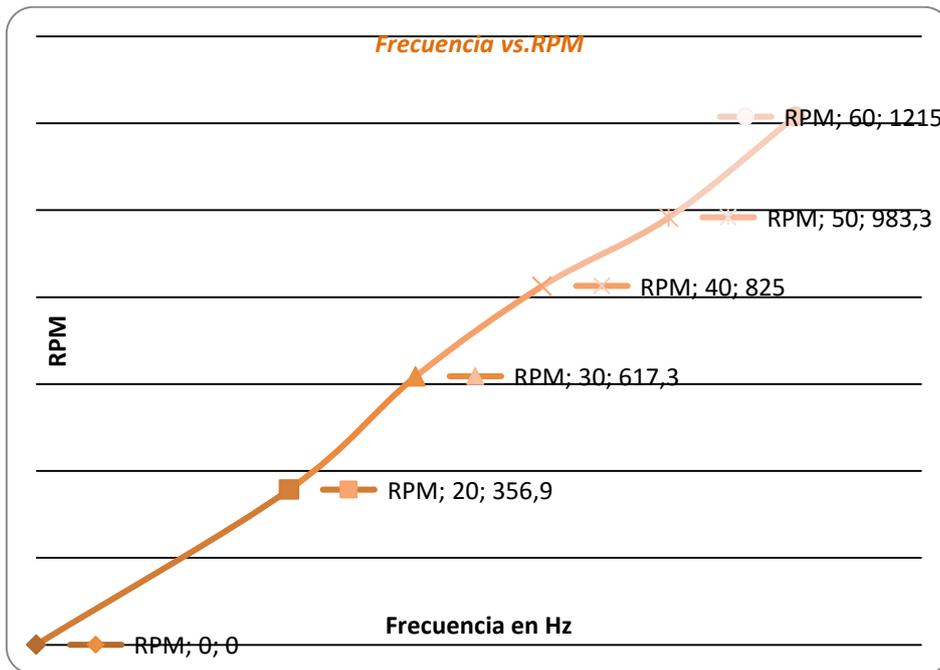


Fig.41. Diagrama de frecuencia vs Rpm observados en la Práctica

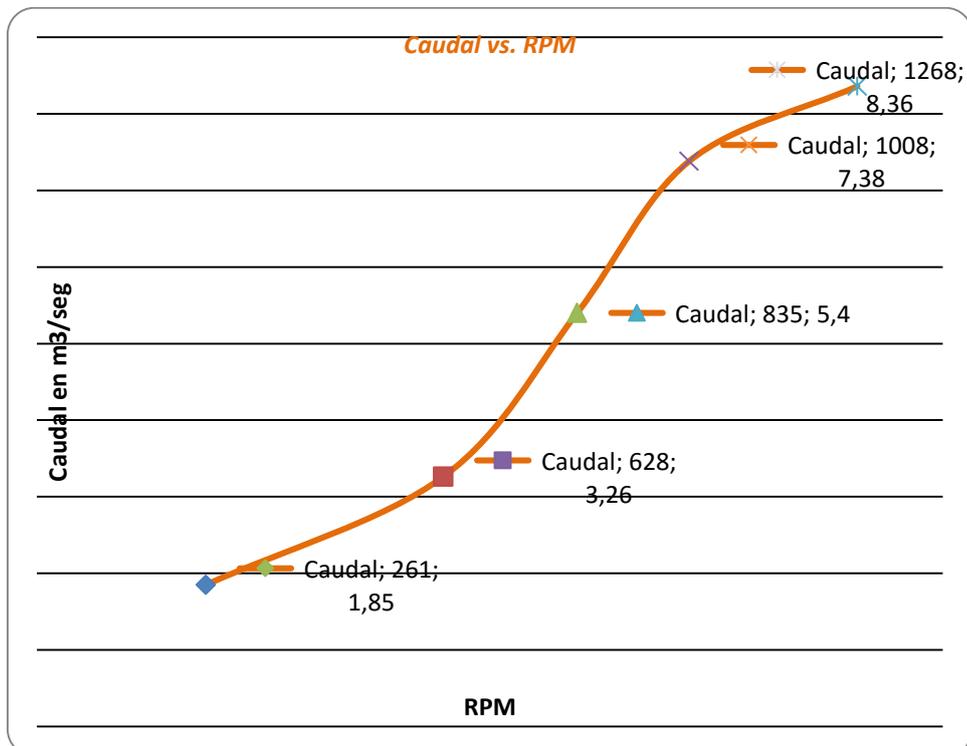


Fig.42. Diagrama de Caudal vs Rpm observados en la Práctica

ÁNGULO	FRECUENCIA	RPM	CAUDAL m^3/s	T °C
375	20	371	1.67	22.30
	30	620	3.90	22
	40	820	4.94	22.4
	50	880	5.94	32
	60	1191	8.33	23

Tabla.21. Resultados del ventilador en un ángulo de 375°

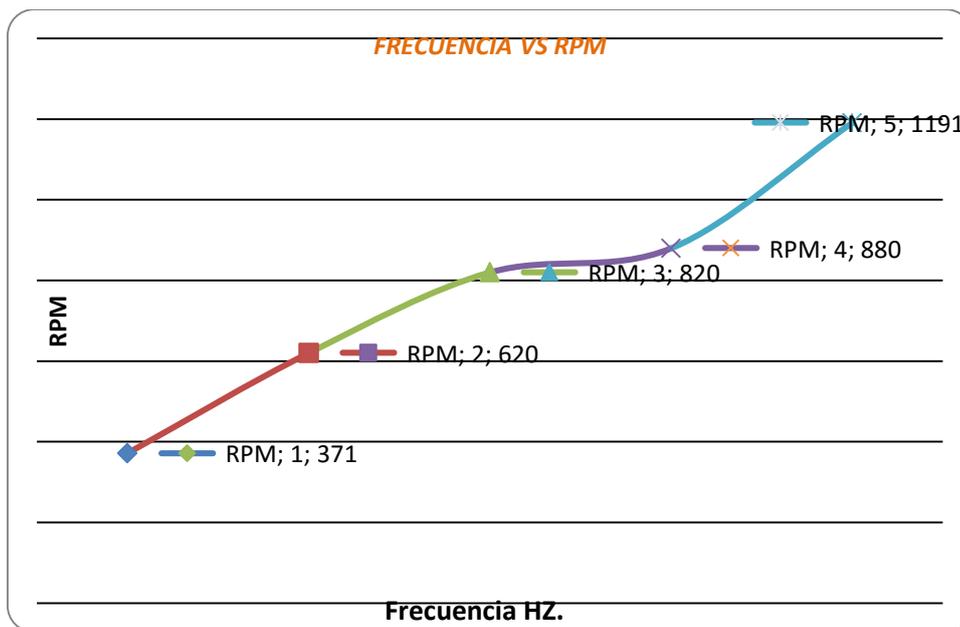


Fig.43. Diagrama de frecuencia vs Rpm observados en la Práctica

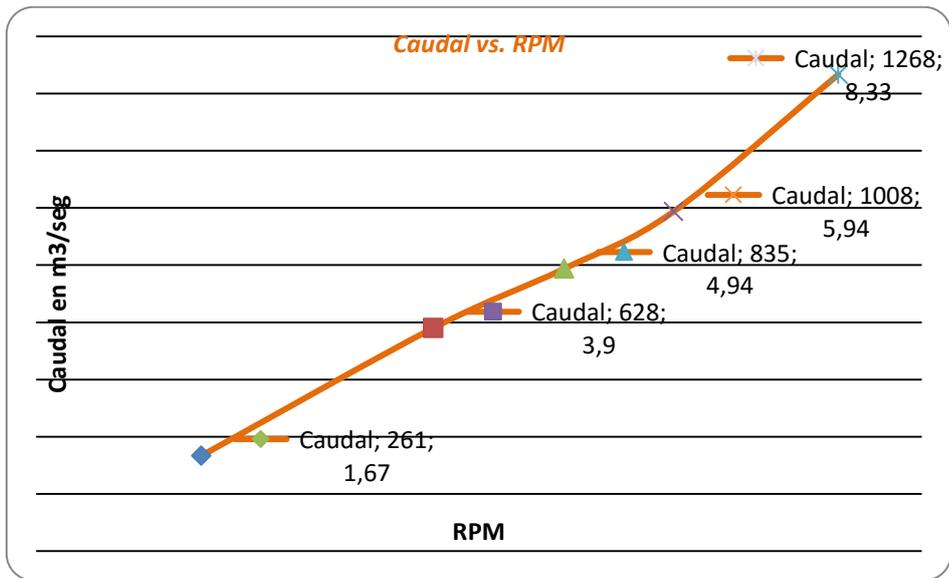


Fig.44. Diagrama de Caudal vs Rpm observados en la Práctica

ÁNGULO	FRECUENCIA	RPM	CAUDAL m^3/s	T °C
40	20	327	1.55	23
	30	574	3.51	26.5
	40	746	5.66	27.9
	50	901	6.04	25
	60	1084	8.01	26

Tabla.22. Resultados del ventilador en un ángulo de 40°

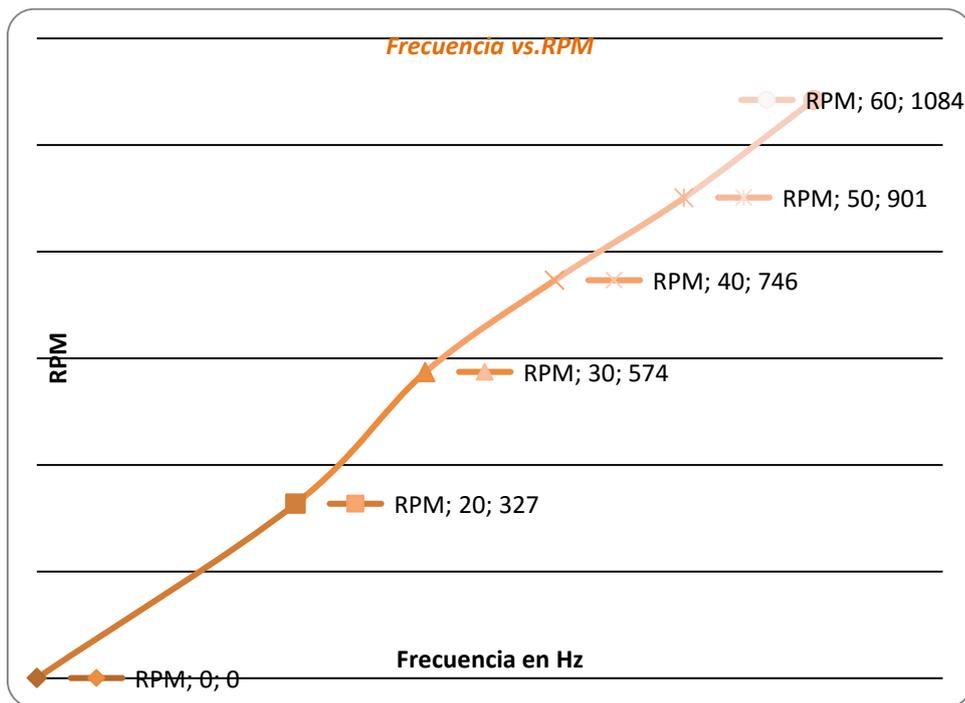


Fig.45. Diagrama de frecuencia vs Rpm observados en la Práctica

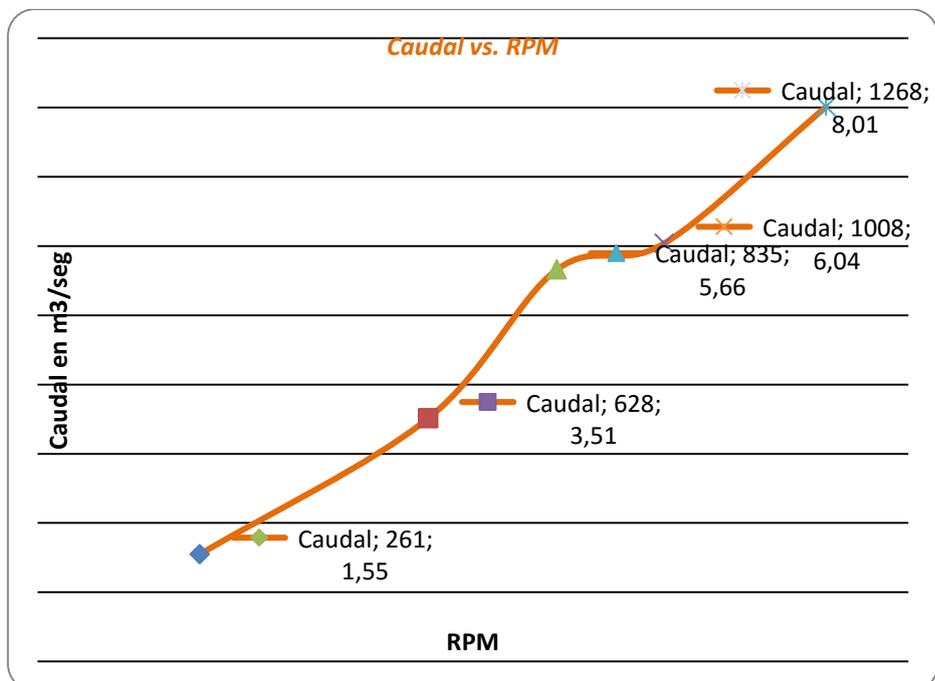


Fig.46. Diagrama de Caudal vs Rpm observados en la Práctica

ÁNGULO	FRECUENCIA	RPM	CAUDAL m^3/s	T °C
45	20	308.6	2.09	26
	30	534	2.87	29
	40	729	3.90	28.6
	50	836	5.96	27.4
	60	1041	7.08	25

Tabla.23. Resultados del ventilador en un ángulo de 45°

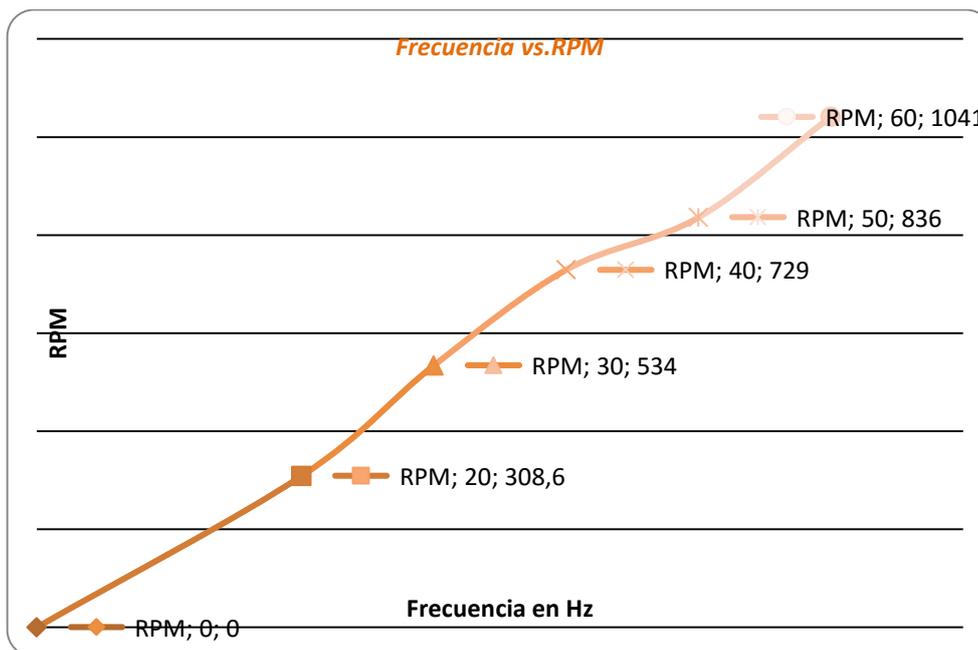


Fig.47. Diagrama de frecuencia vs Rpm observados en la Práctica

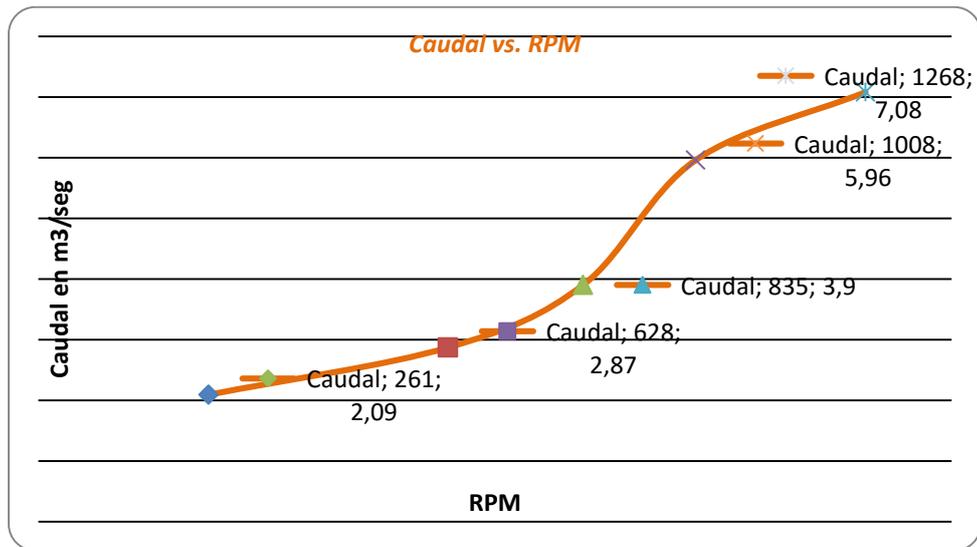


Fig.48. Diagrama de CAudal vs Rpm observados en la Práctica

3.2 DATOS RECOPIADOS DURANTE LA PRÁCTICA #2

CÁLCULO EN EL ÁLABE DE ÁNGULO DE 30° MÁS EFICIENTE.

ÁNGULO	FRECUENCIA	RPM	CAUDAL m^3/s	T °C
30	20	261	3.62	24
	30	628	4.25	23
	40	835	5.71	24
	50	1008	6.73	23.6
	60	1268	8.72	25

Tabla.24. Resultados de los alabes en un ángulo de 30° que es el más eficiente.

Calculamos el área.

$$A = \frac{\pi D^2}{4}$$

Conversión de unidad

$$42.5\text{cm} \frac{1\text{m}}{100\text{cm}} = 0.425\text{m}$$

$$A = \frac{3.1416 \cdot (0.425)^2 \text{m}}{4}$$

$$A = 0.1414\text{m}$$

Calculamos el número de Reynolds

$$NRe = \frac{D * V * \delta}{\mu}$$

D= Diámetro del ducto

V=velocidad del aire

δ = densidad del aire = $1.20 \text{ Kg}/\text{m}^3$

μ = viscosidad del aire = $1.791 \times 10^{-5} \text{ Kg}/\text{m} \times \text{seg.}$

Q=Caudal.

V=Velocidad.

$$NRe = \frac{0.148 \text{ m} * 8.72 \text{ m}^2 * 1.20 \text{ Kg} * \text{seg.}}{\text{seg.} * 1.791 * 10^{-5} \text{ Kg} \text{ m}^3}$$

$$NRe = 82847.3031$$

NÚMERO DE REYNOLDS.

Flujo laminar	< 2100	$\alpha = 0.5$
Flujo turbulento	> 4100	$\alpha = 1$

Tabla.25. Valores del número de Reynolds

CAUDAL

$$Q = \frac{V}{A}$$

AREA

$$A = \frac{\pi D^2}{4}$$

Diámetro del ducto.

42.5 $\cancel{\text{cm}}$		1m
		100 $\cancel{\text{cm}}$

$$= 0.425 \text{ m}$$

$$A = \frac{3.1416 \cdot (0.425 \text{ m})^2}{4}$$

$$A = 0.1418 \text{ m}^2$$

Área de Entrada = Área de Salida

CALCULAMOS LAS VELOCIDADES.

$$V = \frac{Q}{A}$$

$$V_2 = \frac{8.72 \text{ m}^3/\text{seg}}{0.1418 \text{ m}^2}$$

$$V_1 = \frac{8.89 \text{ m}^3/\text{seg}}{0.1418 \text{ m}^2}$$

$$V_2 = 61.495 \text{ m}^2/\text{seg.}$$

$$V_1 = 62.69 \text{ m}^2/\text{seg.}$$

ECUACIÓN DE LA ENERGÍA MECÁNICA

$$\frac{1}{2 \cdot \alpha} (V_2^2 - V_1^2) + g (Z_2 - Z_1) + \frac{P_2 - P_1}{\rho} + \epsilon F + W_s = 0$$

$$W_s = \frac{1}{2 \cdot \alpha} (V_2^2 - V_1^2)$$

ENERGÍA CINÉTICA

$$\frac{1}{2 \cdot \alpha} (V_2^2 - V_1^2)$$

Datos:

$$\alpha = 1$$

$$V_2 = 61.495 \text{ m}^2/\text{seg.}$$

$$V_1 = 62.69 \text{ m}^2/\text{seg.}$$

$$W_s = -\frac{1}{2 \cdot \alpha} (V_2^2 - V_1^2)$$

$$W_s = - \frac{1}{2*1} * ((62.69 \text{ m}^2 / \text{seg.})^2 - (62.69 \text{ m}^2 / \text{seg.})^2)$$

$$W_s = - \frac{1}{2*1} * (3930.0361 - 3781.0201) \text{ m}^2 / \text{seg}^2$$

$$W_s = - \frac{1}{2*1} * (149.016) \text{ m}^2 / \text{seg}^2$$

$$W_s = -(74.508) \text{ m}^2 / \text{seg}^2 * \text{Kg} / \text{Kg}$$

$$W_s = -74.508 \text{ J} / \text{Kg}$$

$$H = \frac{-W_s}{g}$$

$$H = \frac{-(-74.508) \text{ m}^2 / \text{seg}^2}{9.81 \text{ m} / \text{seg}^2}$$

$$H = 7.6 \text{ m}$$

$$\Delta P = 7.6 \text{ m} * 1.20 \text{ Kg} / \text{m}^3$$

$$\Delta P = 9.12 \text{ Kg} / \text{m}^2 * \text{Kg} / 100 \text{ cm}^2$$

$$\Delta P = 0.000912 \text{ Bar.}$$

POTENCIA DEL MOTOR.

$$HP = \frac{-W_s * \text{Caudal} * d}{n - 0.745 * 1000}$$

Datos:

- W_s = Trabajo mecánico axial

$$\text{Caudal} = 8.72 \text{ m}^3 / \text{seg}$$

d = densidad del fluido en Kg / m^3

n = número de revoluciones.

$-0.745 * 1000 = \text{constante.}$

Reemplazamos los valores.

$$HP = \frac{-(-74.508 \text{ J} / \text{Kg}) * 8.72 \text{ m}^3 / \text{seg} * 1.20 \text{ Kg} / \text{m}^3}{1680 - (0.745 * 1000)}$$

$$HP = \frac{-(-74.508 \text{ J} / \text{Kg}) * 8.72 \text{ m}^3 / \text{seg} * 1.20 \text{ Kg} / \text{m}^3}{1680 - (745)}$$

$$HP = 0.83 \text{ J} / \text{seg.}$$

$$\frac{J}{\text{seg}} = \text{Watts}$$

$$\frac{HP = 0.8338 \text{ Watts}}{745.69987 \text{ Watts}} \Big| \text{Hp}$$

$$HP = 0.0018 \times 10^{-3} \text{ HP}$$

Una vez calculado encontramos la curva característica y sus diferentes valores.

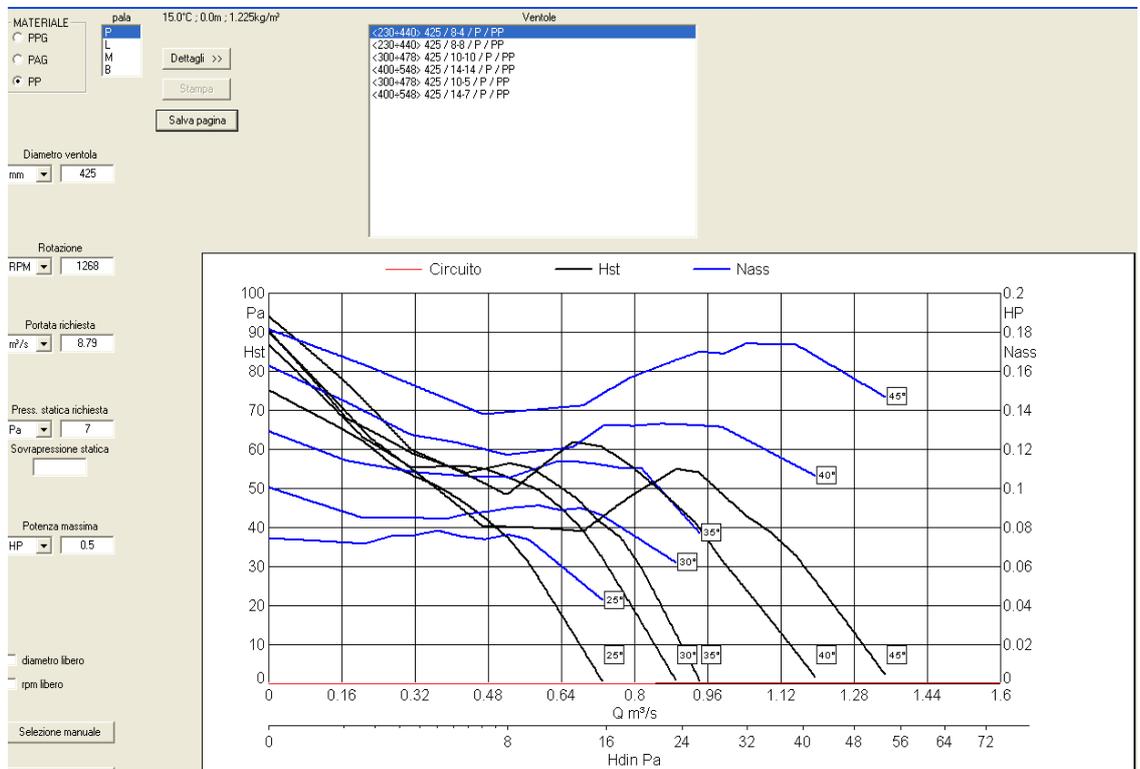


Fig.49. Curvas características en un ángulo de 30°

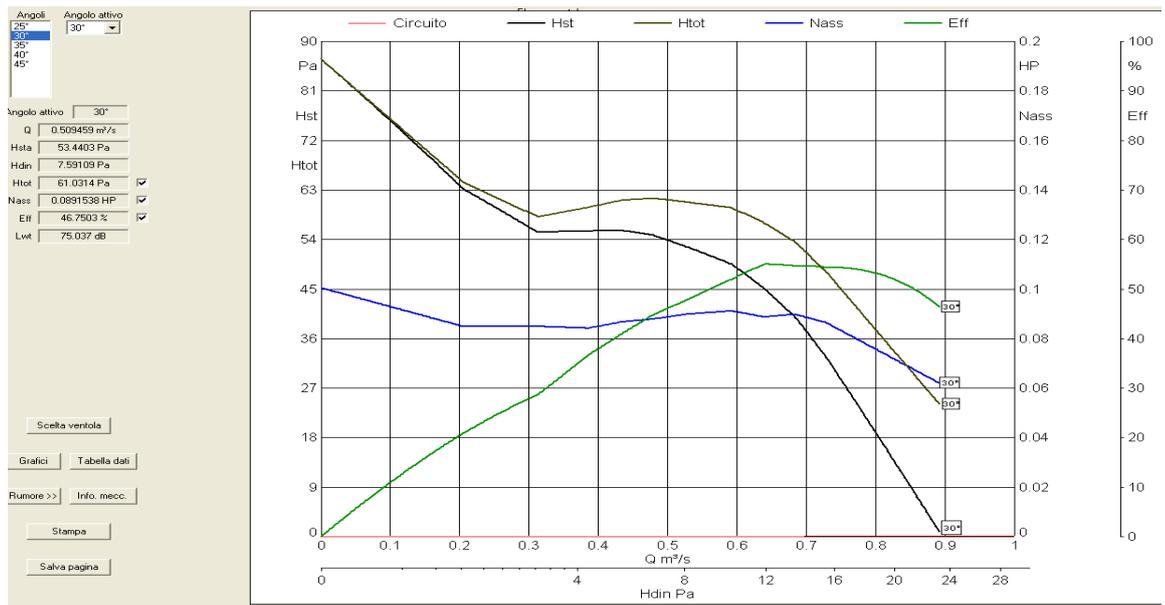


Fig.50. Curva características.

425 / 8-4 / 30° / P / PP 1268 RPM							
	Q	Hst	Hdin	Htot	Nass	Eff	Lwt
	m³/s	Pa	Pa	Pa	HP	%	dB
1	0	86.815	0	86.815	0.10046	0	60.92
2	0.2063473	63.091	1.2453	64.336	0.084772	20.99	77.8
3	0.3125845	55.291	2.8577	58.148	0.08487	28.71	76.86
4	0.3834303	55.516	4.2999	59.816	0.084167	36.53	76.06
5	0.4317364	55.664	5.4516	61.116	0.086641	40.82	75.71
6	0.4783377	54.783	6.692	61.475	0.087897	44.85	75.26
7	0.525892	52.708	8.0887	60.797	0.089817	47.72	74.92
8	0.592415	49.477	10.264	59.741	0.091145	52.05	74.35
9	0.6376112	45.215	11.89	57.106	0.088726	55.01	73.67
10	0.6833085	39.896	13.656	53.552	0.089765	54.65	73.49
11	0.7285046	32.519	15.522	48.041	0.086324	54.35	72.88
12	0.8906272	0	24.142	24.142	0.062078	46.43	69.48

Densità del fluido di lavoro : 1.225 kg/m³

Fig.51. Datos técnicos del ventilador

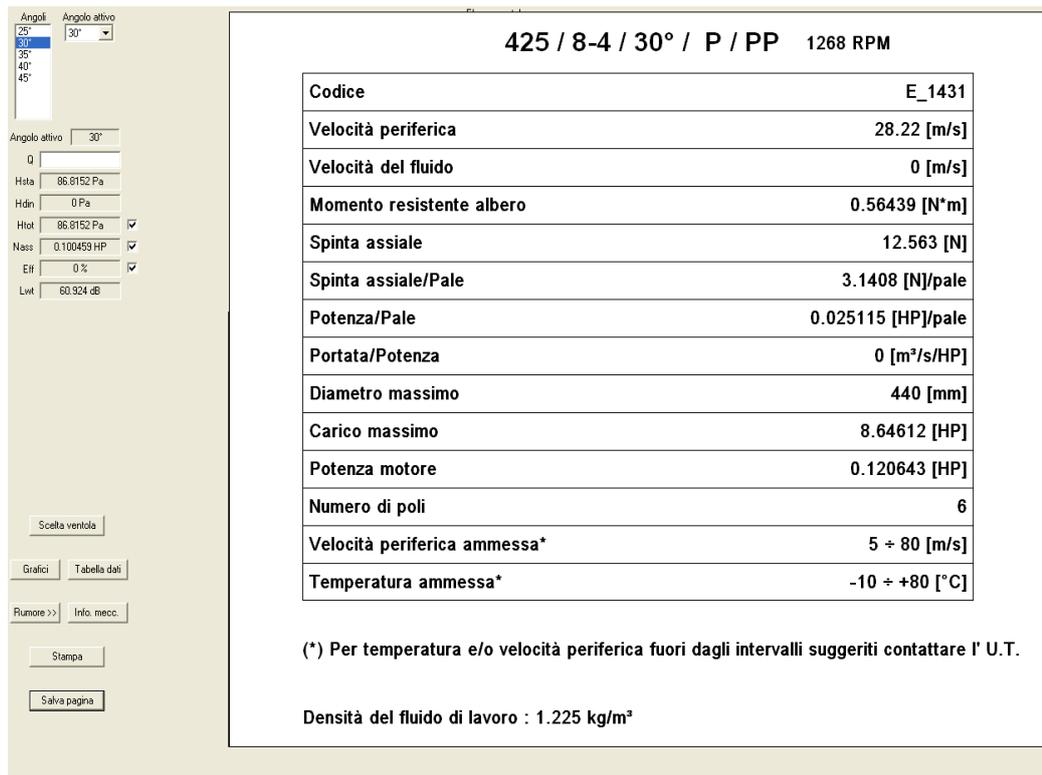


Fig.52. Especificación Técnica

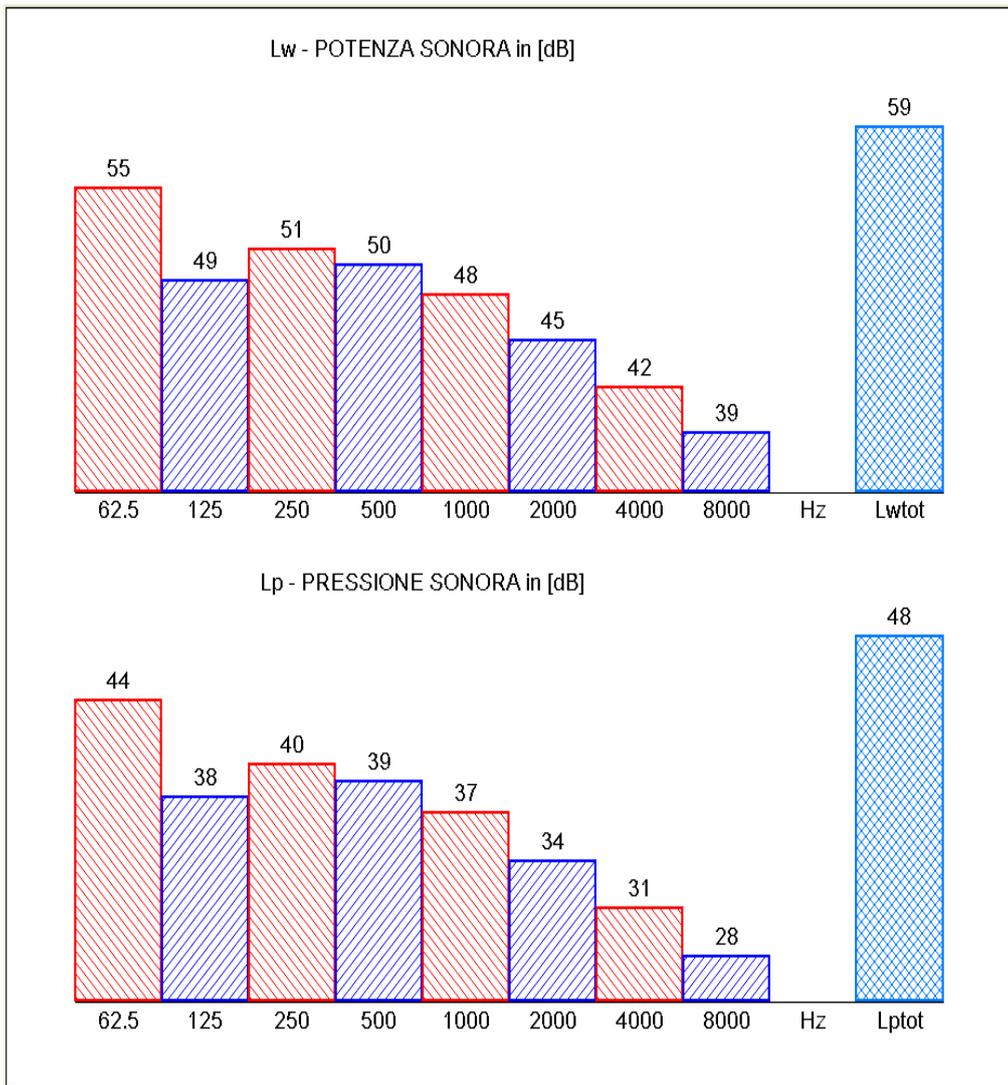


Fig.53. Porcentaje del nivel sonoro del ventilador en un ángulo de 30°

CAPÍTULO IV.

4. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.

De acuerdo a los resultados obtenidos tanto en la parte teórica como en la parte práctica tenemos lo siguiente:

4.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS EN LA PRÁCTICA # 1.

- La frecuencia vs las RPM se presentan a partir de la (*tabla #16*), tomando en cuenta los diferentes ángulos de inclinación en el cual podemos determinar cuantitativamente dichos valores antes mencionados, indicando que son directamente proporcionales.
- La ecuación que indica el número de Reynolds mostrada en la (*pág. 81*) nos ayuda a comprobar de manera matemática lo que sucede en el tramo de desfogue del ventilador, con este resultado podemos dirigirnos al diagrama de Moody (*Ver Anexo D*) para poder encontrar las pérdidas ocasionadas por fricción en cada práctica dependiendo del posicionamiento de los álabes, afectando directamente a la potencia del motor.
- Las prácticas realizadas con este equipo podemos generar diferentes valores de caudal dependiendo de las necesidades.
- Al realizar las prácticas hemos podido determinar que, el ventilador axial al momento de ubicar los álabes móviles en un ángulo de 375° se convierte en extractor, logrando obtener un caudal $8.33 \text{ m}^3 / \text{seg}$. A una frecuencia de 60 Hz.
- Es necesario indicar que el motor llega a la máxima eficiencia cuando trabaja sin los álabes obteniendo un valor de 1680 rpm, mientras que colocados los álabes llega a un valor de 1260 rpm el cual nos indica que realiza un esfuerzo al generar ventilación.

- Al realizar la práctica en el laboratorio se pudo determinar que a una caída de frecuencia de 10 Hz, el motor realiza un mayor esfuerzo para mantenerse funcionando, motivo por el cual determinamos que las RPM son directamente proporcional con su frecuencia.
- En cuanto al funcionamiento del ventilador axial se pudo observar, que al obstruir el ducto de succión aumenta notablemente el consumo de energía para su funcionamiento debido a las pérdidas ocasionadas en el ducto.
- Cuando los álabes se colocan en un ángulo de 32.5 grados, se pudo observar que no existe flujo en la entrada y en la salida eso quiere decir que no genera ventilación ni aspiración.

4.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS EN LA PRÁCTICA # 2.

(La práctica #2 esta relacionada con el álabe colocado a 30°. (Ver figura 31.)

- En este laboratorio encontramos varias ecuaciones que nos ayuda a determinar el número de Reynolds, la energía mecánica, la eficiencia, la variación de presión, la potencia, cabeza total. Debemos tomar en cuenta el sistema de unidades en las que se vaya a trabajar puede ser el sistema Internacional o el sistema inglés, para evitar resultados erróneos.
- En esta práctica se trabajo con un ángulo de inclinación de 30°, se obtiene caudales más altos (*Ver tabla 24*). Logrando también obtener un flujo turbulento con una columna de aire de 7.6 m y una potencia de 0.0018Hp sin pérdidas de energía.

- Al realizar las prácticas de laboratorio podemos medir y palpar que el ventilador axial con los álabes inclinados hacia adelante en una posición de 30° desarrolla de una forma más eficiente que el resto de álabes móviles, para lo cual implica que al momento de diseñar un equipo podemos seleccionar el ángulo de acuerdo al tipo de trabajo que se vaya a desarrollar.
- Para evitar todos los pasos que realizamos para el cálculo determinado del ventilador, utilizamos el software que nos ayuda a calcular de una manera más rápida y eficiente los valores y nos proporciona las curvas características más reales (Adjuntamos Cd).

CAPÍTULO V.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

5.1 CONCLUSIONES

- Los parámetros y materiales seleccionados para la construcción del ventilador axial, han permitido abaratar los costos del equipo logrando que la Universidad tenga un ahorro significativo para la implementación de su laboratorio, este puede adaptarse a las condiciones de trabajo requerido, facilitando su mantenimiento y operación.
- Se obtuvo habilidades en la medición y destrezas en el manejo de los equipos que facilitaron la toma de datos para obtener las medidas necesarias para los cálculos correspondientes.
- Utilizando la ecuación del número de Reynolds determinamos que el flujo que se produce en el ventilador es turbulento, su cabeza total es de 7.6 m de altura en la cual puede suministrar aire sin pérdidas por accesorios, con una variación de presión calculada de 0.000912 Bar y con una potencia de motor de 0.0018×10^{-3}
- Se realizó las gráficas correspondientes a cada práctica, determinando así la relación entre los RPM vs. Caudal y RPM vs. Frecuencia, llegando a la conclusión que los tres parámetros son directamente proporcionales entre sí. (*Ver pág. 68-87 Capítulo III.*)
- Se realizó dos guías de laboratorio y mediante la realización de las prácticas se llegó a comprobar tanto de manera visual como de manera matemática los flujos originados en el ducto, con cada una de las posiciones de los álabes. Además.

- Se realizó un estudio para determinar los diferentes valores de los flujos, correspondientes de los ángulos en sus diferentes posicionamientos, llegando a determinar que los álabes asignados en un ángulo de 30° son los más óptimos, y eficientes para el desempeño máximo del ventilador axial.

5.2 RECOMENDACIONES.

- Se recomienda la utilización del ventilador axial durante el periodo académico, para que los estudiantes de las Escuelas de Ingeniería Industrial, Agroindustrial y Ambiental adquieran destrezas de nivel práctico.
- Se recomienda revisar el manual del usuario antes de poner en marcha el equipo, para de esta manera evitar cualquier accidente y a su vez dar un correcto uso al equipo de laboratorio, (*Ver Anexo A.*)
- Infundir una cultura de mantenimiento preventivo para el cuidado del variador de frecuencia, motor trifásico, banda, polea, los álabes móviles, para ello se describe en el (*Anexo B.*)
- Se recomienda coordinar con el docente, antes de ingresar la máquina al laboratorio de la Facultad con la finalidad de preparar, y modificar el equipo para el uso en las prácticas de laboratorio y conocer cómo funciona el ventilador axial.
- Cumplir con los procedimientos planteados para realizar cada una de las prácticas en el laboratorio, para ello se describe el funcionamiento del equipo en el (*Anexo A.*)
- Utilizar las herramientas para el montaje y desmontaje de los álabes.
- Se recomienda en el laboratorio de Operaciones Unitaria tener un transformador en los equipos que necesitan una corriente de 220 V, con

el motivo de que las máquinas al momento de operar no se sobrecaliente y se puedan quemar.

- Es aconsejable no introducir en los álabes del anemómetro ningún objeto cuando esté en movimiento porque puede dañar el equipo.
- Después de realizar las prácticas se debe hacer una limpieza del área de trabajo y del equipo.
- Evitar colocar aceites y grasas en la polea para evitar el desliz de la misma.
- No introduzca ningún objeto en el ventilador cuando este en movimiento.

CAPÍTULO VI

6. PROPUESTA.

6.1 TÍTULO DE LA PROPUESTA.

AUTOMATIZACIÓN DEL VENTILADOR AXIAL.

6.2 INTRODUCCIÓN.

Con la tecnología del futuro podemos entrar en el campo competitivo de la industria, automatizando el ventilador axial de álabes móviles. El cual permite mejorar la recopilación y el procesamiento de datos de la máquina, utilizando un nuevo software o dispositivos que permite el acceso de datos de manera automática durante el proceso de ventilación.

La amplia disponibilidad y la capacidad de nuevas tecnologías de comunicación, combinadas con el desarrollo de campos de técnicas aplicadas y la generalización de componentes de uso como para la obtención de datos y el control de procesos industriales, permiten fusionar estos recursos y procesos de enseñanza-aprendizaje en docencia universitario.

La automatización está orientada a determinar las formas más efectivas para utilizar los factores básicos de la producción: personas, maquinaria, materiales, información, energía, y ventilación con el fin de elaborar un producto o brindar un servicio.

En este contexto, la presente investigación propone la automatización del ventilador axial, aumentando a dicho equipo un dispositivo automático para el

registro de datos, lecturas y resultados de las diferentes posiciones de los ángulos de los álabes del ventilador, capas de registrar los datos de una manera más óptima asociadas a la toma de caudales del ventilador, RPM, la frecuencia y la temperatura, entre otros.

El ingeniero industrial se distingue por la constante búsqueda del mejoramiento de la productividad y optimización en los sistemas de trabajo dentro de las empresas, lo cual abarca el diseño, implementación y administración de los sistemas de producción, y la calidad.

El término automatización se refiere a una amplia variedad de sistemas y procesos que operan con mínima o sin intervención del ser humano

El alcance va más allá que la simple mecanización de los procesos ya que ésta provee a operadores humanos mecanismos para asistirlos en los esfuerzos físicos del trabajo, la automatización reduce ampliamente la necesidad sensorial y mental del humano.

6.3 OBJETIVOS

6.3.1 OBJETIVO GENERAL

- Automatizar el ventilador axial de álabes móviles.

6.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Programar un interfaz visual y amigable, para que el operario con el sistema EDIBON, procesamiento y la traducción de datos.
- Realizar prácticas de laboratorio del ventilador axial con sus diferentes ángulos de inclinación de los álabes, con los mecanismos automáticos, realizar una comparación y detectar su margen de error con los equipos manuales del laboratorio.

- Transmitir la información y monitoreo de las prácticas de laboratorio realizadas en el equipo por medio del sistema EDIBON hacia distintas aulas promoviendo clases interactivas profesor-alumno con ayuda de un circuito de internet.
- Determinar exactamente los sensores del ventilador axial.

6.4 FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO-TÉCNICA

La automatización del ventilador axial de álabes móviles, propone para la implementación automática del procesamiento de datos en las prácticas de laboratorio la adquisición de los siguientes instrumentos:

- Sistema EDIBON de control desde el computador.
- Caja-interfaz de adquisición de datos.
- Software de aprendizaje asistido desde el computador
- Anemómetro RJ12 MODULAR JACK, 1 **puerto USB**. Molex95501-6669.
- Tacómetro digital RTGI 0.444L
- 1 Dámper (reguladores de flujo) de Ø52 cm.

Con la ejecución del tema propuesto, el ventilador tendrá las funciones de procesar los datos de manera más rápida y real como son: el caudal, la presión, la temperatura, el tipo de flujo con sus respectivas curvas características.

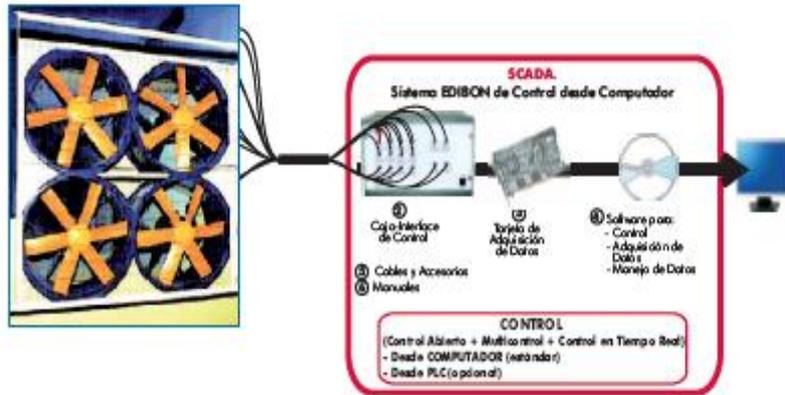


Fig. 54 Demostración de la conexión del programa EDIBON. En ventiladores axiales.

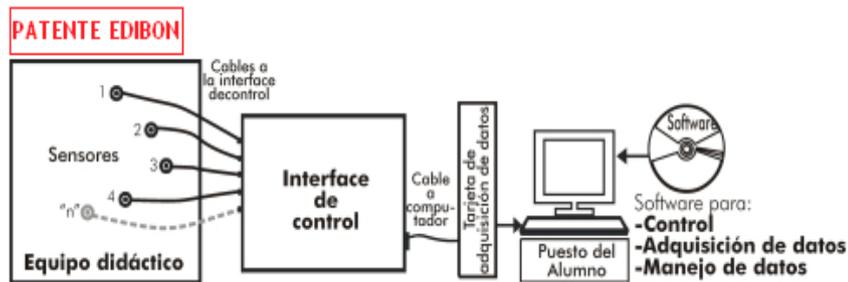


Fig. 55 Instalación del software en sus diferentes fases.

6.5 DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA.

La función principal del ventilador axial es suministrar y extraer aire por lo cual se plantea la utilización de este software de fácil manejo considerando que no intervenga la mano del operador en el cambio de los álabes, de este modo eliminaremos los errores humanos de manipulación y manejo en la toma y recopilación de datos en las prácticas.



Fig. 56 Caja-interfaz de adquisición de datos.

Existe conexión entre el ventilador axial gracias a los puertos de USB existentes en el variador de frecuencia que arroja los datos directamente al computador personal (PC). El paquete de software explica al alumno como usar el equipo didáctico, qué hacer, y cómo realizar cualquier experimento o práctica. Cada equipo necesita un software particular. Este programa puede ser controlado por el profesor a todos los alumnos de la clase, realizar preguntas a cualquier alumno, y examinarlos, etc.

Para ello se consideraron los requisitos básicos:

- Registró automático de datos del equipo al suministrar y extraer aire.
- Sistema EDIBON visual y amistosa de comunicación entre profesor-alumno aplicado a la docencia e investigación.
- Transmisión de información y monitoreo hacia puntos remotos por medio del uso del internet.

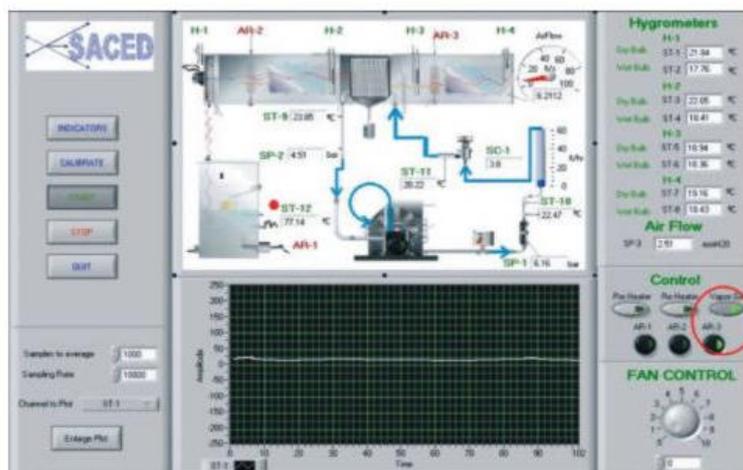


Fig. 57 Diagrama simplificado del sistema EDIBON.

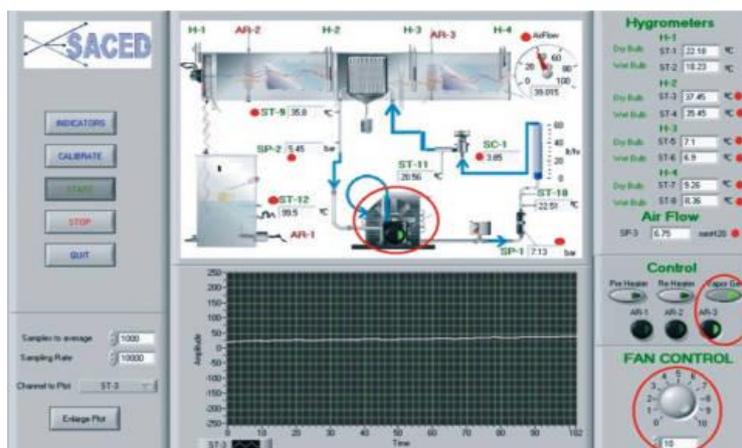


Fig. 58 Programación del software.

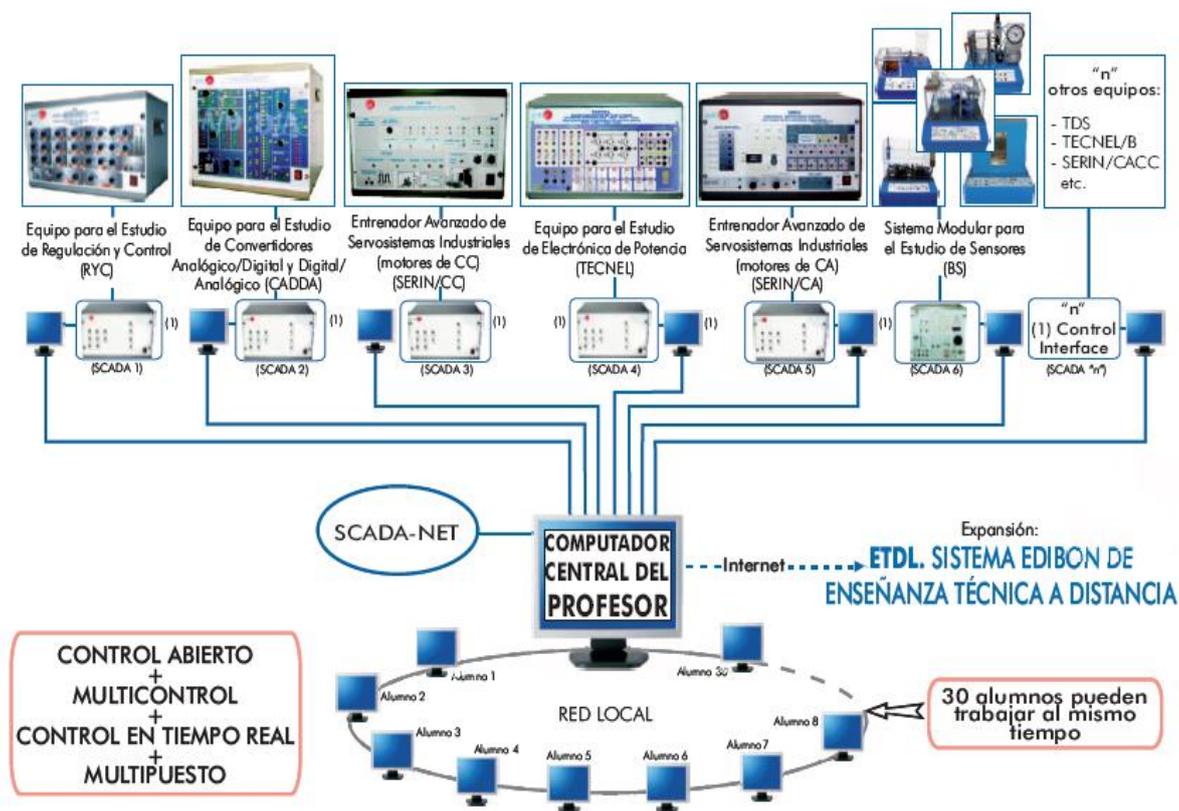


Fig. 59 Interfaz de comunicación profesor-alumno.

Descripción:

El sistema EDIBON de control desde computador (PC) es un sistema de CONTROL ABIERTO, MULTICONTROL y CONTROL EN TIEMPO

REAL. Por tanto diferentes parámetros (sensores) se pueden controlar de forma abierta simultáneamente. Este sistema nos proporciona la posibilidad de observar y visualizar en el computador (PC), en casi tiempo real, cualquier parámetro del proceso. Podemos ver, medir y controlar el proceso completo con todos sus parámetros.

Todos los resultados se pueden ver en el computador e imprimirlos. El proceso puede ser controlado en cualquier momento, por lo que los cambios de cualquier parámetro, siguiendo diferentes fórmulas, pueden ser analizados en detalle.

EL SISTEMA DE CONTROL ES ABIERTO, esto significa que un parámetro analizado puede ser variado abiertamente (proporcionalmente) de acuerdo con la variación del proceso (PID).

Es un SISTEMA MULTICONTROL, ya que se pueden controlar varios parámetros a la vez (simultáneamente). Ejemplo: 5 sensores de temperatura, 2 sensores de presión, 1 sensor de caudal, etc.

Este sistema utiliza:

- Sensores en el equipo didáctico.
- Interface de control.
- Tarjeta de adquisición de datos (PCI) común y estándar, que se coloca en un slot del computador (PC).
- Paquete de software específico para cada equipo didáctico, realizando: Control, Adquisición de datos y Manejo de datos.

Este sistema "SCADA EDIBON" es usado para:

- Mecánica de Fluidos.
- Máquinas Hidráulicas.
- Operaciones Unitarias.
- Aerodinámica.
- Termodinámica y Termotecnia.

- Control de Procesos.
- Ingeniería Química.
- Tecnología de Alimentos.
- Tecnología de Aguas.
- Medio Ambiente.
- Tratamiento de aguas.
- Procesos de bebidas.

6.6 MONITOREO Y EVALUACIÓN DE LA PROPUESTA.

El perfeccionamiento de este software permitirá realizar prácticas más eficientes en la toma de mediciones de los caudales, presiones de manera automática e interactiva, prescindiendo de la manipulación de la mano del hombre al cambiar el posicionamiento del ángulo de los álabes.

Esto suministra de una forma más eficiente el manejo y registro de datos, dando como resultado procesos de medición más precisa y recopilando datos exactos.

El sistema EDIBON, está disponible para múltiples usuarios que se encuentran conectados en línea para un mejor aprendizaje, perfeccionando la interrelación de aprendizaje docente-alumno de la facultad de Ingeniería.

Con el tema propuesto se espera concientizar una cultura de investigación a los estudiantes, y docentes de la Universidad Nacional de Chimborazo, con fines prácticos, útiles y serviciales que le permita una perspectiva amplia de conocimiento e información para el servicio de la colectividad, empresa, y satisfacción personal.

6.7 COSTO TOTAL DE LA PROPUESTA.

UNIDAD	DESCRIPCIÓN (u)	COSTO
Caja-interfaz de adquisición de datos.	1	1200.00
Software de aprendizaje asistido desde el computador.	1	2000
Sensor RJ12 TAC JACK.	1	250
Sensor ANM digital RTGI	1	250
1 Dámper	1	150.00
TOTAL	5	3850.00

Tabla N° 26. Costo total del sistema EDIBON propuesto.

Sistema EDIBON de control desde el computador.

Caja-interfaz de adquisición de datos.

Software de aprendizaje asistido desde el computador

Anemómetro RJ12 MODULAR JACK, 1 puerto USB. Molex95501-6669.

Tacómetro digital RTGI 0.444L

1 Dámper (reguladores de flujo) de Ø52 cm.

BIBLIOGRAFÍA.

- **Coin Blower**, Ventiladores industriales y colectores de polvo .6° Edición.2008. Editorial WHEELABRATOR AIR POLLUTION CONTROL USA.
- Decreto 2393 Reglamento de salud y seguridad en el trabajo Ecuador. 2009
- <http://www.premac-inc.com/pdfs/publicaciones/Ventilacion/manualventiladores> 2010.
- Hascon Engineering. Sistemas de filtración de Aire y ventilación, Italy All rights reserved 2009.
- Geankoplis J. Chistie Proceso de transportes y operaciones unitarias S.A. México 2008 quinta edición 2008.
- [Ballesteros Tajadura Rafael](#), Flujo en Ventiladores Axiales de Paso Variable [Universidad de Oviedo. Publicaciones](#) 2008
- Roldán, José Neumática, hidráulica y mecánica industrial Sexta edición. Editorial paraninfo, Madrid nueva edición 2007.

INTERNET.

- www.edibon.com/productos/index.phps.
- www.hasconengineeringenery.com.ec
- www.ventiladoresindustriales.com.ec.ar
- <http://www.sistemasdeventilacion.org.ar/aire.pdf>
- http://es.wikipedia.org/wiki/Pisum_sativum
- http://es.wikipedia.org/wiki/Lens_culinaris
- www.camozzi.com.ec
- <http://es.wikipedia.org/ventiladoresaxiales>.
- <http://es.axialesaire>.
- http://es.catarina.udlap.mx/u_a/documentales/pdf.

ANEXOS

ÍNDICE

	Pág.
Portada	I
Página de revisión	II
Autoría de la investigación	III
Agradecimiento	IV
Dedicatoria	V
Índice	VII
Índice general	VII
Índice de figuras	XI
Índice de tablas	XIII
Resumen	XIV
Summary	XV

INDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN.....	XII
CAPÍTULO I	XIV
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	XIV
1.1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.	XIV

1.1.3 UBICACIÓN DEL SECTOR	XV
1.1.4 JUSTIFICACIÓN.	XVI
1.1.5- OBJETIVOS.....	XVII
1.1.5.1 GENERAL.	XVII
1.1.5.2. ESPECÍFICOS:	XVII
1.6. MARCO TEÓRICO.....	XVIII
1.6.1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	XVIII
1.6.1.1. INTRODUCCIÓN VENTILACIÓN.....	XVIII
1.6.1.2. CLASIFICACIÓN DE LOS VENTILADORES DE ACUERDO A LA DIRECCIÓN DEL FLUJO.	XX
1.6.1.2.1. VENTILADORES CENTRÍFUGOS.....	XX
1.6.1.2.2 CLASIFICACIÓN DE LOS VENTILADORES CENTRÍFUGOS DE ACUERDO A LA FORMA DE ÁLABES.....	XXI
1.7. VENTILADORES AXIALES.....	XXIV
1.7.1. TIPOS DE VENTILADORES AXIALES	XXIV
1.7.2. VENTILADORES AXIALES INDUSTRIALES	XXVII
1.7.3. EXTRACCIÓN DE AIRE	XXIX
1.7.3.1. INYECCIÓN DE AIRE.....	XXIX
1.7.3.2. COMBINACIÓN DE SISTEMAS.....	XXX
1.7.3.3. INSTALACIONES DE EXTRACCIÓN DE IMPUREZAS DEL AIRE.....	XXX
1.8. PRESIÓN ESTÁTICA, DINÁMICA Y TOTAL DE UN VENTILADOR	XXX
1.9. MAGNITUDES CARACTERÍSTICAS Y CONCEPTOS FUNDAMENTALES	XXXI
1.9.1. CAUDAL.....	XXXII
1.9.2. PRESIÓN ESTÁTICA.....	XXXII
1.9.3. PRESIÓN DINÁMICA	XXXII
1.9.4. PRESIÓN TOTAL:.....	XXXII
1.9.5. RENDIMIENTO:.....	XXXII
1.10. DESCRIPCIÓN Y CURVAS DE OPERACIÓN.....	XXXII
1.11. PRINCIPIO DE OPERACIÓN	XXXIV
1.12. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS.....	XXXVI
1.12.1 MOTORES Y GENERADORES ELÉCTRICOS	XXXVII
1.12.2. MOTORES ELÉCTRICOS.....	XXXVIII

1.12.3. TIPOS DE MOTORES	XXXIX
1.12.4. MECANISMOS DE TRANSMISIÓN.....	XL
1.12.4.1. SISTEMA DE POLEAS Y CORREAS.....	XLI
1.12.4.2. TRANSMISIÓN SIMPLE.	XLII
1.12.4.3. RELACIÓN DE TRANSMISIÓN	XLIII
1.13. ANÉMOMETROS.....	XLIII
1.13.1. PRINCIPIOS DE OPERACIÓN	XLIV
1.13.2. CONSTRUCCIÓN	XLIV
1.13.3. LECTURA DEL INDICADOR DE VELOCIDAD.....	XLV
1.13.4. FUNCIONAMIENTO DE UN ANEMÓMETRO.	XLVI
1.14. VARIADOR DE FRECUENCIA	XLVI
1.14.1. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO	XLVII
1.15. AMBIENTES CONFORTABLES VENTILACIÓN.....	XLVIII
1.15.1. QUÉ DICE LA LEY, DEL MICROCLIMA DE TRABAJO	XLIX
1.15.2. TEMPERATURAS CONFORTABLES	L
1.15.3. GUÍA DE CONTROL PARA EL MICROCLIMA	LI
1.15.4. PORQUE INSTALAR UN VENTILADOR AXIAL.....	LII
1.15.4.1. AMBIENTES CALUROSOS.....	LII
CAPÍTULO II	LVI
2. METODOLOGÍA.	LVI
2.1 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	LVI
2.2.- NIVEL DE INVESTIGACIÓN	LVII
2.3.- TIPO DE ESTUDIO	LVII
2.4. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	LVIII
2.5. PROCESOS DE CONSTRUCCIÓN DEL VENTILADOR AXIAL.....	LIX
2.6 DIAGRAMA DE OPERACIONES PARA EL ENSAMBLE DEL VENTILADOR.....	LIX
2.7 CONSTRUCCIÓN Y ENSAMBLE DEL SOPORTE.....	LX
2.7.1 MATERIALES, EQUIPOS Y EPP:	LXI
2.8 OPERACIONES.	LXII
2.9 RECURSOS HUMANOS.....	LXIII
2.10 RECURSOS FÍSICOS.	LXV

2.11 RECURSOS FINANCIEROS.	LXVI
2.12 COSTO TOTAL DEL PROYECTO.....	LXVII
2.13. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS.....	LXVIII
CAPÍTULO III	LXXXI
3. RESULTADOS.	LXXXI
3.1 DATOS RECOPIADOS DURANTE LA PRÁCTICA #1.	LXXXI
3.2 DATOS RECOPIADOS DURANTE LA PRÁCTICA #2	XCIV
CAPÍTULO IV.....	CI
4. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	CII
4.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS EN LA PRÁCTICA # 1.	CII
4.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS EN LA PRÁCTICA # 2.	CIII
CAPÍTULO V.....	CV
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	CV
5.1 CONCLUSIONES	CV
5.2 RECOMENDACIONES.....	CVI
CAPÍTULO VI.....	CVIII
6. PROPUESTA.....	CVIII
6.1 TÍTULO DE LA PROPUESTA.	CVIII
6.2 INTRODUCCIÓN.....	CVIII
6.3 OBJETIVOS.....	CIX
6.4 FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO-TÉCNICA	CX
6.5 DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA.	CXI
6.6 MONITOREO Y EVALUACIÓN DE LA PROPUESTA.....	CXV
6.7 COSTO TOTAL DE LA PROPUESTA.	CXVI
BIBLIOGRAFÍA.....	CXVII
ANEXOS	CXVIII

