

La ventilación

Ventiladores: Leyes de los ventiladores

En la norma UNE 100-230-95, que trata de este tema, encontramos lo siguiente:

Si un ventilador debe funcionar en condiciones diferentes de las ensayadas, no es práctico ni económico efectuar nuevos ensayos para determinar sus prestaciones.

Mediante el uso de un conjunto de ecuaciones designado con el nombre de LEYES DE LOS VENTILADORES es posible determinar, con buena precisión, las nuevas prestaciones a partir de los ensayos efectuados en condiciones normalizadas.

Al mismo tiempo, estas leyes permiten determinar las prestaciones de una serie de ventiladores geoméricamente semejantes a partir de las características del ventilador ensayado.

Las leyes de los ventiladores están indicadas, bajo forma de relación de magnitudes, en ecuaciones que se basan en la teoría de la mecánica de fluidos y su exactitud es suficiente para la mayoría de las aplicaciones, siempre que el diferencial de presión sea inferior a 3 kPa, por encima del cual se debe tener en cuenta la compresibilidad del gas.

Con el ánimo de precisar un tanto más lo que expone la norma UNE, podríamos decir que cuando un mismo ventilador se somete a regimenes distintos de marcha o bien se varían las condiciones del fluido que trasiega, pueden cancelarse por anticipado los resultados que se obtendrán a partir de los conocidos, por medio de unas leyes o relaciones sencillas que también son de aplicación cuando se trata de una serie de ventiladores homólogos, esto es, de dimensiones y características semejantes que se mantienen al variar el tamaño al pasar de unos de ellos a cualquier otro de su misma familia.

Estas leyes se basan en el hecho que dos ventiladores de una serie homóloga tienen homólogas sus curvas características y para puntos de trabajo semejantes tienen el mismo rendimiento, manteniéndose entonces interrelacionadas todas las razones de las demás variables.

Las variables que comprenden a un ventilador son la velocidad de rotación, el diámetro de la hélice o rodete, las presiones total, estática y dinámica, el caudal, la densidad del gas, la potencia absorbida, el rendimiento y el nivel sonoro.

Las normas internacionales ISO, 5801-96 (E) y W/D 13348-1998, a estas variables les asignan los siguientes símbolos y unidades, que aquí usaremos para ilustrar las definiciones y aplicaciones.

Símbolo	Concepto	Unidad
Dr	Diámetro hélice/rodete	m
Lwt	Nivel Potencia total sonora	dB
n	Velocidad rotacional	s-1
Pr	Potencia mecánica suministrada al ventilador	W
Pf	Presión del ventilador	Pa
qv	Caudal de entrada	m³/s-1
r	Densidad	kg/m-3

Además debe tenerse en cuenta, antes de aplicar las leyes de los ventiladores que los valores conocidos lo sean de un aparato de la misma familia trabajando en las mismas condiciones bajo las cuales queremos determinar los nuevos valores y que las condiciones del ventilador considerado sean todas proporcionales a las correspondientes del tomado como punto de partida y cuyos valores reales de ensayo se conozcan. También es necesario que la velocidad del fluido dentro del ventilador sea proporcional de uno a otro y para lo cual debe comprobarse que la razón entre la velocidad periférica de dos puntos de un rodete sea la misma que la de entre la de dos puntos semejantes del otro rodete.

A medida que se vayan exponiendo las leyes que rigen para las variaciones de los ventiladores, se desarrollarán ejemplos de aplicación para mejor facilitar su comprensión.

VARIACIÓN DEL DIÁMETRO

$$\text{Caudal } q_v = q_{v0} \left(\frac{D}{D_0} \right)^3$$

$$\text{Presión } p_F = p_{F0} \left(\frac{D}{D_0} \right)^2$$

$$\text{Potencia } P_r = P_{r0} \left(\frac{D}{D_0} \right)^5$$

$$\text{Nivel Potencia sonora } L_{wt} = L_{wt0} + 70 \log \frac{D}{D_0}$$

El subíndice 0 (0) indica la condición inicial de la variable considerada.

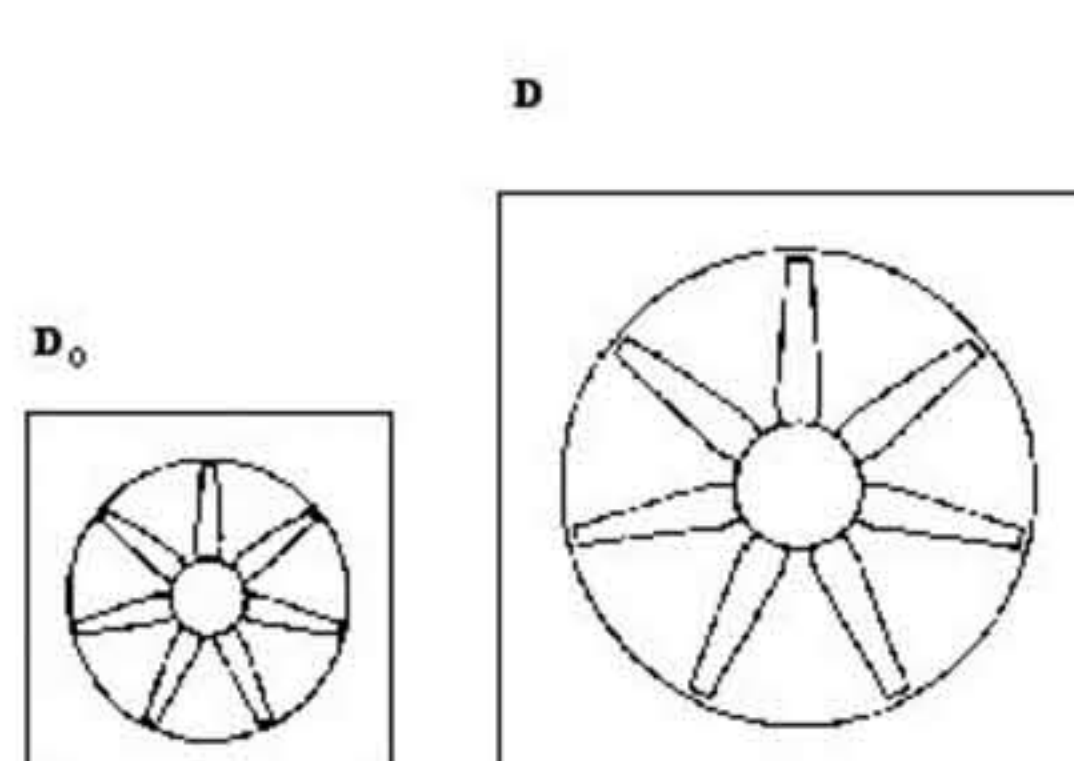


Fig. 1. Variación del diámetro

1. Ejemplo de aplicación

Las fórmulas para el cambio de diámetro deben usarse con precaución ya que sólo son válidas si los ventiladores que relacionan son rigurosamente semejantes. En la práctica siempre hay desviaciones de semejanza, que no se aprecian ostensiblemente y más cuando se trata de aparatos de la misma familia.

Supongamos un ventilador de 450 mm de diámetro del que conocemos da 5.000 m³/h a 12 mm c.d.a. con un nivel sonoro de 65 db (A) y que absorbe de la red 480 W. ¿Qué caudal, presión, ruido y potencia sonora tendrá otro aparato semejante de 630 mm Ø?

La aplicación de las ecuaciones del cuadro anterior resuelven el problema:

El ventilador de 630 mm tendrá:

$$\text{Caudal } q_v = 5.000 \frac{630^3}{450^3} = 13.720 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{Presión } p = 22 \frac{630^2}{450^2} = 43 \text{ mm c.d.a.}$$

$$\text{Potencia absorbida} = 480 \frac{630^5}{450^5} = 2.582 \text{ W}$$

$$\text{Nivel sonoro } L_{wt} = 65 + 70 \log \frac{630}{450} = 75 \text{ dB (A)}$$

VARIACIÓN DE LA VELOCIDAD

$$\text{Caudal } q_v = q_{v0} \frac{n}{n_0}$$

$$\text{Presión } p_F = p_{F0} \left(\frac{n}{n_0} \right)^2$$

$$\text{Potencia } P_r = P_{r0} \left(\frac{n}{n_0} \right)^3$$

$$\text{Nivel Potencia sonora } L_{wt} = L_{wt0} + 50 \log \frac{n}{n_0}$$

El subíndice 0 (0) indica la condición inicial de la variable considerada.

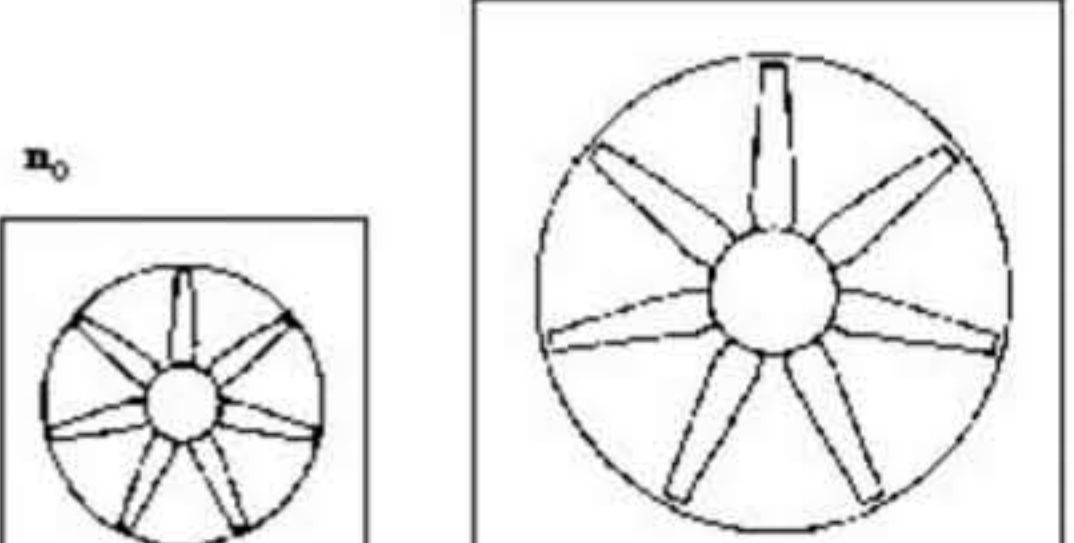


Fig. 2. Variación de la velocidad

2. Ejemplo de aplicación

Sea un ventilador que, girando a 1.400 rev/min, dé un caudal de 15.000 m³/h a una presión de 22 mm c.d.a. instalado en un sistema determinado. La potencia absorbida y la potencia sonora sean respectivamente 1.500 W y 88 dB (A).

Se pregunta, ¿qué presión y caudal daría girando a 2.000 rev/min? ¿Cuánto consumiría entonces? Y el ruido, ¿qué valor alcanzaría?

$$\text{Caudal } q_v = 1.500 \frac{2.000}{1.400} = 2.143 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{Presión } p_F = 22 \frac{2.000^2}{1.400^2} = 44,9 \text{ mm c.d.a.}$$

$$\text{Potencia } P_r = 1.500 \frac{2.000^3}{1.400^3} = 4.373 \text{ W}$$

$$\text{Nivel Potencia sonora } L_{wt} = 88 + 50 \log \frac{2.000}{1.400} = 95,7 \text{ dB (A)}$$

3. Ejemplo de aplicación

Con estas mismas fórmulas se puede resolver un problema muy común en la práctica. Supongamos que después de haber hecho una instalación con un ventilador determinado comprobamos que rinde un caudal de 2.300 m³/h en vez de los 3.000 que exigía el pliego de condiciones. Si actualmente el ventilador gira a 800 rev/min se nos plantean las siguientes preguntas: ¿A qué velocidad deberá girar el aparato para cumplir las especificaciones? ¿En qué proporción aumentará la potencia absorbida por el motor? ¿Cuánto aumentará el ruido? Despejando «n» de la fórmula del caudal, tendremos:

$$n = n_0 \frac{q_v}{q_{v0}} = 800 \frac{3.000}{2.300} = 1.043 \text{ rev/min}$$

O sea, que si podemos aumentar la velocidad del ventilador hasta las 1.043 rev/min se obtendrán los 3.000 m³/h deseados.

Pero la potencia consumida será mucho mayor, ya que

$$\frac{P_r}{P_{r0}} = \frac{1.043^3}{800^3} = 2,22$$

y vendrá multiplicada por 2.22 lo que traerá consigo cambiar el motor.

El ruido aumentará en:

$$L_{wt} - L_{wt0} = 50 \log \frac{1.043}{800} = 5,8 \text{ dB(A)}$$

lo que, según los casos, puede ser preocupante.

VARIACIÓN DE LA DENSIDAD

$$\text{Caudal } q_v = q_{v0}$$

$$\text{Presión } p_F = p_{F0} \frac{r}{r_0}$$

$$\text{Potencia } P_r = P_{r0} \frac{r}{r_0}$$

$$\text{Nivel Potencia sonora } L_{wt} = L_{wt0} + 20 \log \frac{r}{r_0}$$

El subíndice 0 (0) indica la condición inicial de la variable considerada.

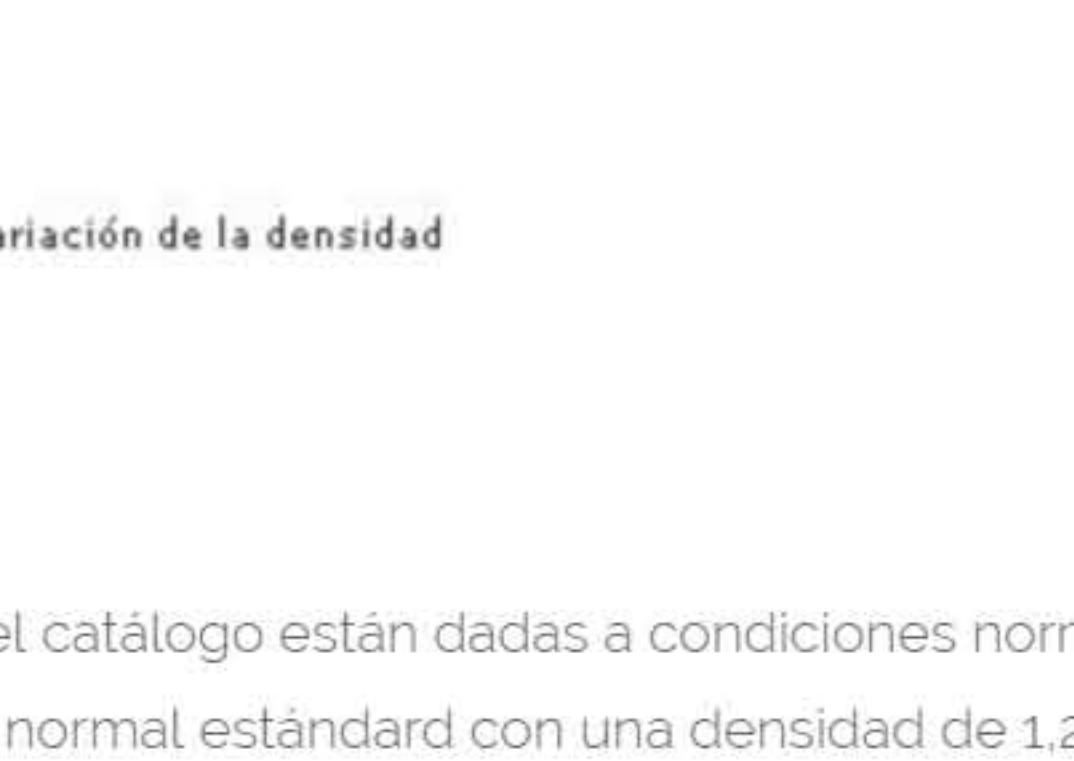


Fig. 3. Variación de la densidad

4. Ejemplo de aplicación

Las curvas características de los ventiladores que figuran en el catálogo están dadas a condiciones normales de presión atmosférica, temperatura y humedad. Ello significa que se refiere a un aire normal estándar con una densidad de 1.2 kg/m³.

En muchas ocasiones los aparatos trabajan en condiciones distintas de las normales, como es el caso de un ventilador dentro de una cámara de congelación con un aire de una densidad mucho mayor de la normal. O bien un ventilador instalado en México DC en donde la presión atmosférica es mucho menor y por la circunstancia de la altitud moverá un aire de densidad inferior a la normal.

Sea por ejemplo un ventilador que a condiciones normales da 5.000 m³/h, 22 mm c.d.a. de presión, que gasta 480 W y tiene un nivel de potencia sonora de 65 db (A). ¿Qué rendirá este ventilador dentro de una cámara frigorífica a -35 °C?

Debemos calcular primero la densidad

$$r(273 - 35) = 1.2(273 + 20) = 1.48 \text{ kg/m}^3$$

lo que se traduce en que la densidad es inversamente proporcional a las temperaturas absolutas.

Aplicando ahora las fórmulas del cuadro correspondiente, tendremos:

$$q = 5.000 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$p = 20 \frac{1.48}{1.2} = 27,1 \text{ mm c.d.a.}$$

$$P = 480 \frac{1.48}{1.2} = 592 \text{ W}$$

$$L = 65 + 20 \log \frac{1.48}{1.2} = 66,8 \text{ dB}$$

Hay que observar que aunque el aumento de presión puede parecer ventajoso en algunos casos, la característica resistente del sistema aumenta en la misma proporción por lo que desaparece la ventaja del aumento de presión.

Y que en cuanto a la potencia, si que debe tenerse en cuenta el aumento experimentado, aunque en el caso concreto de aumento de densidad por disminución de temperatura el motor no se recalentará en exceso por disfrutar de una mayor refrigeración, si es que la realiza con el aire frío. De todas formas es aconsejable controlar el gasto del motor.

Las fórmulas de los cuadros anteriores pueden resumirse en los dos a continuación, que nos permiten calcular el caudal, la presión, la potencia y el ruido de un ventilador variando varios parámetros a la vez.

VARIACIÓN DE VARIOS PARÁMETROS

$$q_v = q_{v0} \left(\frac{D}{D_0} \right)^3 \frac{n}{n_0}$$

$$p = p_0 \left(\frac{D}{D_0} \right)^2 \left(\frac{n}{n_0} \right)^2 \frac{r}{r_0}$$

$$P = P_0 \left(\frac{D}{D_0} \right)^5 \left(\frac{n}{n_0} \right)^3 \frac{r}{r_0}$$

$$L_{wt} = L_{wt0} + 70 \log \frac{D}{D_0} + 50 \log \frac{n}{n_0} + 20 \log \frac{r}{r_0}$$

El subíndice 0 (0) indica la condición inicial de la variable considerada.

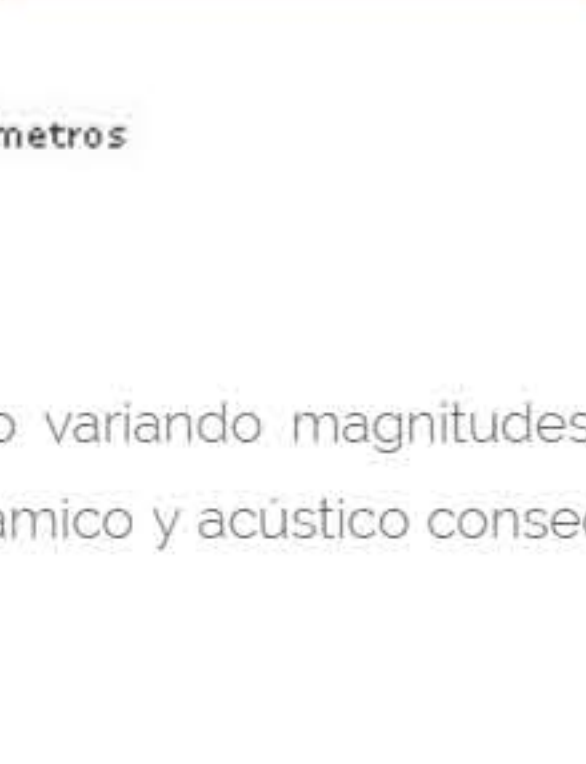


Fig. 4. Variación de varios parámetros

Todas estas fórmulas hasta ahora resuelven el problema directo, en efecto variando magnitudes independientes como son el diámetro, la velocidad y la densidad, nos permiten hallar el resultado aerodinámico y acústico consecuencia de tales variaciones es decir encontramos el caudal, presión y nivel.

Pero algunas veces es práctico poder resolver el problema inverso, como por ejemplo: ¿Qué diámetro deberá tener un ventilador para conseguir tal caudal y tal presión? ¿A qué velocidad deberá girar el aparato?

Las fórmulas del cuadro siguiente resuelven algunos de estos casos inversos si bien cabe mencionar que proceden de las anteriores, sin más que despejar las magnitudes que se requieren calcular.

VARIACIÓN DE VARIAS PRESTACIONES

$$D = D_0 \left(\frac{q}{q_0} \right)^{1/2} \left(\frac{p}{p_0} \right)^{1/4} \left(\frac{r}{r_0} \right)^{1/4}$$

$$n = n_0 \left(\frac{q}{q_0} \right)^{1/2} \left(\frac{p}{p_0} \right)^{3/4} \left(\frac{r}{r_0} \right)^{3/4}$$

$$P = P_0 \frac{q}{q_0} \frac{p}{p_0}$$

$$L_{wt} = L_{wt0} + 10 \log \frac{q}{q_0} + 20 \log \frac{p}{p_0}$$

El subíndice 0 (0) indica la condición inicial de la variable considerada.



Fig. 5. Variación de varias prestaciones