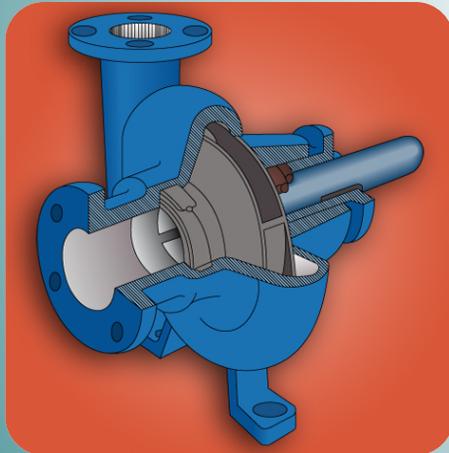


# Sistemas y Máquinas Fluido Mecánicas

## Bloque II. Tema 4. Ventiladores



**Carlos J. Renedo**

**Inmaculada Fernández Diego**

**Juan Carcedo Haya**

**Félix Ortiz Fernández**

Departamento de Ingeniería Eléctrica y Energética

Este tema se publica bajo Licencia:

[Creative Commons BY-NC-SA 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Las transparencias son el material de apoyo del profesor para impartir la clase. No son apuntes de la asignatura. Al alumno le pueden servir como guía para recopilar información (libros, ...) y elaborar sus propios apuntes

En esta presentación se incluye un listado de problemas en el orden en el que se pueden resolver siguiendo el desarrollo de la teoría. Es trabajo del alumno resolverlos y comprobar la solución



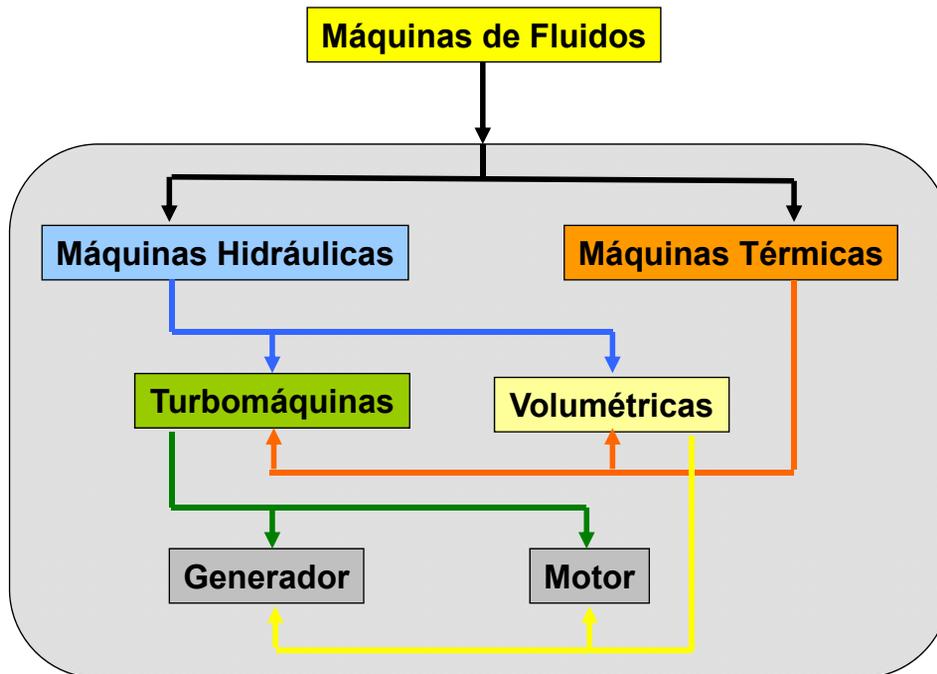
**2.1.- Ventiladores**

**2.2.- Compresores**

### **Objetivos:**

El objetivo de este bloque es desarrollar las máquinas “hidráulicas” generadoras de mayor aplicación para el movimiento de aire: ventiladores y compresores

Este bloque se complementa con una práctica de laboratorio donde se pueden ver diferentes máquinas y sus despieces



## **2.1.- Ventiladores**

**2.1.1.- Generalidades**

**2.1.2.- Clasificación**

**2.1.3.- Curvas Características**

**2.1.4.- Leyes de Funcionamiento**

**2.1.5.- Acoplamientos**

**2.1.6.- Selección**

## **2.2.- Compresores**

## Generalidades

Son máquinas destinadas a producir movimiento de aire. Las características principales para su selección son:

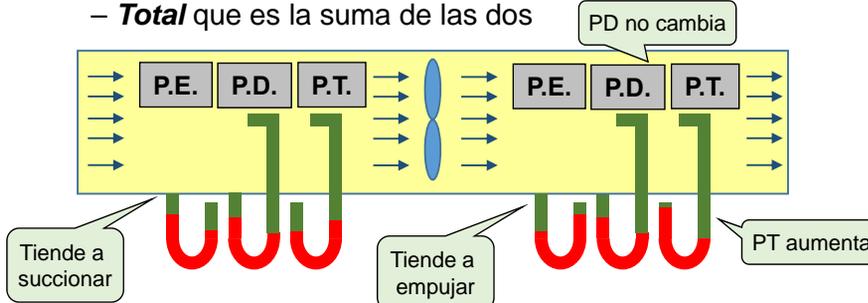
- Caudal volumétrico
- Incremento de la presión estática
- Potencia disponible
- Rendimiento del ventilador
- Ruido, dimensiones, y modo de arrastre

Son Generadores  
Hidráulicos

En un conducto hay tres “tipos de presiones”:

- **Presión estática**, sobre las paredes del conducto
- **Dinámica**, al convertir la energía cinética en presión
- **Total** que es la suma de las dos

$$H = z + \frac{p}{\gamma} + \frac{v^2}{2g} \quad [m]$$



$P_{estática}$ : en todas las direcciones

$P_{dinámica}$ : en la dirección del flujo

$$P_{din} = \frac{v^2}{2g} \quad [m]$$

## Generalidades (II)

Succionan aire y ...

**¡Cuidado con los arranques intempestivos!**

Suelen arrancar por diferencia de presión, y la apertura de una puerta o ventana la modifica



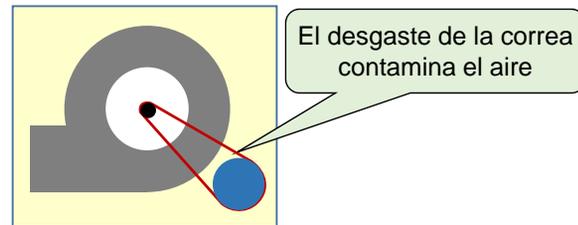
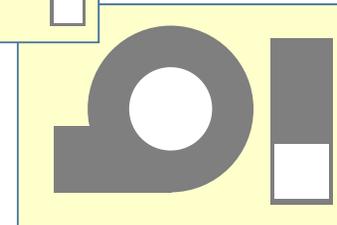
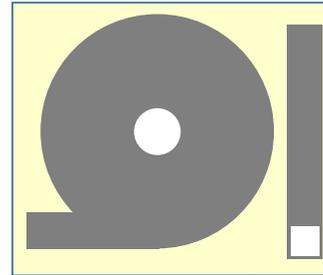
<http://www.boatdesign.net/forums/boat-design/turbofan-46295.html>



<http://easyvent.solerpalau.com/series/0>

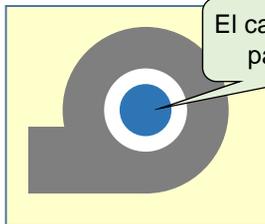
### Clasificación (I)

- Por **la diferencia de presión estática**:
  - Alta presión:  $180 < \Delta p > 300$  mm.c.a.
  - Media presión:  $90 < \Delta p < 180$  mm.c.a.
  - Baja presión:  $\Delta p < 90$  mm.c.a.
  
- Por el **sistema de accionamiento**:
  - Accionamiento directo
  - Accionamiento indirecto por transmisión

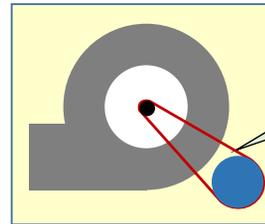


**Clasificación (I)**

- Por *la diferencia* <http://easyvent.solerpalau.com/series/0>



El calor del motor pasa al aire

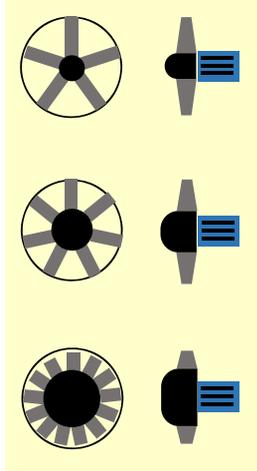


El desgaste de la correa contamina el aire

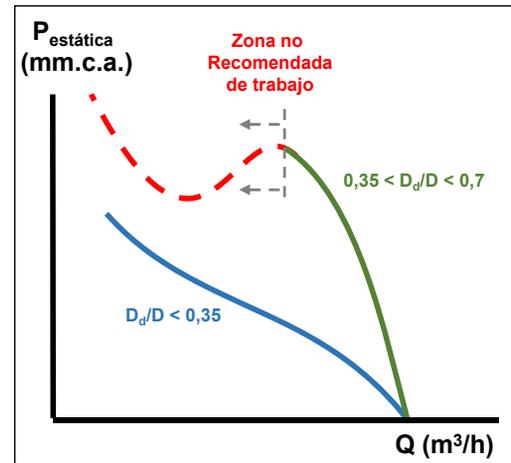
Clasificación (II)

<http://easyvent.solerpalau.com/series/0>

- Por el **modo de trabajo (I)**:
  - **Ventiladores axiales**: mueven grandes caudales con incrementos de presión estática baja
    - Hélice o Axial
    - *Tubo axial*: en una envolvente, dan mayores presiones, generan mucho ruido



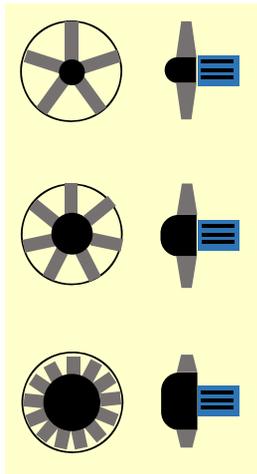
- Relación  $D_b/D < 0,35$   
Proporcionan bajo incremento de  $p$   
Tienen rendimiento bajo
- Relación  $D_b/D > 0,35$  y  $< 0,7$   
La curva tiene un mínimo que el punto de trabajo de debe evitar
- Relación  $D_b/D > 0,7$   
La curva tiene un mínimo a evitar  
Proporcionan altas  $p$  con caudales medios



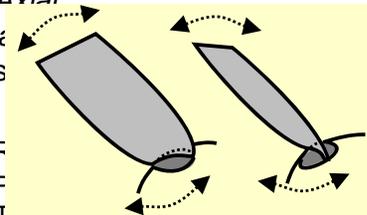
**Clasificación (II)**

<http://easyvent.solerpalau.com/series/0>

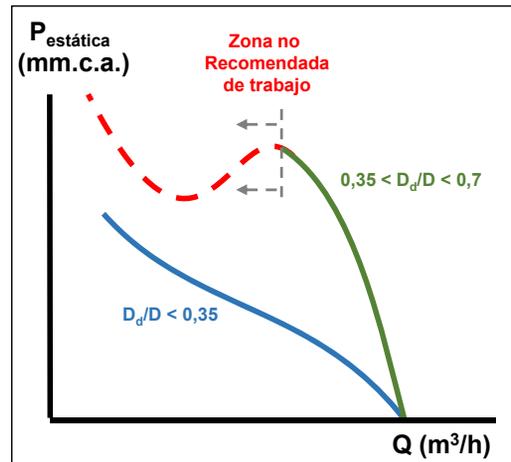
- Por el **modo de trabajo (I)**:
  - **Ventiladores axiales**: mueven grandes caudales con incrementos de presión estática baja
    - Hélice o Axial
    - Tubo axial



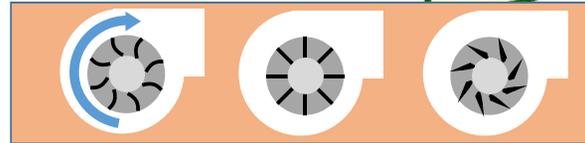
- F...  
F...  
T...
- F...  
L...  
punto de trabajo de debe evitar
- Relación  $D_b/D > 0,7$   
La curva tiene un mínimo a evitar  
Proporcionan altas p con caudales medios



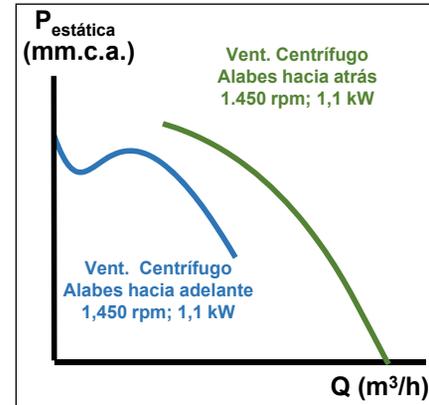
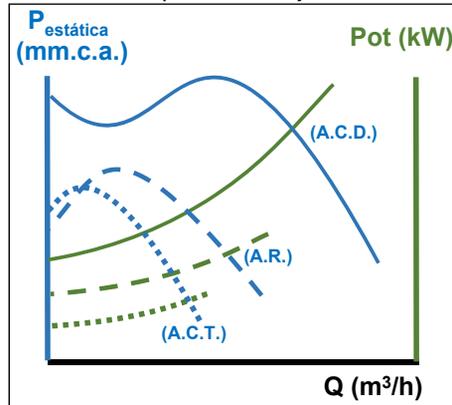
En algunos rotores axiales se tiene la posibilidad de variar el ángulo de los álabes



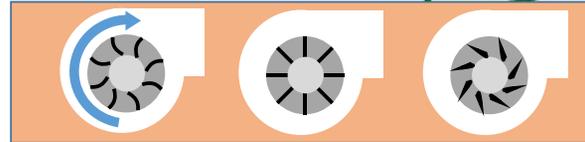
**Clasificación (III)**



- Por el **modo de trabajo (II)**:
  - **Ventiladores centrífugos**: salida perpendicular a la entrada.
    - De álabes curvados hacia delante  
Son los menos eficientes, pero los que dan mayor p y Q  
La curva es la más horizontal
    - De álabes rectos a radiales  
Fáciles de construir, se suelen emplear en captación de aire sucio
    - De álabes curvados hacia atrás  
Son los más eficientes, pero dan bajos caudales



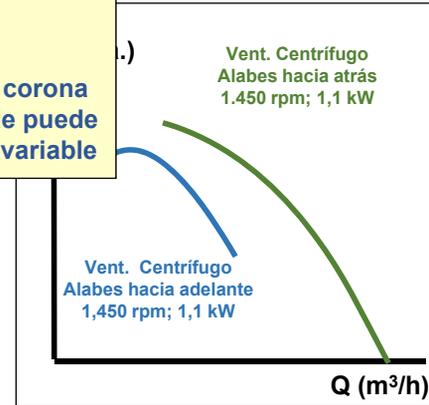
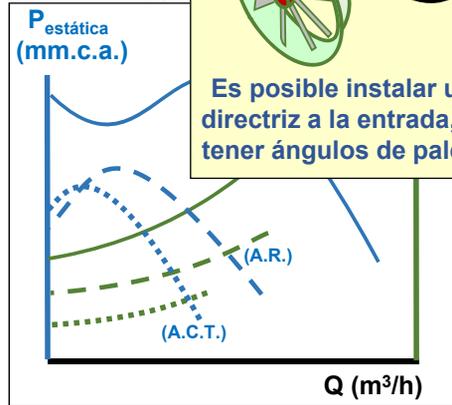
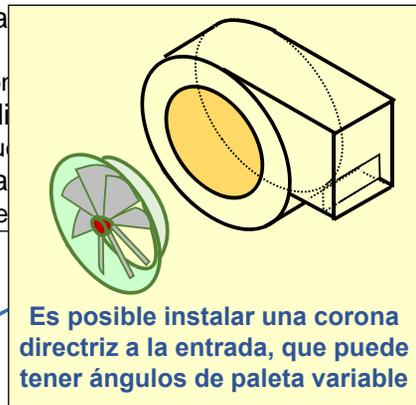
**Clasificación (III)**



• Por el **modo de trabajo (II)**:

– **Ventiladores centrífugos:** salida perpendicular a la entrada.

- De álabes curvados hacia atrás  
Son los menos eficientes,  
La curva es la más horizontal
- De álabes rectos a radiación  
Fáciles de construir, se sueldan
- De álabes curvados hacia adelante  
Son los más eficientes, pero



**Clasificación (III)**

**VENTILADORES CENTRÍFUGOS**



**Álabes curvados  
hacia adelante**



**Álabes curvados  
hacia atrás**



**Álabes rectos**

**Clasificación (III)**

**VENTILADORES CENTRÍFUGOS**



**Álabes curvados  
hacia adelante**



**Álabes curvados  
hacia atrás**



**Álabes rectos**

**Clasificación (III)**

**VENTILADORES CENTRÍFUGOS DE ALTA PRESIÓN**



**Álabes curvados  
hacia adelante**



**Álabes curvados  
hacia atrás**



**Álabes rectos**

**Clasificación (III)**

**VENTILADORES CENTRÍFUGOS DE ALTA PRESIÓN**



**Álabes curvados  
hacia adelante**



**Álabes curvados  
hacia atrás**

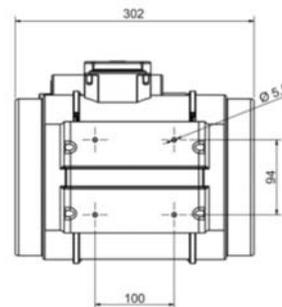
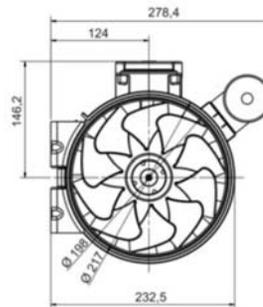
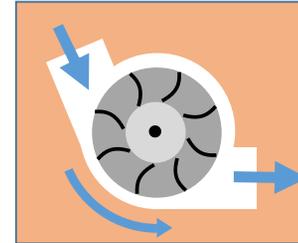


**Álabes rectos**

### Clasificación (IV)

- Por el *modo de trabajo* (III):

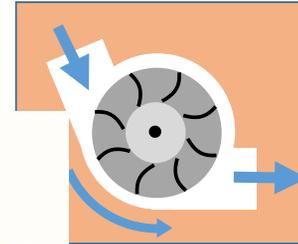
- **Ventiladores *trangenciales***; la trayectoria del aire en el rodete es normal al eje tanto a la entrada como a la salida
- **Ventiladores *helicocentrífugos***; intermedios entre los centrífugos y los axiales, el aire entra como en los helicoidales y sale como en los centrífugos



### Clasificación (IV)

• Por el *modo de trabajo* (III):

- **Ventiladores *trangen*** aire en el rodete es entrada como a la salida
- **Ventiladores *helicoc*** axiales, el aire entra cc



centrífugos y los  
os centrífugos

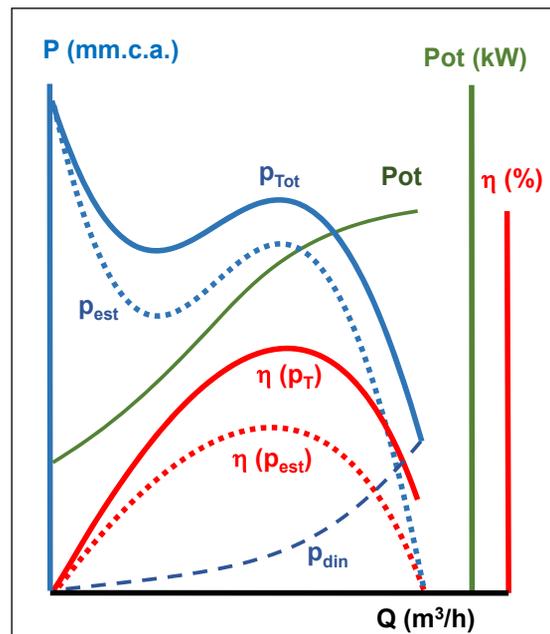
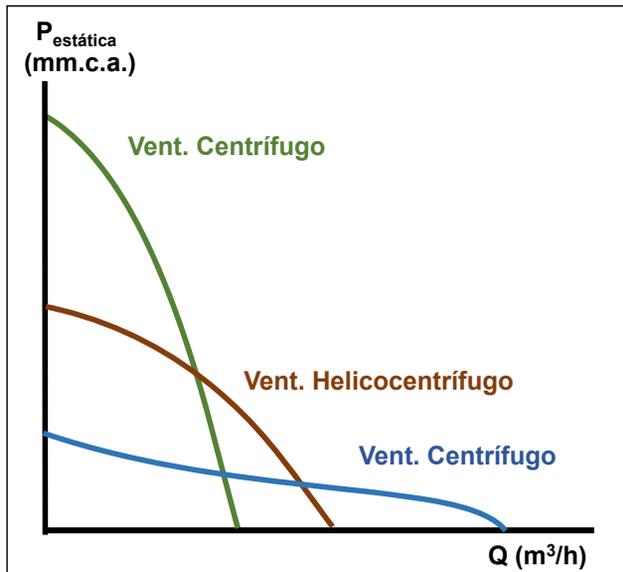


<http://easyvent.solerpalau.com/series/0>

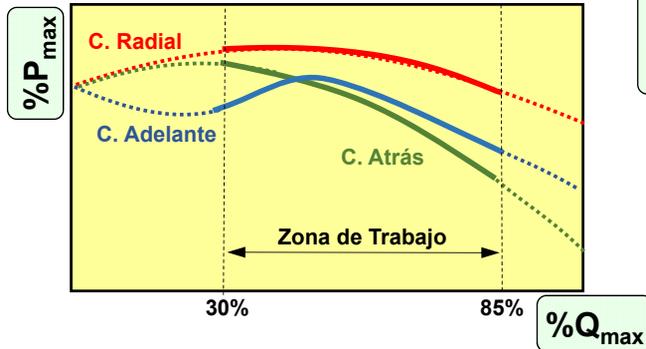


<http://www.solerpalau.es/td-800-200-exeiict3-230v50hz-ve.html>

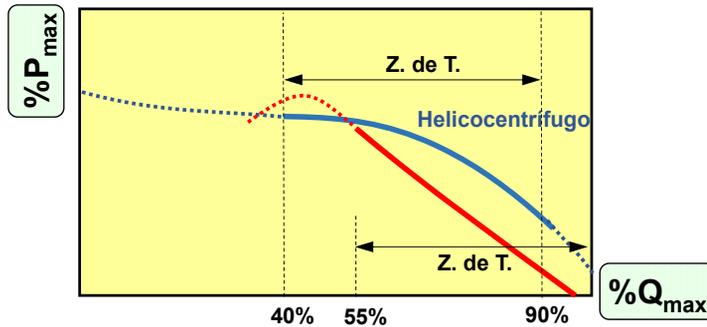
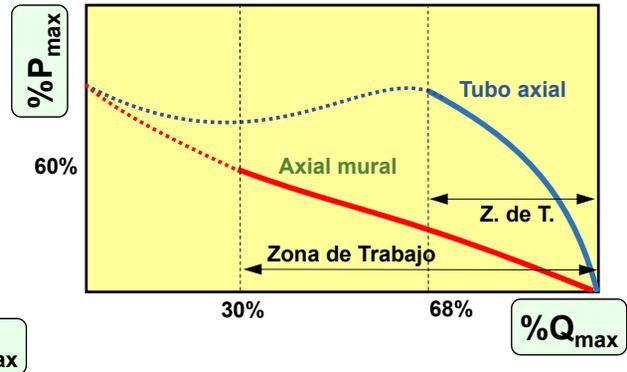
**Curvas Características (I)**



**Curvas Características (II)**



**Comparación**



**Leyes de Funcionamiento (I)**

**Supuesto que no comprimen el aire se comportan como las B.C.**

- Variación de la velocidad de giro:

$$Q = Q_0 \cdot \frac{n}{n_0} \quad P = P_0 \cdot \left(\frac{n}{n_0}\right)^2 \quad \text{Pot} = \text{Pot}_0 \cdot \left(\frac{n}{n_0}\right)^3 \quad Lw = Lw_0 + 50 \cdot \log\left(\frac{n}{n_0}\right)$$

- Variación del diámetro del rodete:

$$Q = Q_0 \cdot \left(\frac{D}{D_0}\right)^3 \quad P = P_0 \cdot \left(\frac{D}{D_0}\right)^2 \quad \text{Pot} = \text{Pot}_0 \cdot \left(\frac{D}{D_0}\right)^5 \quad Lw = Lw_0 + 70 \cdot \log\left(\frac{D}{D_0}\right)$$

- Variación de la densidad del aire:

$$Q = Q_0 \quad P = P_0 \cdot \left(\frac{\rho}{\rho_0}\right) \quad \text{Pot} = \text{Pot}_0 \cdot \left(\frac{\rho}{\rho_0}\right) \quad Lw = Lw_0 + 20 \cdot \log\left(\frac{\rho}{\rho_0}\right)$$

Q caudal, P Presión, Pot Potencia absorbida, Lw ruido

**Leyes de Funcionamiento (II)**

**Supuesto que no comprimen el aire se comportan como las B.C.**

- Variación de las prestaciones

$$D = D_0 \cdot \left(\frac{Q}{Q_0}\right)^{1/2} \cdot \left(\frac{P}{P_0}\right)^{1/4} \cdot \left(\frac{\rho}{\rho_0}\right)^{1/4} \quad \text{Pot} = \text{Pot}_0 \cdot \left(\frac{Q}{Q_0}\right) \cdot \left(\frac{P}{P_0}\right)$$

$$n = n_0 \cdot \left(\frac{Q_0}{Q}\right)^{1/2} \cdot \left(\frac{P}{P_0}\right)^{3/4} \cdot \left(\frac{\rho_0}{\rho}\right)^{3/4} \quad \text{Lw} = \text{Lw}_0 + 10 \cdot \log\left(\frac{Q}{Q_0}\right) + 20 \cdot \log\left(\frac{P}{P_0}\right)$$

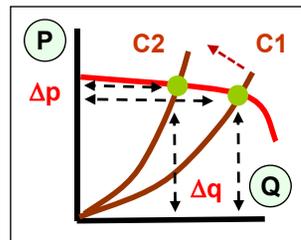
- Variación varios parámetros:

$$Q = Q_0 \cdot \left(\frac{D}{D_0}\right)^3 \cdot \frac{n}{n_0} \quad \text{Pot} = \text{Pot}_0 \cdot \left(\frac{D}{D_0}\right)^5 \cdot \left(\frac{n}{n_0}\right)^5 \cdot \frac{\rho}{\rho_0}$$

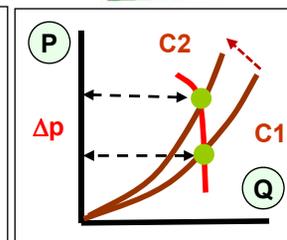
$$n = n_0 \cdot \left(\frac{Q_0}{Q}\right)^{1/2} \cdot \left(\frac{P}{P_0}\right)^{3/4} \cdot \left(\frac{\rho_0}{\rho}\right)^{3/4} \quad \text{Lw} = \text{Lw}_0 + 70 \cdot \log\left(\frac{D}{D_0}\right) + 50 \cdot \log\left(\frac{n}{n_0}\right) + 20 \cdot \log\left(\frac{\rho_0}{\rho_0}\right)$$

**Punto de Funcionamiento (III)**

Depende del sistema de distribución del aire, que es cambiante (filtros, suciedad, control)



Para Q variable

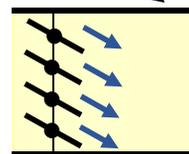
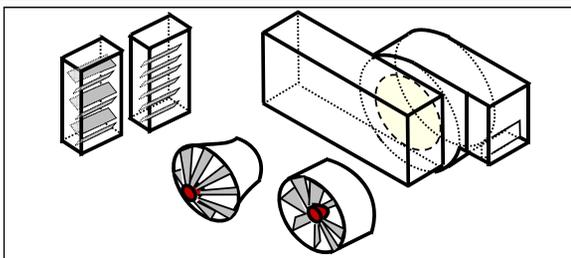


Para Q cte

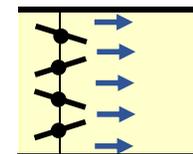
**Control del Caudal**

Ventilador	Sistema de Regulación	Zona de Posible Regulación		Zona de Reg. Recomendada		Coste Inicial	Consumo de Energía	Nivel Acústico
		de %	a %	de %	a %			
Centrifugo y Helicoidal	Compuerta	100	70	100	90	Bajo	Malo	Malo
	Bypass	100	0	100	80	Alto	Regular	-
	Reg. Velocidad	100	20	100	20	Medio	Bueno	Regular
Helicoidal	Angulo Alabes	100	0	100	0	Muy Alto	Muy Bueno	Bueno

No



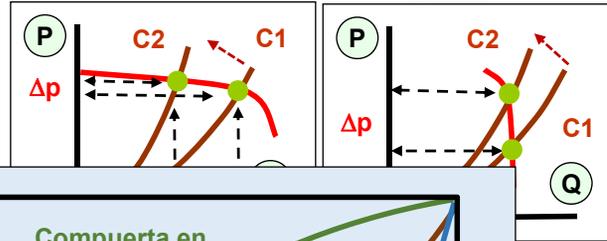
Compuertas de lamas paralelas



Compuertas de lamas opuestas

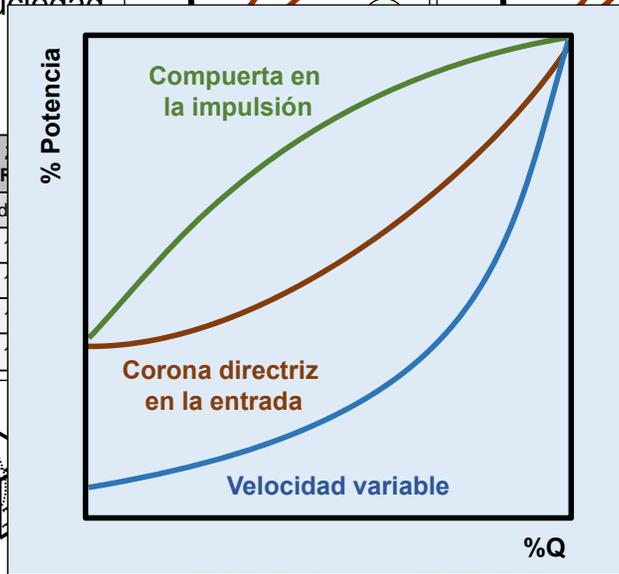
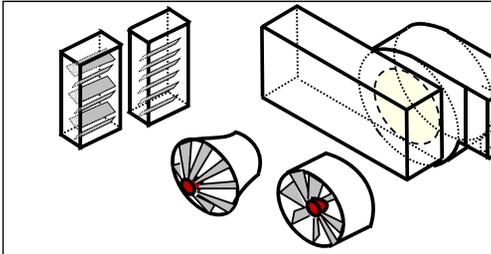
**Punto de Funcionamiento (III)**

Depende del sistema de distribución del aire, que es cambiante (filtros, suciedad, control)



**Control del Caudal**

Ventilador	Sistema de Regulación	Zona de Posible Regulación	
		de %	a %
Centrifugo y Helicoidal	Compuerta	100	70
	Bypass	100	0
	Reg. Velocidad	100	20
Helicoidal	Angulo Alabes	100	0



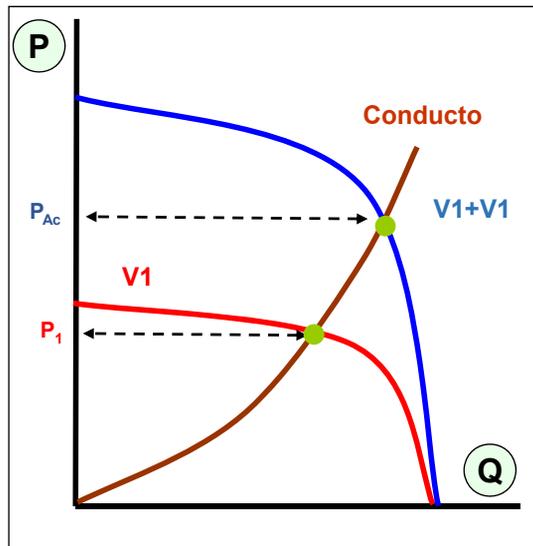
Compuertas de  
lamas paralelas

Compuertas de  
lamas opuestas

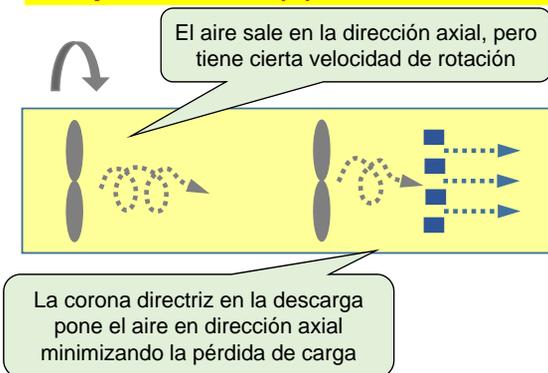
## Acoplamientos (I)

**Serie:** “*suma de presiones*”

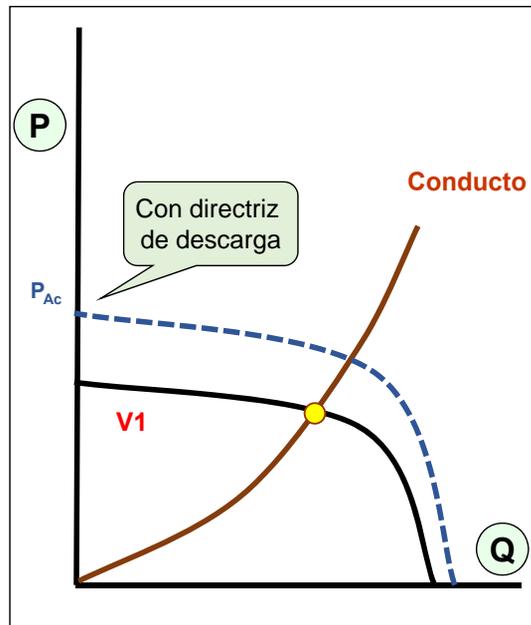
El caudal suministrado por los dos ventiladores es el mismo



**Acoplamientos (II)**



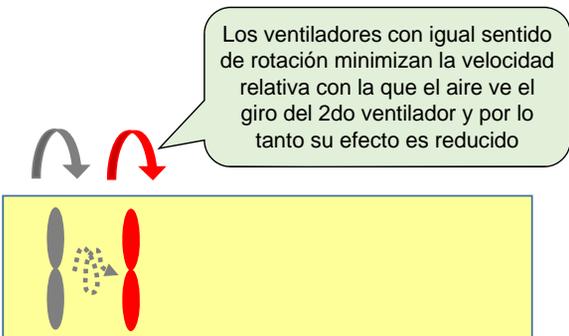
**Ventiladores Tuboaxiales Próximos**



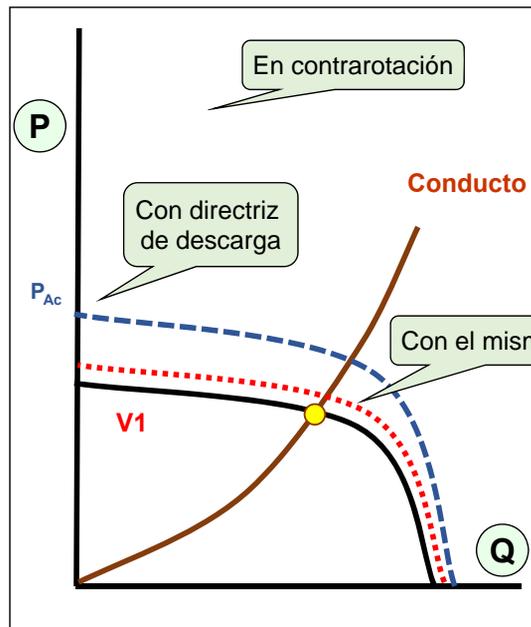
### Acoplamientos (II)



La corona directriz en la descarga pone el aire en dirección axial minimizando la pérdida de carga



### Ventiladores Tuboaxiales Próximos

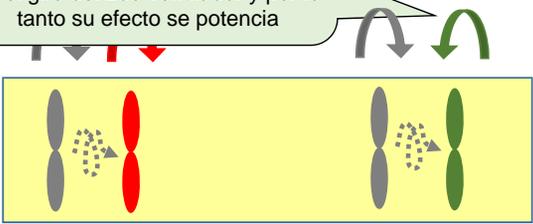


**Acoplamientos (II)**

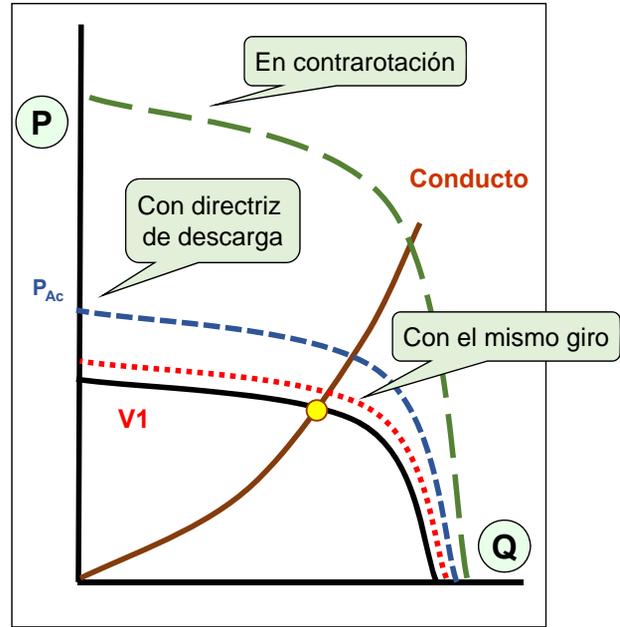


La corona directriz en la descarga pone el aire en dirección axial minimizando la pérdida de carga

Los ventiladores con distinto sentido de rotación aumentan la velocidad relativa con la que el aire ve el giro del 2do ventilador y por lo tanto su efecto se potencia

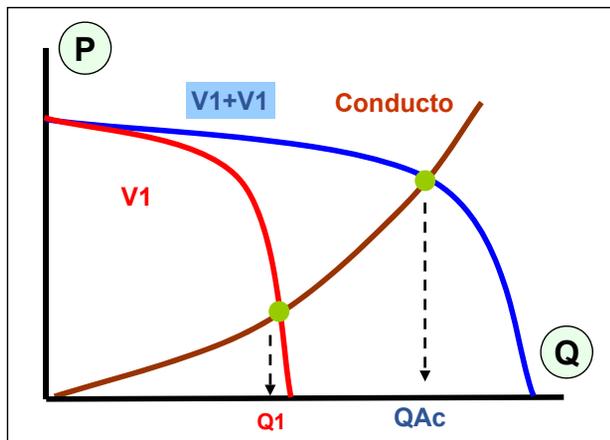


**Ventiladores Tuboaxiales Próximos**

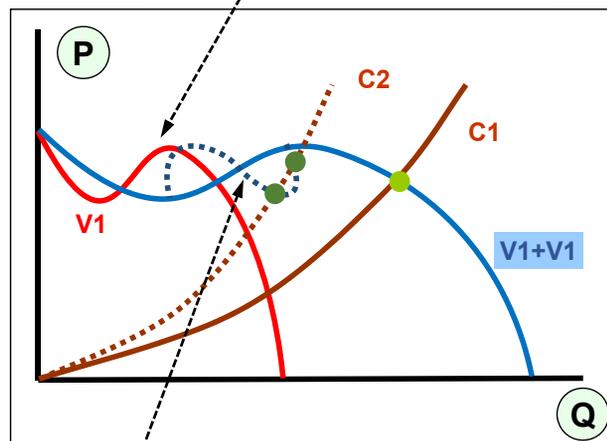


**Acoplamientos (II)**

**Paralelo:** “*suma de caudales*”  
La presión suministrada por los dos ventiladores es la misma



Cuidado con los acoplamientos en serie cuando la curva del ventilador presenta un máximo relativo



La curva del acoplamiento serie presenta una forma extraña, y puede que el funcionamiento sea inestable

**Selección (I)**

<http://www.soler-palau.com>

**Programas de Fabricantes**

**Datos del conducto**

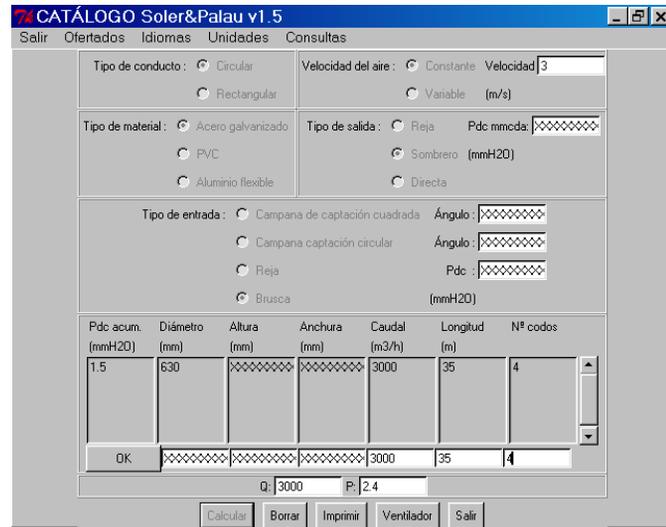
**Datos generales**



Tipo :   
 Voltaje V : 230

Q (m<sup>3</sup>/h): 300 +/- 10 %  
 P (mmH<sub>2</sub>O): 150 +/- 10 %

Buscar ventilador  
 Lista de ventiladores :



Tipo de conducto :  Circular  Rectangular  
 Velocidad del aire :  Constante Velocidad 3  Variable (m/s)

Tipo de material :  Acero galvanizado  PVC  Aluminio flexible  
 Tipo de salida :  Reja Pdc mmcda:   
 Sombrero (mmH<sub>2</sub>O)  Directa

Tipo de entrada :  Campana de captación cuadrada Ángulo :   
 Campana captación circular Ángulo :   
 Reja Pdc :   
 Brusca (mmH<sub>2</sub>O)

Pde acum. (mmH <sub>2</sub> O)	Diámetro (mm)	Altura (mm)	Anchura (mm)	Caudal (m <sup>3</sup> /h)	Longitud (m)	Nº codos
1.5	630	<input type="text"/>	<input type="text"/>	3000	35	4

OK

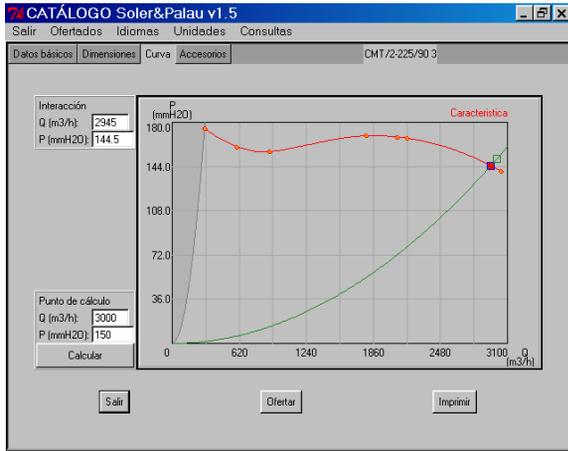
Q: 3000 P: 2.4

**Selección (II)**

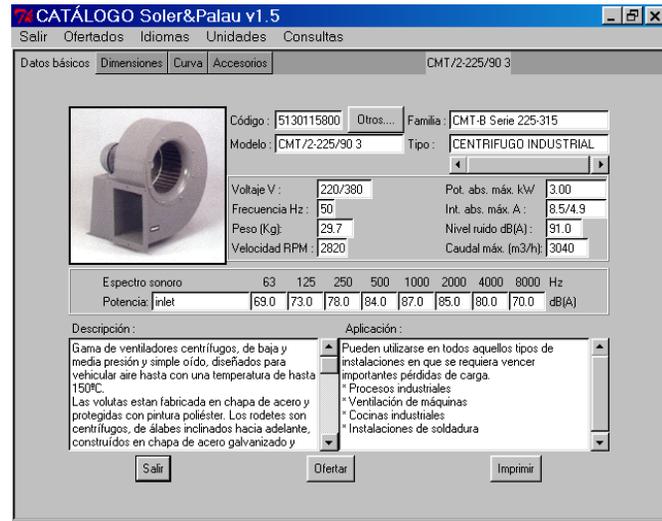
<http://www.soler-palau.com>

**Programas de Fabricantes**

**Curva**



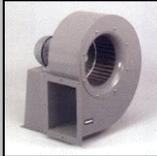
**Ventilador**



**CATÁLOGO Soler&Palau v1.5**

Salir Ofertados Idiomas Unidades Consultas

Datos básicos Dimensiones Curva Accesorios CMT/2-225/90 3

 Código: 5130115800 Otros... Familia: CMT-B Serie 225-315  
Modelo: CMT/2-225/90 3 Tipo: CENTRIFUGO INDUSTRIAL

Voltaje V: 220/380 Pot. abs. máx. kW: 3.00  
Frecuencia Hz: 50 Int. abs. máx. A: 8.5/4.9  
Peso (Kg): 29.7 Nivel ruido dB(A): 91.0  
Velocidad RPM: 2820 Caudal máx. (m3/h): 3040

Espectro sonoro	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Hz
Potencia/m³	69.0	73.0	78.0	84.0	87.0	85.0	80.0	70.0	dB(A)

Descripción: Gama de ventiladores centrífugos, de baja y media presión y simple oído, diseñados para vehicular aire hasta con una temperatura de hasta 150°C. Las volutas están fabricadas en chapa de acero y protegidas con pintura poliéster. Los rodetes son centrífugos, de álabes inclinados hacia adelante, contruístidos en chapa de acero galvanizado y

Aplicación: Pueden utilizarse en todos aquellos tipos de instalaciones en que se requiera vencer importantes pérdidas de carga.  
\* Procesos industriales  
\* Ventilación de máquinas  
\* Cocinas industriales  
\* Instalaciones de soldadura

Salir Ofertar Imprimir

<http://www.soler-palau.com/flash/presentacionSP.html>

<http://www.salvadorescodas.com/sd1/index.htm>

<http://www.sodeca.com/>

[http://www.casals.tv/ventilacion\\_sat/catalogo/index.html](http://www.casals.tv/ventilacion_sat/catalogo/index.html)



**Manual de Ventilación  
S&P**

<http://www.sodeca.com/>  
<http://www.soler-palau.com/>

<http://www.isover.net>

<http://www.salvadorescoda.com/>



**Selección de Equipos de  
Transporte de Fluidos  
IDAE**

<http://www.airflow.es/>  
<http://www.airtechnics.com/>  
<http://www.madel.com/>  
<http://www.trox.es/es/>



**Catálogo de Aplicaciones Industriales  
S&P**

<http://www.solerpalau.es/multimedia/catalog/industrial.html>