



Fundamentos de Flujo de Aire

AMCA *insite*™ Webinar Series | AMCA International | www.amca.org

Scott Arnold

Gerente de Contenido, AMCA International
Moderador de seminarios web

- Se unió a AMCA en 2017
- Encabeza el desarrollo y publicación de artículos y documentos técnicos y materiales educativos.
- Editor en jefe de la renombrada revista AMCA inmotion,



PATROCINADORES DEL WEBINAR

ebmpapst

 **TCF**
TWIN CITY FAN

PATROCINADORES DEL WEBINAR

ebm **papst**

PATROCINADORES DEL WEBINAR



TCF

TWIN CITY FAN

Introducción y Reglas

- Reglas de participación:
 - La audiencia será silenciada durante el webinar.
 - Las preguntas podrán ser enviadas, en cualquier momento, a través de la plataforma GoToWebinar y serán abordadas al final de la presentación.
 - Recordatorio: ¡Este webinar está siendo grabado!
 - Para obtener acreditación PDH, tendrá que mantenerse conectado al webinar durante toda la hora.
 - Posteriormente, a la terminación del webinar, se enviará una evaluación por correo electrónico en el transcurso de un día, y deberá ser llenada para poder recibir la acreditación PDH.
 - Todo participante que desee recibir acreditación PDH debe estar registrado de forma individual. En caso de ser un grupo de participantes y requieren la acreditación, póngase en contacto con Lisa Cherney (lcherney@amca.org) para obtener una hoja de registro grupal.

P & R

Para hacer una pregunta:

- En el panel de control de los asistentes, a un lado de la pantalla, seleccione la opción desplegable de "Preguntas".
- Escriba su pregunta en el recuadro, comenzando con el nombre del presentador al cual está dirigida la misma.
 - Haga clic en "Enviar".

AMCA International cumple con los estándares y requerimientos del Programa de Educación Continua Registrados (Registered Continuing Education Program). La acreditación recibida al final del programa será reportada a RCEP en RCEP.net. Se entregará Certificado de Cumplimiento a cada participante. Como tal, no incluye contenido que pueda ser considerado o interpretado como aprobación o endoso por parte de RCEP.

La participación en la totalidad del seminario, y su evaluación, son requisito para poder proceder a la emisión y entrega de la acreditación de PDH. No se otorgarán créditos parciales en caso de abandonar el seminario antes de su terminación o al no enviar la evaluación.



DERECHOS de AUTOR

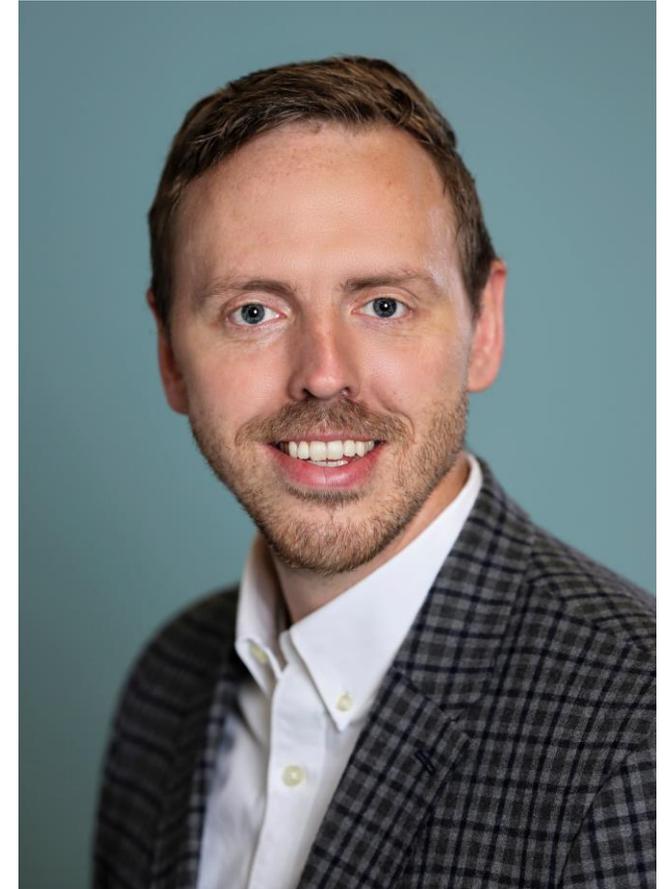
Los derechos de autor de esta actividad educativa están protegidos por leyes Internacionales y de los EEUU. Está prohibida la reproducción, distribución, muestra y uso de esta actividad educativa sin un permiso escrito del presentador.

© AMCA International 2020

Jason Meinke

Gerente de Ventas – Empresa Miembro de AMCA

- Graduado de Ingeniería Civil de la Universidad de Minnesota Twin Cities
- Ha estado dentro de la industria de HVAC como ingeniero y líder en ventas, enfocado a la eficiencia energética, confiabilidad y calidad.
- A participado en varios comités de AMCA.



Fundamentos del Flujo de Aire

Objetivos y Propósitos del Aprendizaje

El propósito de esta presentación es la de proveerle a los profesionales de la industria una perspectiva de los conceptos básicos y relación que existe entre flujo de aire y presión, y cómo estos conceptos se ven afectados por factores externos cuando hablamos de ventiladores.

Al final de esta presentación será capaz de:

1. Describir los componentes básicos del flujo de aire, cómo medirlos y la relación que existe entre ellos.
2. Poder explicar el como leer las curvas de operación de los ventiladores, y que cosas nos ayuda éste conocimiento a evitarnos.
3. Aplicar las leyes de Afinidad para para estudiar y resolver problemas.

Agenda

Sección 1: El porque de las Bases

Sección 2: Componentes del Flujo de Aire

Sección 3: Potencia y Eficiencia

Sección 4: Curvas de los Ventiladores

Sección 5: Las Leyes de Afinidad



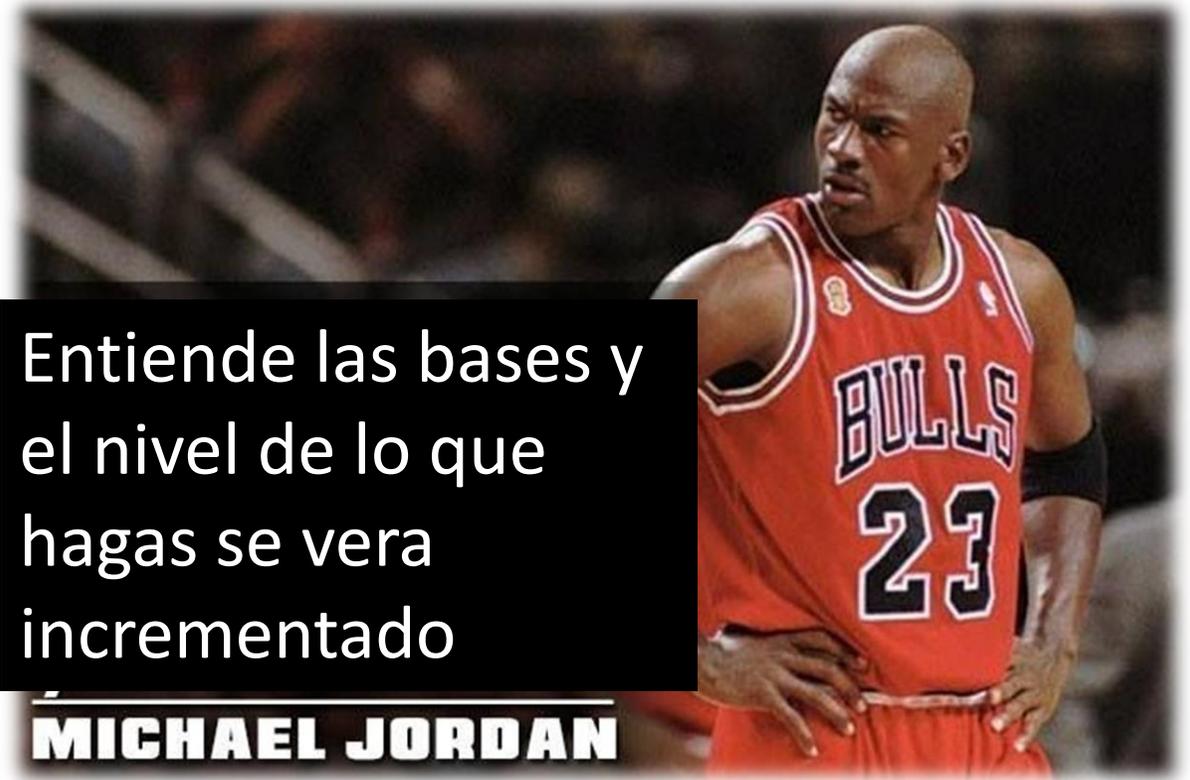
No Lo
Olvide

Sección 1: El porque de las Bases



Entiende las bases y
el nivel de lo que
hagas se vera
incrementado

MICHAEL JORDAN



Sección 1: Construyendo Las Bases



Sección 1: El corazón del sistema



Sección 2: Componentes del Flujo

Conceptos Principales y Cómo Medirlos

- Densidad del Aire
- Volumen
- Presión

2

Sección 2: Densidad del Aire

Densidad del aire estándar = 0.075 lb./ft^3 (1.2 kg/m^3)

Temperatura del aire = 70°F (21°C)

Altitud sobre el nivel del mar 0 ft. (0 m)

Presión barométrica de $29.92'' \text{ Hg}$ (101 kPA)

Volumen específico de $13.33 \text{ ft}^3/\text{lb.}$ ($0.83 \text{ m}^3/\text{kg}$)



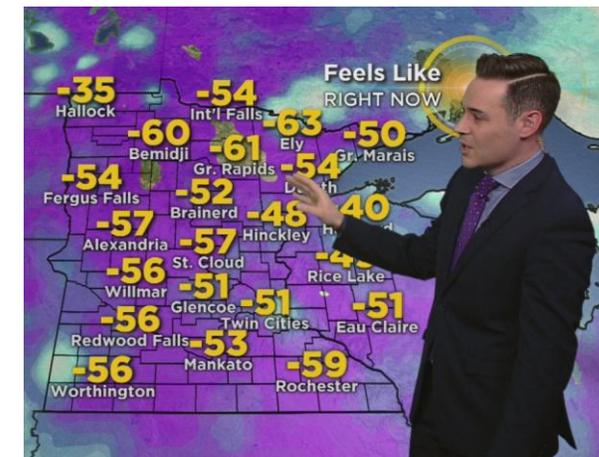
TÚ ERES MI DENSIDAD

Sección 2: Densidad del Aire – Efecto de la Temperatura

A temperaturas arriba de 70°F, la densidad del aire es menor (aire más ligero)



A temperaturas abajo de 70°F, la densidad del aire es mayor (aire más pesado)



Sección 2: Densidad del Aire – Altitud

A altitudes por arriba del nivel del mar, la densidad del aire es menor (aire más ligero)

A altitudes por debajo del nivel del mar, la densidad del aire es mayor (aire más pesado)

No Lo
Olvide



Sección 2: Densidad del Aire - Humedad

El añadir Vapor de Agua reduce la densidad del aire (aire más ligero).



Mientras más seco este el aire mayor será su densidad (aire más pesado).



Sección 2: Volumen

Un Requisito para poder hacer el trabajo

Unidades comunes de medición : Pies Cúbicos por Minuto (PCM) / Metros Cúbicos por Segundo (MCS)

PCMA / MCSA	PCME / MCSE
Pies Cúbicos por minuto <u>Actuales</u> / Metros Cúbicos por Segundo <u>Actuales</u>	Pes Cúbicos por Minuto <u>Etándar</u> / Metros Cúbicos por Segundo <u>Estándar</u>
<ul style="list-style-type: none"> • Representa las condiciones actuales de trabajo, no corregidas a condiciones de densidad estándar • Representa el volumen del gas que fluye en todo el sistema, independientemente de la densidad del aire 	<ul style="list-style-type: none"> • Volume que ocuparía el gas a condiciones de densidad estándar • El seleccionar un ventilador cuando se especifica un volumen estándar requiere que calculemos el actual



Sección 2: Volumen (V)

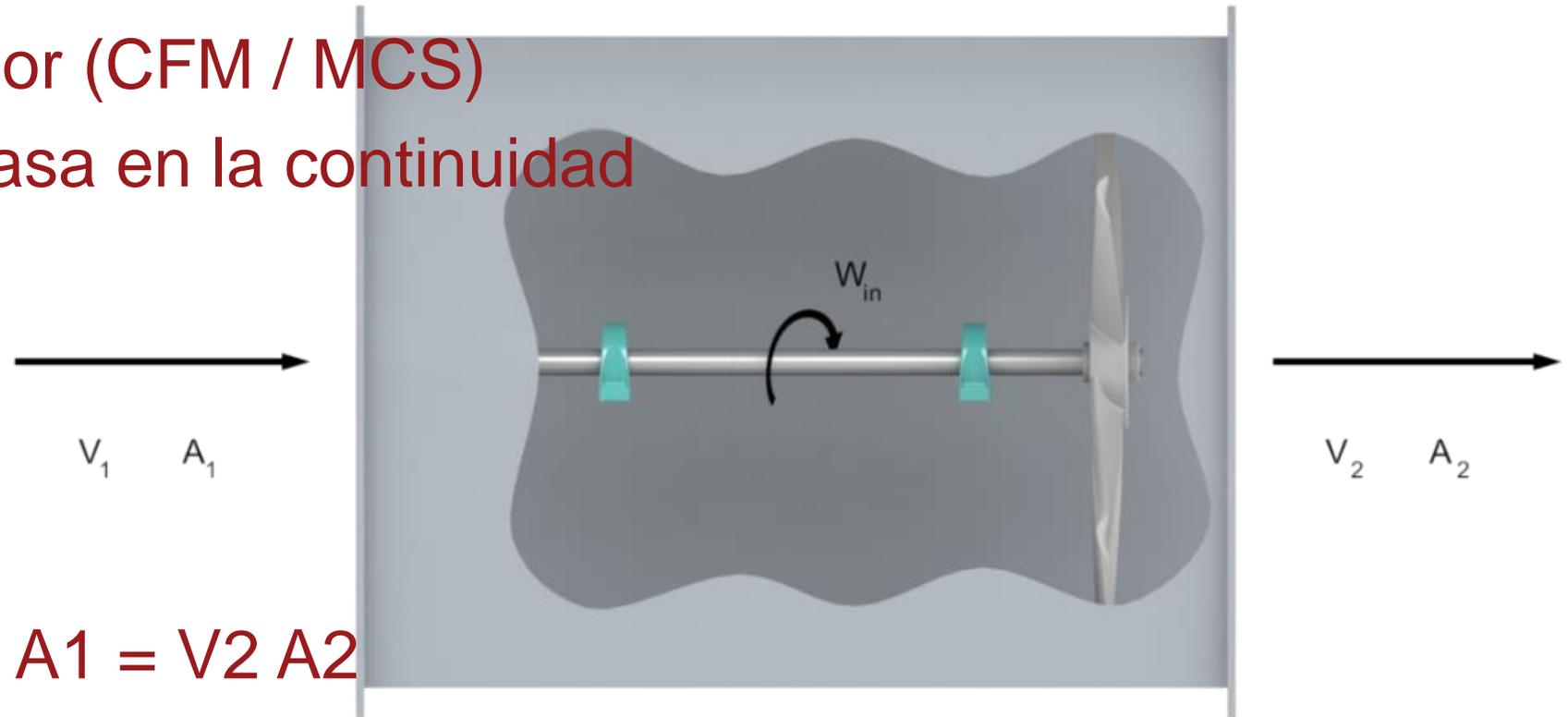
Flujo del Ventilador (CFM / MCS)

CFM / MCS se basa en la continuidad

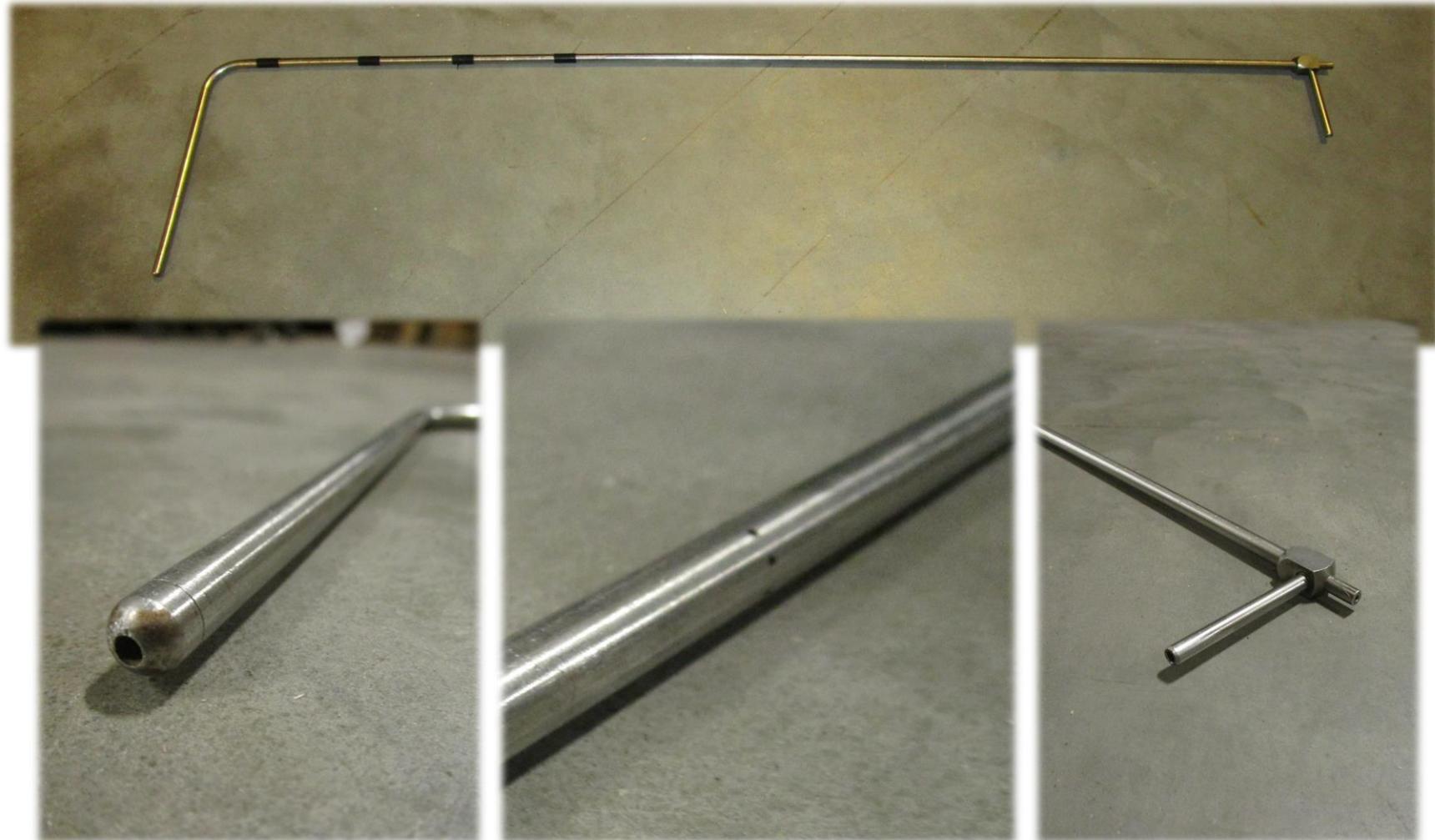
$V = \text{Volumen}$

$A = \text{Área}$

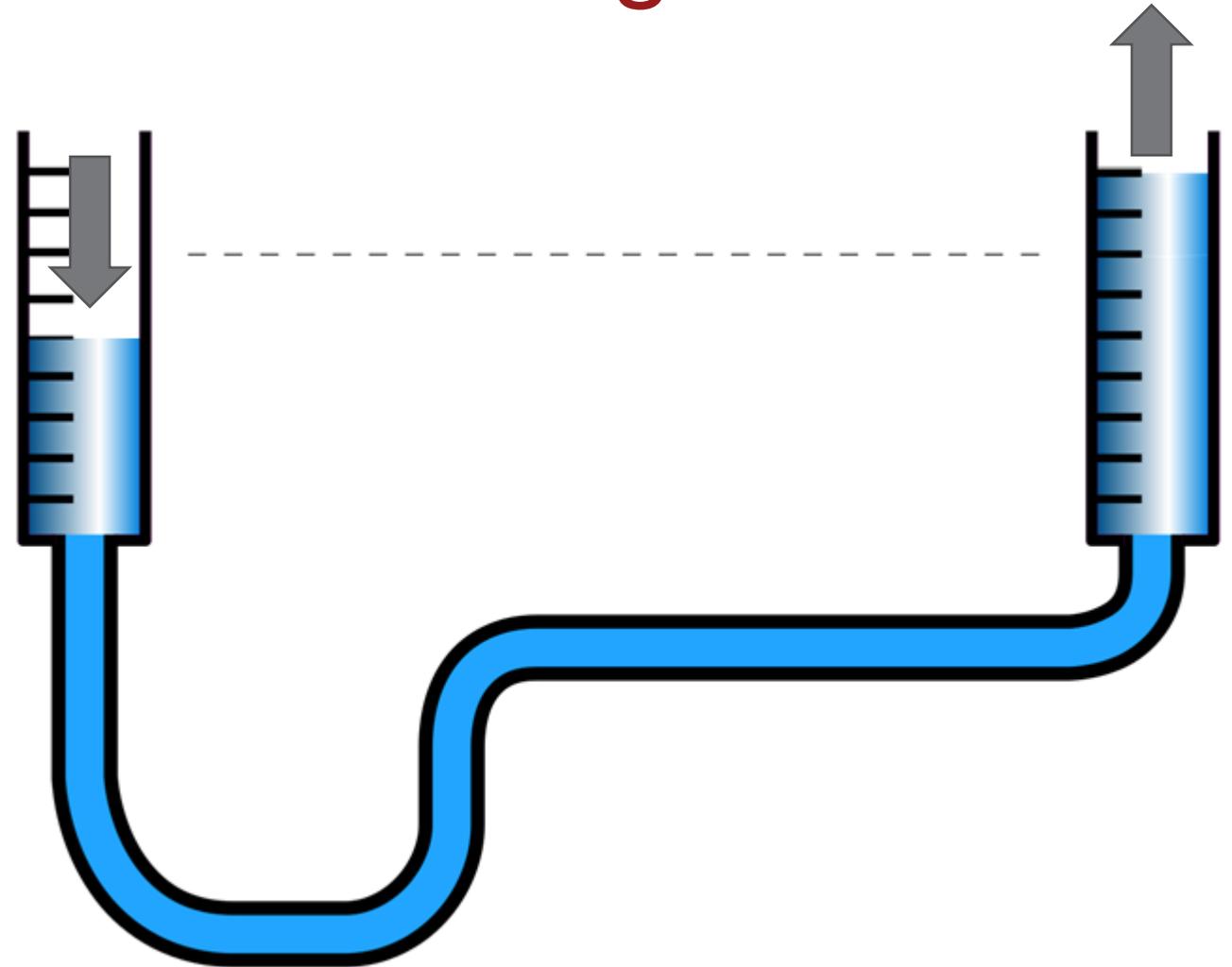
$$\text{CFM / MCS} = V_1 A_1 = V_2 A_2$$



Sección 2: Medición



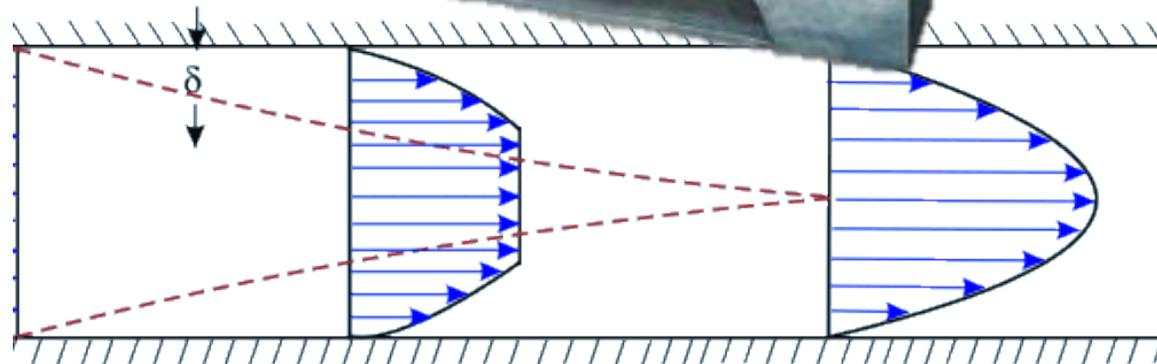
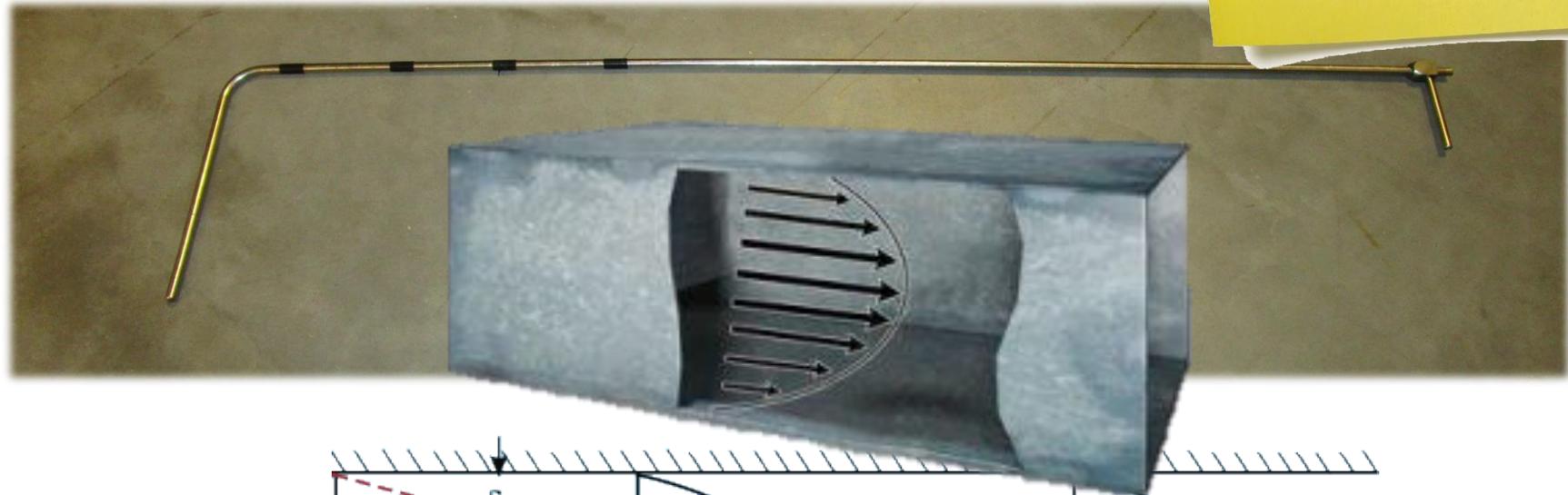
Sección 2: Similar a nivel de agua



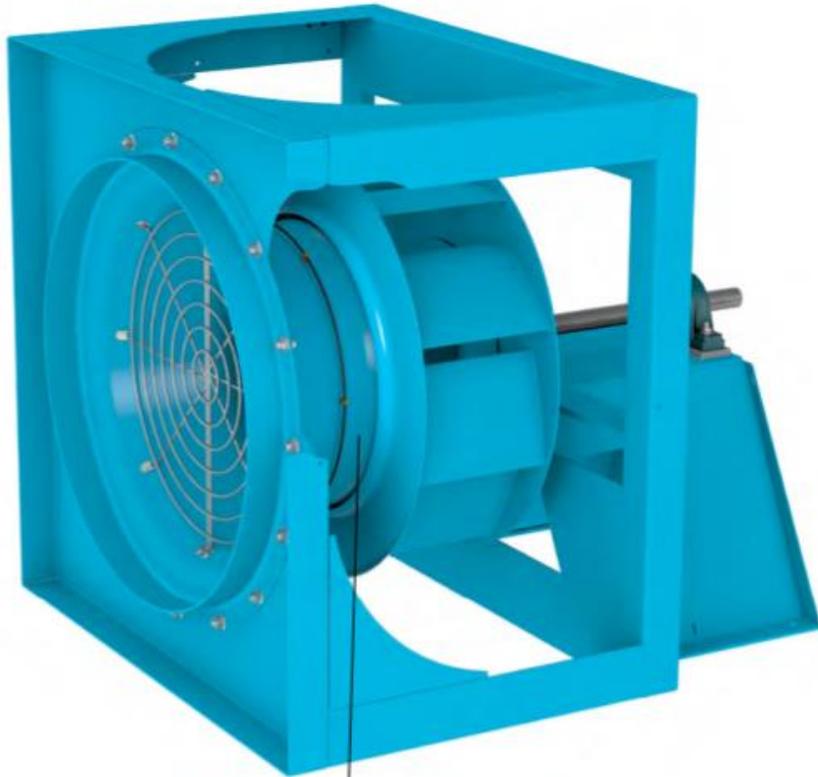
Sección 2: Volumen (V)

$$\text{CFM} / \text{MCS} = \text{Velocidad (V)} * \text{Área (A)}$$

No Lo
Olvide



Sección 2: Medición Moderna



Sección 2: Presión

Sistema

Presión Negativa vs. Positiva

Presión Estática

Presión de Velocidad o Dinámica

Presión Total

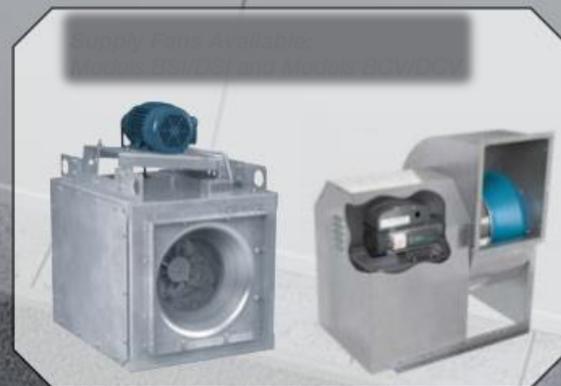
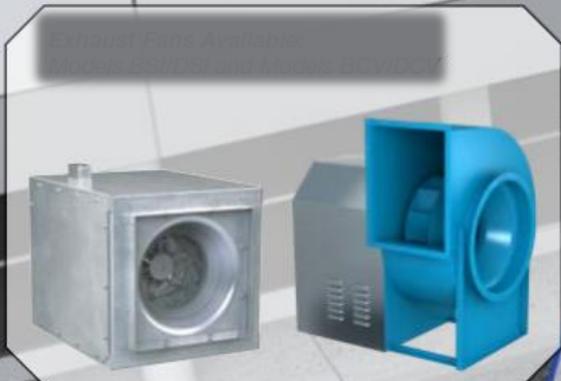
Presión Total del Ventilador

Presión Estática del Ventilador

Sección 2: Sistema



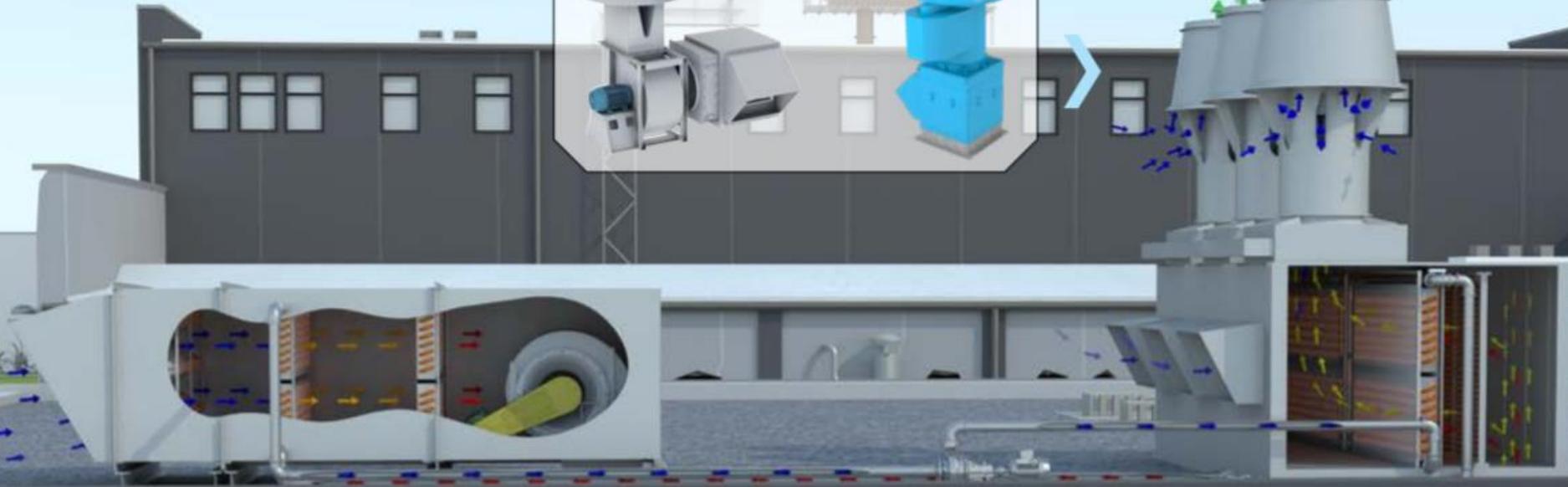
NON-ACUTE CARE



HEPA FILTER
(INSTALLED BY
CUSTOMER)

HEPA FILTER
(INSTALLED BY
CUSTOMER)



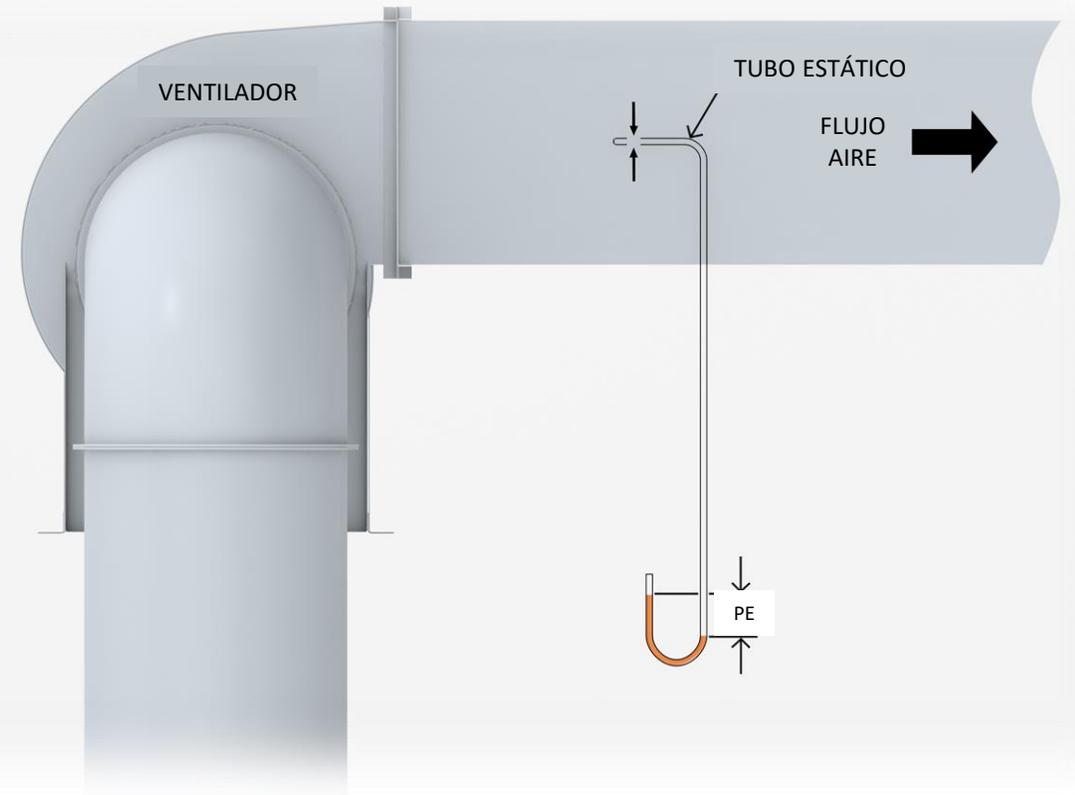
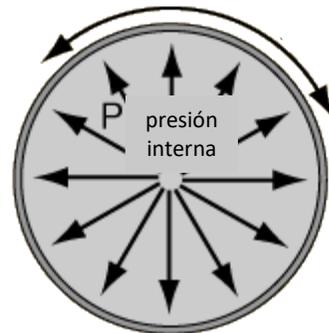


Sección 2: Presión Estática (PE)

Definición:

Es la presión ejercida por el aire en una superficie en reposo

Comunmente utilizada para especificar la operación de un ventilador



Sección 2: Presión de Velocidad

Definición:

La energía cinética por unidad de volumen

Ecuación

$$PV = \rho (V / 1098)^2$$

ρ = Densidad en lb./ft³

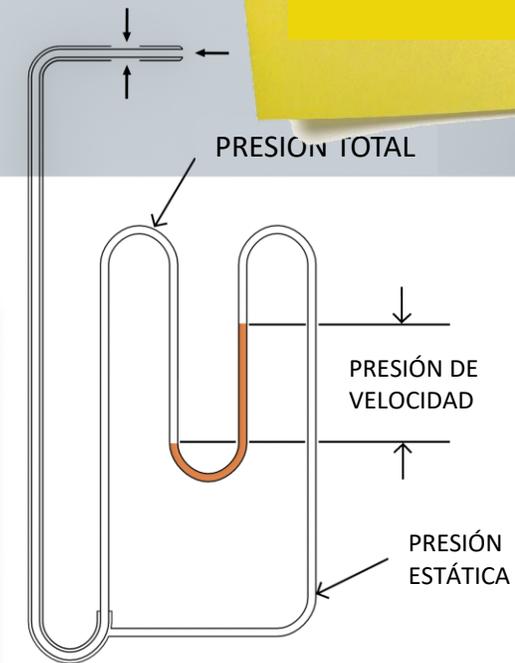
V = Velocidad en PPM

Aire estándar:

$$PV = (V / 4009)^2$$

$$\text{Flujo (CFM)} = V * \text{Área (ft}^2\text{)}$$

No Lo
Olvide



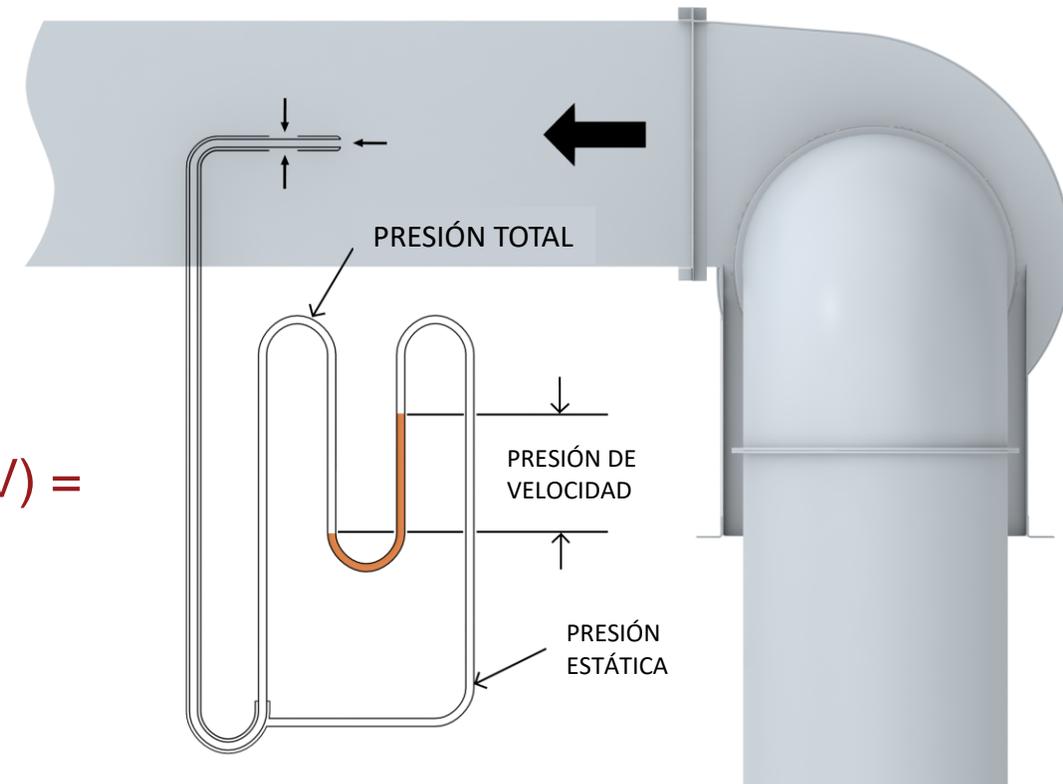
Sección 2: Presión Total (PT)

Definición de Presión Total:

Es la cantidad de energía total en el flujo de aire

Ecuación

$$\text{Presión Estática (PE)} + \text{Presión de Velocidad (PV)} = \text{Presión Total (PT)}$$

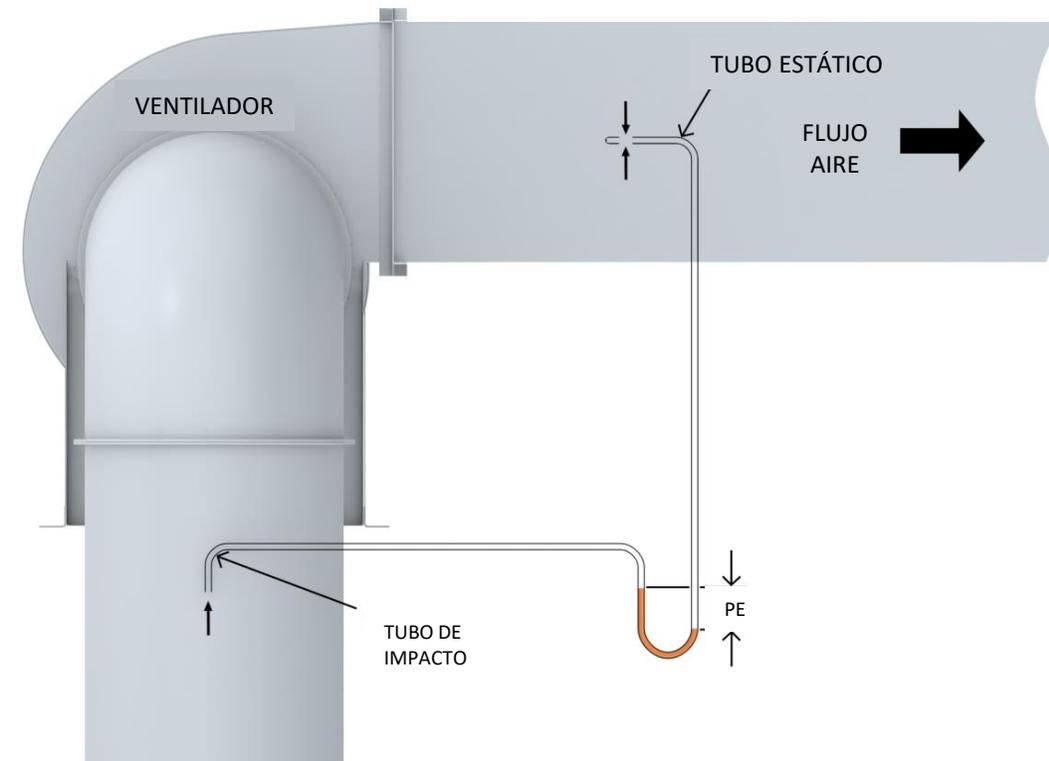


Sección 2: Presión Estática del Ventilador (PEV)

Esto es importante ya que es lo que se usa para evaluar.

Ecuación

$$\text{PEV} = \text{PE a la descarga} - \text{PT a la succión}$$

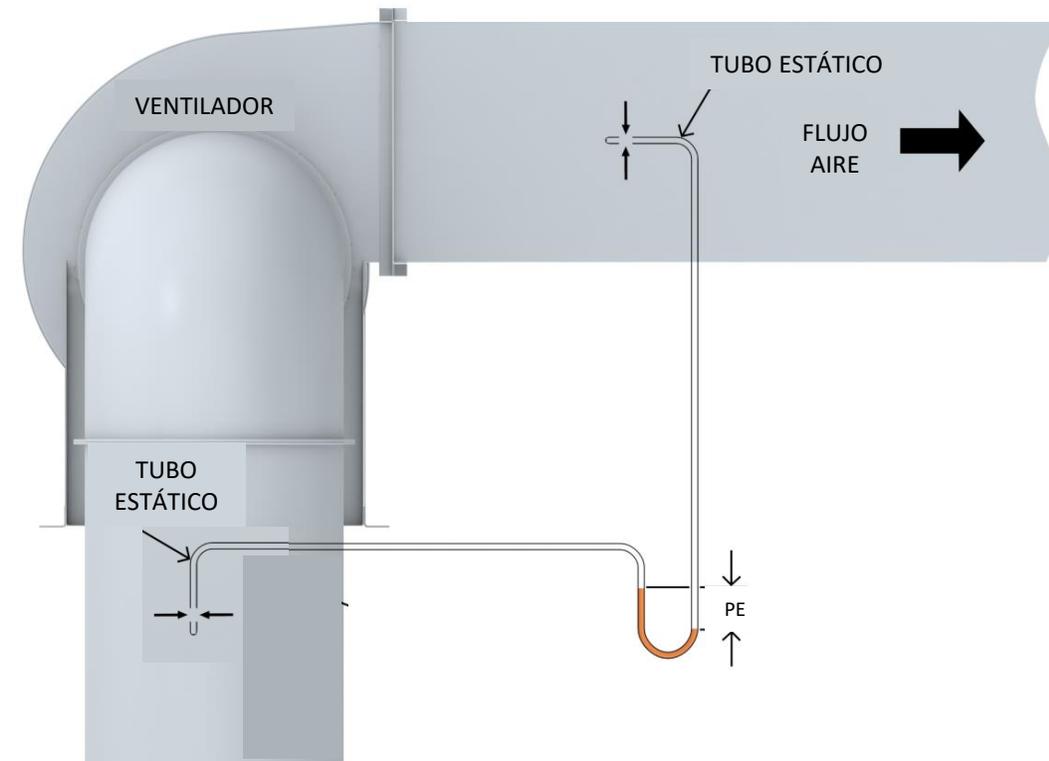


Sección 2: Diferencial de Presión Estática (ΔPE)

Esto es importante ya que es lo que se usa para hacer selecciones.

Ecuación

$$\Delta PE = PE \text{ a la descarga} - PE \text{ a la succión}$$



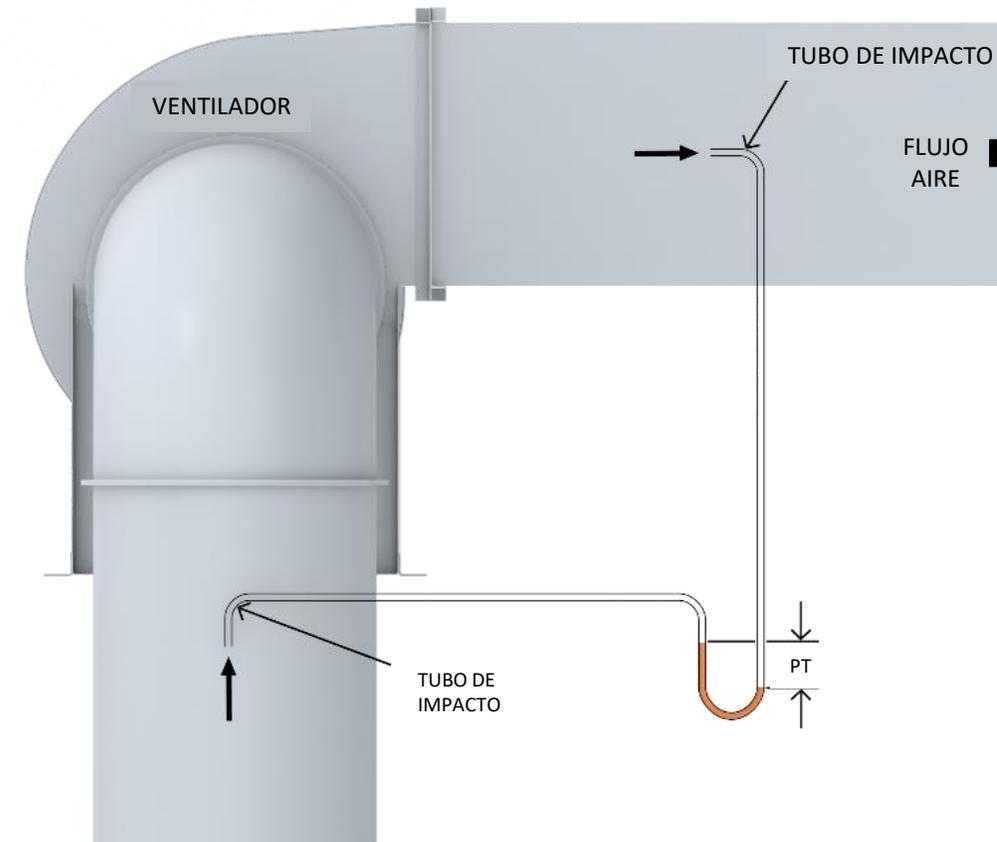
Sección 2: Presión Total Ventilador (PTV)

Definición de Presión Total del Ventilador:

Energía mecánica total adicionada por el ventilador al flujo de aire

Ecuación

Presión Total Ventilador (PTV) =
Presión Total a la Descarga – Presión Total a la
Succión



Sección 3: Potencia y Eficiencia

Conceptos Clave:

- Potencia del Aire
- Potencia al Freno
- Eficiencia Estática
- Eficiencia Total

A large, bold, dark red number '3' is positioned on the right side of the slide. The background features a pattern of light blue gears of various sizes, and a vertical red bar is visible on the far left edge of the slide.

Sección 3: Potencia del Aire

Definición:

Asumiendo un 100% de eficiencia, es la potencia requerida para mover un volumen determinado de aire en contra de una presión determinada

Ecuaciones:

$$\text{HPA Estática} = (\text{CFM} \times \text{PE}) / 6343$$

$$\text{KWA Estática} = \text{MCS} \times \text{PE}_{\text{kPa}}$$

$$\text{HPA Total} = (\text{CFM} \times \text{PT}) / 6343$$

$$\text{KWA Total} = \text{MCS} \times \text{PT}_{\text{kPa}}$$



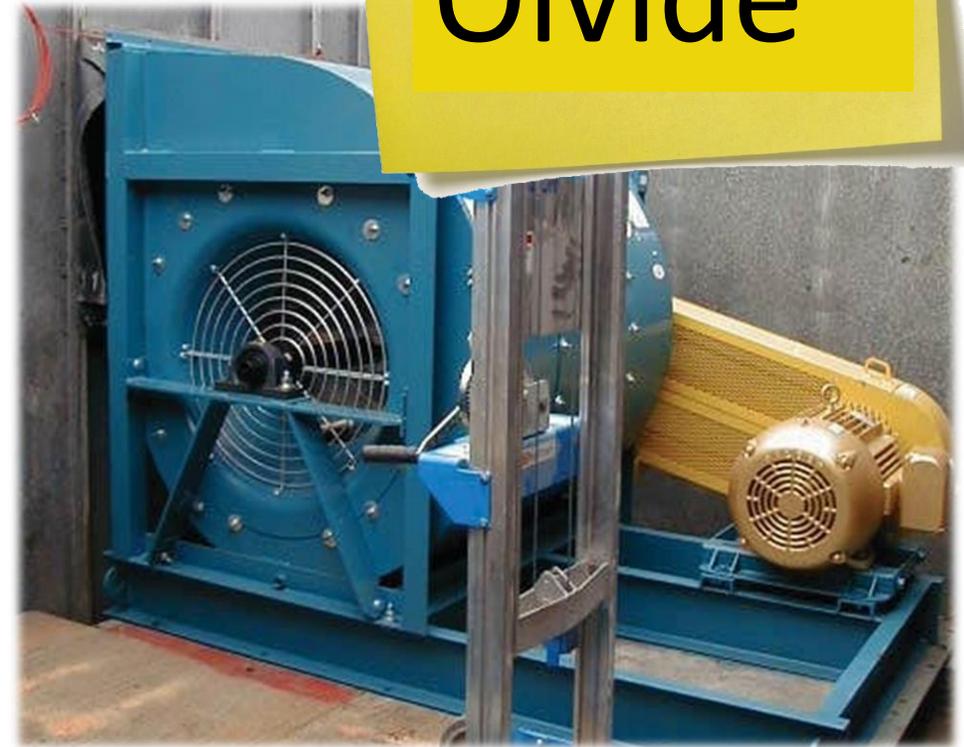
Sección 3: Potencia al Freno

Definición:

La potencia actual, determinada por las pruebas realizadas, que requiere el ventilador.

$BHP > AHP$ ya que ningún ventilador es 100% eficiente.

No Lo
Olvide



Sección 3: Eficiencia Estática

Definición:

Es la relación que existe entre la potencia de salida del ventilador y la potencia de entrada al ventilador

Se usa la PE, la cual no incluye la energía cinética

Ecuación

$$EE = \text{HPA}_{PE} / \text{BHP}$$

$$EE = (\text{CFM} \times PE) / (6343 \times \text{BHP})$$

$$EE = \text{MCS} \times PE_{\text{KPA}} / \text{KW}$$

Sección 3: Eficiencia Total

Definición:

Es la relación que existe entre la potencia total de salida del ventilador y la potencia de entrada al ventilador. También se le conoce como Eficiencia Mecánica.

Se usa la PT, la cual incluye la energía cinética

Ecuación

$$ET = AHP_{PT} / BHP$$
$$ET = (CFM \times PT) / (6343 \times BHP)$$
$$ET = MCS \times PT_{KPA} / KW$$

Sección 3: Cómo Fluye la Energía por Ventilador

Ecuación de Energía

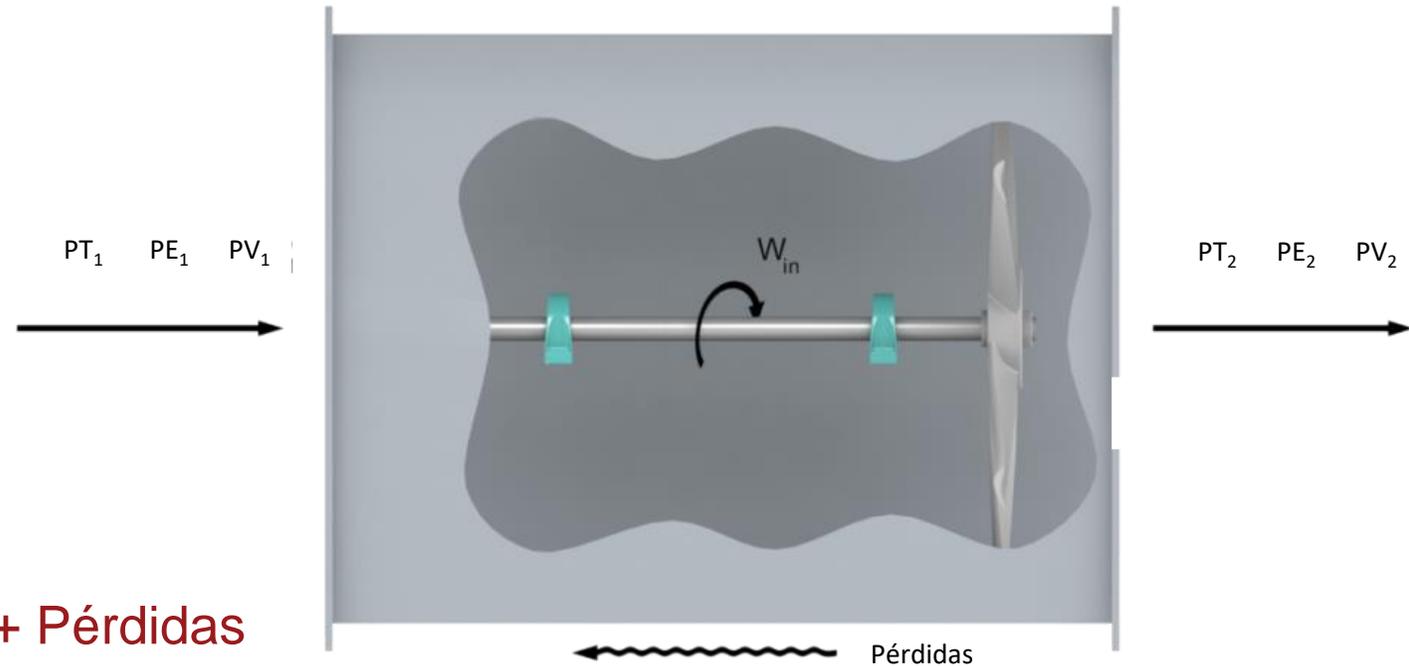
$$PT_1 + \text{Ganancia} = PT_2 + \text{Pérdidas}$$

y como $PT = PE + PV$

$$PV_1 + PE_1 + \text{Ganancia} = PV_2 + PE_2 + \text{Pérdidas}$$

La ganancia es la potencia transferida al aire por la flecha

Las pérdidas se deben a ineficiencias y pérdidas en el flujo



Sección 4: Curvas de Operación del Ventilador

Introducción a las Curvas

Curva del Sistema

Curva de Operación del Ventilador

Curva de Potencia

Curva de Eficiencia Estática

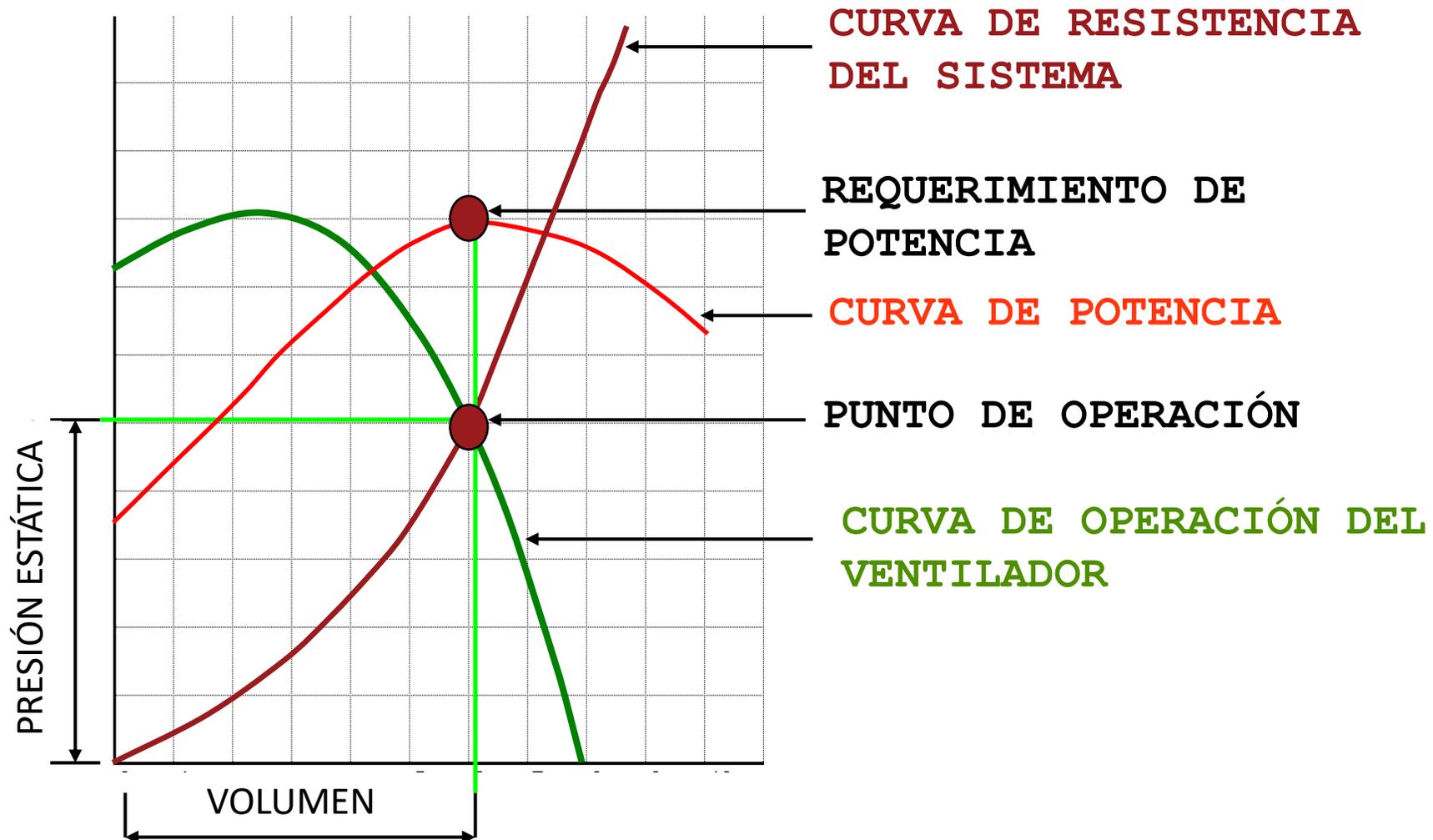
Punto de Operación del Ventilador

Curva de Eficiencia Total

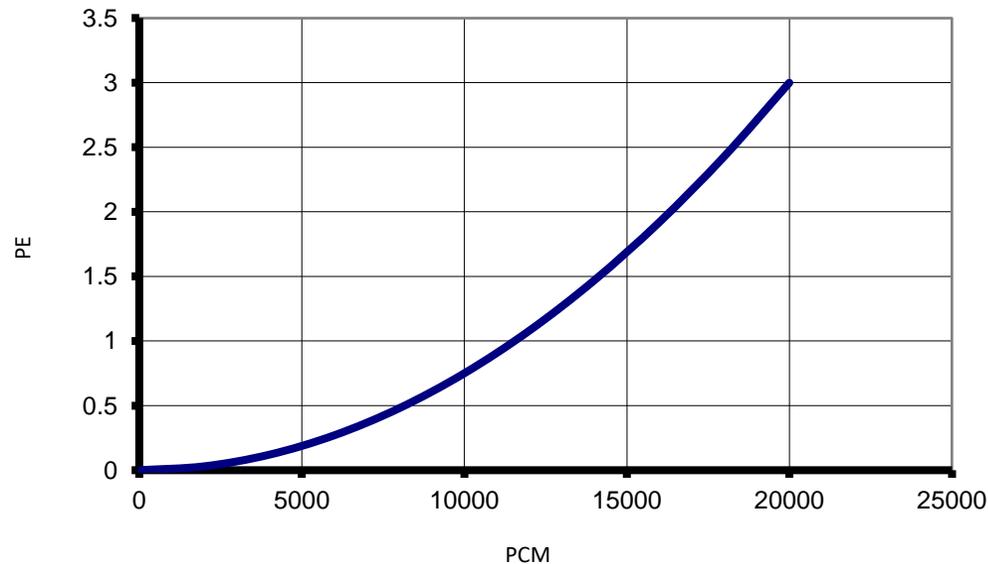
Ventiladores en Paralelo y en Serie

4

Sección 4: Introducción a las Curvas



Sección 4: Curva del Sistema



Pérdida de Presión = (V^X) donde $X = 2$ para flujo turbulento

Pérdida de Presión $\sim PE \sim V^2 \sim Q^2$

$K =$ Constante determinada por el sistema

$$PE_{\text{Pérdida}} = kQ^2$$

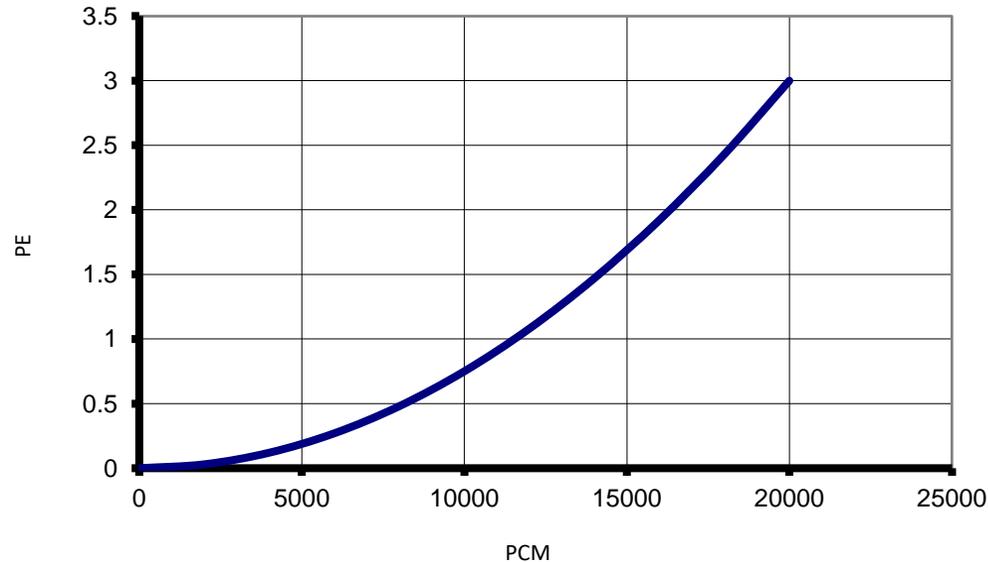
Curva del Sistema

$$K = \frac{PE}{Q^2}$$

Sección 2: Sistema



Section 4: System Curve



Pérdida de Presión = (V^X) donde $X = 2$ para flujo turbulento

Pérdida de Presión $\sim PE \sim V^2 \sim Q^2$

K = Constante determinada por el sistema

$$PE_{\text{Pérdida}} = kQ^2$$

Curva del Sistema

$$K = \frac{PE}{Q^2}$$

Sección 4: Curva del Sistema

$$K = \frac{PE}{Q^2}$$

$$K = \frac{9''}{60,000^2}$$

$$.0000000025 = \frac{9''}{60,000^2}$$

$$.0000000025 = \frac{X}{40,000^2}$$

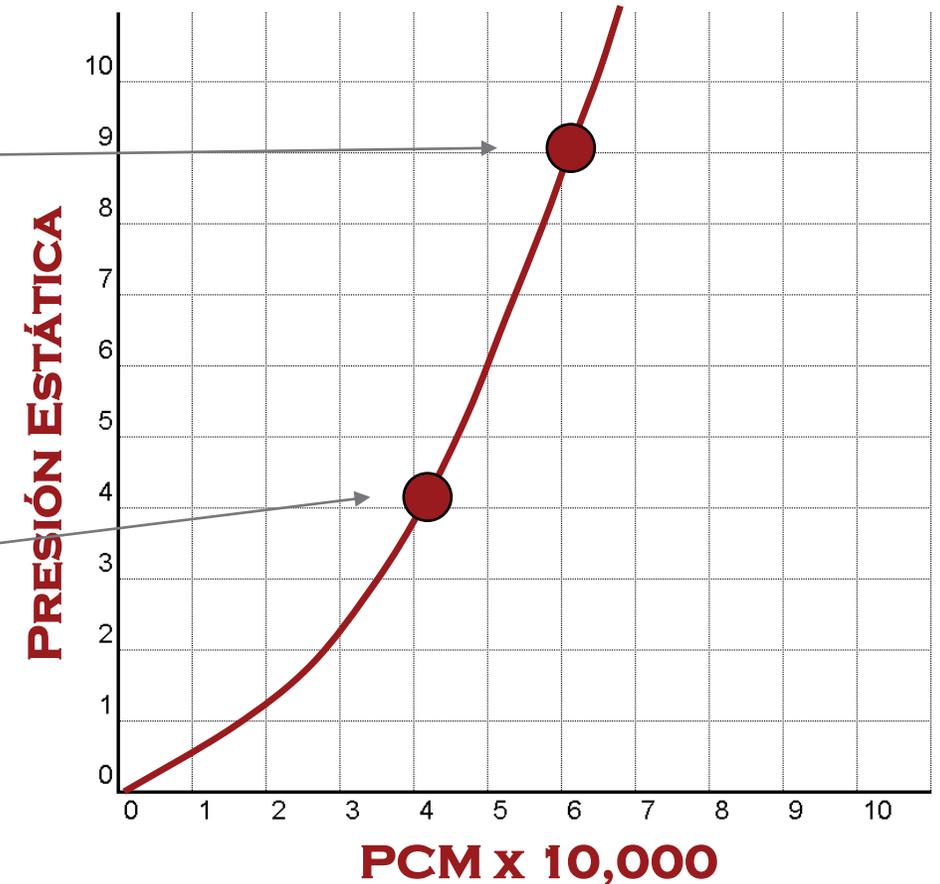
$$.0000000025 = \frac{4''}{40,000^2}$$

Punto 2:

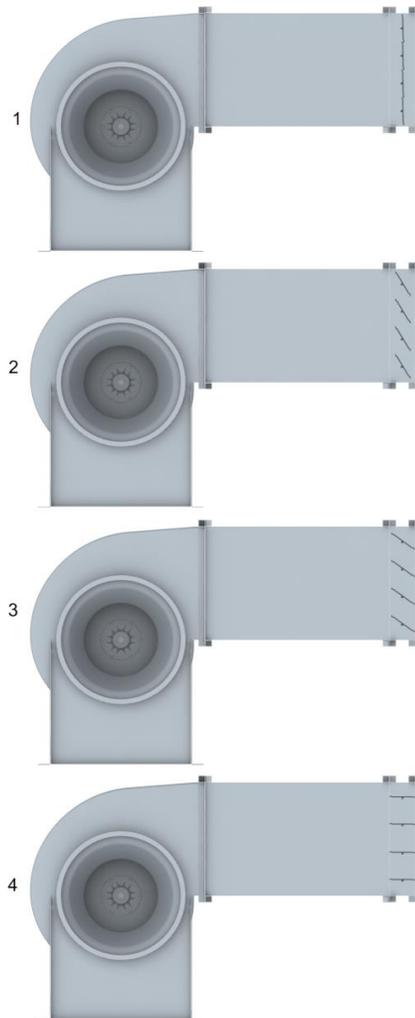
- 60,000 PCM
- 9 pulg. c.a. PE

Punto 1:

- 40,000 PCM
- 4 pulg. c.a. PE

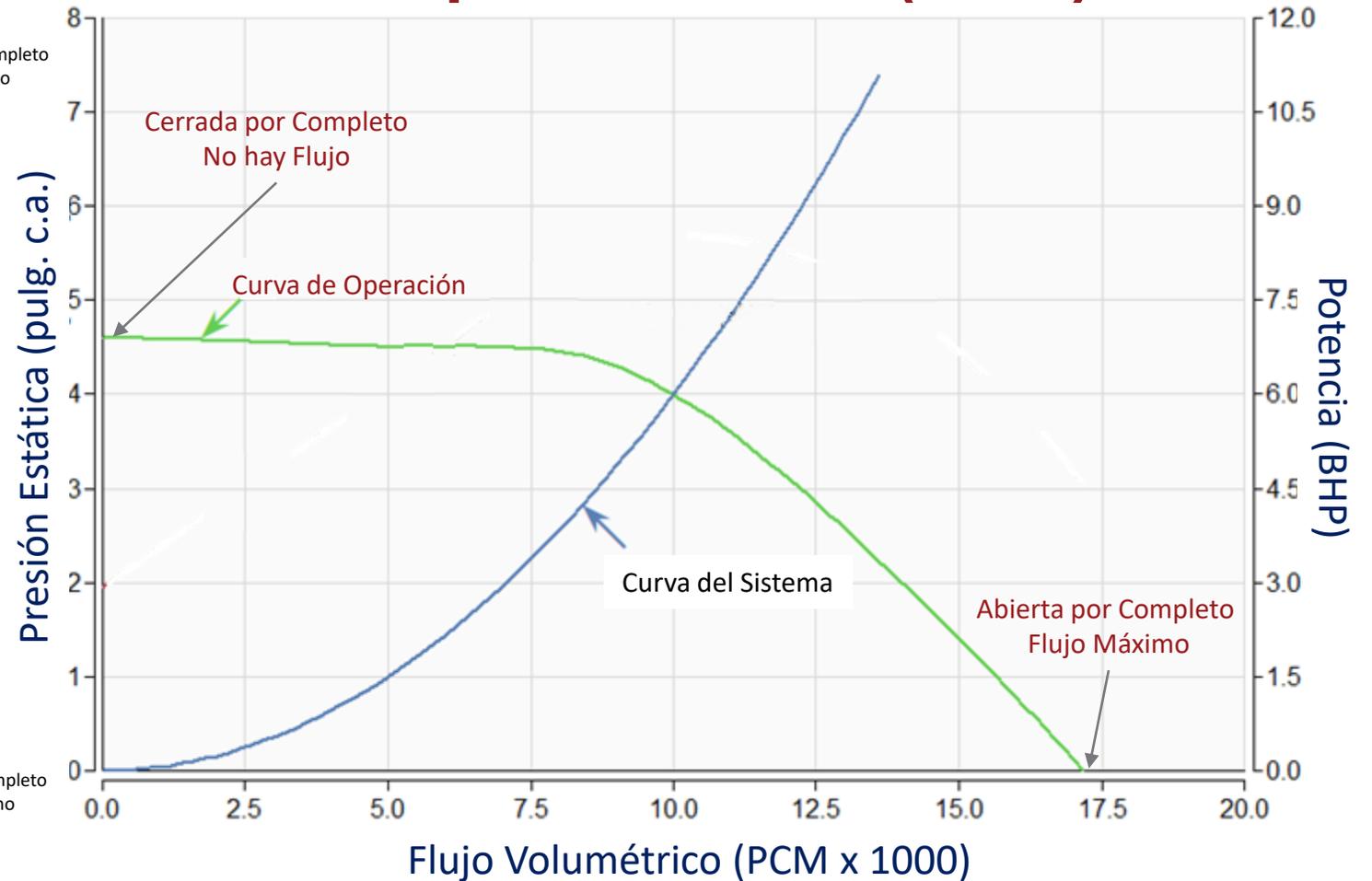


Sección 4: Curva de Operación (PE)

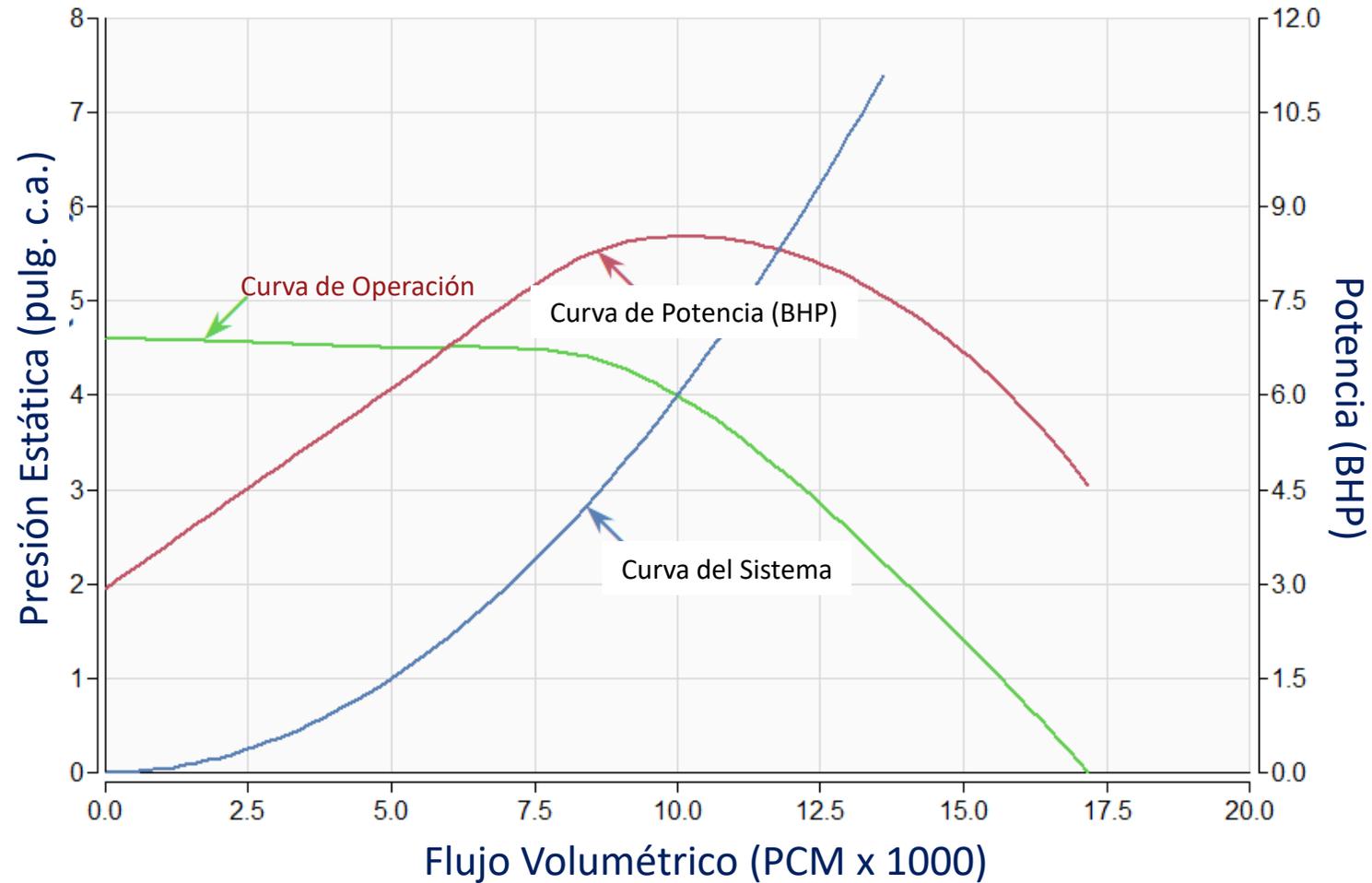


Cerrada por Completo
No hay Flujo

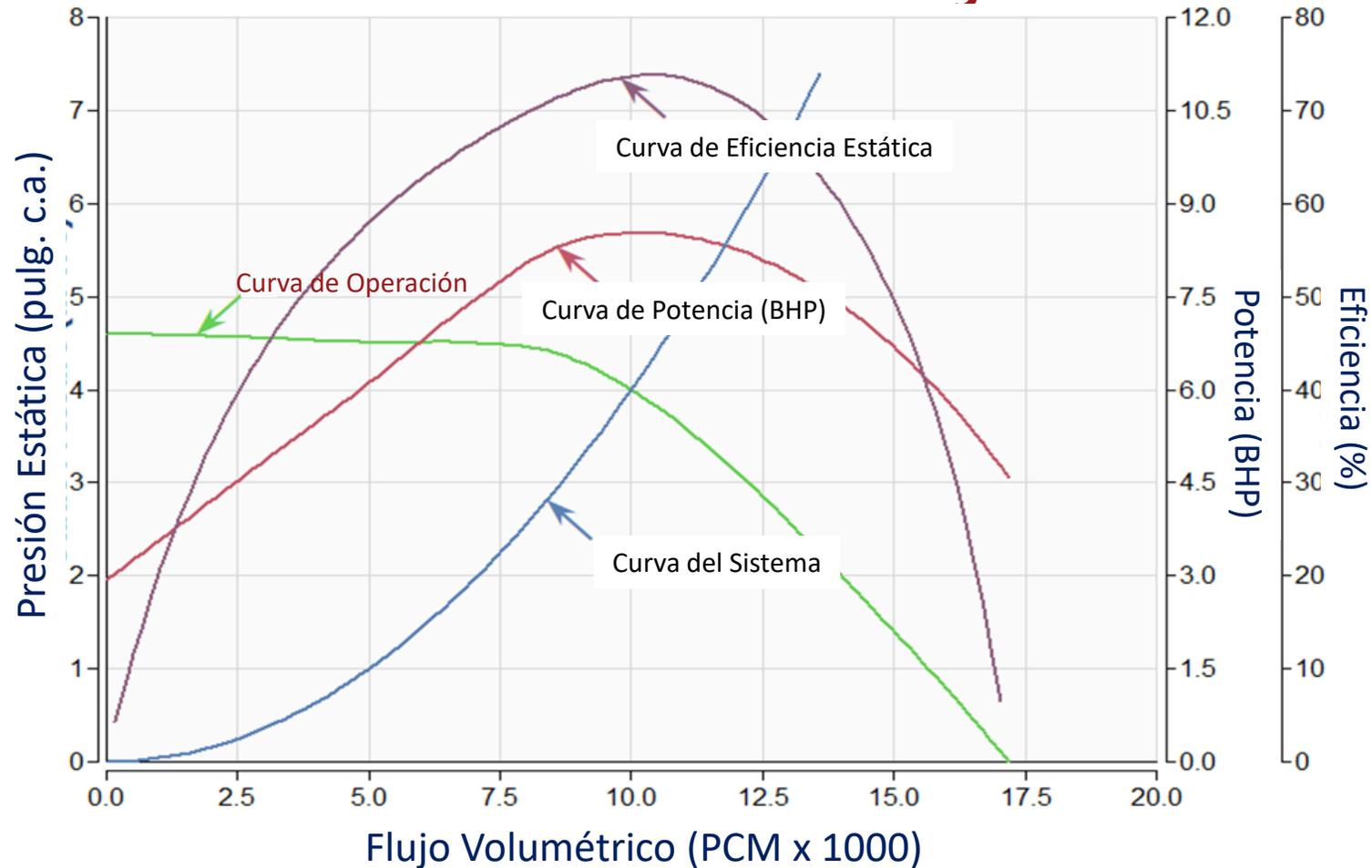
Abierta por Completo
Flujo Máximo



Sección 4: Curva de Potencia

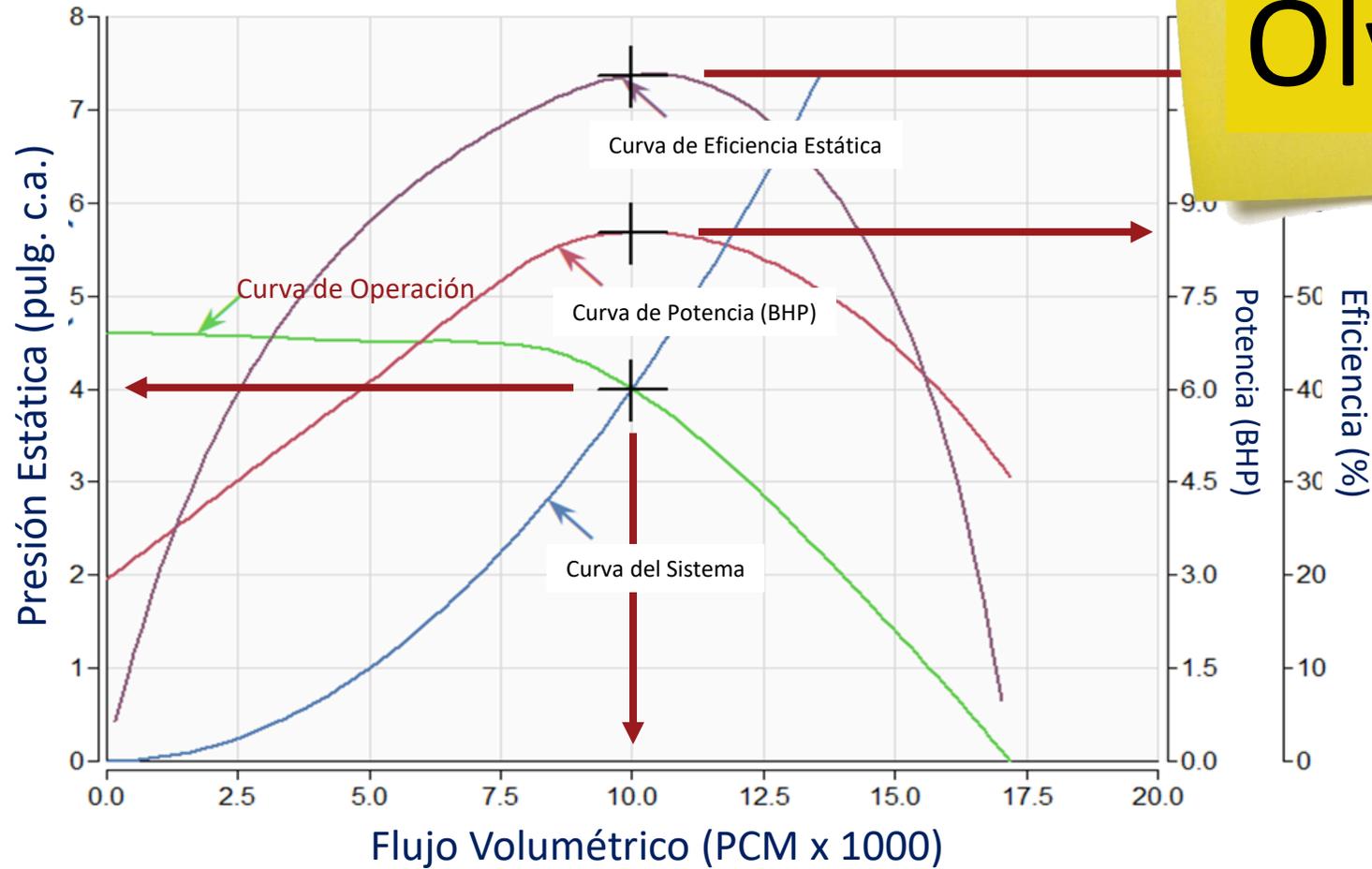


Section 4: Static Efficiency Curve

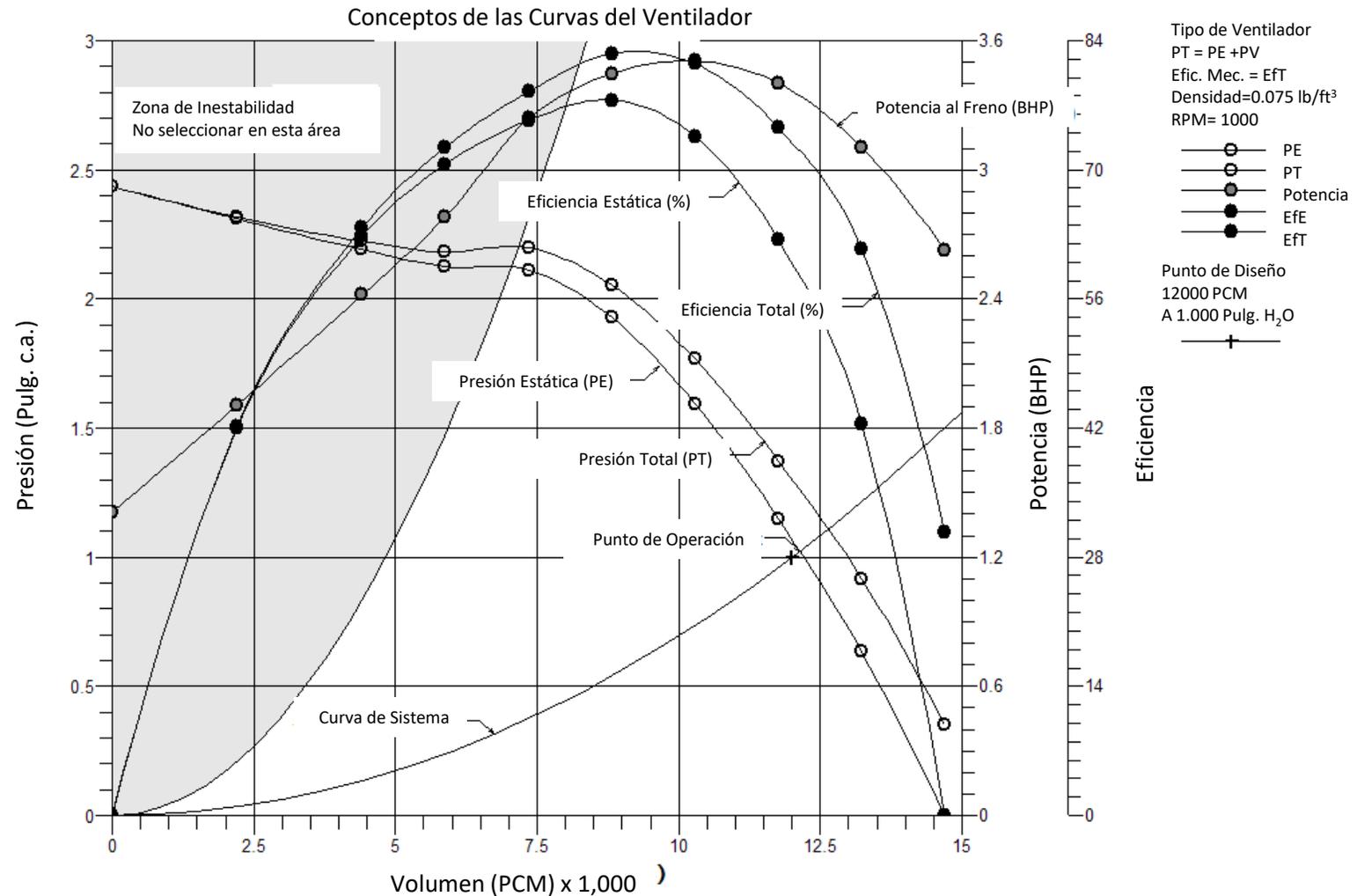


Sección 4: Punto de Operación de

No Lo Olvide



Sección 4: Curvas de los Ventiladores

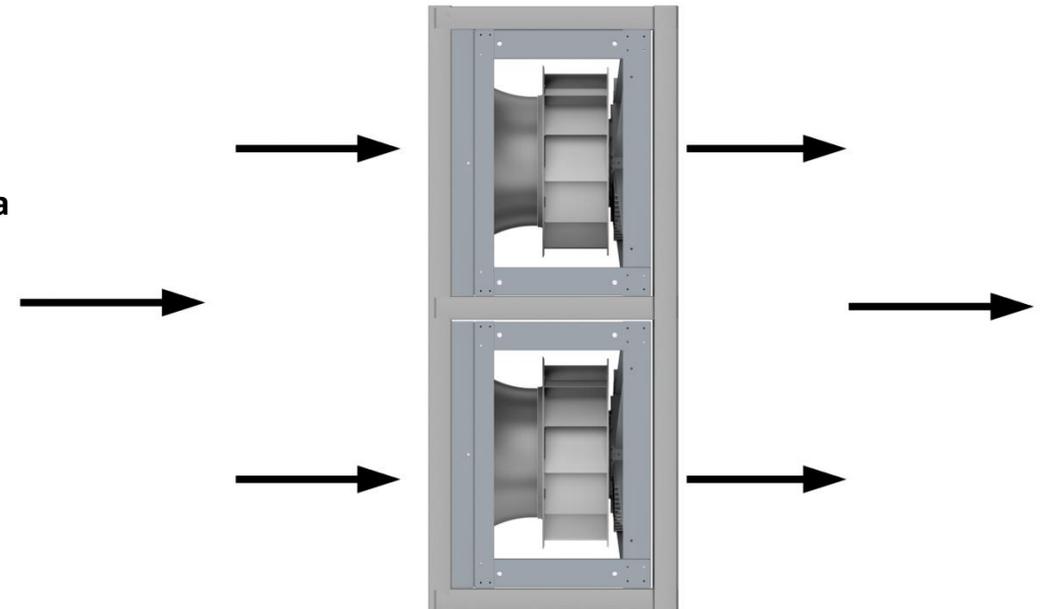
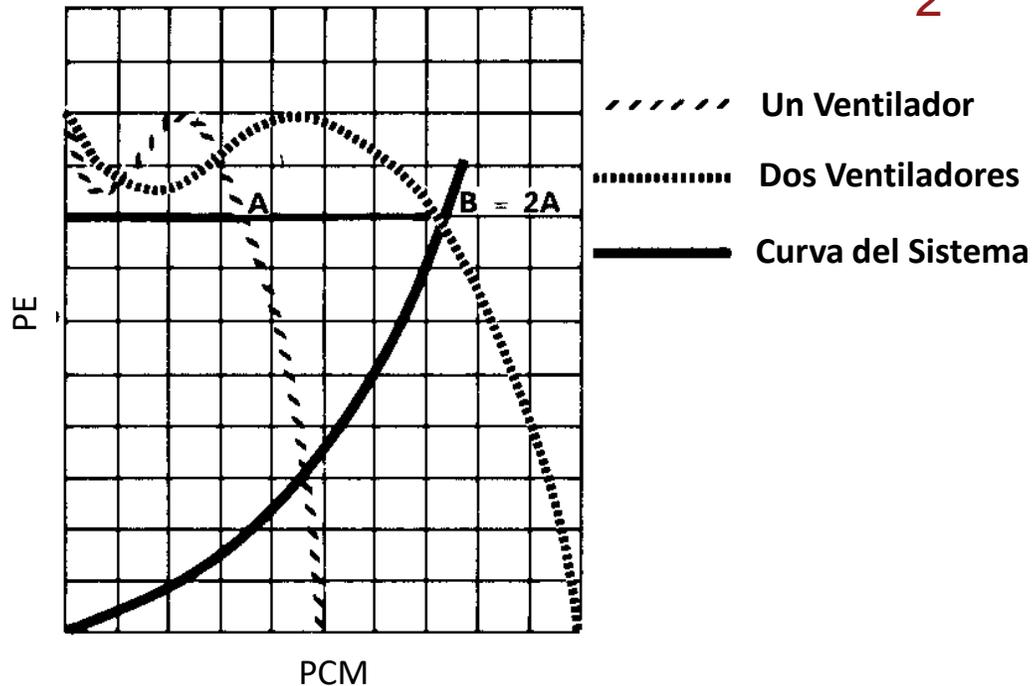


Sección 4: Ventiladores en Paralelo

$$PE_2 = PE_1$$

$$PCM_2 = 2 PCM_1$$

$$BHP_2 = 2 BHP_1$$

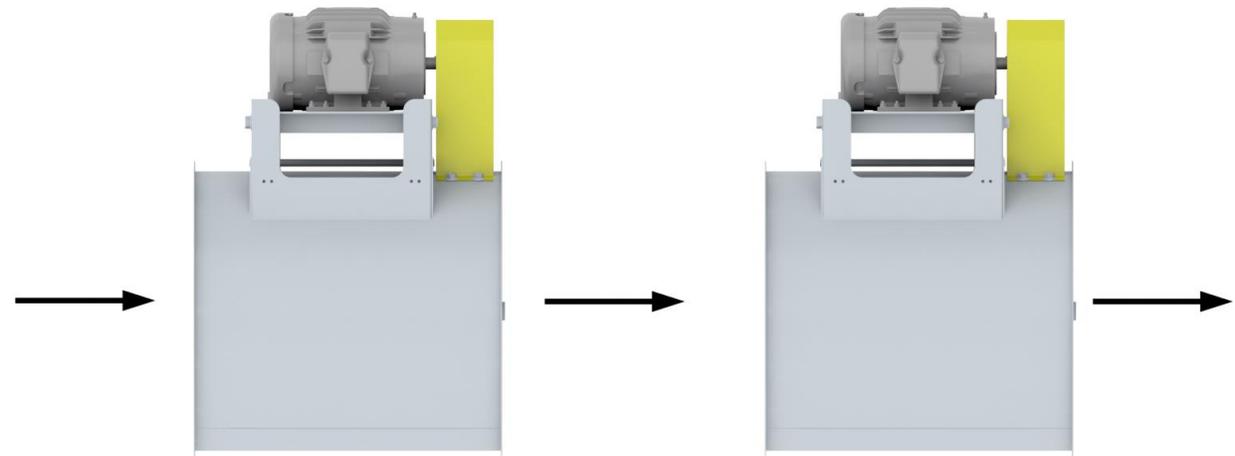
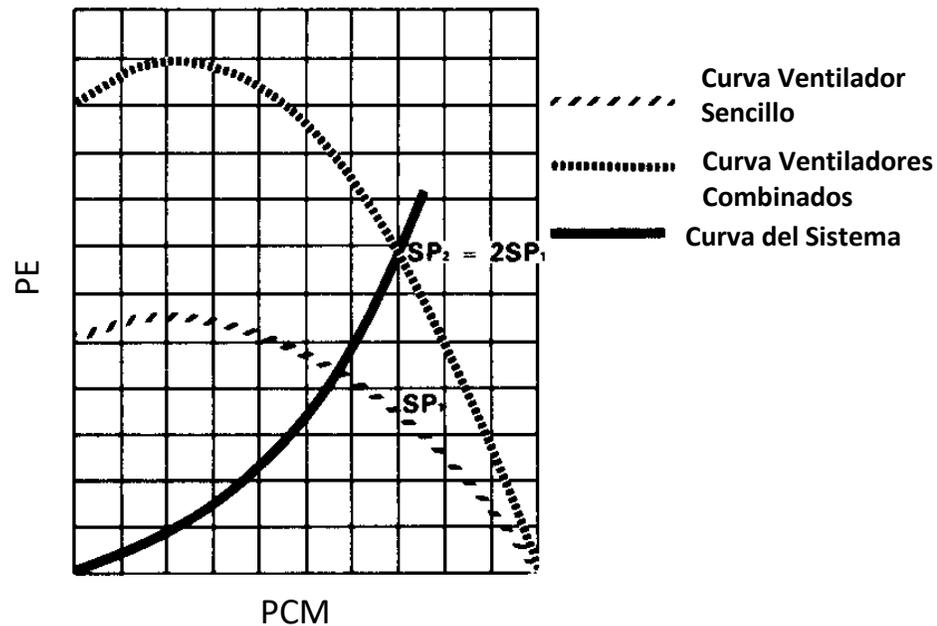


Sección 4: Ventiladores en Serie

$$PE_2 = 2 PE_1$$

$$PCM_2 = PCM_1$$

$$BHP_2 = 2 BHP_1$$

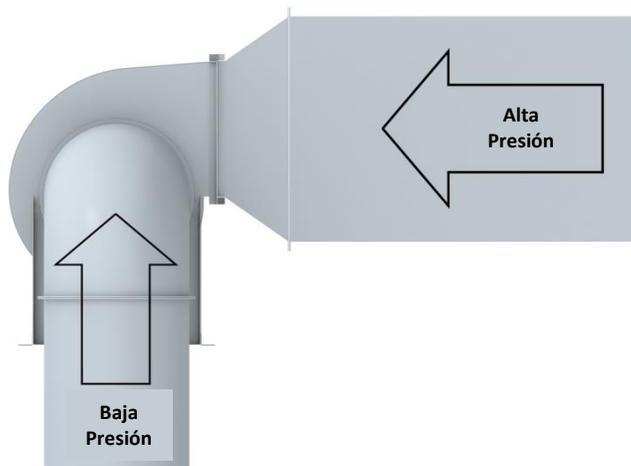


Sección 4: Pulsaciones

Interacción con el sistema

La operación del ventilador es muy inestable

Flujo pulsante en el ventilador a la succión y la descarga



Sección 4: Pulsaciones



Sección 4: Pulsaciones

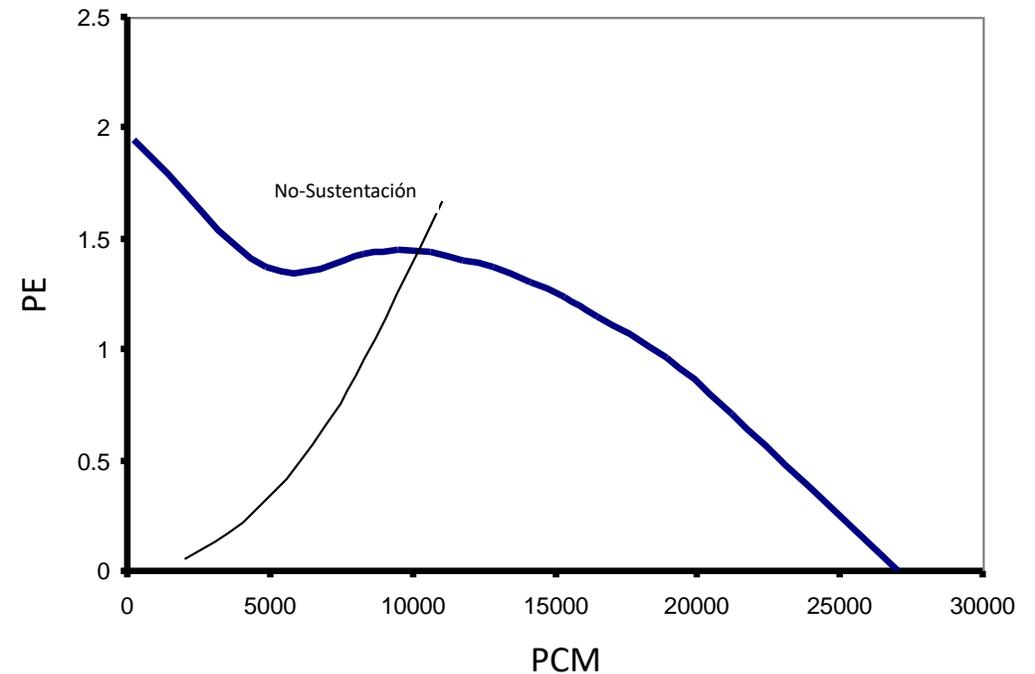
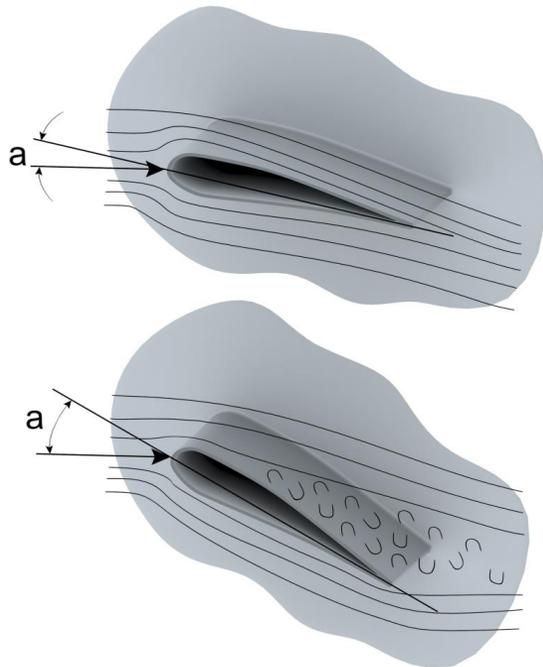


Sección 4: Falta de Sustentación

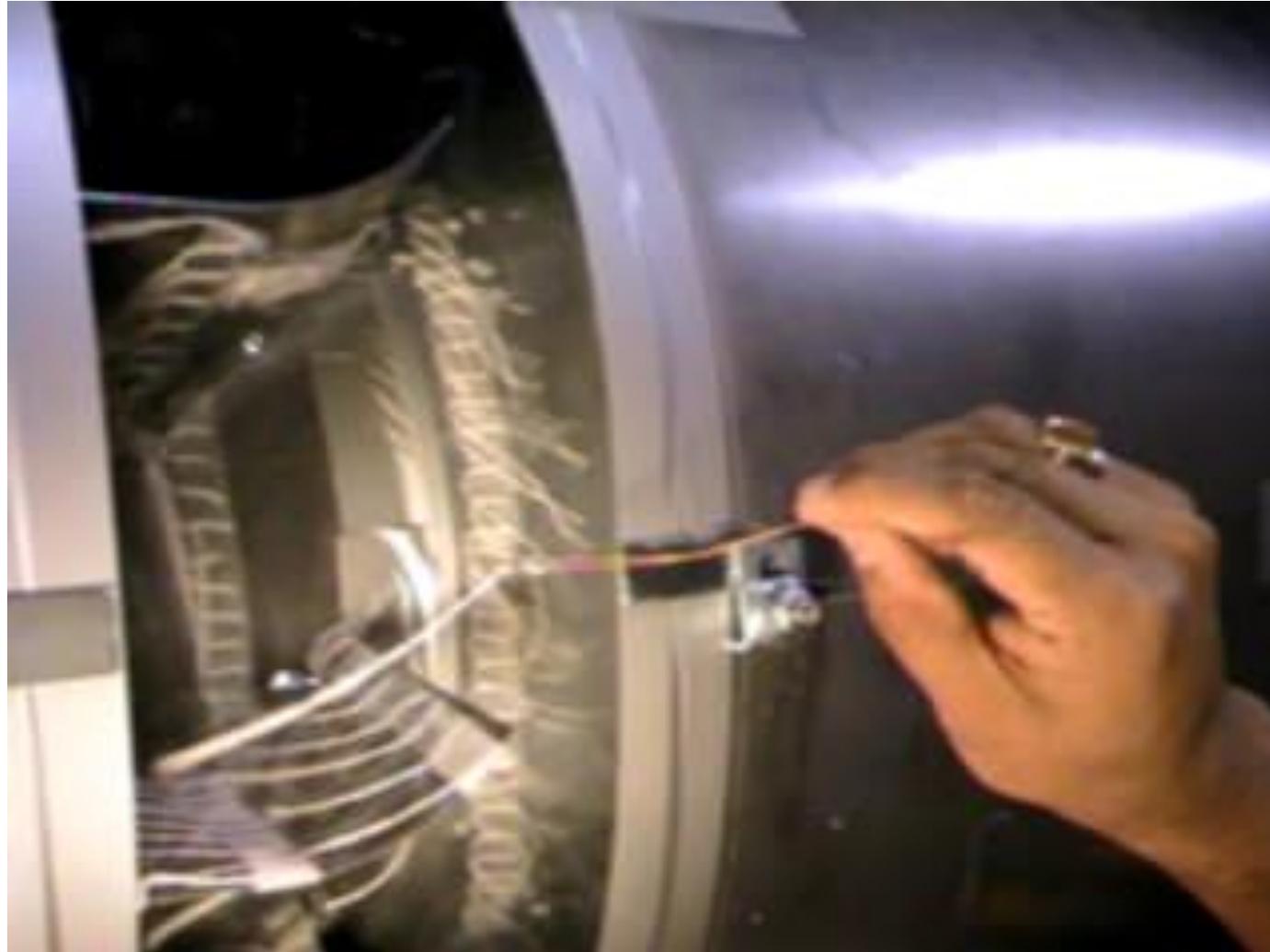
Efecto Aerodinámico

Operación Inestable

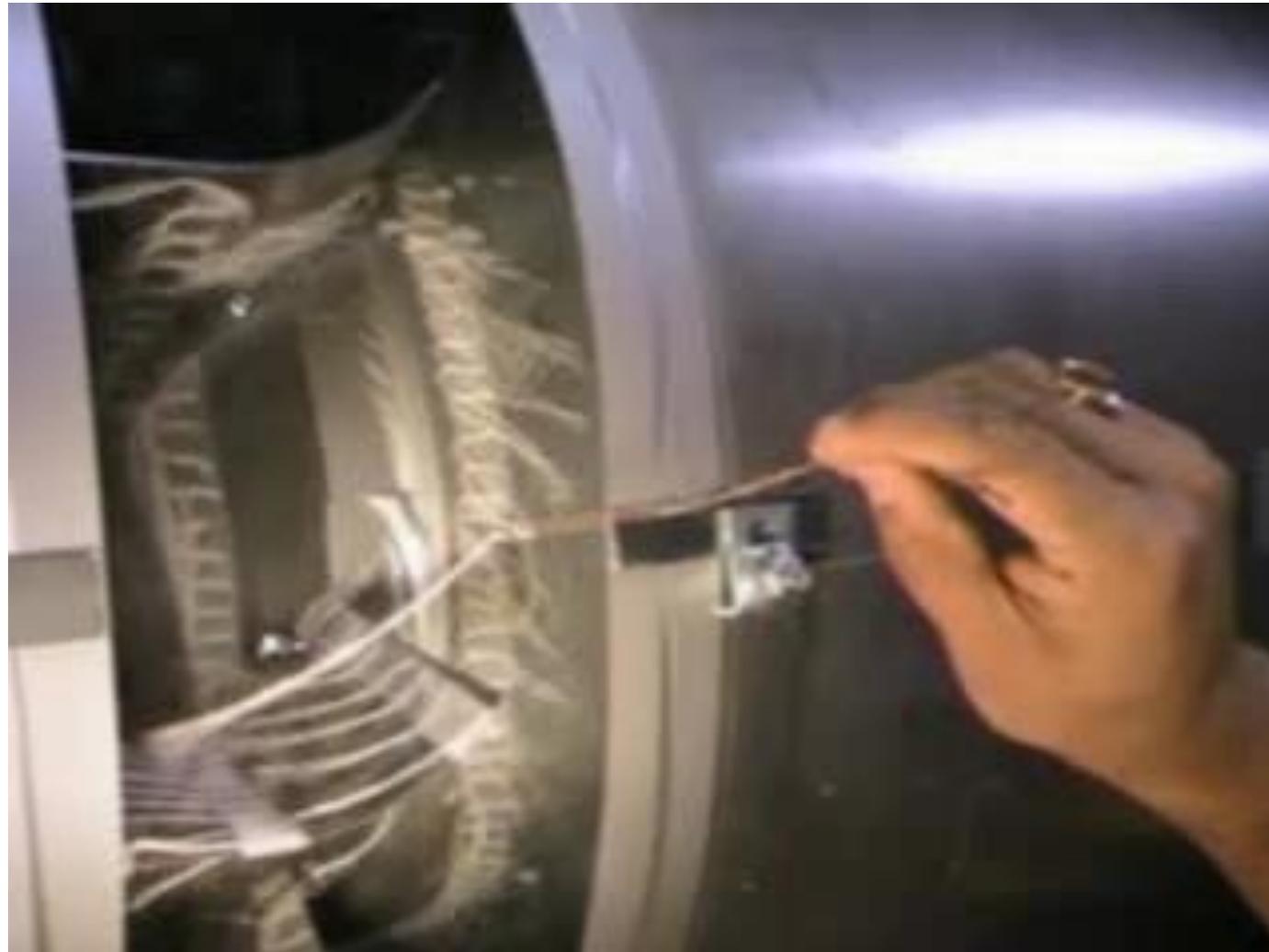
Menos severo que las
Pulsaciones



Sección 4: Falta de Sustentación



Sección 4: Falta de Sustentación



Sección 5: Leyes de Afinidad (Leyes de los Ventiladores)

Similitud Dinámica

Ley 1: Cambio en RPM

Ley 2: Cambio de Diámetro

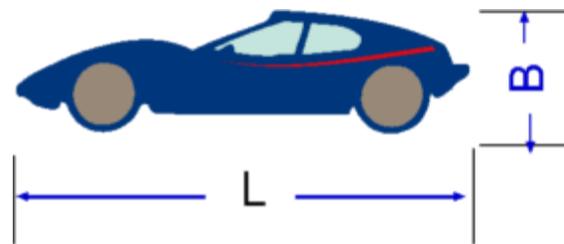
Ley 3: Cambio en Diámetro y RPM

Ley 4: Efectos por Densidad

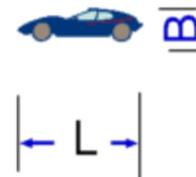
A large, bold, red number '5' is positioned on the right side of the slide. The background features a faint, light blue gear pattern.

Sección 5: Similitud Dinámica

Definición: Los sistemas comparados son geoméricamente similares y las fuerzas que actúan en cada sistema actúan en la misma proporción que las fuerzas en el otro sistema.

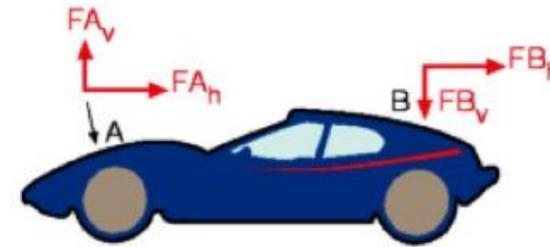


Prototipo



Modelo

Escalado en Dimensiones



Prototipo



Modelo

Escalado en Fuerzas

Las leyes de Afinidad solo aplican a sistemas Dinámicamente Similares.

Sección 5: Ley #1 – Cambio en

10000 PCM a 4" Presión Estática | RPM = 1500

Necesitamos 12000 PCM



No Lo
Olvide

$$\frac{PCM_1}{PCM_2} = \frac{RPM_1}{RPM_2}$$

$$\frac{10000 \text{ CFM}}{12000 \text{ CFM}} = \frac{1500 \text{ RPM}}{1800 \text{ RPM}} \quad 20\%$$

$$\frac{PE_1}{PE_2} = \left[\frac{RPM_1}{RPM_2} \right]^2$$

$$\frac{4'4''}{5.76''} = \left(\frac{1500 \text{ RPM}}{1800 \text{ RPM}} \right)^2 \quad 44\%$$

$$\frac{BHP_1}{BHP_2} = \left[\frac{RPM_1}{RPM_2} \right]^3$$

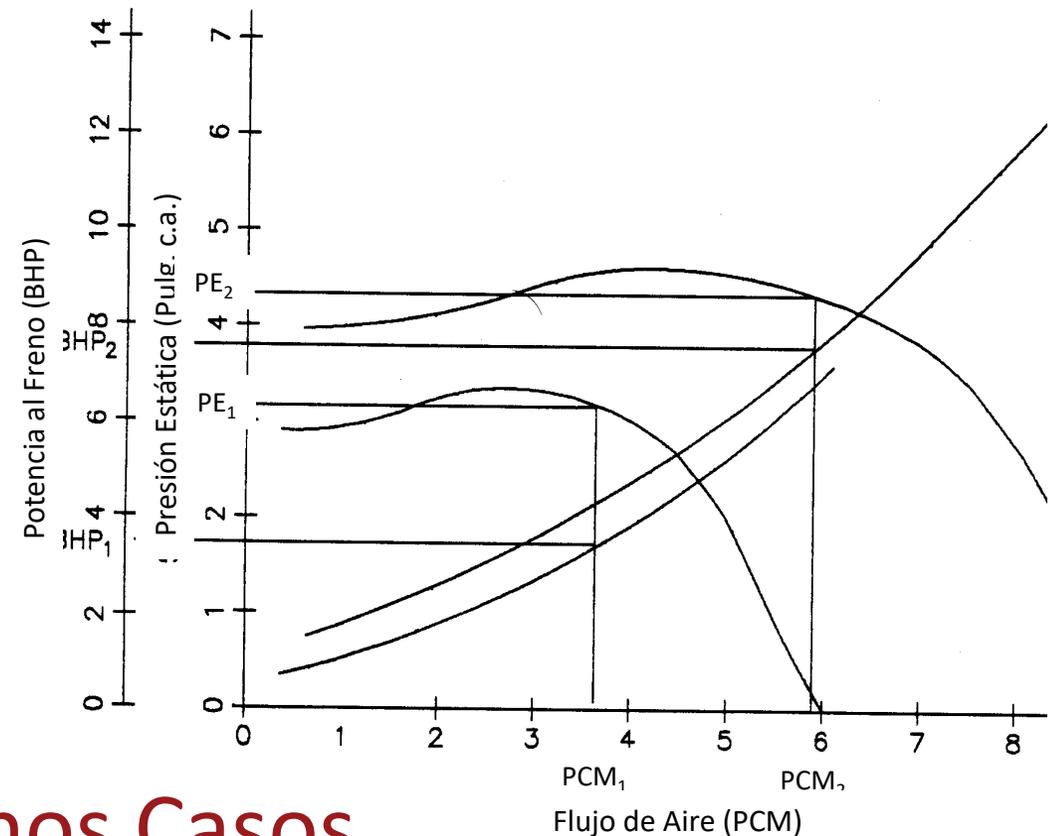
$$\frac{4.5 \text{ BHP}}{7.76 \text{ BHP}} = \left(\frac{1500 \text{ RPM}}{1800 \text{ RPM}} \right)^3 \quad 72\%$$

Sección 5: Ley #2 – Cambio de Diámetro

$$\frac{PCM_1}{PCM_2} = \left[\frac{D_1}{D_2} \right]^3 \quad \frac{3646 \text{ CFM}}{5789 \text{ CFM}} = \left(\frac{10.5}{12.2} \right)^3$$

$$\frac{PE_1}{PE_2} = \left[\frac{D_1}{D_2} \right]^2 \quad \frac{3.08''}{4.89''} = \left(\frac{10.5}{12.2} \right)^2$$

$$\frac{BHP_1}{BHP_2} = \left[\frac{D_1}{D_2} \right]^5 \quad \frac{3.41 \text{ BHP}}{7.37 \text{ BHP}} = \left(\frac{10.5}{12.2} \right)^5$$



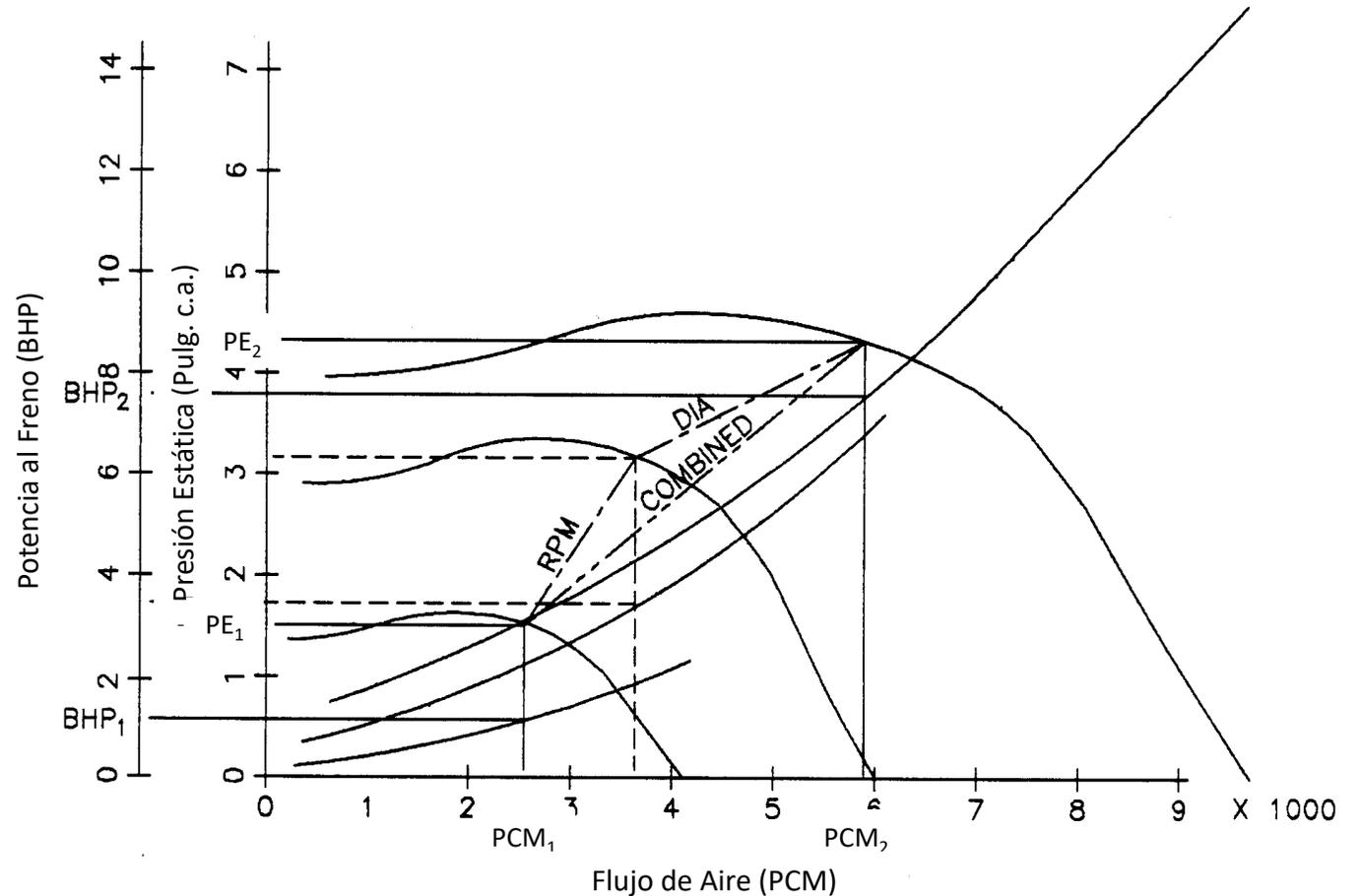
Aplicable en Algunos Casos

Sección 5: Ley #3 – Cambio en RPM & Diámetro

$$\frac{PCM_1}{PCM_2} = \frac{RPM_1}{RPM_2} \times \left[\frac{D_1}{D_2} \right]^3$$

$$\frac{PE_1}{PE_2} = \left[\frac{RPM_1}{RPM_2} \right]^2 \times \left[\frac{D_1}{D_2} \right]^2$$

$$\frac{BHP_1}{BHP_2} = \left[\frac{RPM_1}{RPM_2} \right]^3 \times \left[\frac{D_1}{D_2} \right]^5$$



Aplicable en Algunos Casos

Sección 5: Ley #4 – Efectos po

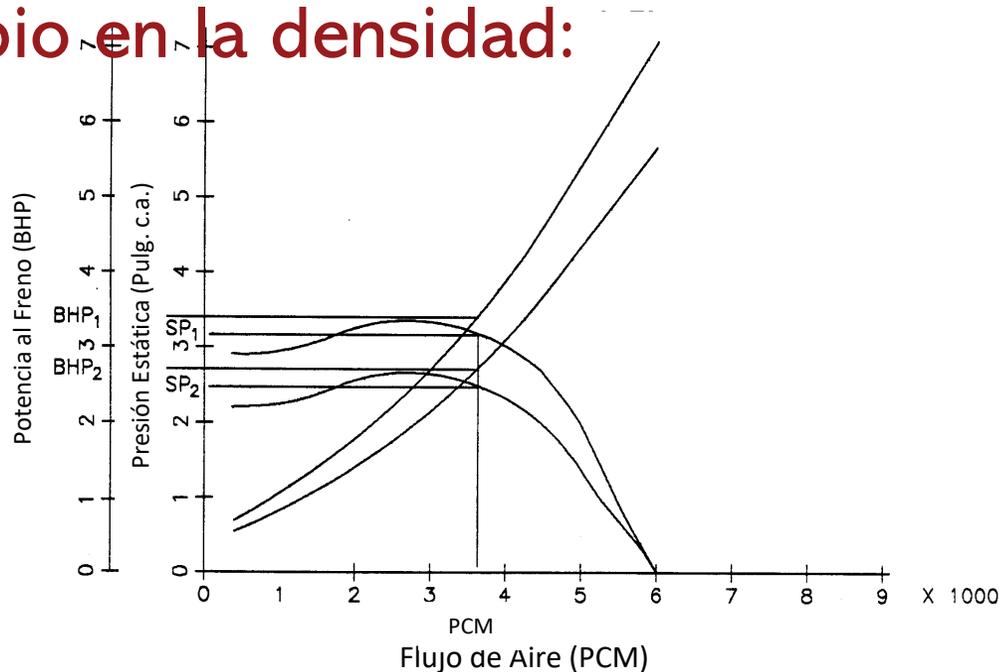
El volumen en el ventilador no cambia con la den

$$PCM_1 = PCM_2$$



No Lo Olvide

La PE y la BHP cambian de forma directamente proporcional al cambio en la densidad:



$$\frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{PE_1}{PE_2} = \frac{BHP_1}{BHP_2}$$

$$\frac{.075 \text{ lb/ft}^3}{.060 \text{ lb/ft}^3} = \frac{3.08''}{2.46''} = \frac{3.41 \text{ BHP}}{2.73 \text{ BHP}}$$

En Conclusión: 3 Conceptos

1. Todos los sistemas y todos los ventiladores son diferentes. Ahora podemos diseñar, planear, medir y resolver problemas en los sistemas de una mejor forma.
2. Cambios pequeños considerados pueden causar grandes efectos no previstos.
3. Usted no necesita recordar los fundamentos para tener éxito en la industria de la HVAC, pero mientras más sepa, usted será más valioso para su cliente.

Fuentes de Información

- **AMCA International:** www.amca.org
- **AMCA Presentations:** www.amca.org/educate/#videos
 - > ASET-US 2018 – “*Fan Sizing and Selection: Basics and Fine Points*” by Mike Wolf
 - > ASET-US 2018 – “*Tips and Tricks for Troubleshooting Fans*” by Ron Wroblewski
- **AMCA Publication:** www.amca.org/store (disponible a la venta)
 - > 201-02 (R2011) – Fans and Systems

!Gracias por tu Atención!

Para recibir la acreditación PDH por la presentación de hoy, debe completar la evaluación en línea, que se enviará por correo electrónico al término de este seminario web.

Si ha participado en este seminario web como parte de un grupo y solo una persona se registró para acceder al mismo, envíe un correo electrónico a Lisa Cherney (lcherney@amca.org) para obtener una hoja de registro grupal hoy mismo. El registro deben ser enviado a Lisa, a más tardar, el día de mañana, 8 de abril.

Los créditos y certificados de participación PDH serán emitidos de forma electrónica en un plazo de 30 días, una vez que se comprueben todos los registros de asistencia y se reciban las evaluaciones en línea.

Los asistentes recibirán un correo electrónico a la dirección proporcionada en el registro, informando el número de horas acreditadas y un enlace para poder imprimir el certificado de participación.

¿Preguntas?

**¡AGRADECIMIENTO A NUESTROS
PATROCINADORES!**

ebmpapst

 **TCF**
TWIN CITY FAN

Próximo Evento

Acompáñenos en nuestro próximo AMCA *insite* Webinar:

Jueves, 14 de Mayo

- 12:00-13:00 p.m. CT

- **TEMA:** *Panorama del Código Internacional para Edificios 2018
(Sección 717 Compuertas de Seguridad)*

- Presentador: James Carlin, Gerente de Producto - Compuertas,
Empresa Miembro de AMCA

>> Registro abierto en: www.amca.org/webinar