

COMPRESORES CENTRIFUGOS Y SU IMPLICACION EN EL AHORRO DE LOS COSTOS OPERATIVOS



INTRODUCCION

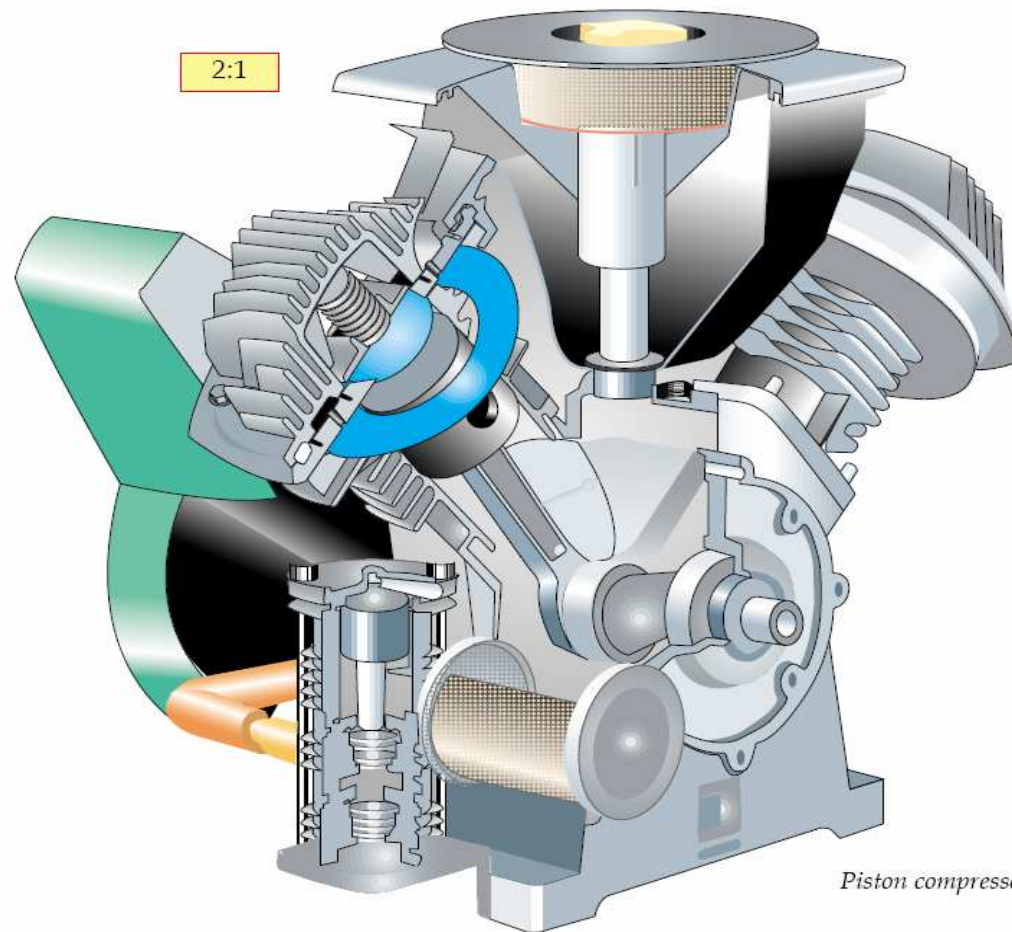
- Normalmente no se le da la importancia al aire comprimido como se le llegase a dar a la electricidad y al agua.
- Compresores centrífugos como la mejor opción de generación de aire comprimido a partir de 200 HP hacia arriba .



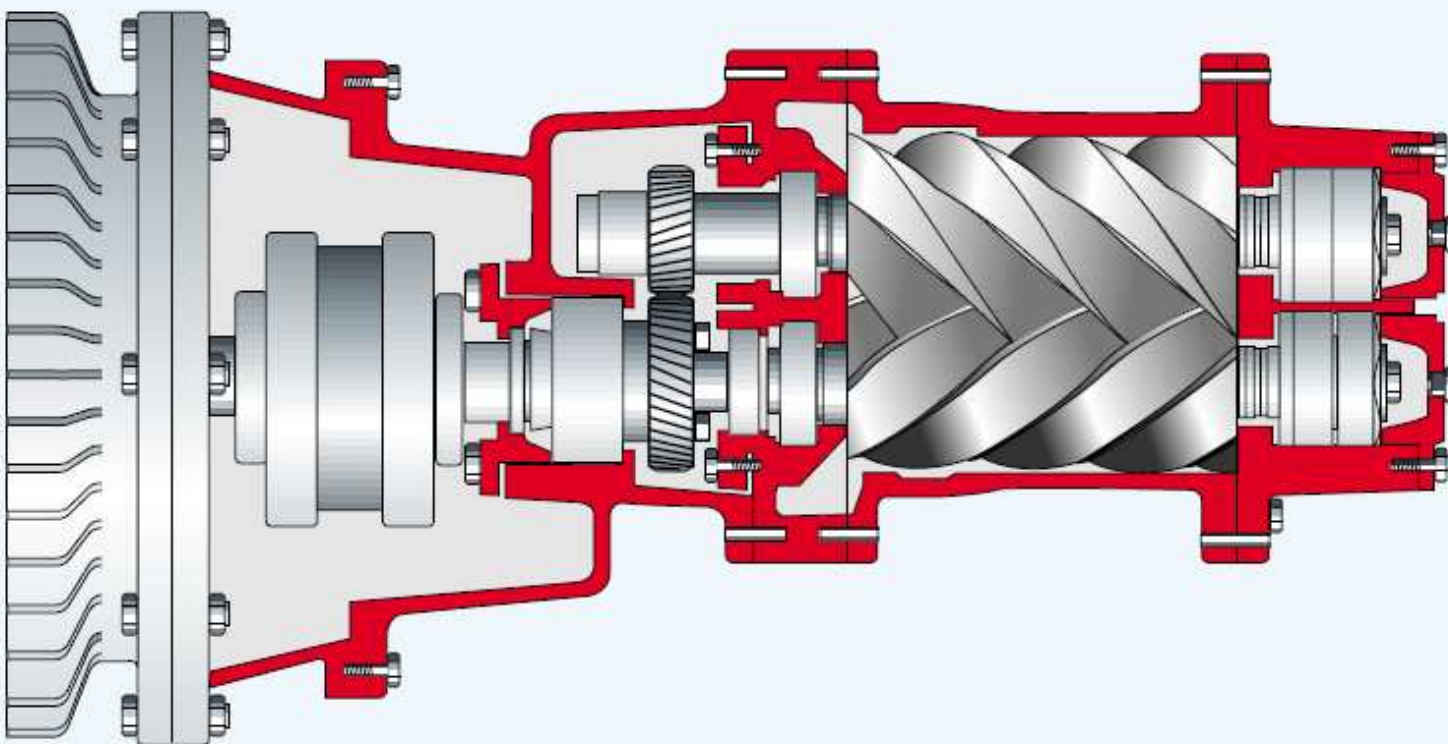
TIPOS DE COMPRESORES



Compresor de Pistón

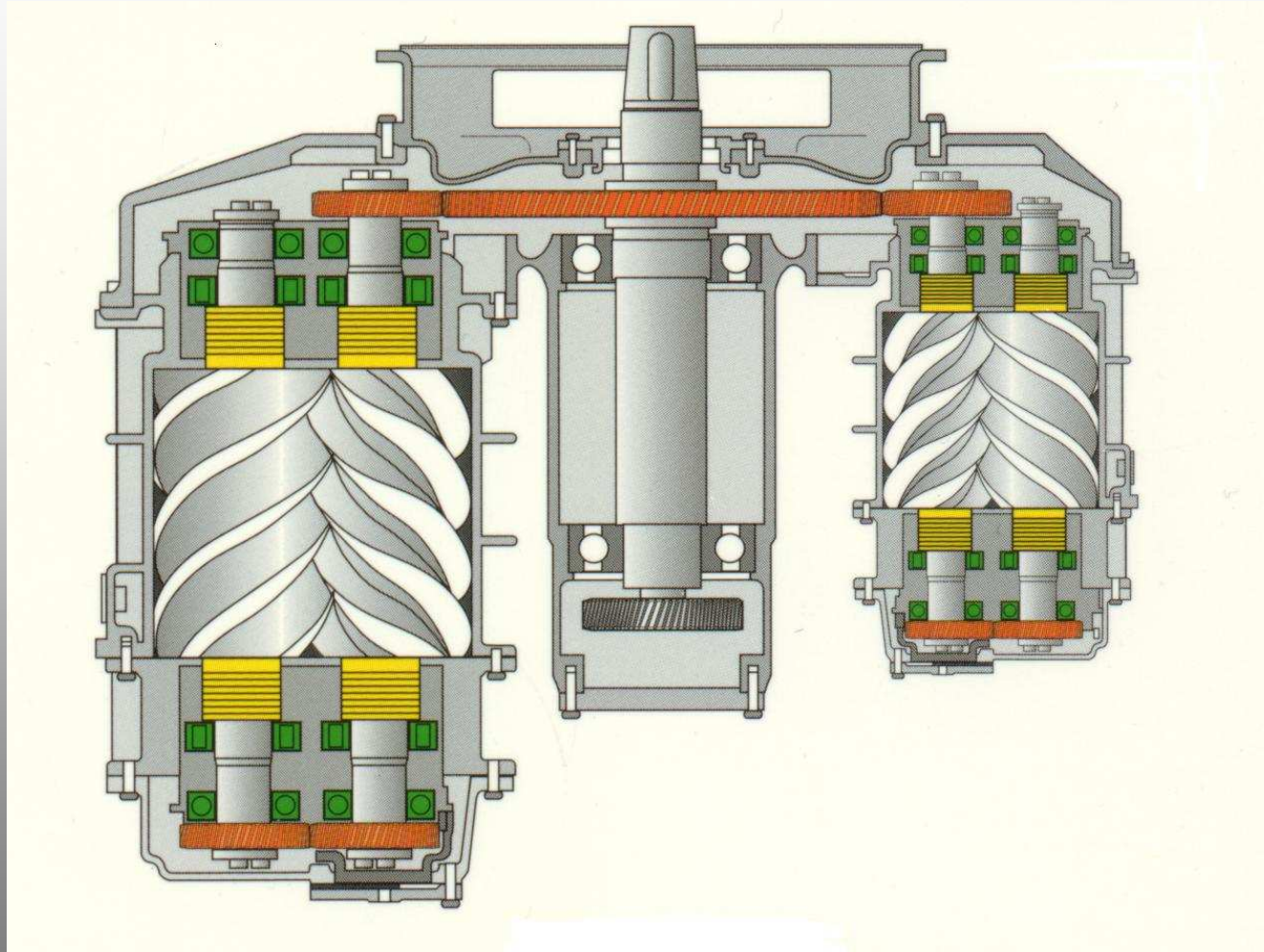


Compresor de Tornillo

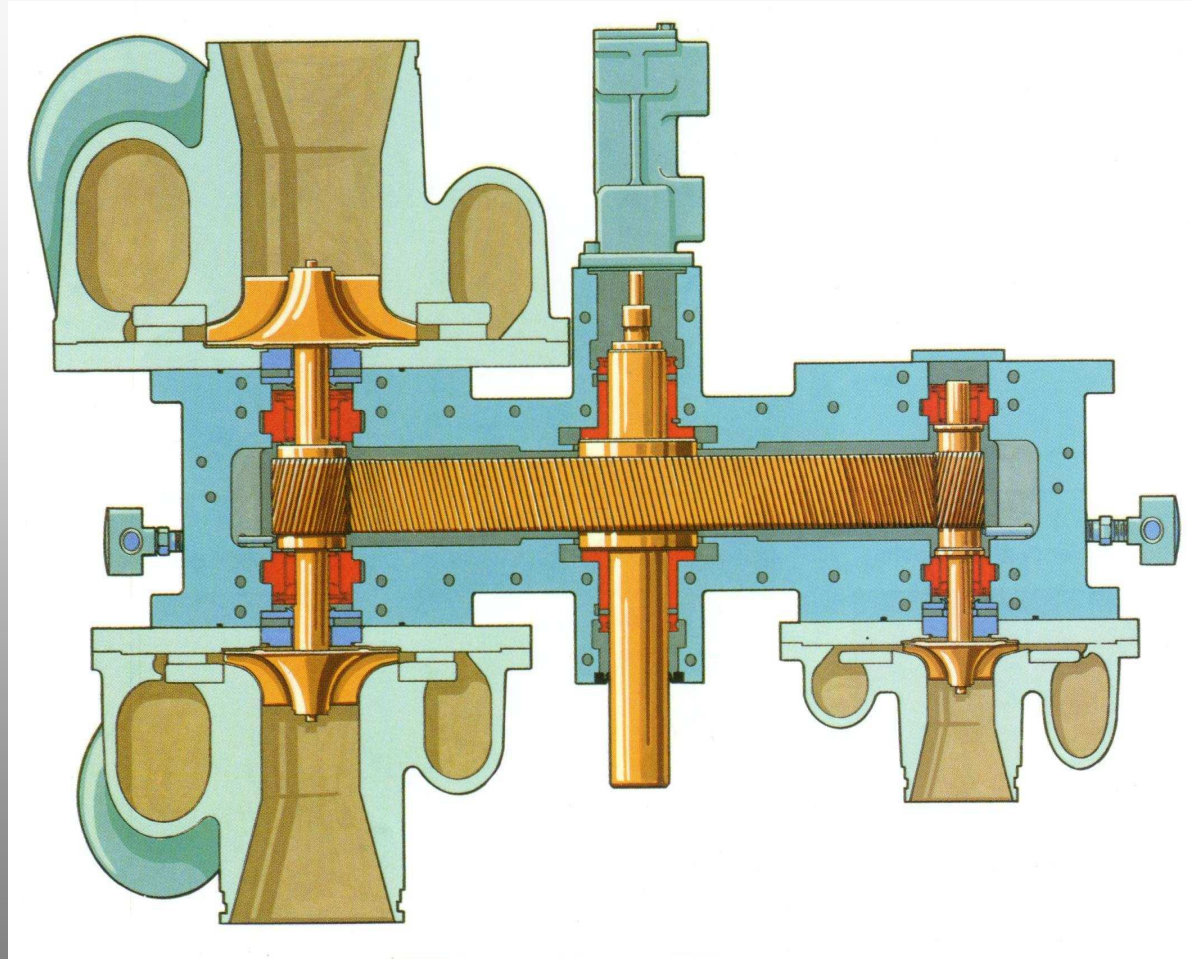


An oil lubricated screw compressor element.

Compresor de Tornillo



Compresor Centrifugo



SCFM Vs. ACFM Vs. ICFM

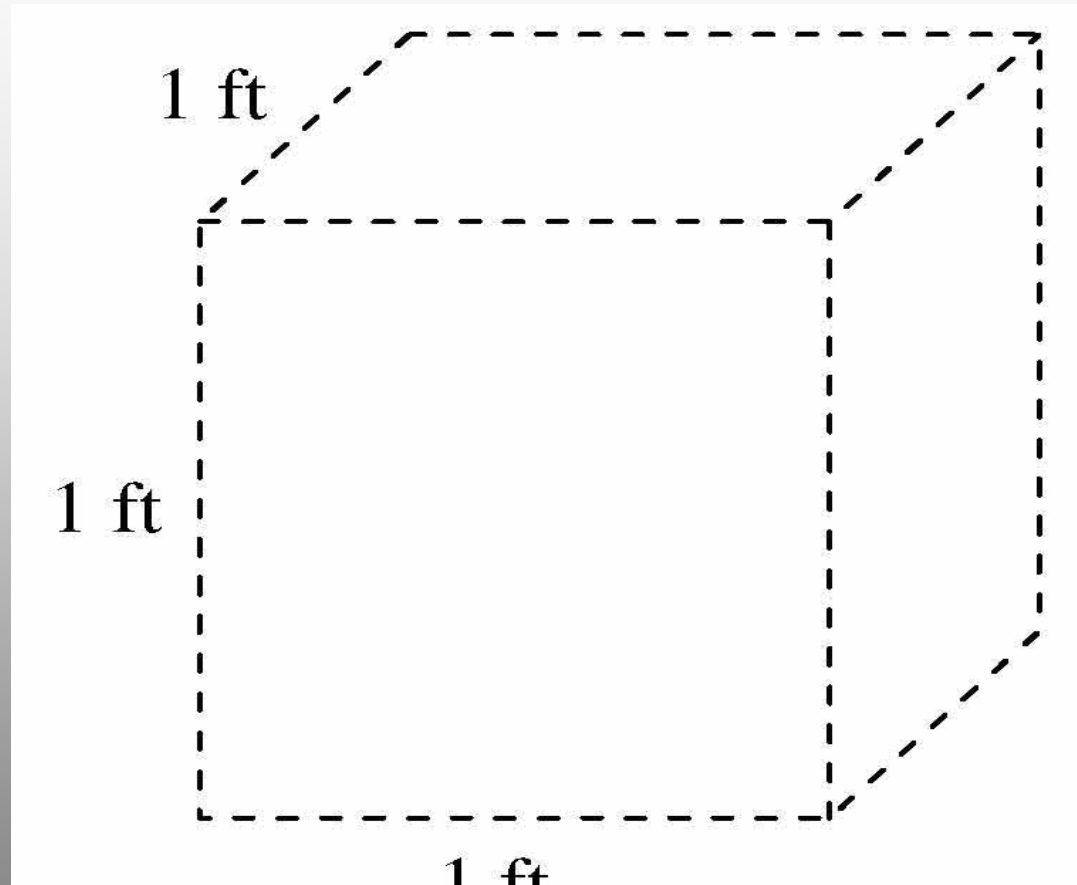
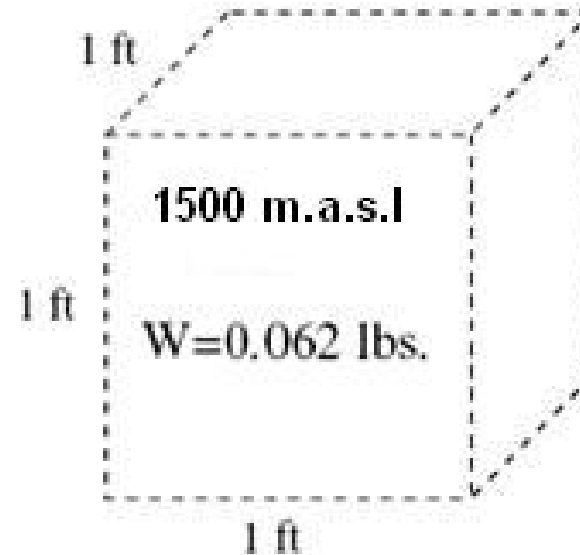
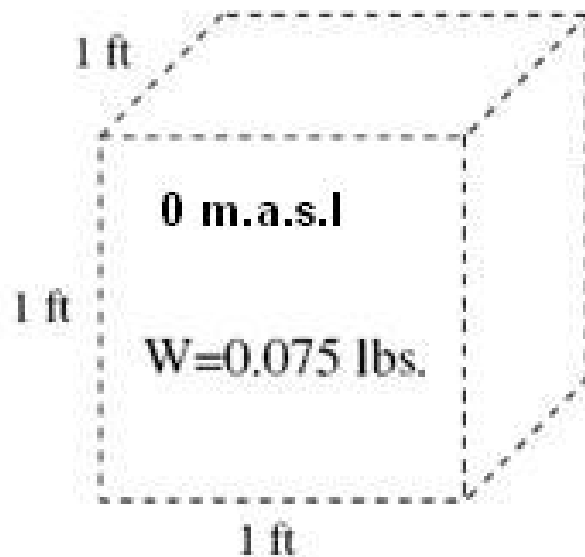


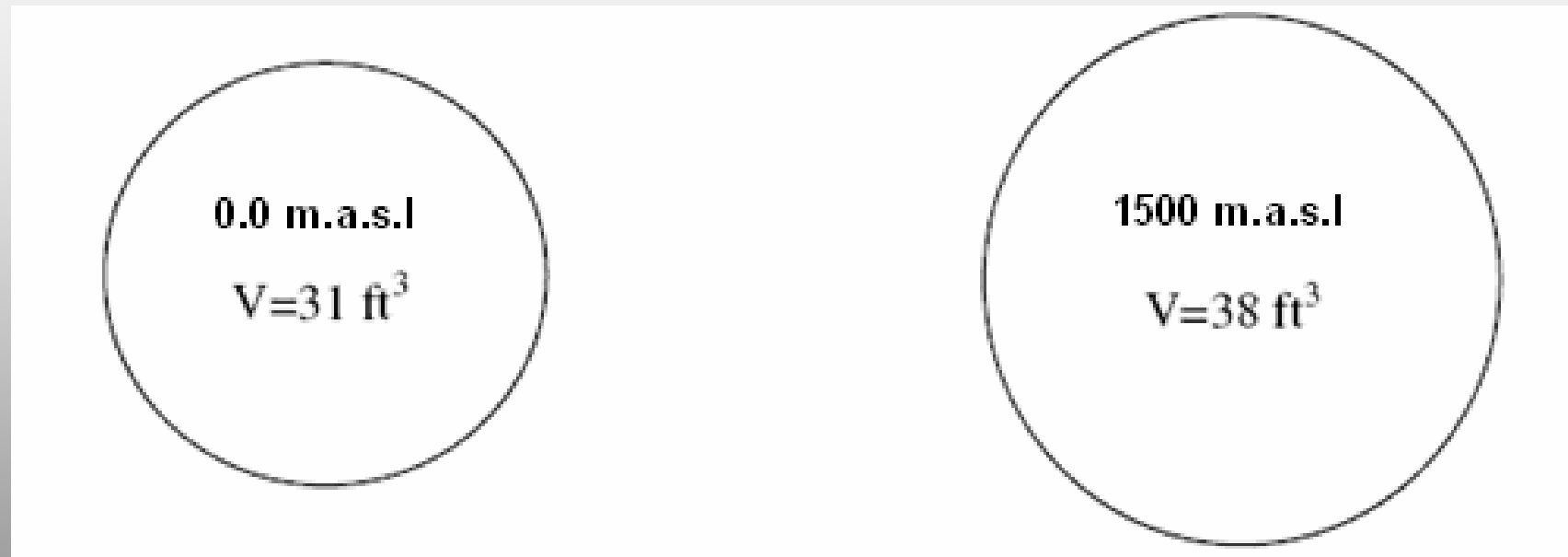
Figura 1. Un (1) Pie Cúbico (Volumen)

Masa Vs. Volumen Constante Vs. Altura Sobre el Nivel del Mar



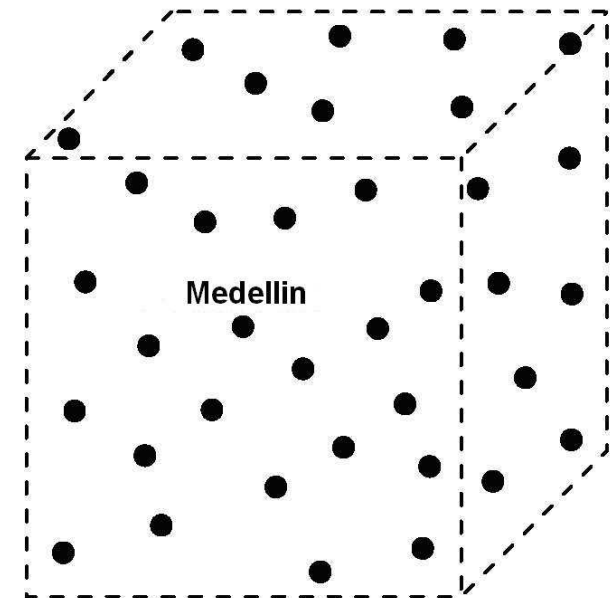
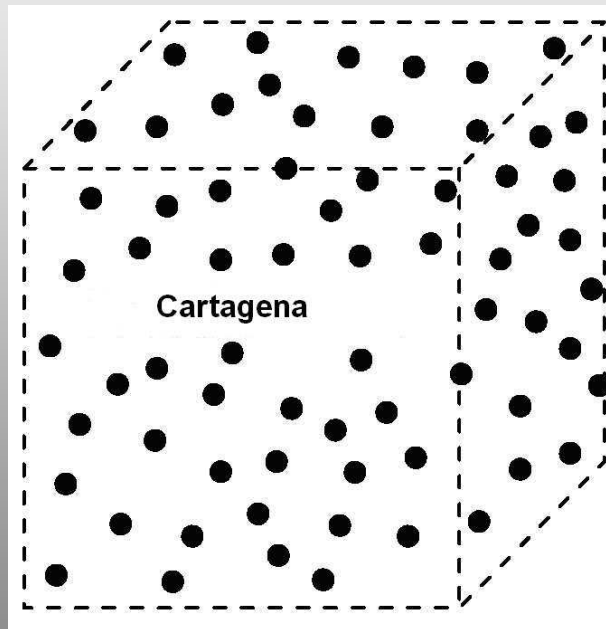
ICFM, ACFM, CFM = Medidas Volumétricas

Masa Constante Vs. Volumen Vs. Altura Sobre el Nivel del Mar



SCFM*, Nm3/Hr*, lb/hr*, kg/min*, FAD* = Medidas Masicas

Variación de la densidad Vs. Altura Sobre el Nivel del Mar



Formula para el cambio de SCFM a ICFM

$$ICFM = SCFM \times \frac{P_s - (RH_s \times PV_s)}{P_b - (RH_a \times PV_a)} \times \frac{T_a}{T_s} \times \frac{P_b}{P_a}$$

P_s = Presión Estándar (PSIA)

P_b = Presión Barométrica (PSIA)

P_a = Presión Actual o de entrada (PSIA) – Normalmente igual a P_b menos 0.2 PSIA

RH_s = Humedad Relativa Estándar

RH_a = Humedad Relativa Actual

PV_s = Presión de saturación del vapor de agua a condiciones estándares (PSI)

PV_a = Presión de saturación del vapor de agua a condiciones actuales (PSI)

T_s = Temperatura del vapor a condiciones estándar (Grados R) (R = Grados F + 460)

T_a = Temperatura del vapor a condiciones actuales (Grados R)

TALLER

Temp. Deg. F	Vapor Pressure	Temp. Deg. F	Vapor Pressure	Temp. Deg. F	Vapor Pressure	Temp. Deg. F	Vapor Pressure
32	.08854	52	.19182	72	.3886	92	.7432
34	.09603	54	.20642	74	.1456	94	.7906
36	.10401	56	.2220	76	.4443	95	.8153
38	.11256	58	.2386	78	.4747	96	.8407
40	.1217	60	.2563	80	.5069	98	.8935
42	.1315	62	.2751	82	.5410	100	.9492
44	.14199	64	.2951	84	.5771	102	1.0078
46	.15323	66	.3164	85	.5961	104	1.0695
48	.16525	68	.3390	86	.6152	106	1.1345
50	.17811	70	.3631	88	.6556	108	1.2029
				90	.6982	110	1.2748

Datos requeridos para seleccionar un compresor

- Flujo: (ICFM, ACFM, SCFM, Nm³/Hr....)
- Presión de Descarga: (PSIA, PSIG, BAR..)
- Presion Barometrica o altura sobre el nivel del mar
- Temperatura Ambiental:
 - Máxima y Mínima (deg. F, deg. C..)
- Humedad Relativa Máxima: (%)
- Temperatura Agua de Enfriamiento:
 - Máxima (deg. F, deg. C..)
- Electricidad Disponible
 - Frecuencia (60 o 50 Hz) y Voltaje.
- Encerramiento del motor electrico.



Historia del PAP

- 1962 Elliott Co. crea la Division de Compresores de Aire en Jeannette, Pa USA
- El primer producto fue el Compresor de Aire Centrifugo con engranes integrados de corte vertical PAP de 3 piñones.
- In 1974 el modelo fue rediseñado a carcaza de corte horizontal para facil mantenimiento.
- Desde sus inicios dentro del mercado, han sido instalados mas de 5,000 unidades que actualmente estan en operacion.



Historia del PAP

- En 1985 Elliott establecio un acuerdo de ventas y servicio con FuSheng en Taiwan.
- El 1 de Octubre de 2003, la Division de Compresores de Aire (PAP-PLUS) de Elliott Company fue adquirido por Fusheng Industrial Co.
- Se adquiere una nueva propiedad en Export, PA. solo a 5 minutos en auto de Jeannette, PA.



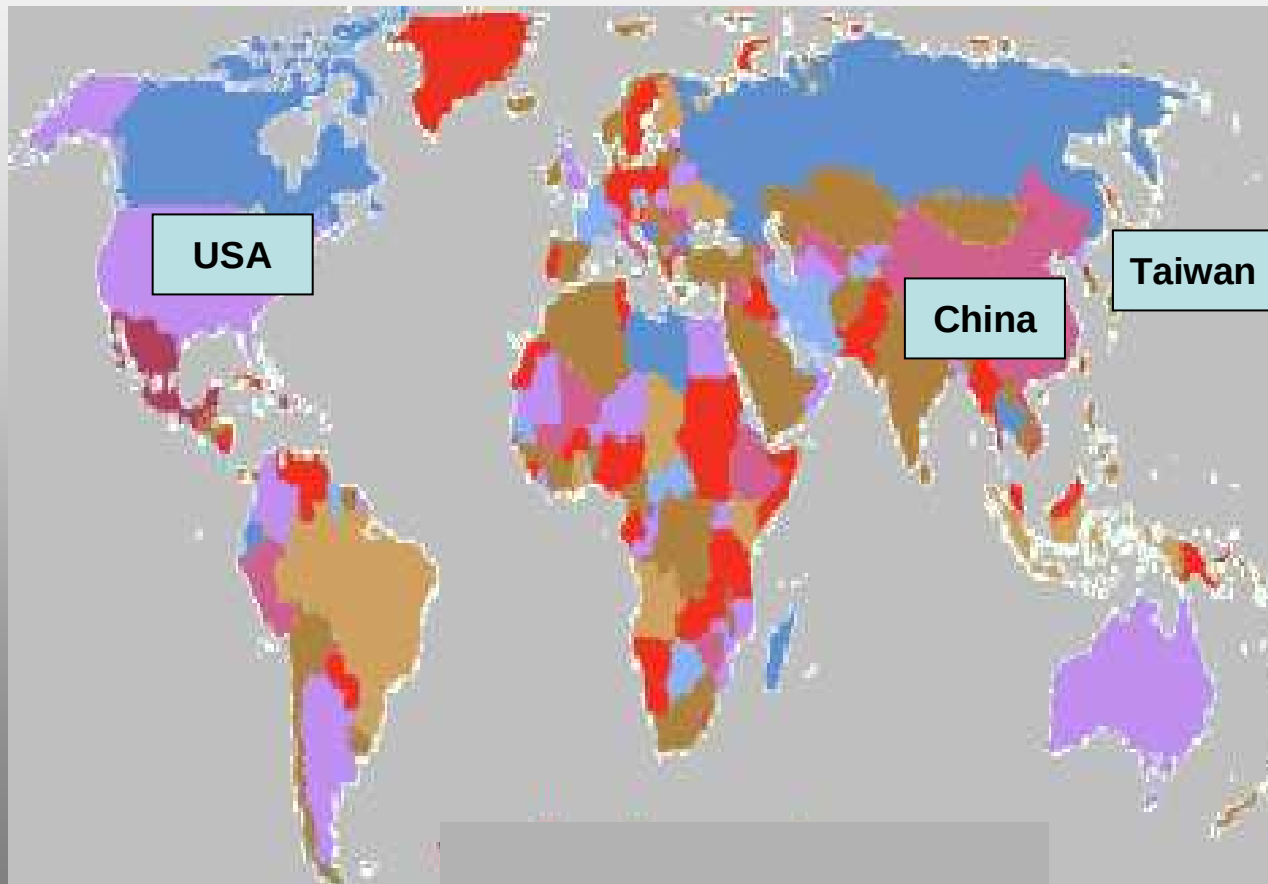
Historia del PAP

- Durante 2006 se duplican las unidades vendidas así como las ventas en un año.
- Se hace una fuerte inversión en las instalaciones de Export, PA. por cerca de \$50 Millones de Dolares lo cual también incluye un nuevo centro de maquinado “State of the Art”.
- El PAP-PLUS continúa siendo, hasta la fecha, el Compresor de Aire Centrifugo Libre de Aceite preferido para los mercados de la Industria del Petróleo & Gas,, Refinación y Petroquímica en el mundo entero.



Historia del PAP

Instalaciones de Manufactura y Empaquetado



- **EE.UU.:**

- Export, PA

- o Mellon

- o Enterprise

- **China:**

- Shanghai

- **Taiwan:**

- Taipei

Historia del PAP de Elliott



FS-Elliott Co.

Oficina Principal y Fabrica en Mellon Road

- Direccion
- Legal
- Mercadotecnia
- Ingenieria /R&D
- Contaduria
- Planeacion
- Control de Calida
- Centro de Pruebas



Planta en Mellon - Export, PA



Maquinado de Difusor



Planta en Mellon - Export, PA



Remocion de rebaba Difusor

Planta en Mellon - Export, PA



Ensamble cabezal de compresion

Planta en Mellon - Export, PA



Balanco de Rotor

Planta en Mellon - Export, PA



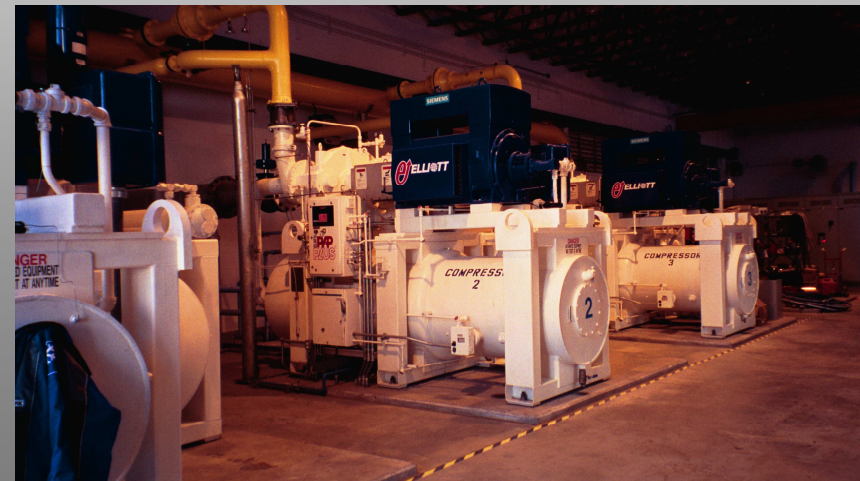
Ensamble del Paquete Completo

Productos FS-Elliott

- **Mercados Tipicos**

Industria:

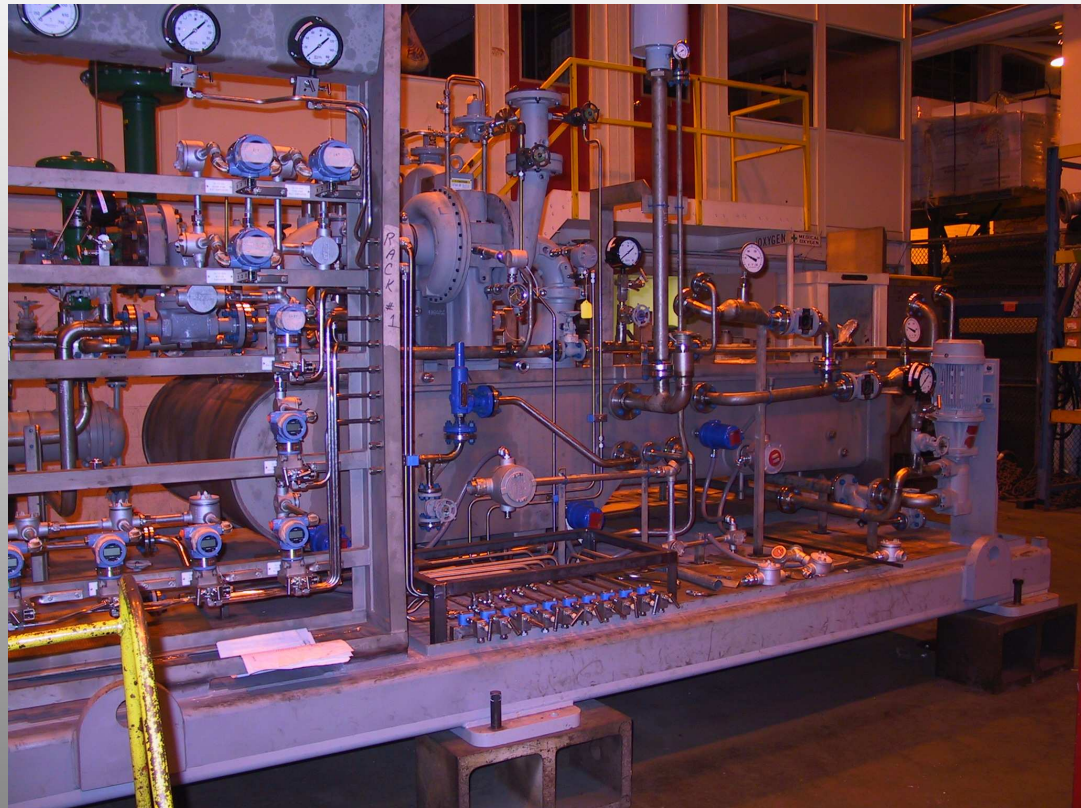
- Electronicos
- Acero / Aluminio
- Alimentos & Bebidas
- Automotriz
- Farmaceutica
- Minería
- Industria Textil
- Industria Manufacturera en General



Productos FS-Elliott

- **Unidades para la Industria**

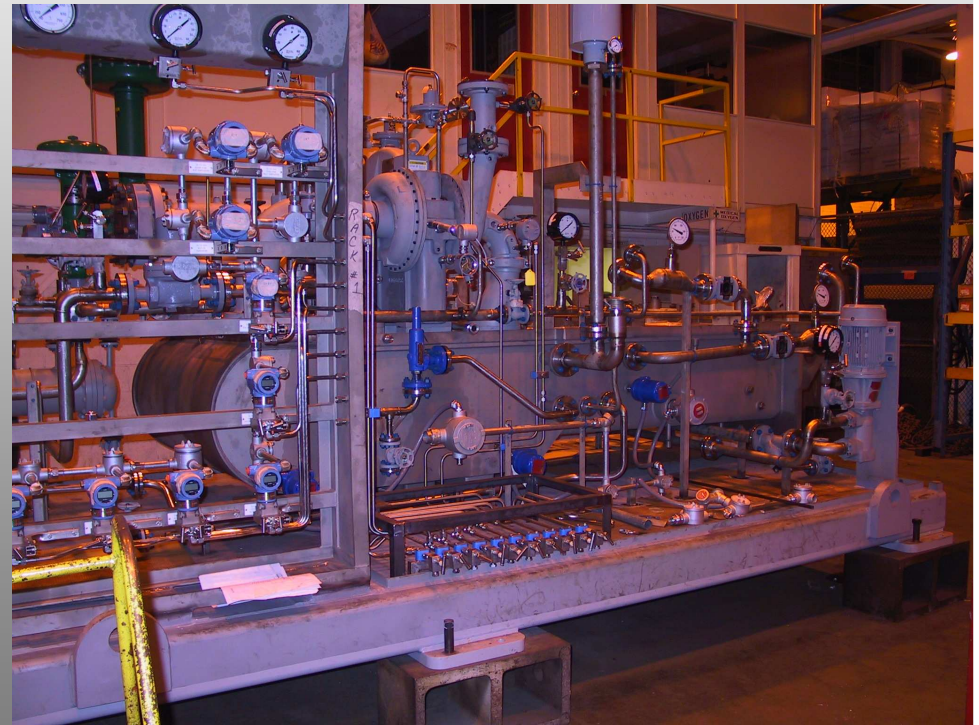
- 200 HP ~ 4,000 HP
- 700 ICFM ~ 18,000 ICFM
- Unidades de 1, 2 & 3 Pasos
- Accionamiento por Motor Electrico y Turbina de Vapor
- Presion de Descarga – 30 psig ~ 175 psig
- Sistemas de Control Digital



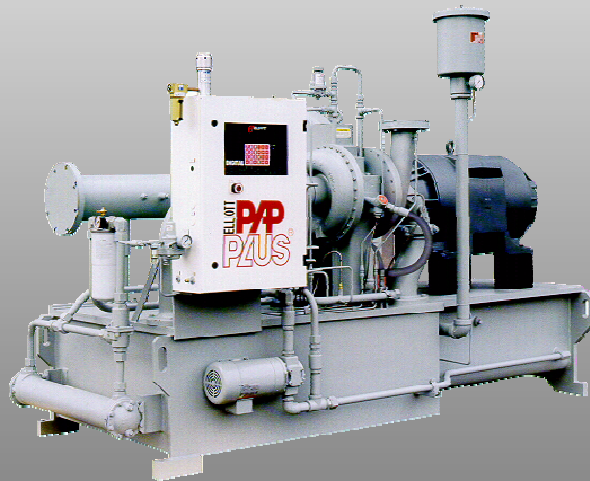
Productos FS-Elliott

- Mercados Tipicos para **API 672** :

- Refinerias
- Petroquimicas
- LNG
- Produccion de Petroleo y Gas
- Separacion de Aire
- Servicio de Nitrogeno



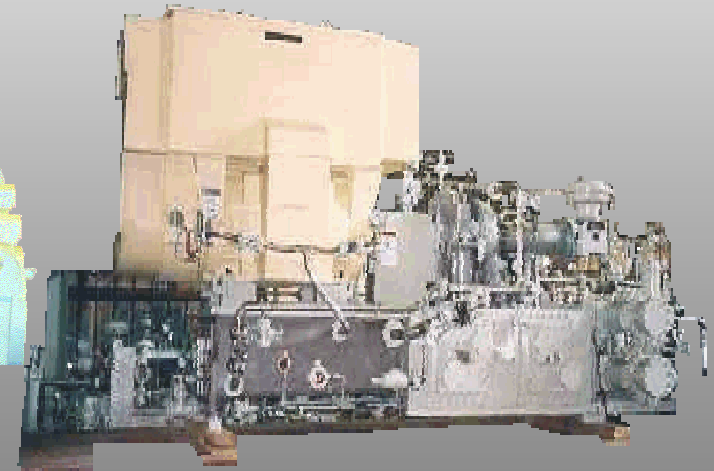
Configuracion Estandar Vs. Productos de Ingenieria



Paquete Industrial,
Pre-ingenieria



Requerimientos con
Especificaciones



Paquetes Ingenieria
API 672



FS-Elliott

Descripcion del Compresor



Flujo del Aire Comprimido

El aire es comprimido por el
1er paso del compresor

El aire vuelve a ser
comprimido en el 2o
paso del compresor

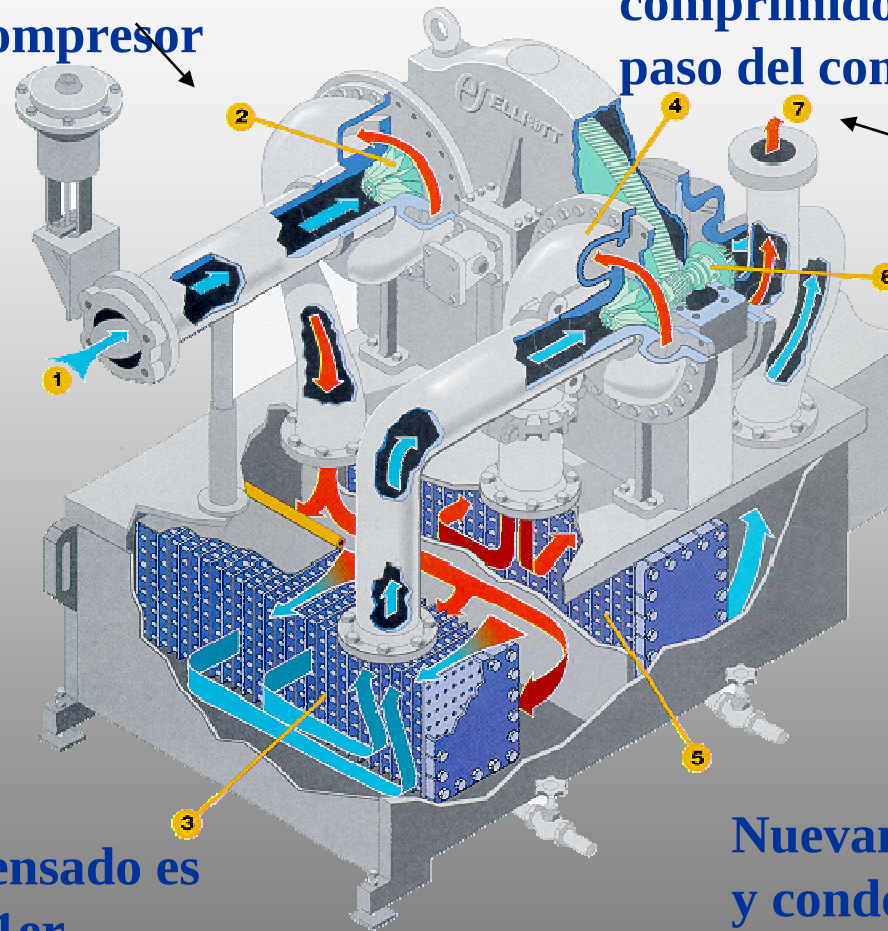
Salida del aire al
postenfriador y aire
de planta

Entrada del
aire

El aire es
comprimido a su
presion final en
3er paso

El calor y condensado es
removido en el 1er
intercambiador de calor

Nuevamente el calor
y condensado son
removidos



Air System

Inlet Air Filter

- Filter elements remove airborne particles from air.
- Two stages of filtration.
- Requires maintenance.



Air System

- Filter assembly is shipped loose on larger air compressor packages.
- Filter should be located outside at source of cool, clean, dry air.
- Should be mounted at least 6 feet (2 m) above floor or roof.
- Inlet piping should be constructed of stainless steel, aluminum, or rigid plastic.
- Pressure drop across piping should be minimized.

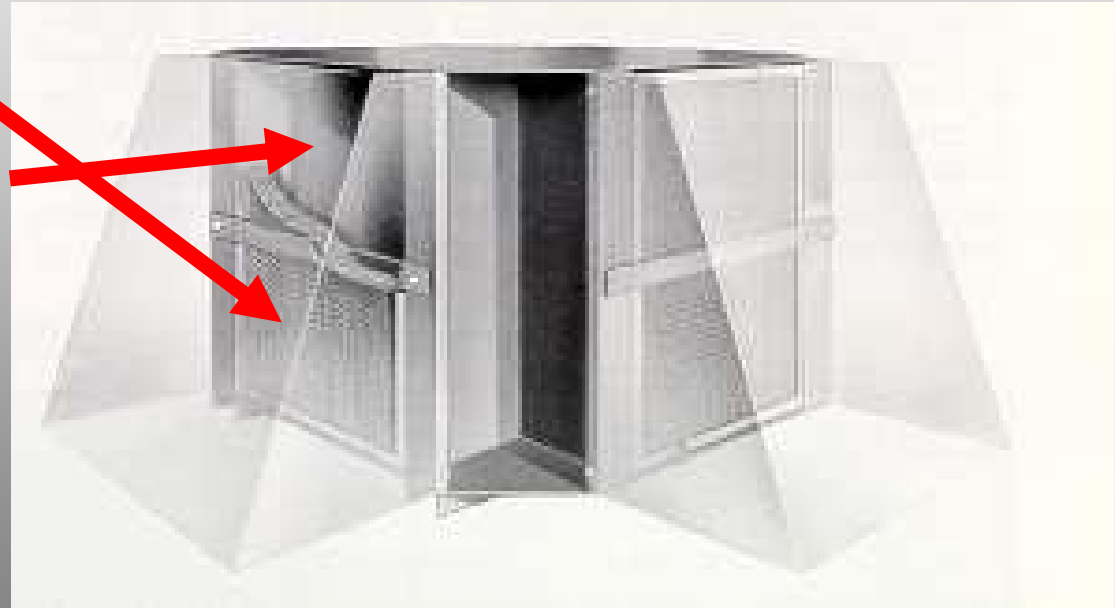


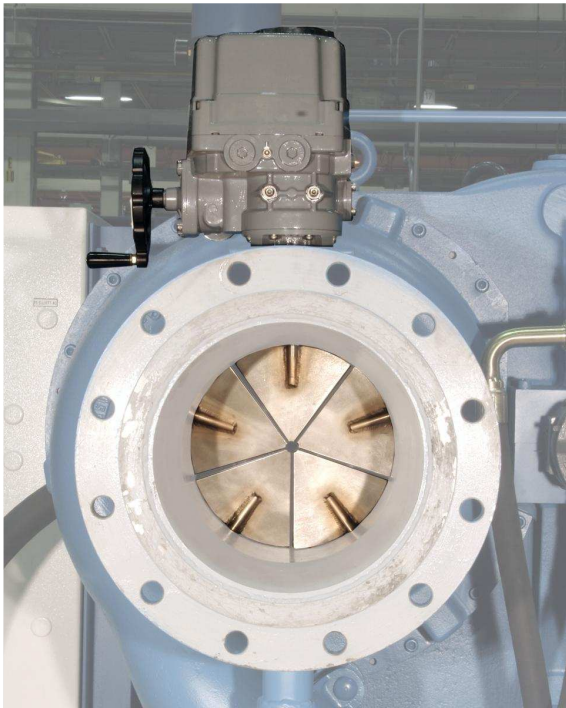
Air System

Two Stage Air Filter

Pre-Filter Element

Final Filter Element





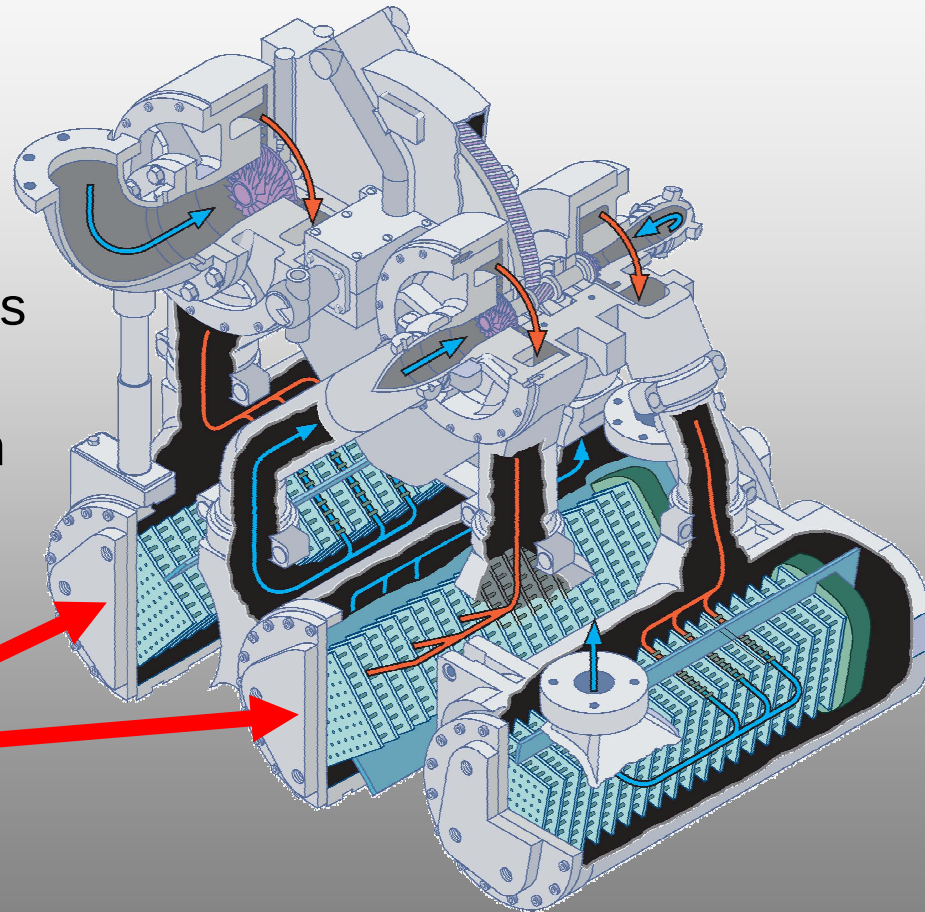
- Regulates air flow into compressor.
- Guide vanes or butterfly valve.
- Electric or pneumatic.

Inlet Valve



Air System

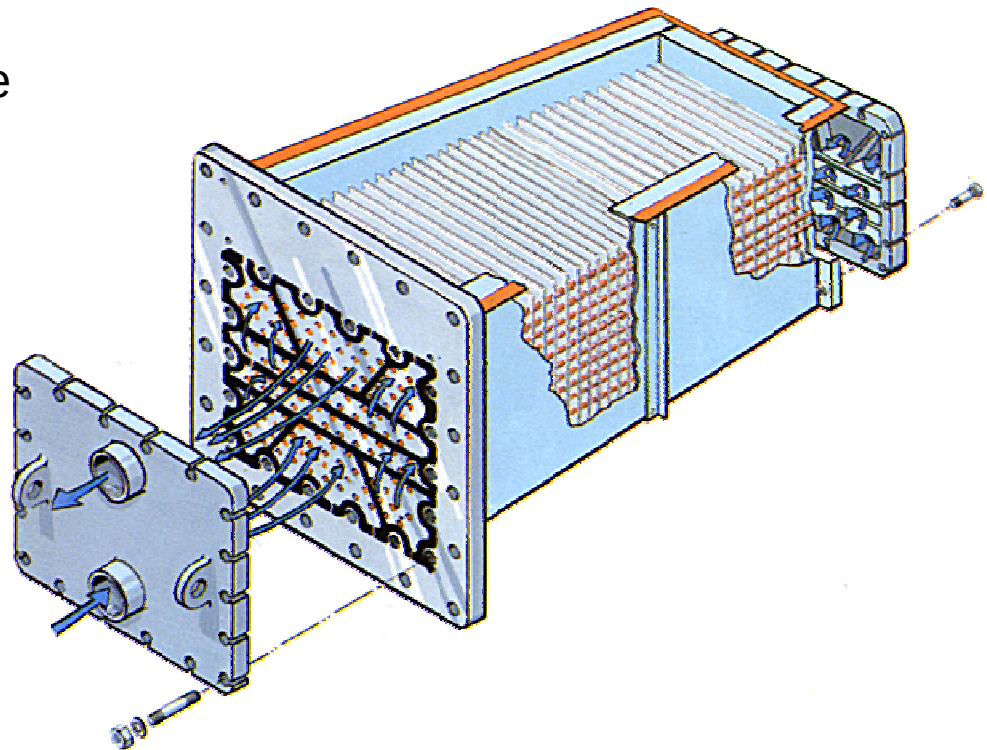
- Cools the hot air from the impeller.
- Water makes several passes through the intercooler.
- Air makes one pass through intercooler.



Intercoolers

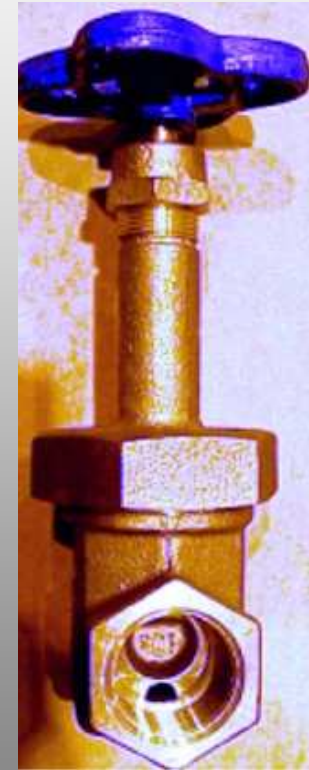
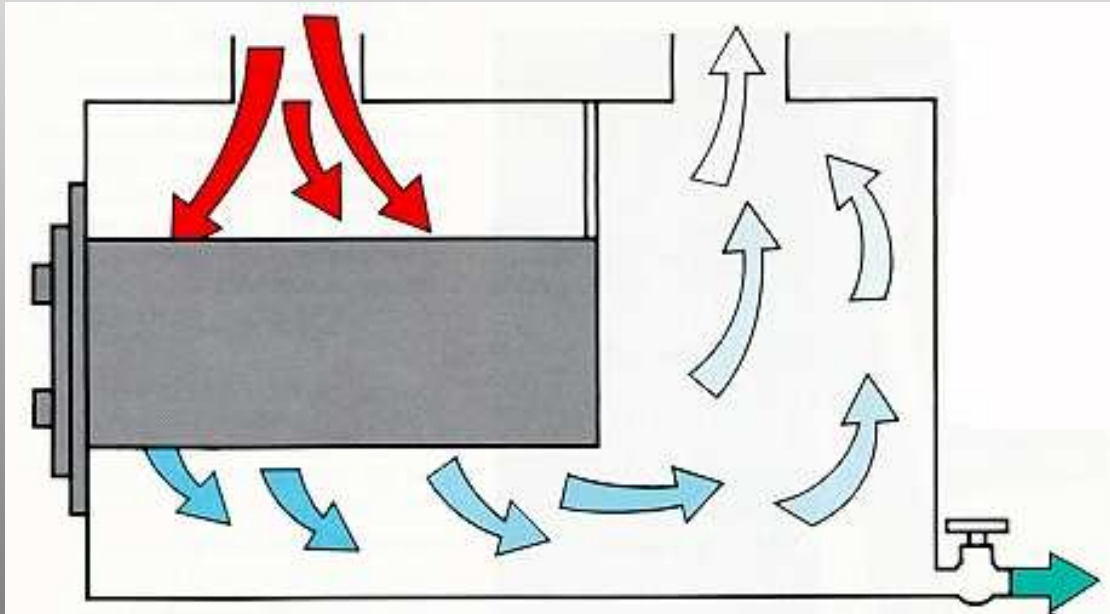
Air System

- Water makes several passes through the intercooler tube bundle.
- Return channels at each end of tube bundle redirect the water flow.
- Gaskets prevent water leaks.
- The air makes one pass through the tube bundle.
- Rubber sealing strips prevent the bypass of hot air.
- Require periodic maintenance.



Air System

- As the air is cooled, water vapor in the air will condense.
- Water exits the intercooler via a notched drain valve.
- Water traps can be used but must be closely monitored.
- Mufflers are available to attenuate the noise.



Air System

- The tube bundles inside the intercoolers require periodic maintenance.
- Typically, only the front cover needs to be removed for access to the tubes.
- The tube bundles can be removed for more involved cleaning.

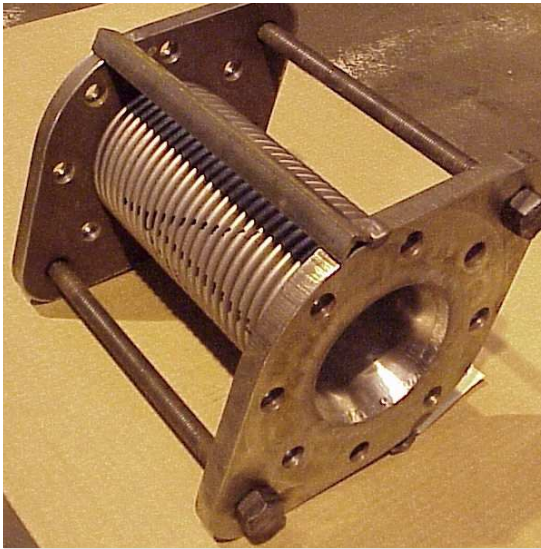


Air System

**Plasite
Coating**

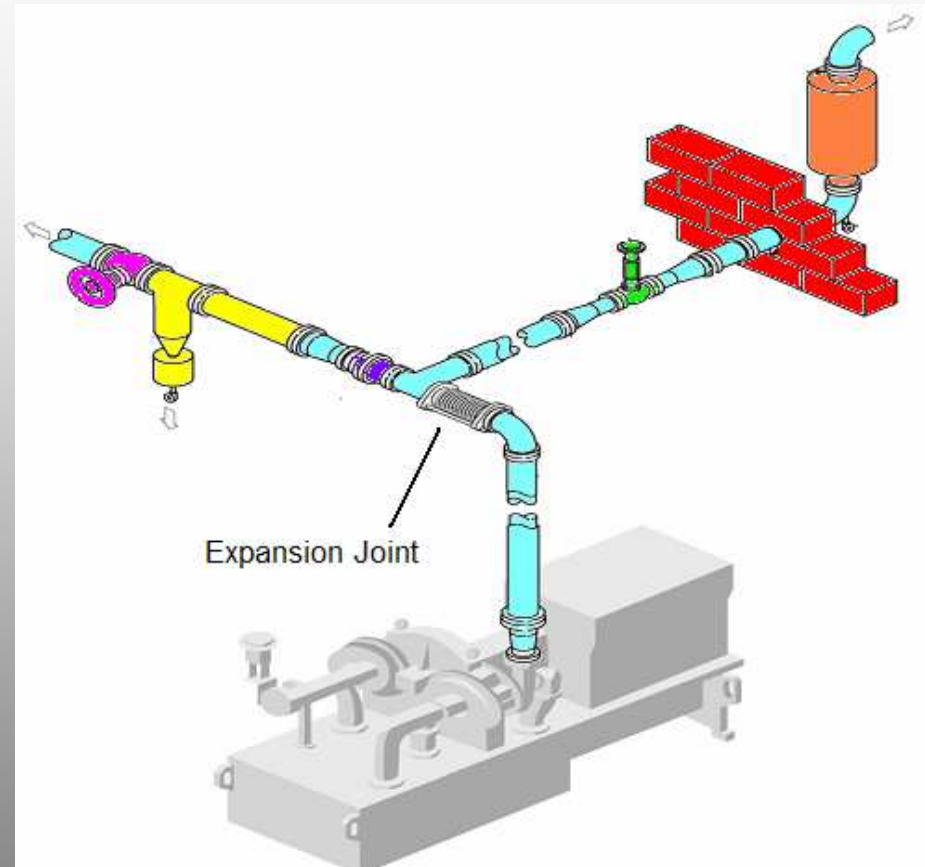
- Interior of intercooler shells is coated with Plasite.
- Prevents corrosion.

Air System



Expansion Joint

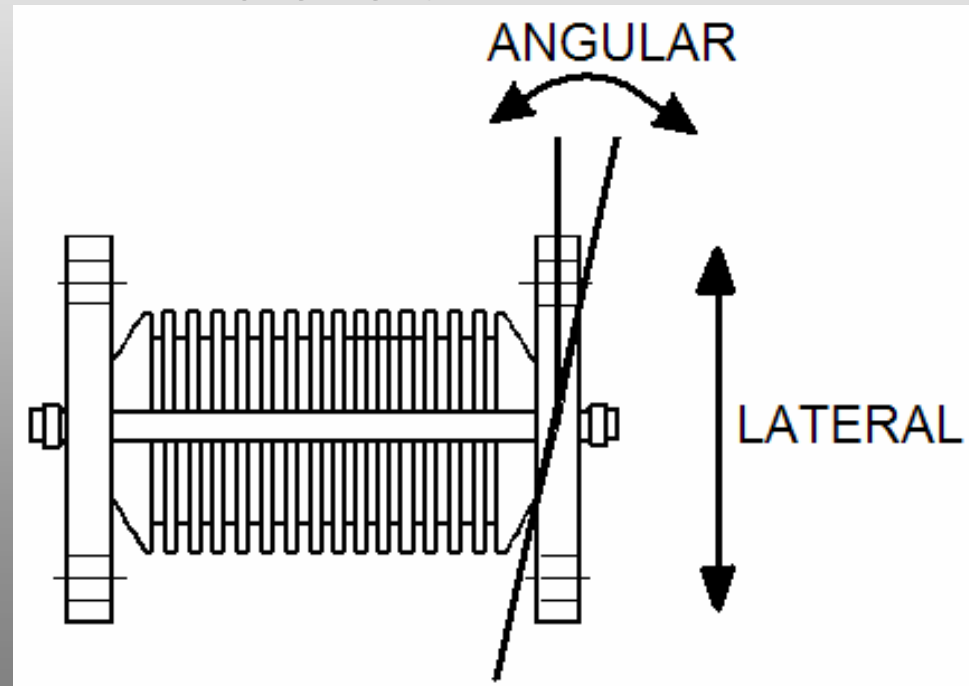
- Minimizes stress on compressor casings.
- Shipping bars are removed after piping is completed.



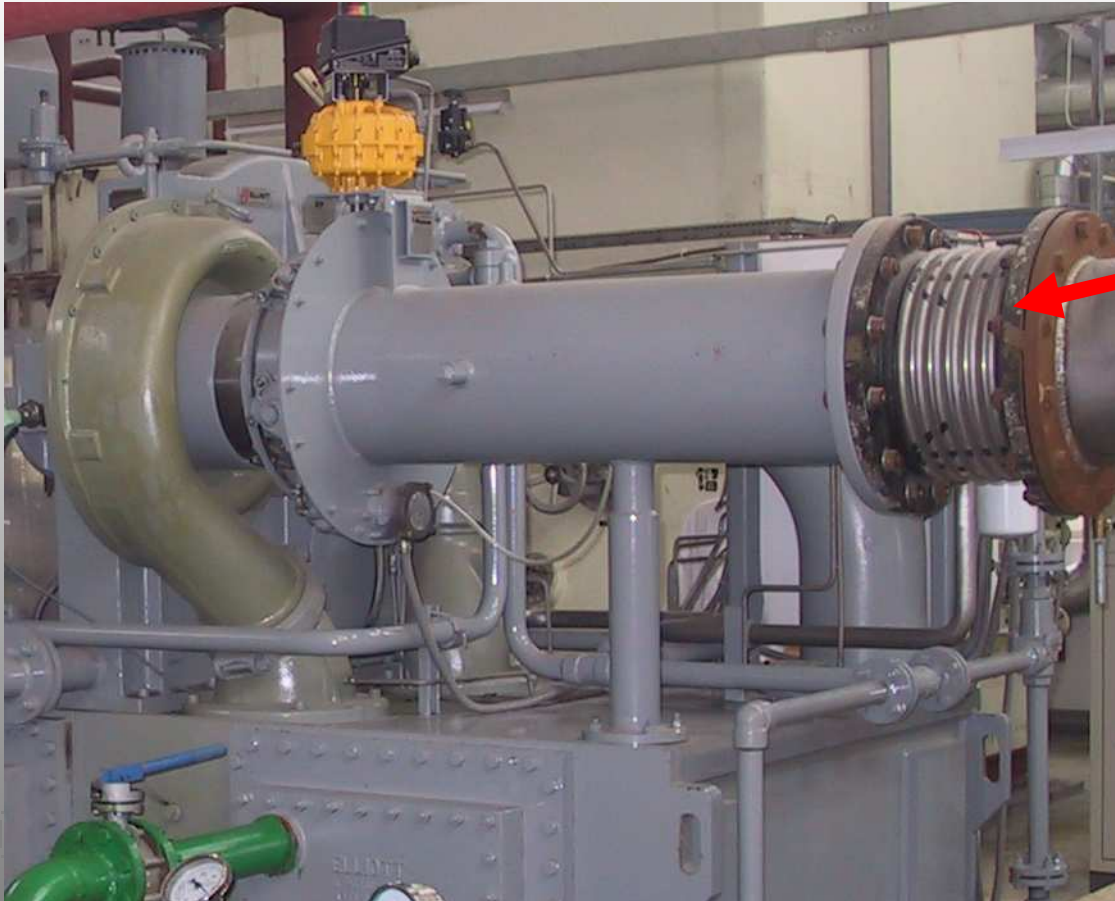
Air System

Discharge Expansion Joint

- Compensates for thermal growth.
- Allows for angular and lateral movement.



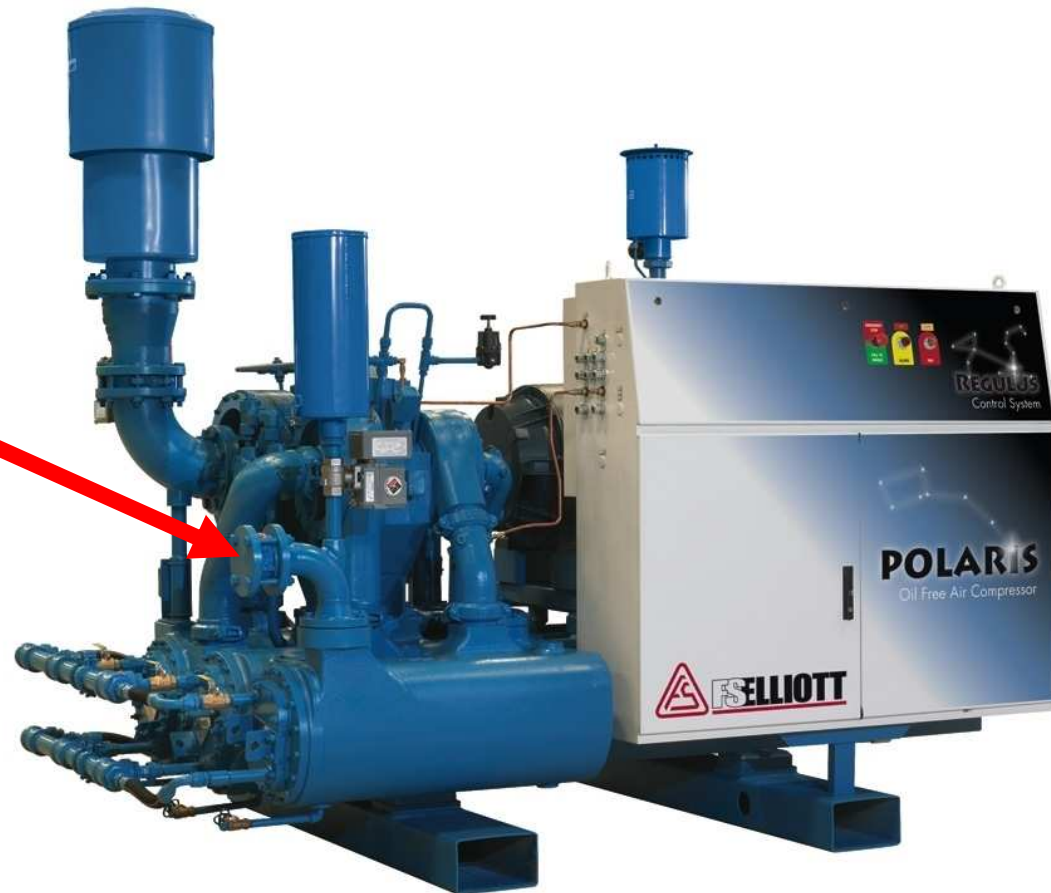
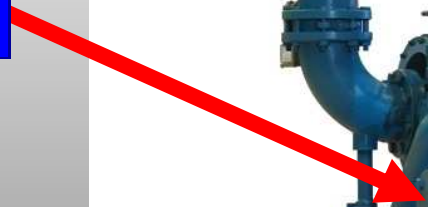
Air System



Inlet
Expansion
Joint

Air System

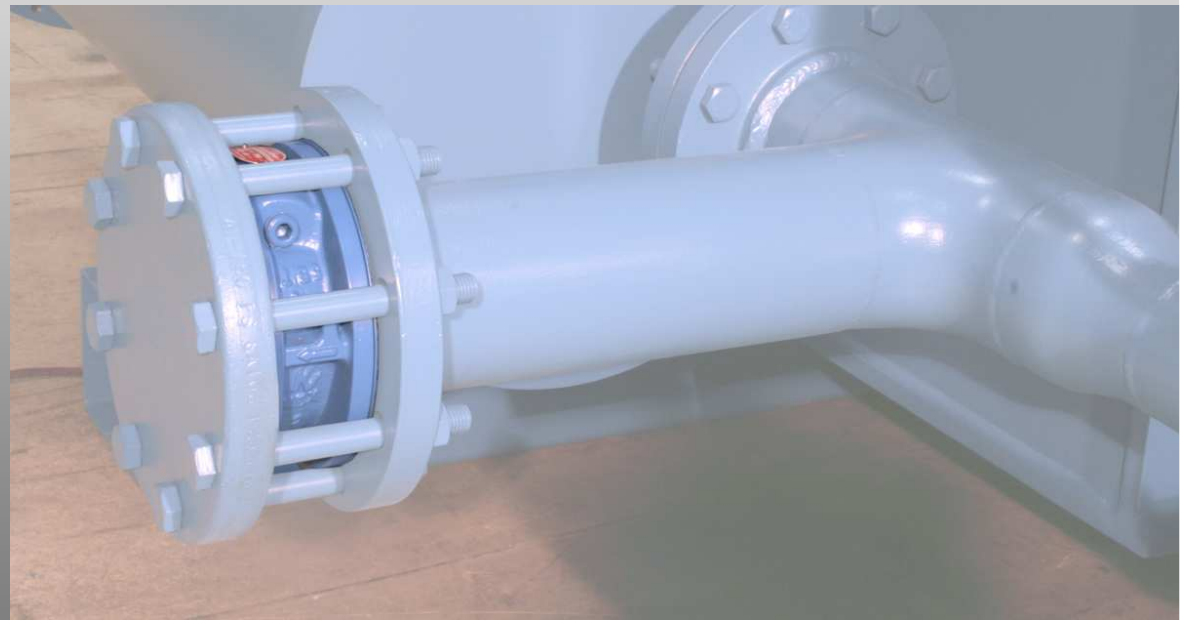
Discharge
Check Valve



Air System

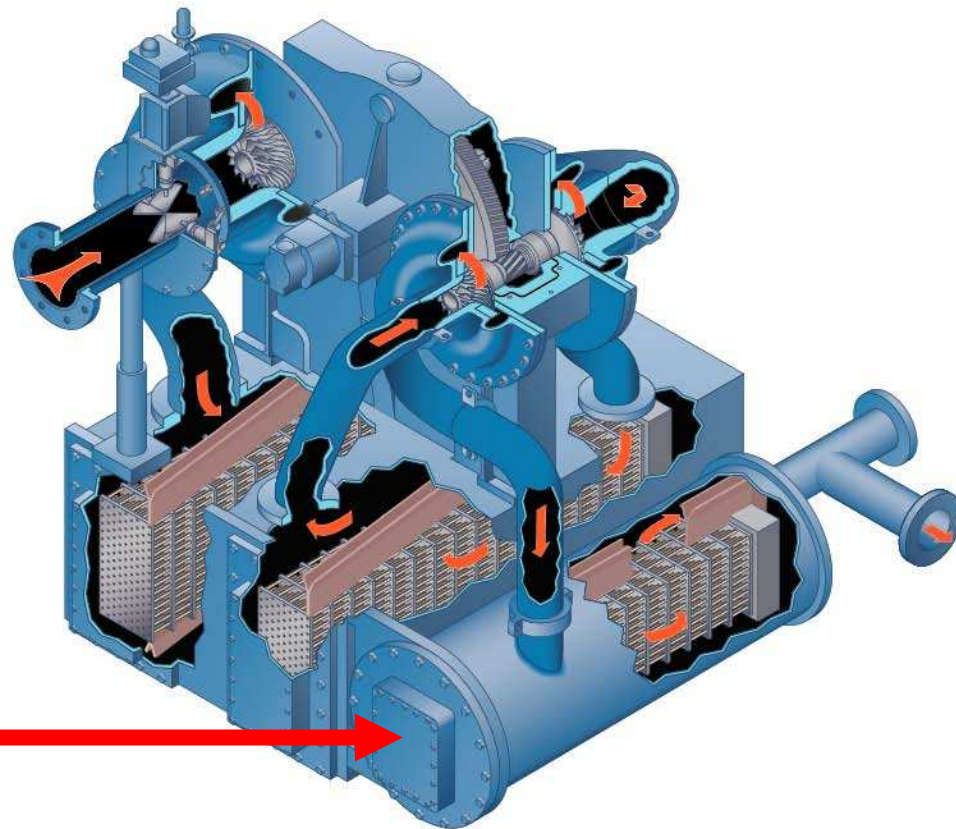
Check Valve

- The check valve prevents the reversal of air flow when the compressor is shut down.
- Requires periodic maintenance.



Air System

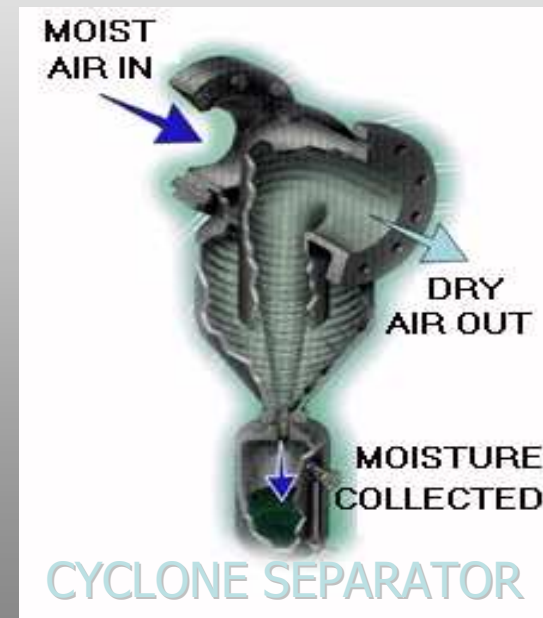
- Cools the air prior to entering the plant air system.
- Requires maintenance.



Aftercooler

Air System

- Aftercooler is installed separately on larger air compressor models.
- Requires maintenance.



Air System

Unloading Valve

- Regulates discharge air pressure.
- Unloads compressor during surge.
- Vents air to atmosphere.
- Electric or pneumatic.



Air System

- Pneumatic valve.
- Normally open / Air to close.
- Sometimes equipped with positioner.
- Regulates discharge air pressure.
- I/P transmitter required.



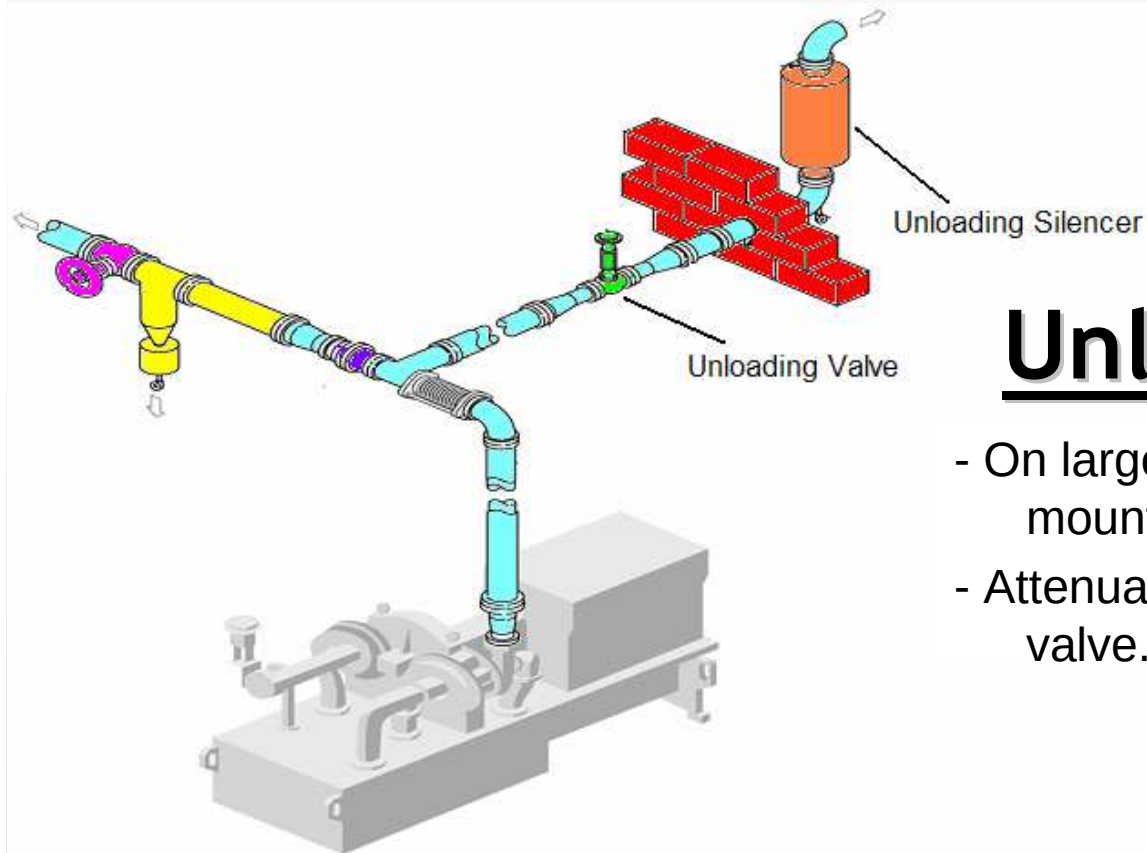
Air System

Unloading Silencer

- Attenuates noise from unloading valve.
- Vents air to atmosphere.



Air System



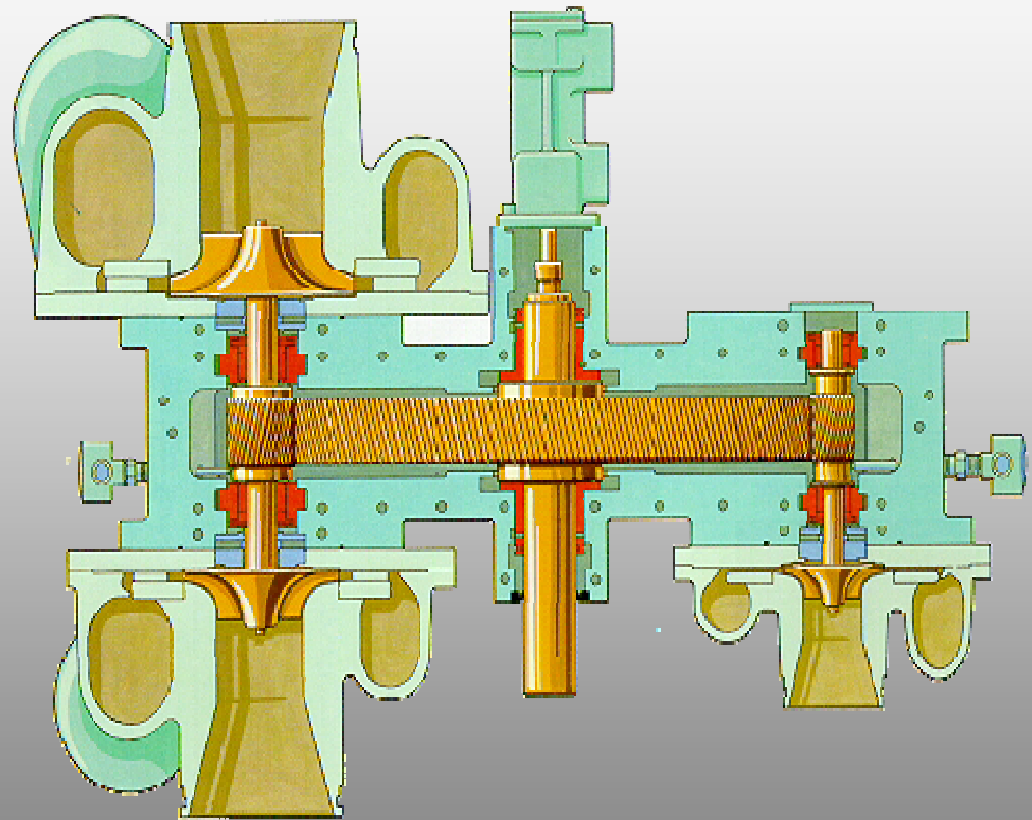
Unloading Silencer

- On larger compressor models, must be mounted in the field.
- Attenuates the noise from the unloading valve.

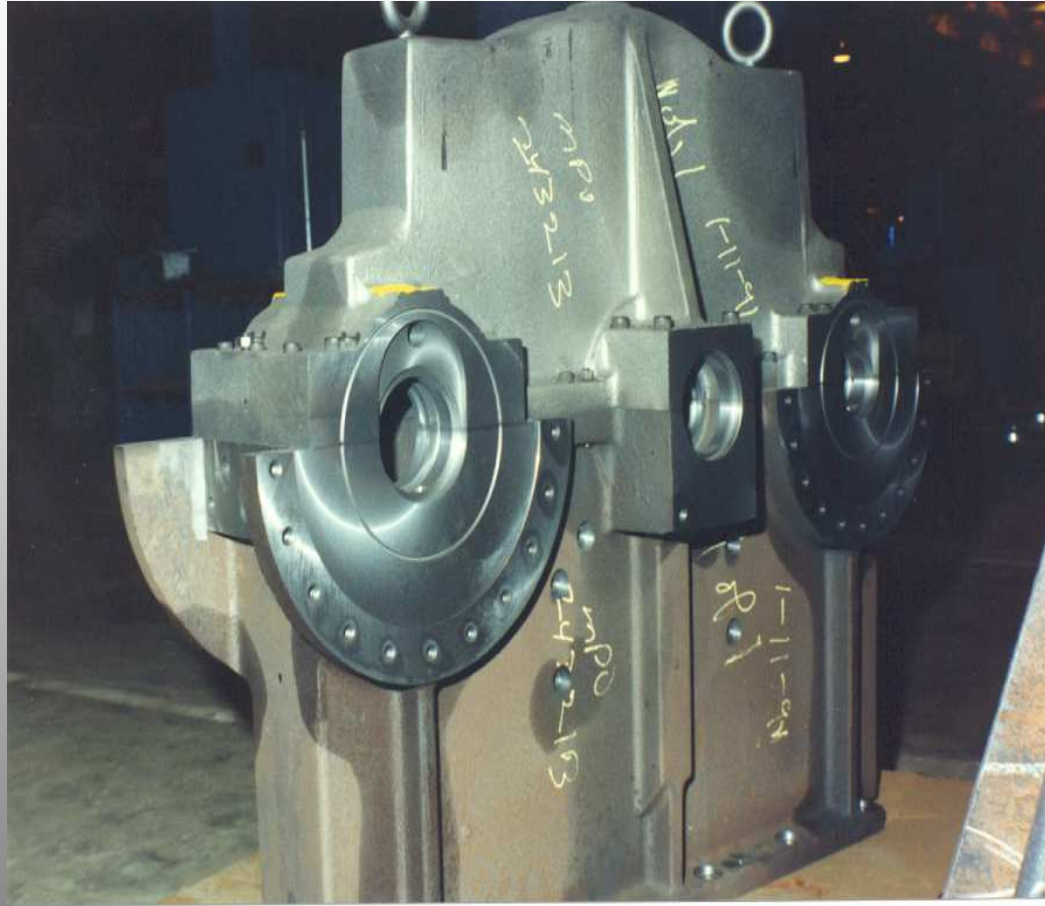


Corazon del Compresor Centrifugo FS-Elliott

- ▶ Aerodinamica
“State of the Art”
- ▶ Minimo numero de partes en movimiento
- ▶ Diseno para 20 años de vida
- ▶ Componentes confiables
- ▶ Mantenimiento de rapido acceso



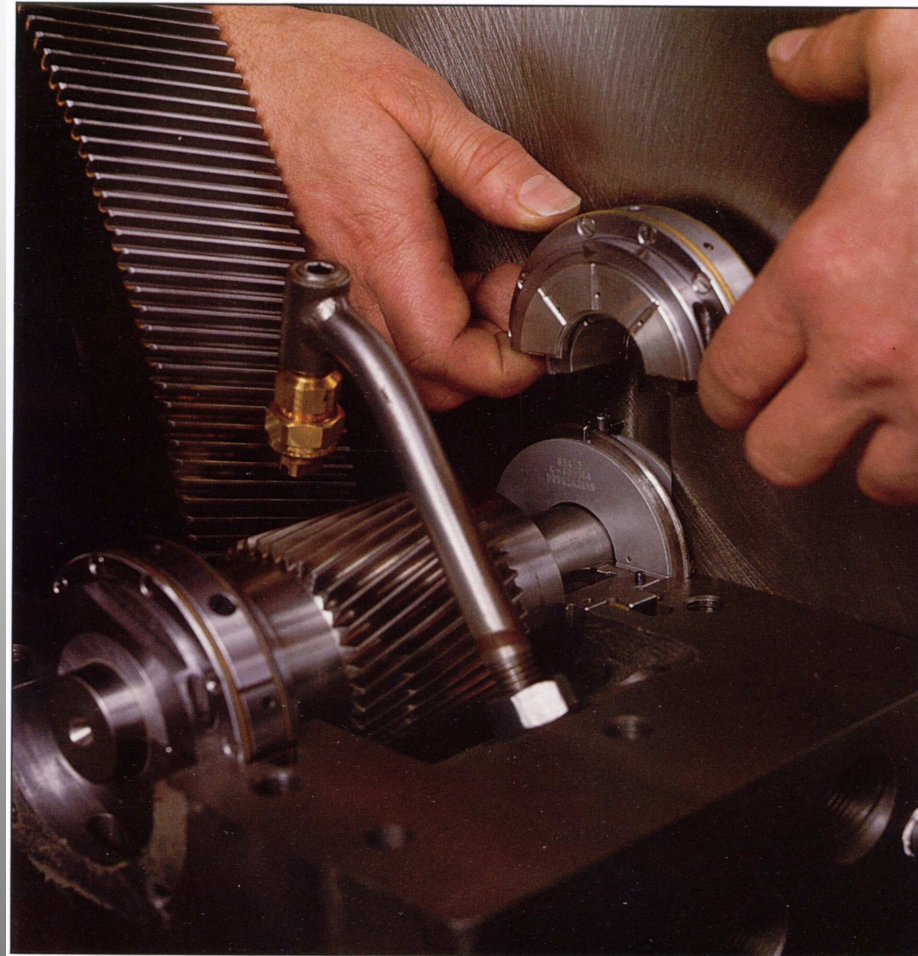
“Caja Engranes (Extremo Aire)”



- ▶ Corte horizontal
 - ◆ Engrane Principal
 - ◆ Piñones
 - ◆ Chumaceras
 - ◆ Sellos

“Engrane Principal y Piñones”

- ▶ Calidad AGMA 13
- ▶ Tolerancias cerradas
- ▶ Tipo simple helicoidal
- ▶ Aleacion de acero de calidad aeronautica



“Chumaceras”

- ▶ Corte horizontal
- ▶ Chumaceras con 5 zapatas basculantes
- ▶ Chumacera de empuje
- ▶ Estabilidad superior y capacidad de soporte de carga a condiciones de diseño y extremas



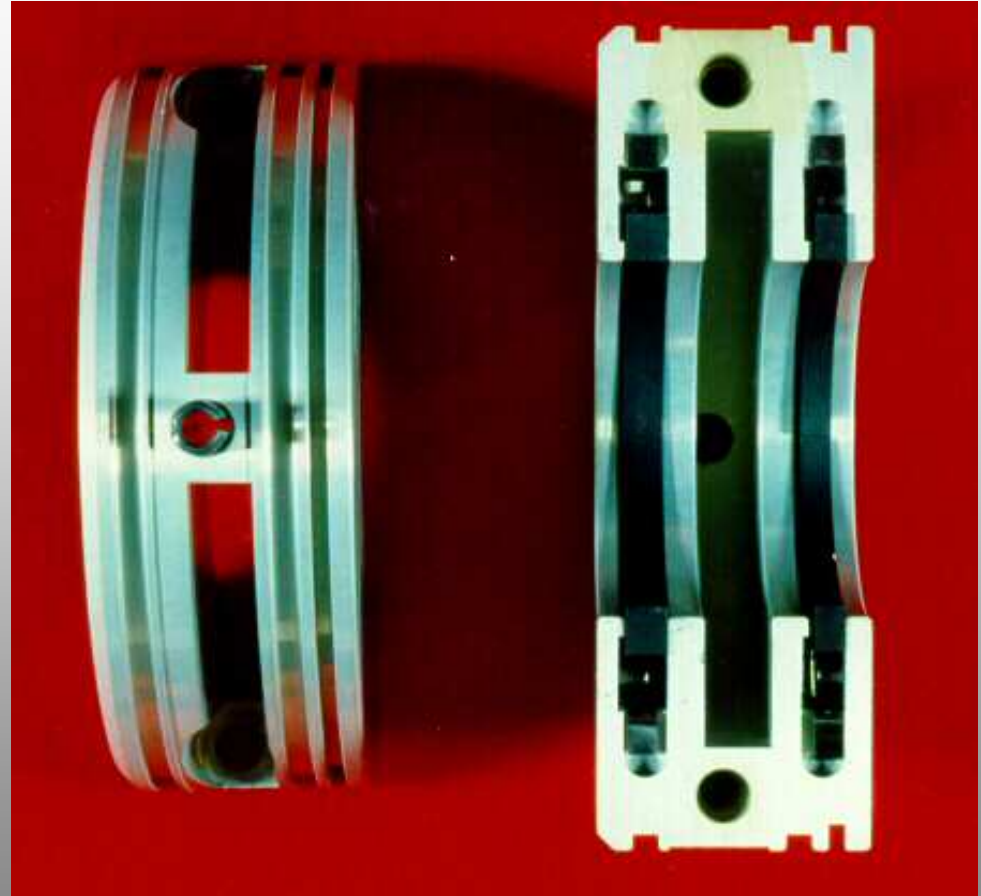
“Chumaceras Engrane Principal”

- ▶ Corte horizontal
- ▶ Chumacera de Manga
- ▶ Chumaceras de empuje planas



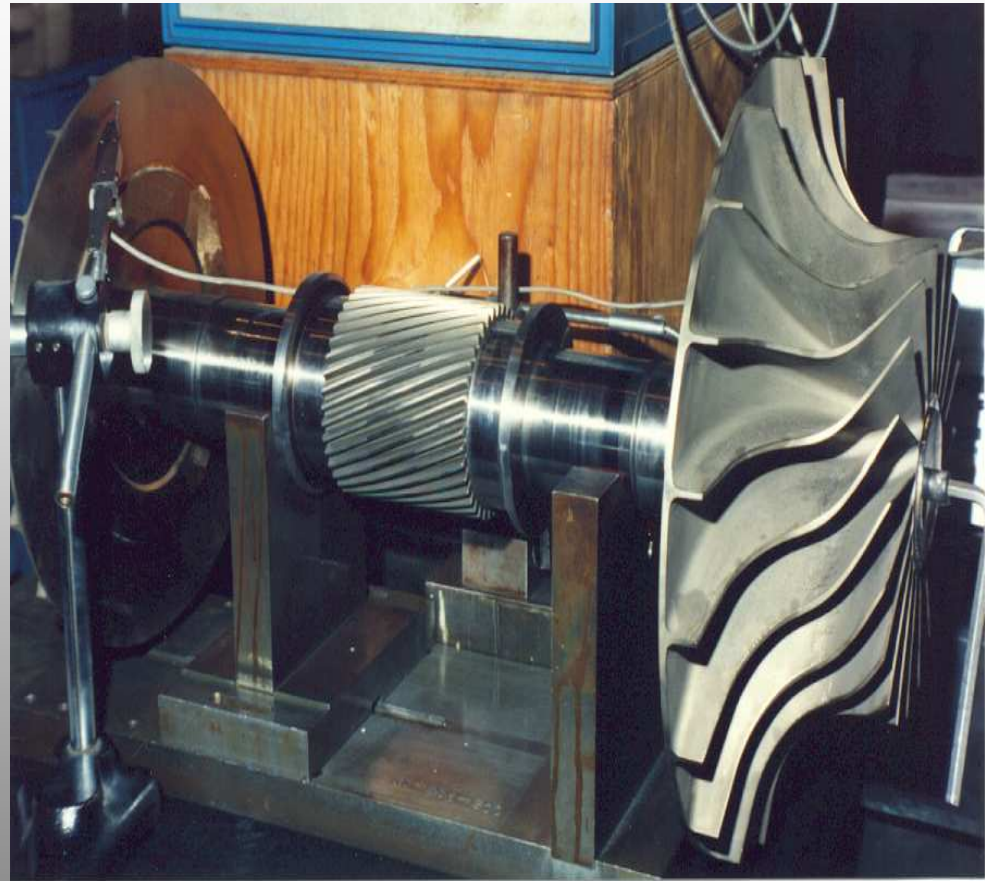
“Sellos de Anillo de Carbon”

- ▶ Corte horizontal
- ▶ Doble anillo de carbon
- ▶ Amortiguamiento de aire
- ▶ Baja perdida de aire



“Ensamble de Rotor”

- ▶ Piñón (acero al carbon calidad aeronautica)
- ▶ Impulsores (17-4PH SS)
- ▶ Balanceados dinamicamente



“Impulsores”



- ▶ Inclination hacia atras
- ▶ Alta Eficiencia
- ▶ Prolongada elevacion al Surge
- ▶ Mayor rango operacion
- ▶ 17-4PH SS

“Difusor”

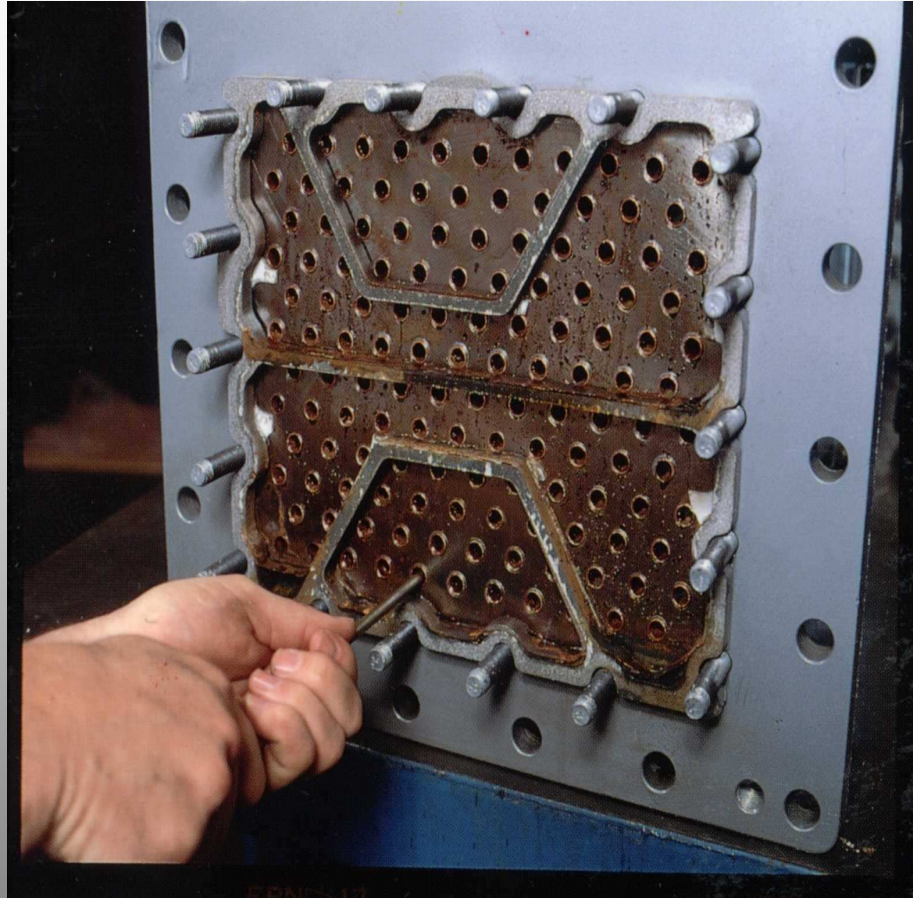


- ▶ Disminuye velocidad
- ▶ Incrementa presión
- ▶ Aletas fabricadas o fundidas (aluminio)

INTERCAMBIADORES DE CALOR

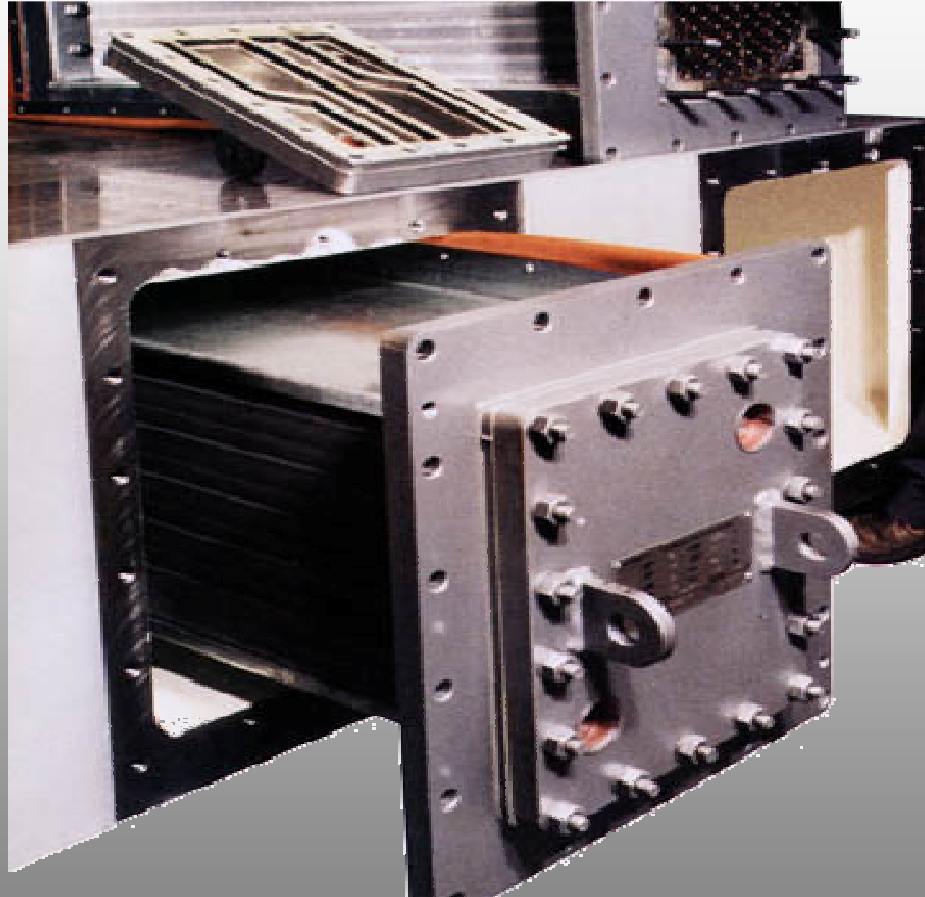


“Intercambiadores”

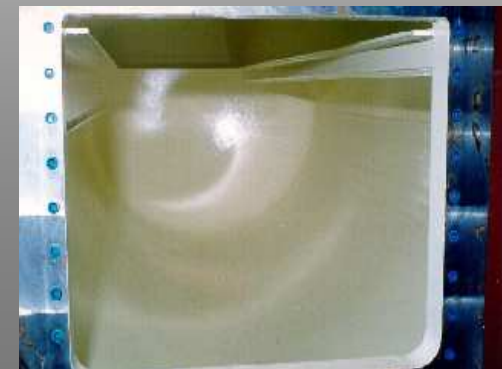


- ▶ Tubo de agua
- ▶ Tubos rectos
- ▶ Removibles sin perturbar tubería de aire
- ▶ Fácil limpieza de tubos varillado

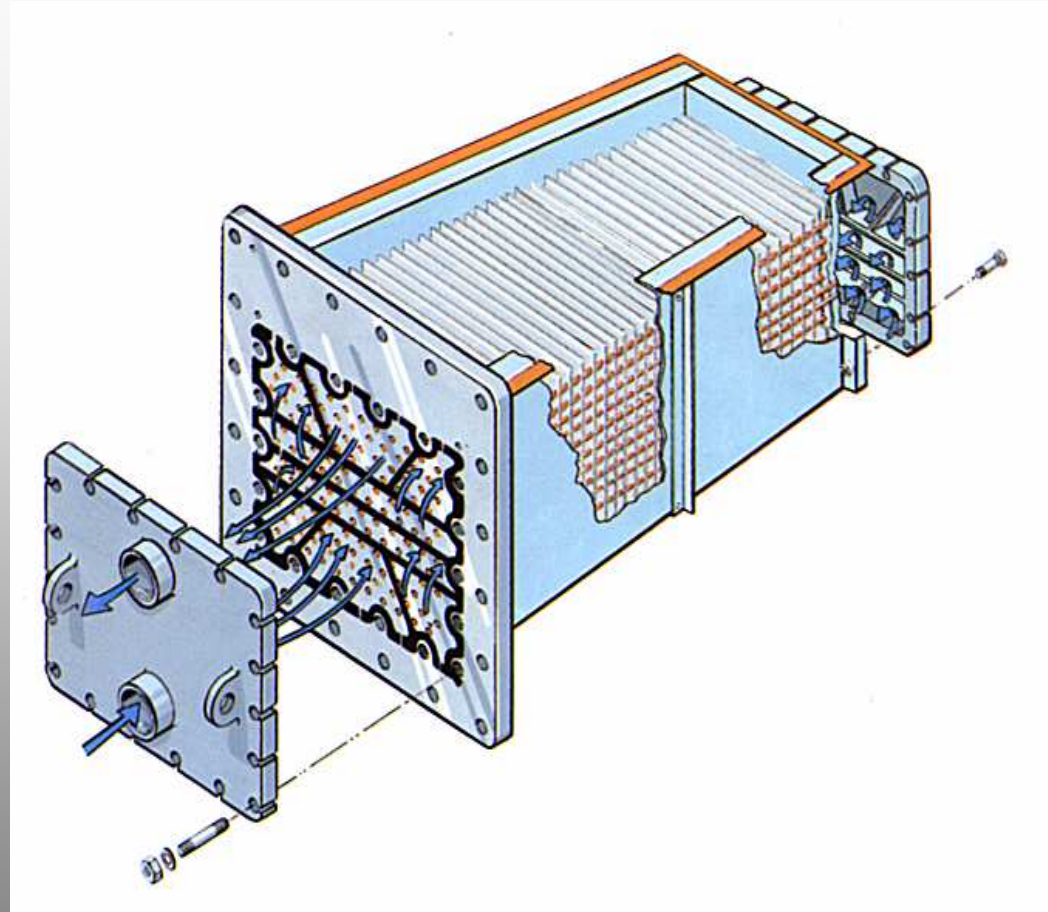
“Intercambiadores”



- ▶ Cubierta inferior
- ▶ Baja velocidad
- ▶ Separacion efectiva
- ▶ Drenes en V
- ▶ Recubrimiento especial
- ▶ Facil acceso



“Intercambiadores”



► Opciones en Materiales

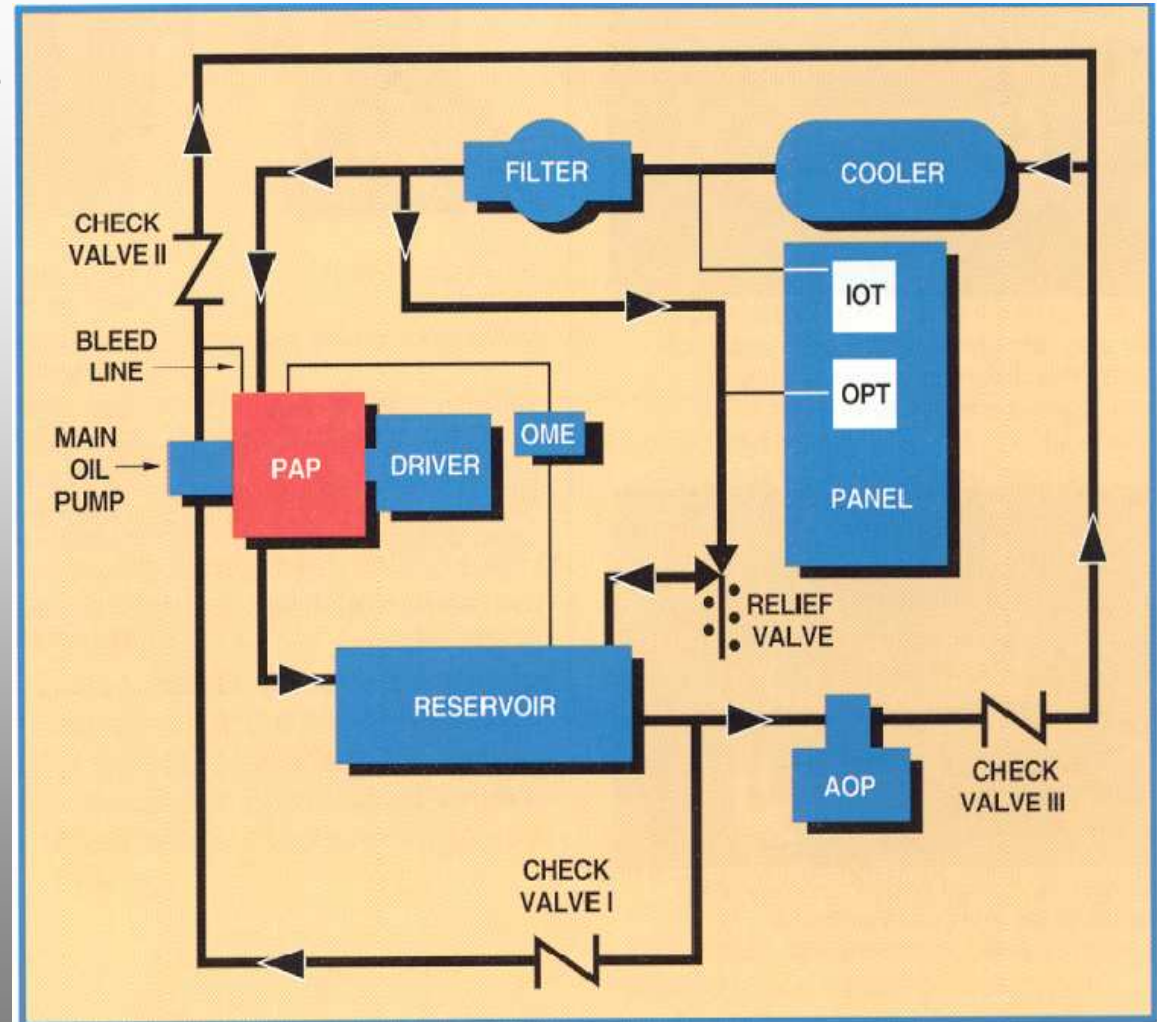
- ◆ Cobre
- ◆ Admiralty
- ◆ 90/10 CuNi
- ◆ Ac. Inox.

SISTEMA DE LUBRICACION



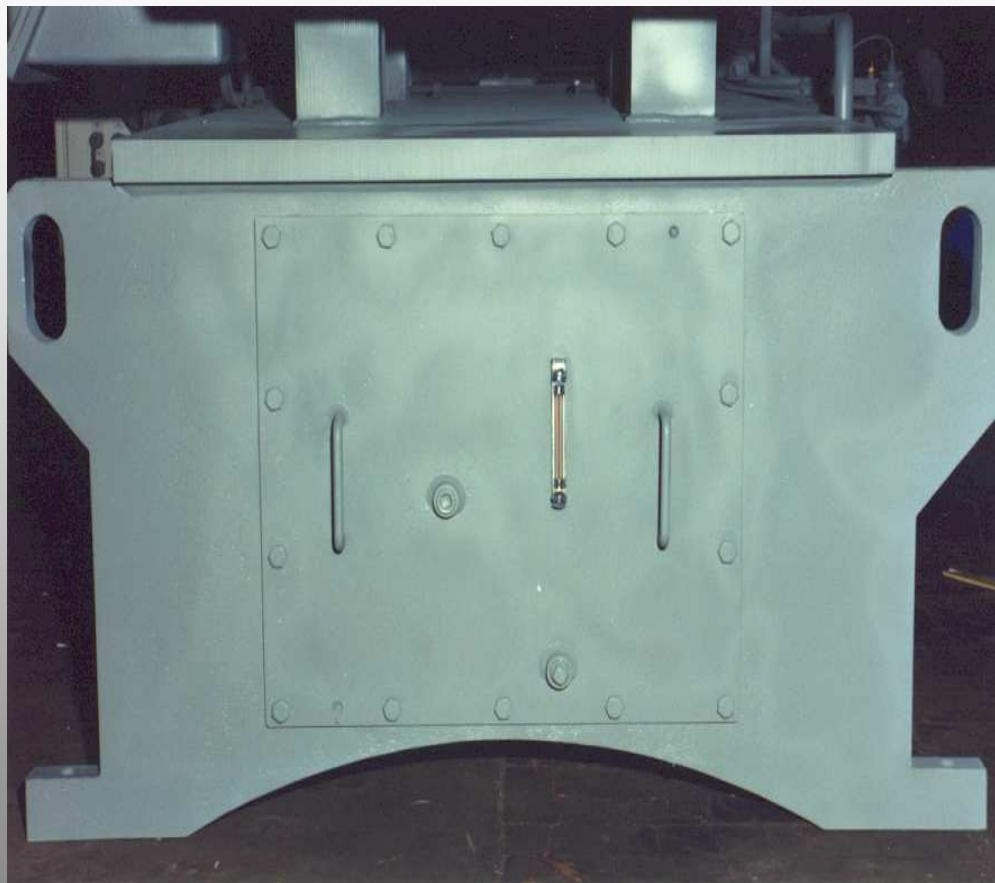
“Sistema Aceite Lubricacion”

- ▶ Tanque de Aceite
- ▶ Bomba auxiliar
- ▶ Bomba principal
- ▶ Filtro aceite
- ▶ Enfriador aceite
- ▶ Valvula alivio
- ▶ Eliminador de niebla de aceite



“Tanque de Aceite”

- ▶ Cubierta amplia
- ▶ Facil acceso
- ▶ Indicador de nivel
- ▶ Recubrimiento
- ▶ Facil limpieza



“Bomba auxiliar de aceite”

- ▶ Motor TEFC
- ▶ A plena capacidad
- ▶ 30-35 psig
- ▶ Operacion plena en emergencia
- ▶ Montaje vertical u horizontal



“Bomba Principal de Aceite”

- ▶ Accionamiento directo en flecha
- ▶ Plena capacidad
- ▶ 30-35 psig



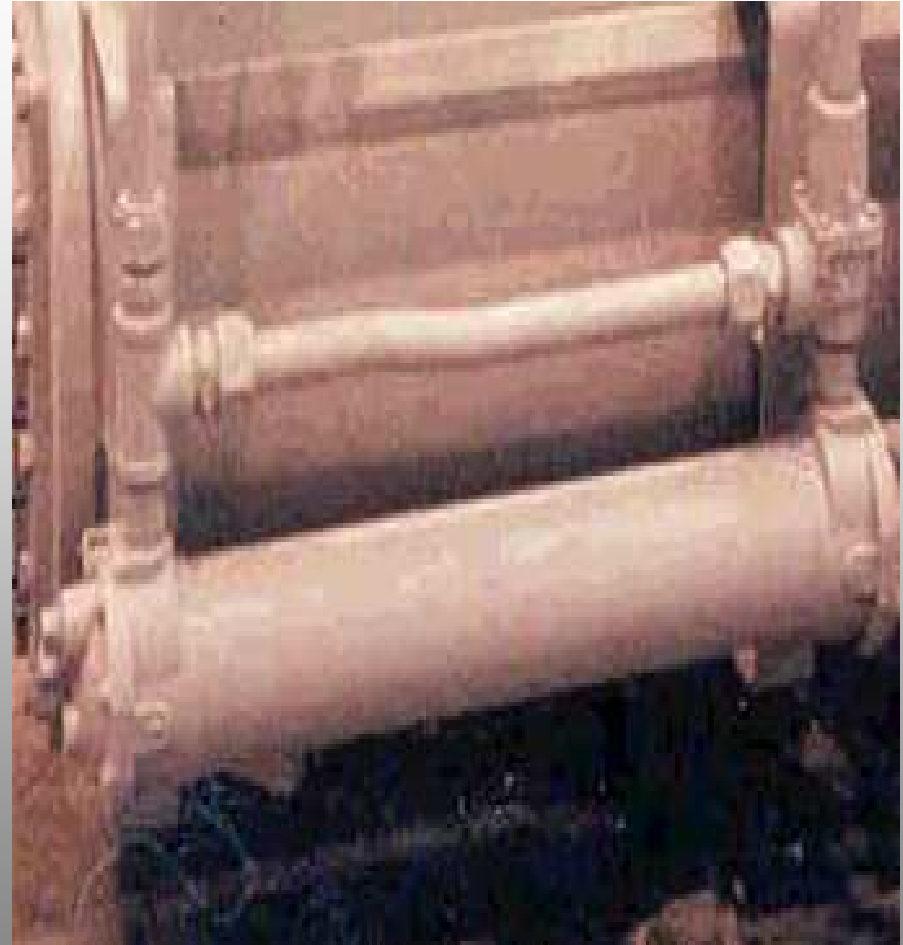
“Filtros de Aceite”

- ▶ Filtro sencillo (std)
- ▶ Filtro Dual o Duplex filter (opcional)
- ▶ 10 micron



“Enfriador de Aceite”

- ▶ Enfriador simple (std)
- ▶ Doble enfriador (opcional)
- ▶ Tipo tubos de agua
- ▶ Valvula de control de temperatura aceite



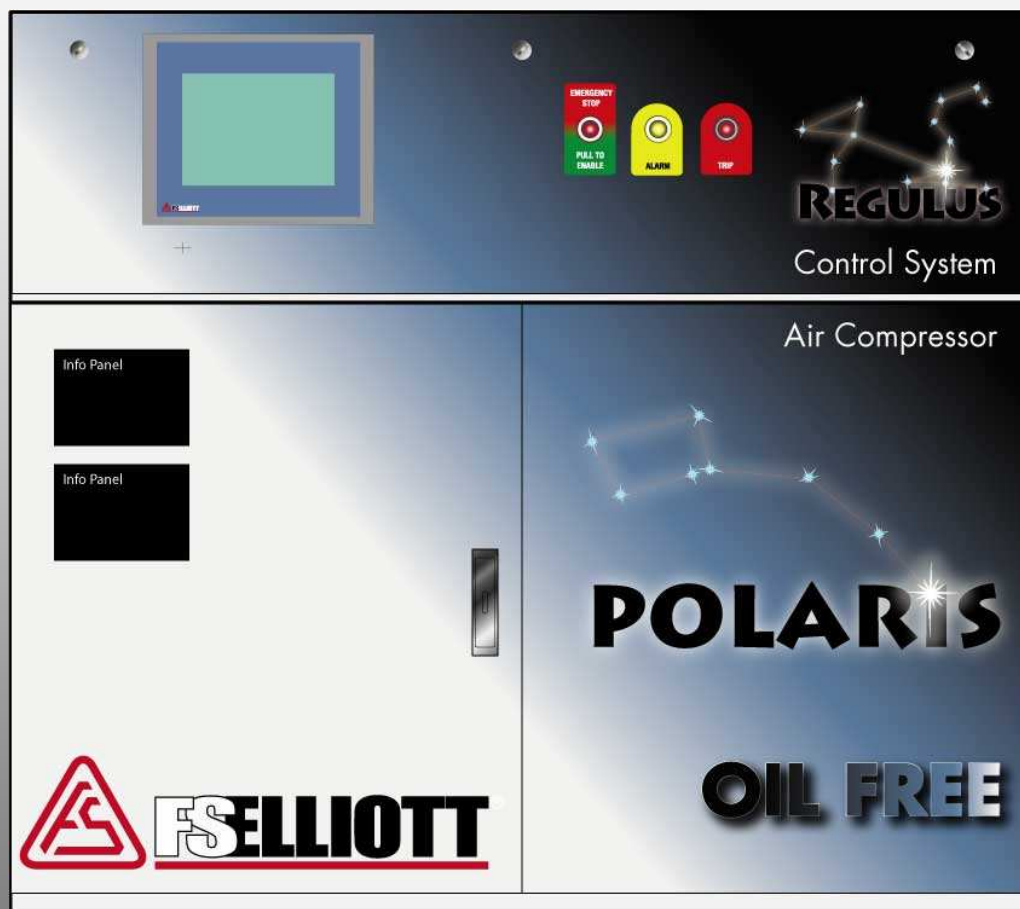
TABLERO DE CONTROL



FS-Elliott Polaris Modelo P-300

Tablero de Control Regulus

- Arrancador de Motor Integral
- Display a color de 6" LCD
- Areas separadas para circuitos AC y DC
- Opcional con cabina acustica



FS-Elliott Controls

“Panel de Control Industrial”

***Regulus R-200** (basado en sistema PLC)*

- Transmisores montados dentro del panel de control
- Monitoreo proporcionado en paquetes
- Desarrollo grafico



FS-Elliott Controls

Panel Industrial Regulus R-200

Proteccion / Monitoreo

Lectura

Temperatura del aire interetapas

X

Baja temp. aceite

X

Alta temperatura aceite

X

Baja presion de aceite

X

Alta vibracion – Pinon baja velocidad

X

Alta vibracion – Pinon alta velocidad

X

Surge del compresor

X

Falla microprocesador

X

Falla de transmisor (6)

X

Alta carga de accionador

X

Alarma Disparo

X

X

X

X

X

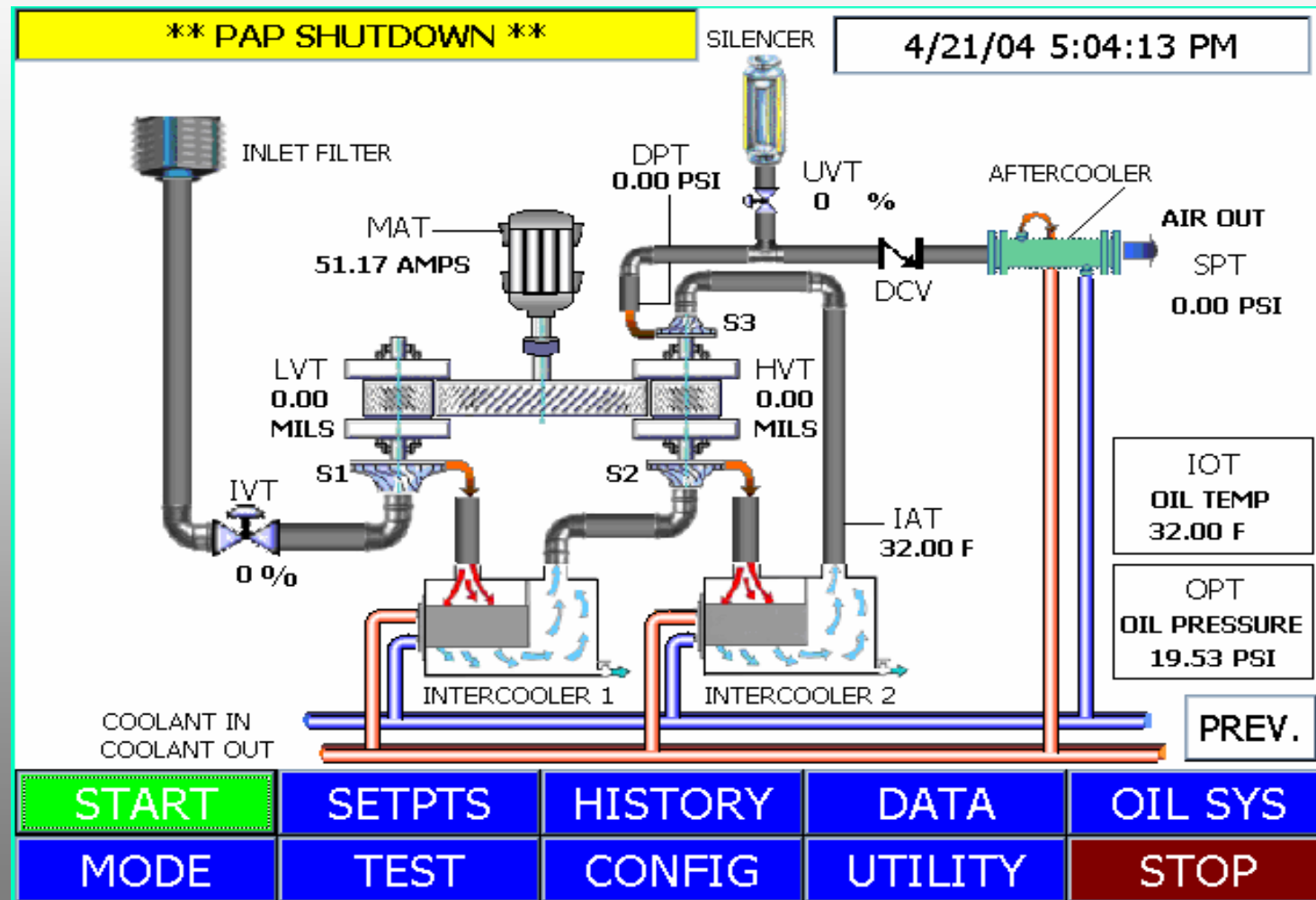
X

X

X

X

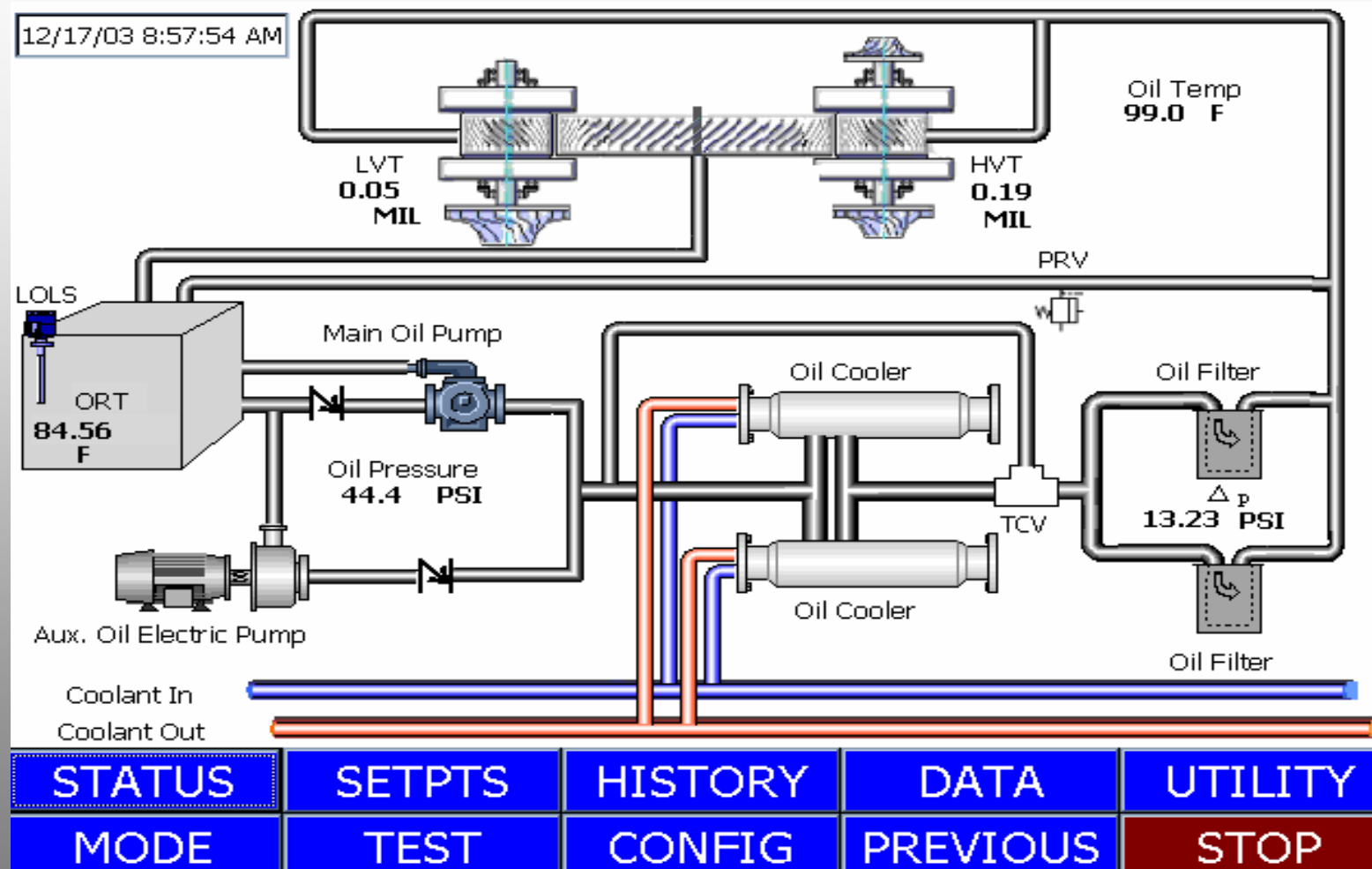
Estatus Pantalla



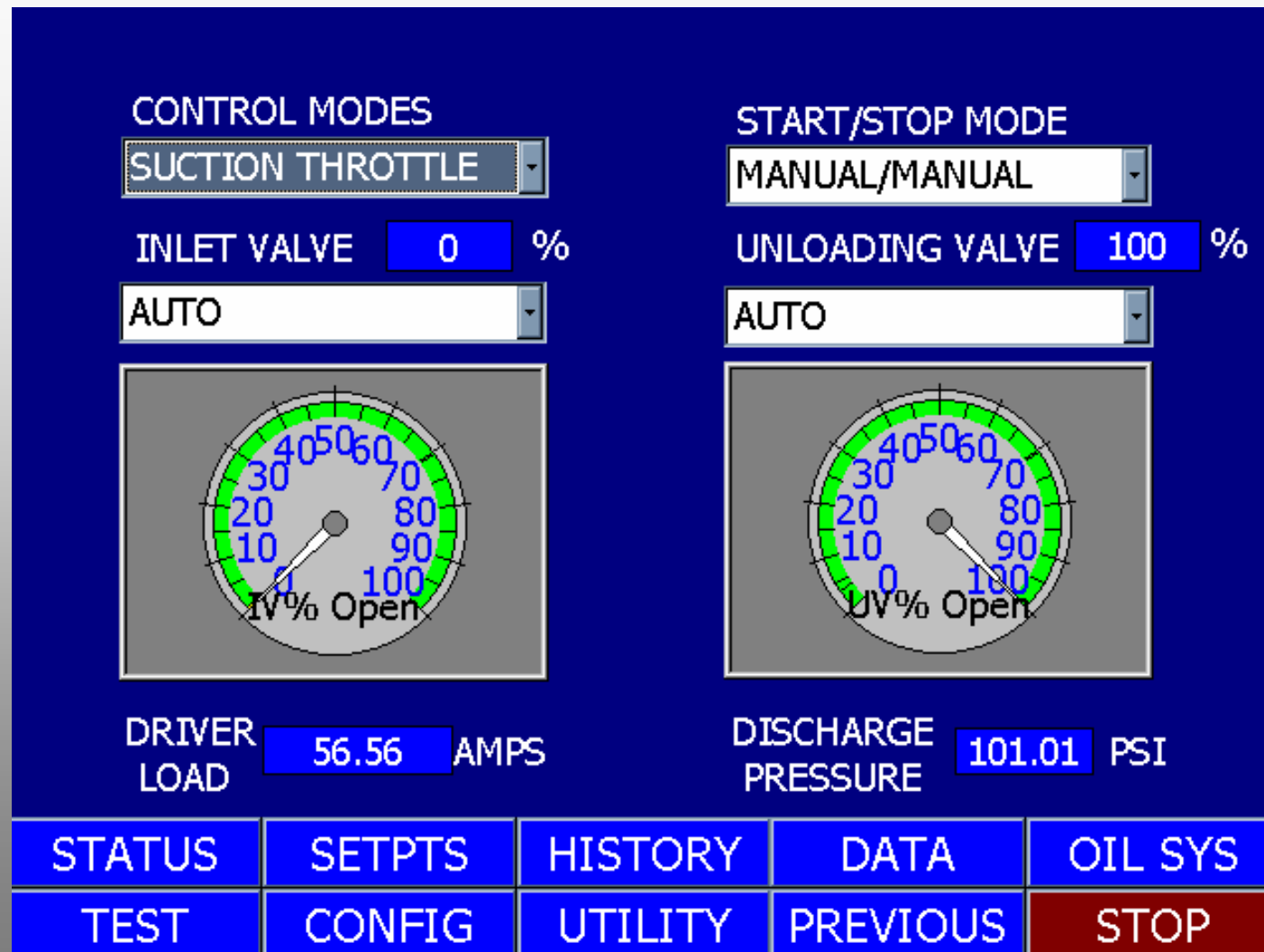
Pantalla 1 ajustes

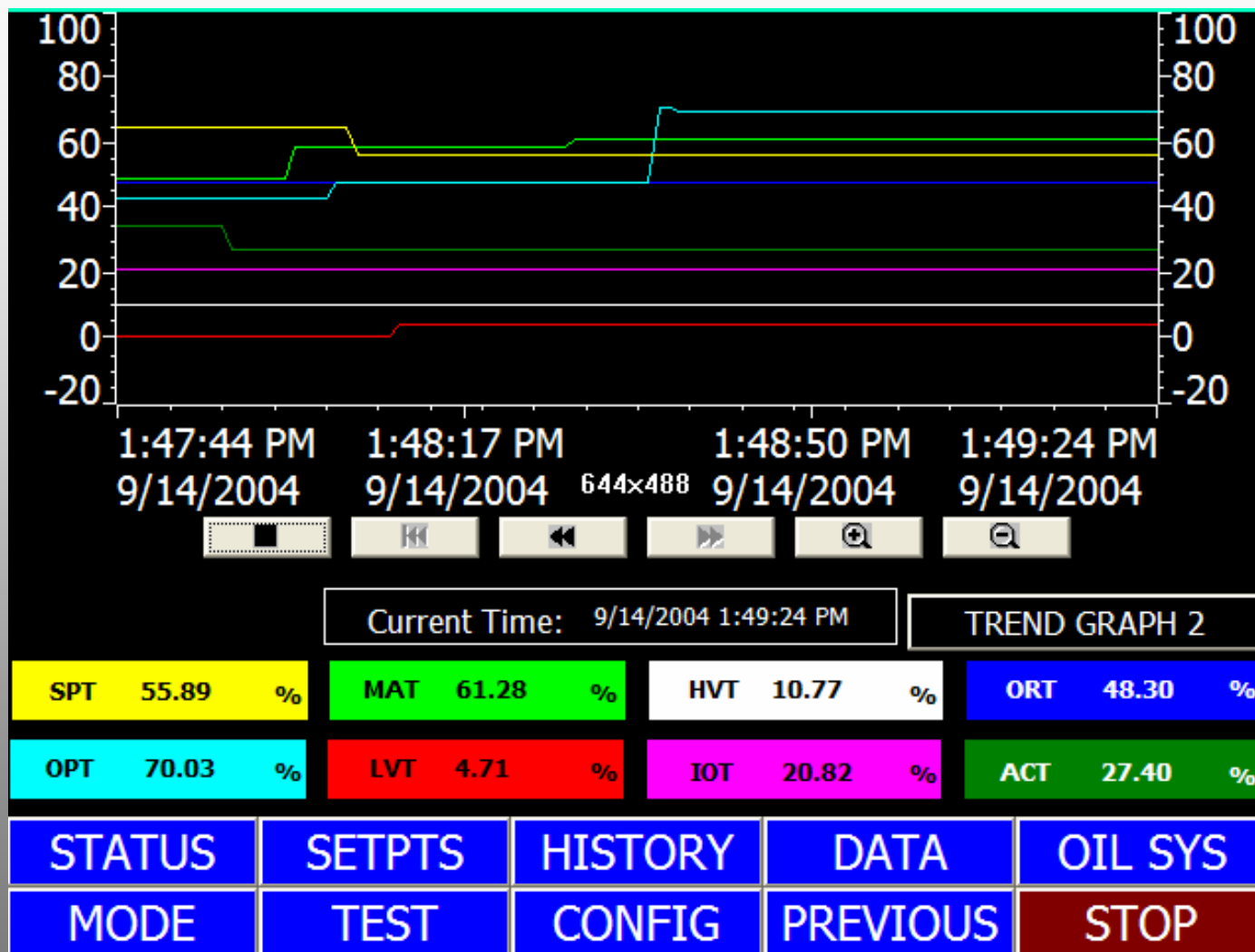
SETPOINT SCREEN 1				
Discharge Air Pressure SetPt.				
100.000		PSI		
System Air Pressure Low SetPt.				
97.000		PSI		
Minimum Motor Amps Setpoint				
47.8		Amps		
Maximum Motor Amps Setpoint				
53.0		Amps		
SETPT. 2	SETPT. 3	SETPT. 4	SETPT. 5	
STATUS	UTILITY	HISTORY	DATA	OIL SYS
MODE	TEST	CONFIG	PREVIOUS	STOP

Pantalla Aceite



Pantalla Modo Op.





Air Compressor Control Theory

Objective:
To explain centrifugal compressor
control theory.

Control System

Functions

Typical Compressor Curve

Control Theory

Control Modes

Surge

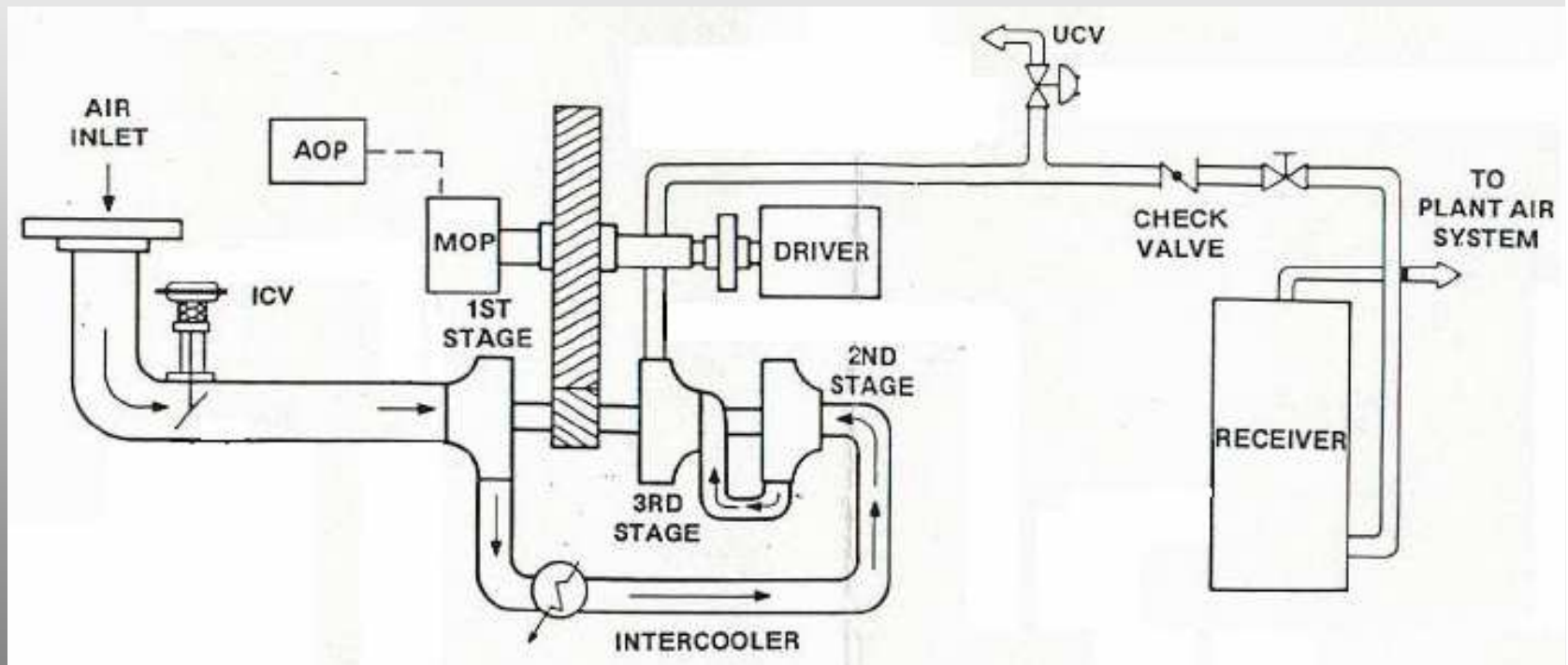


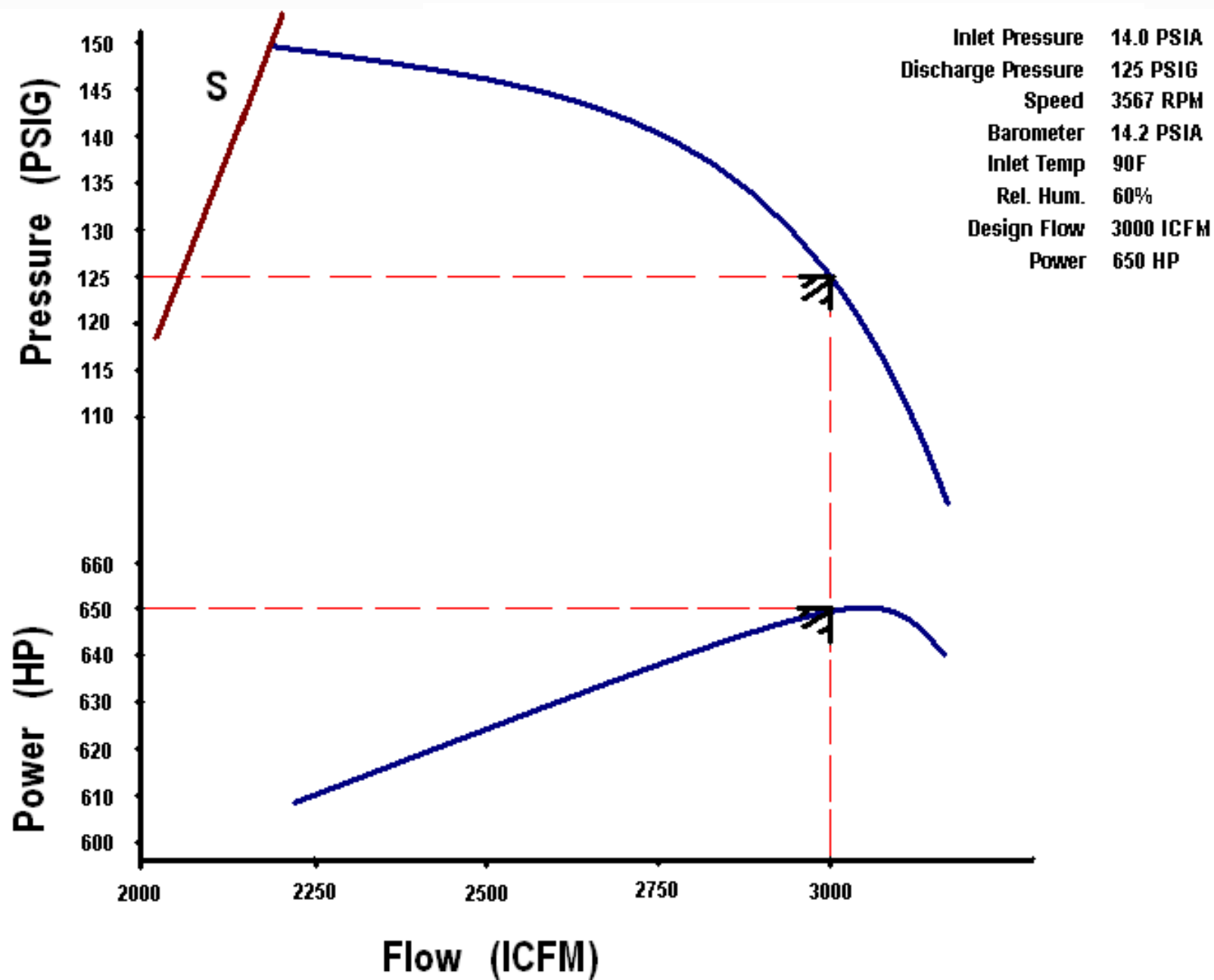
Control System Functions

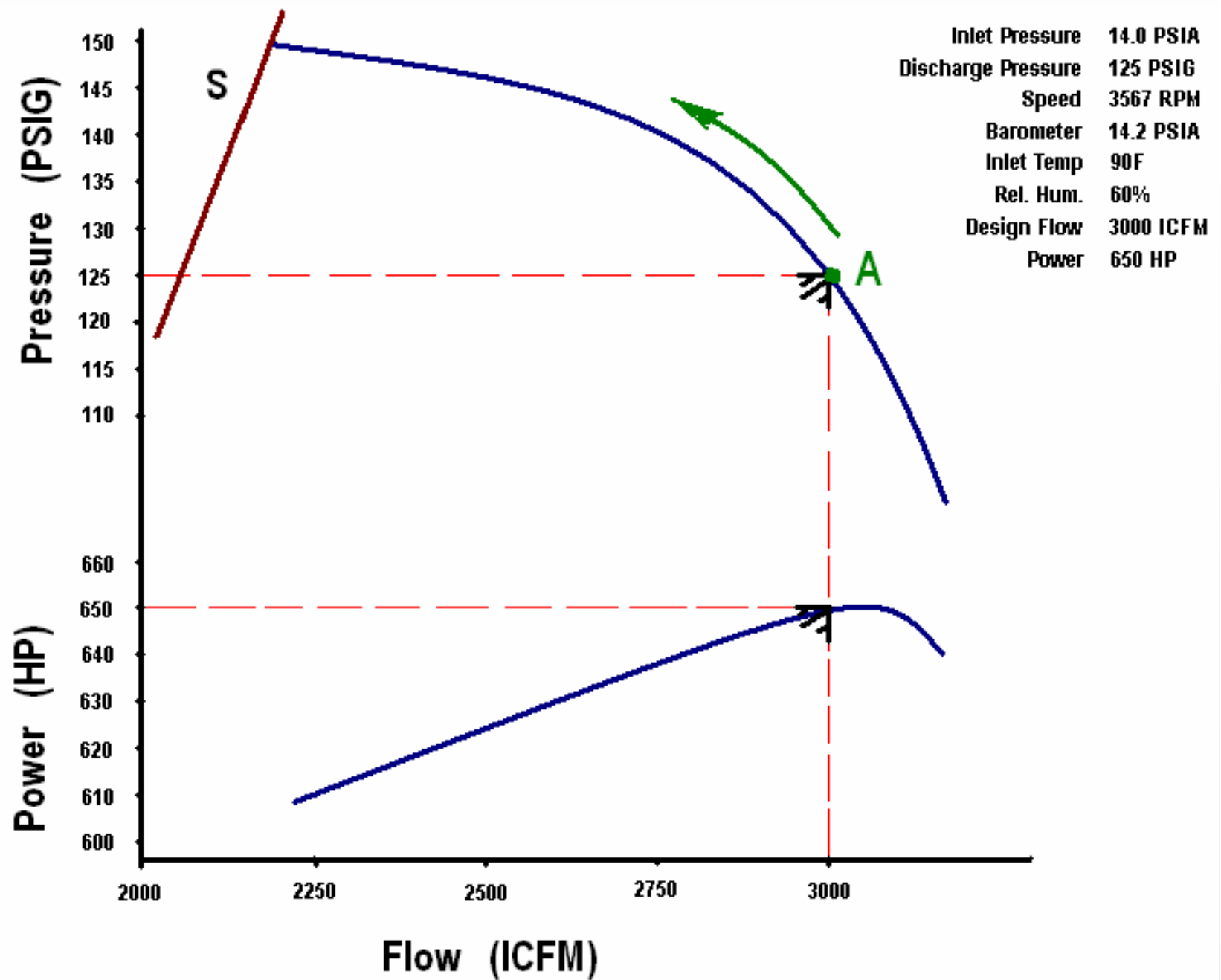
- Start/Stop air compressor
- Operate the control valves (inlet & unloading)
- Provide safety functions
- Stores data in memory
- Communicates with remote devices (DCS)

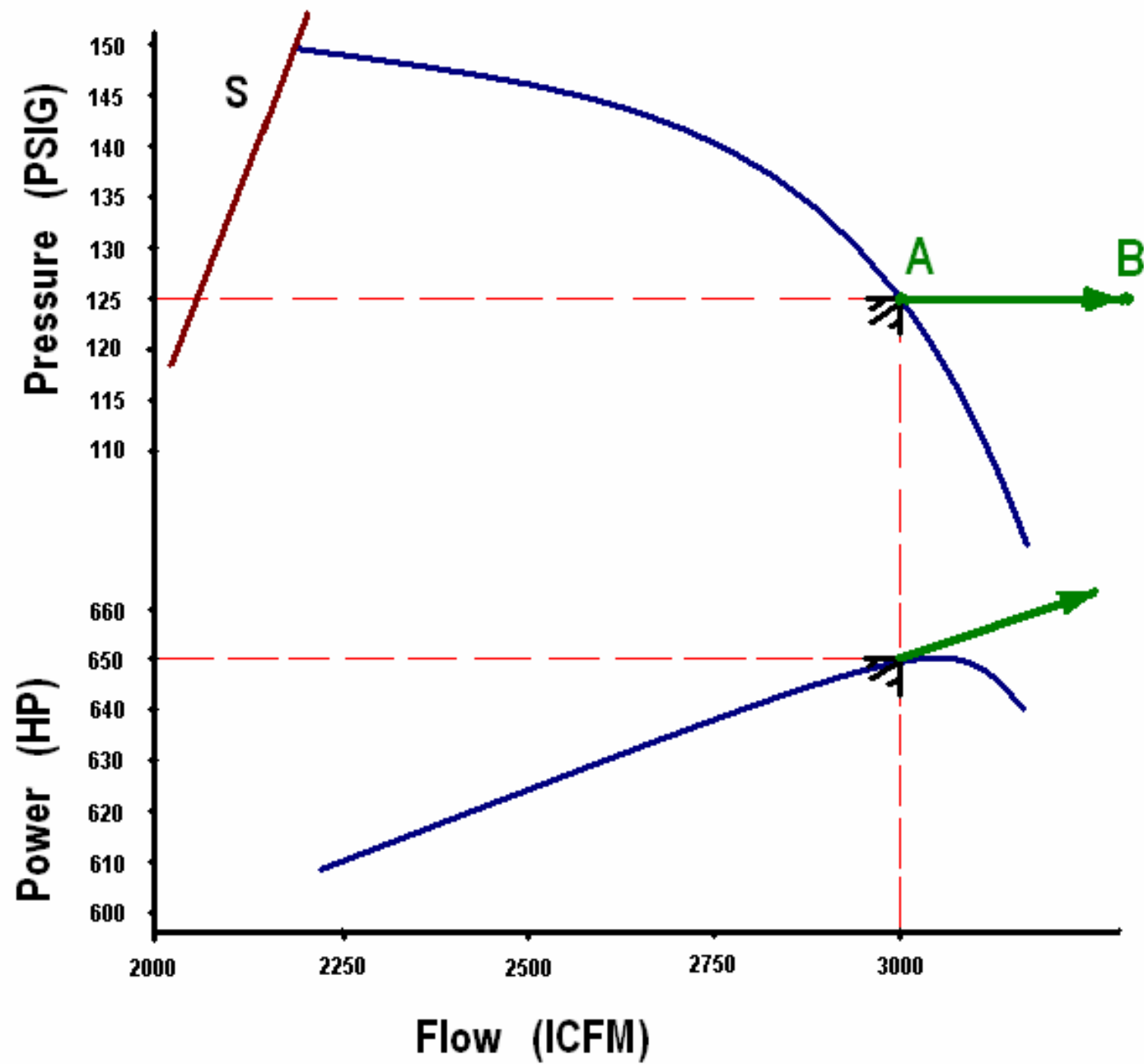


PAP Air System





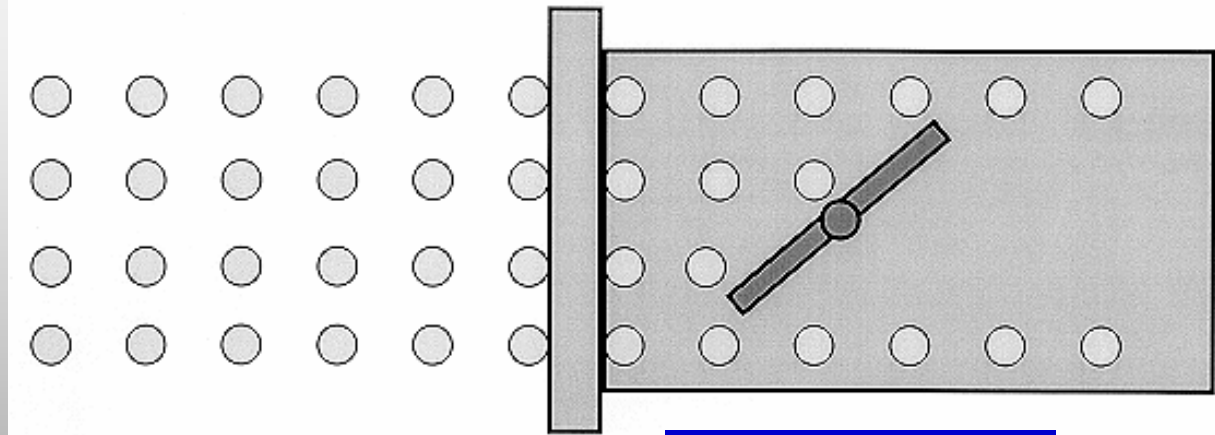




Controlled Compressor

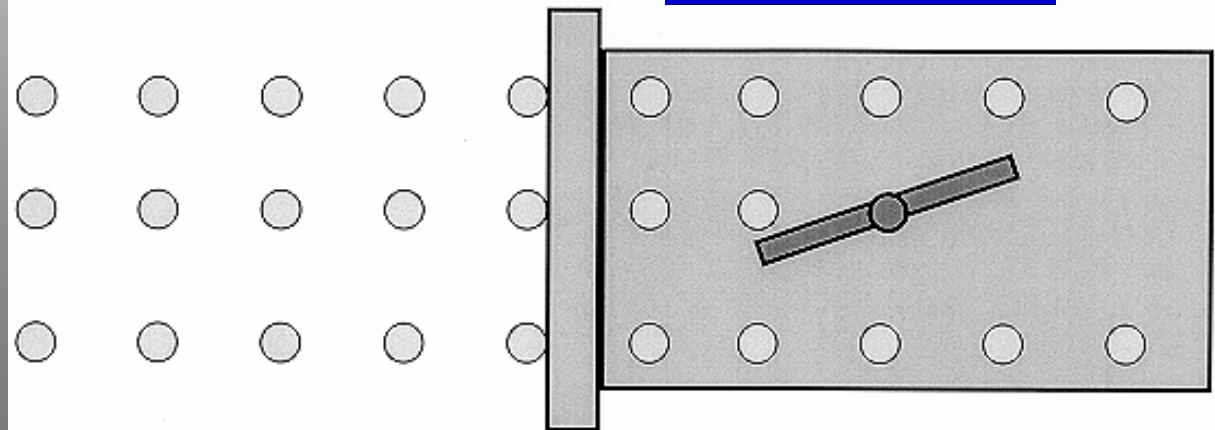
Ambient Temperature Change

Winter
- High Density

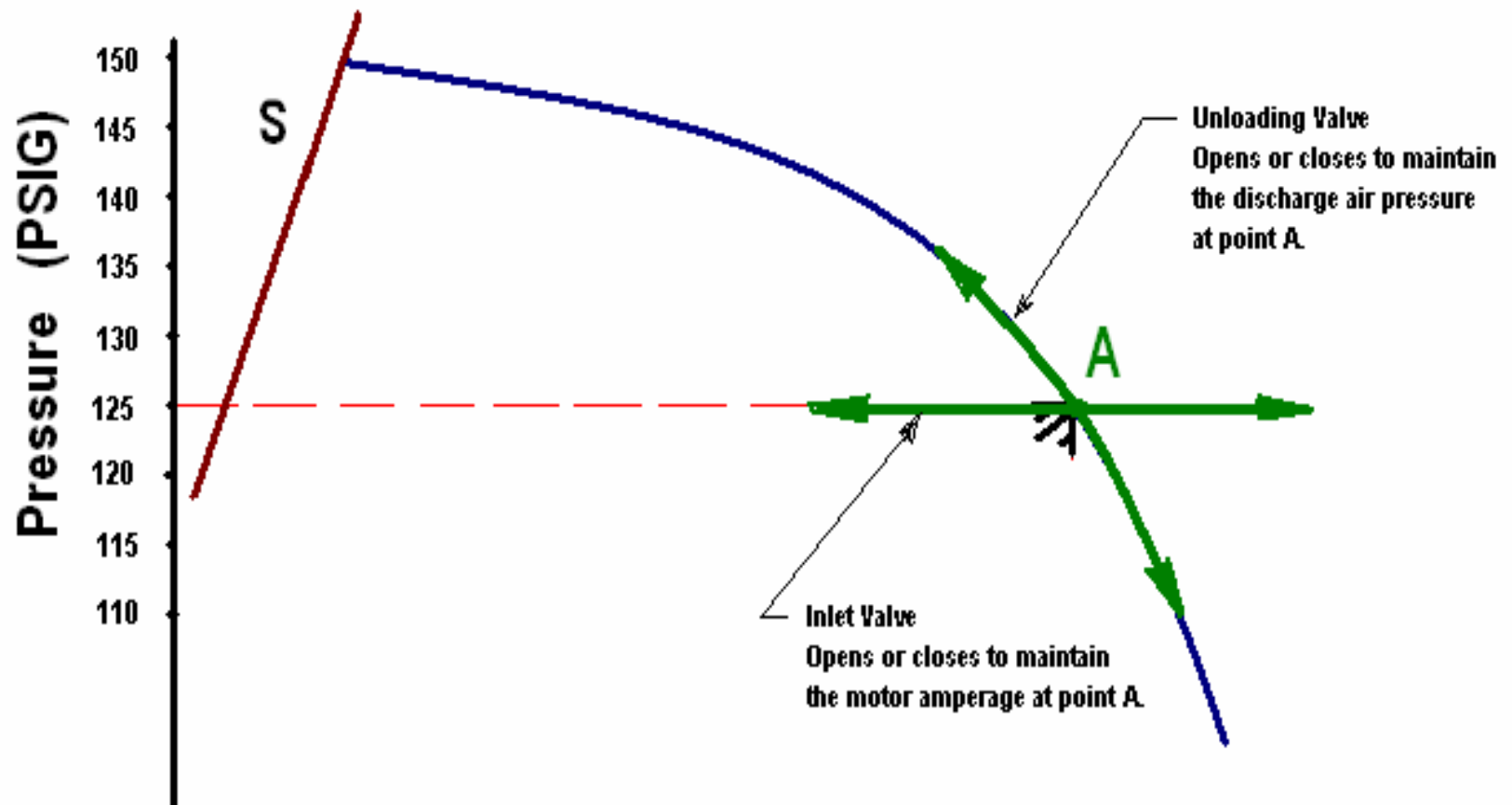


Inlet Valve

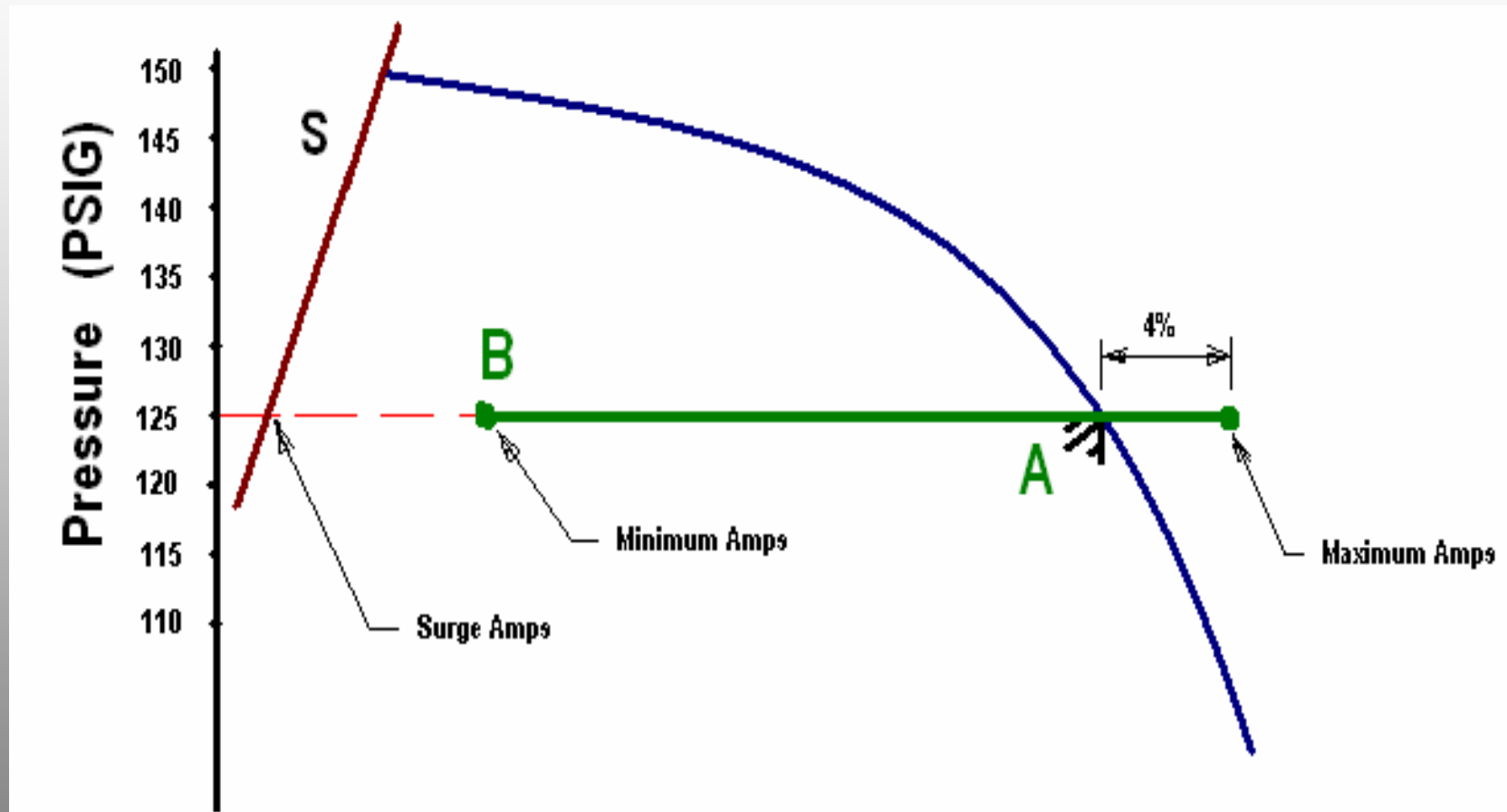
Summer
- Low Density



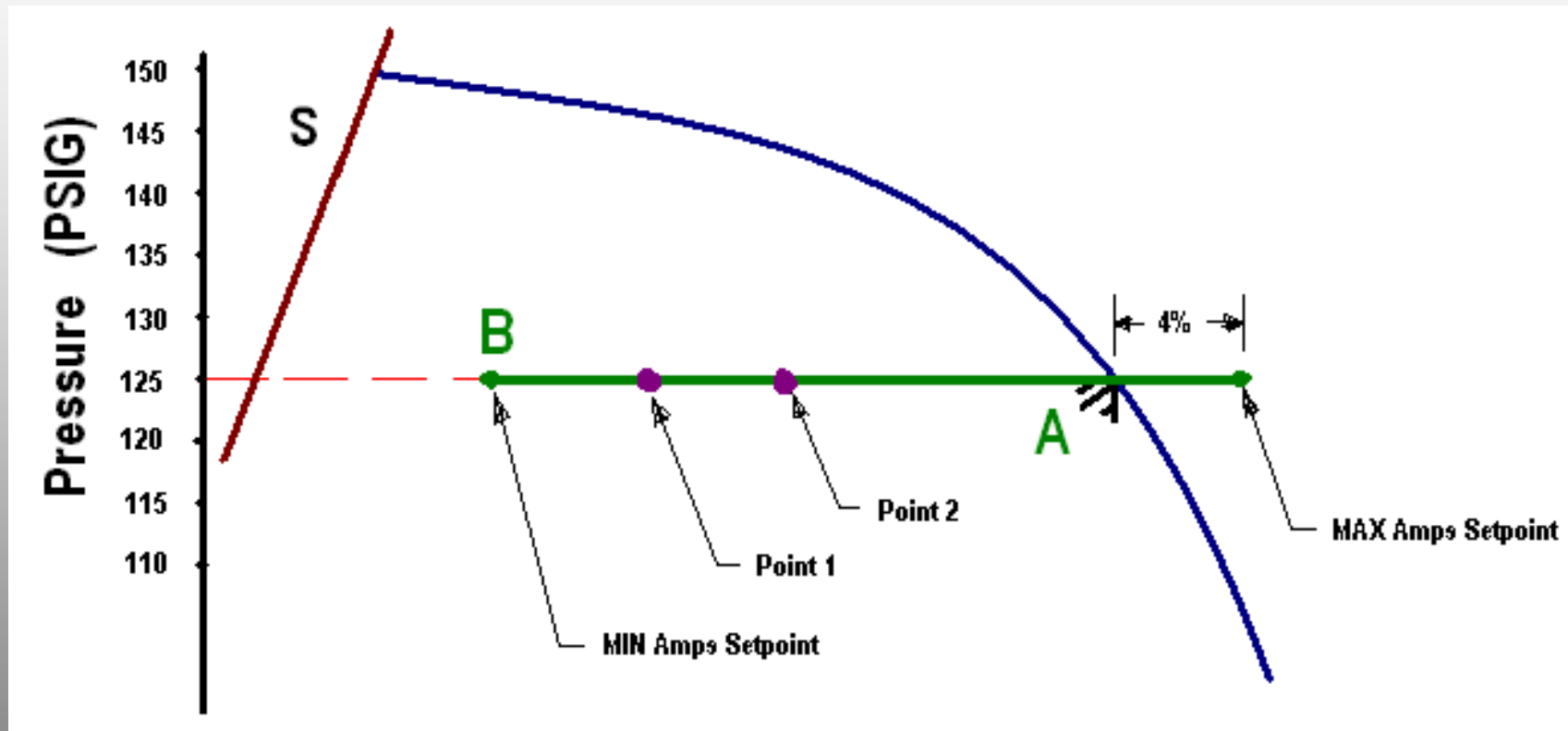
Base Mode Control



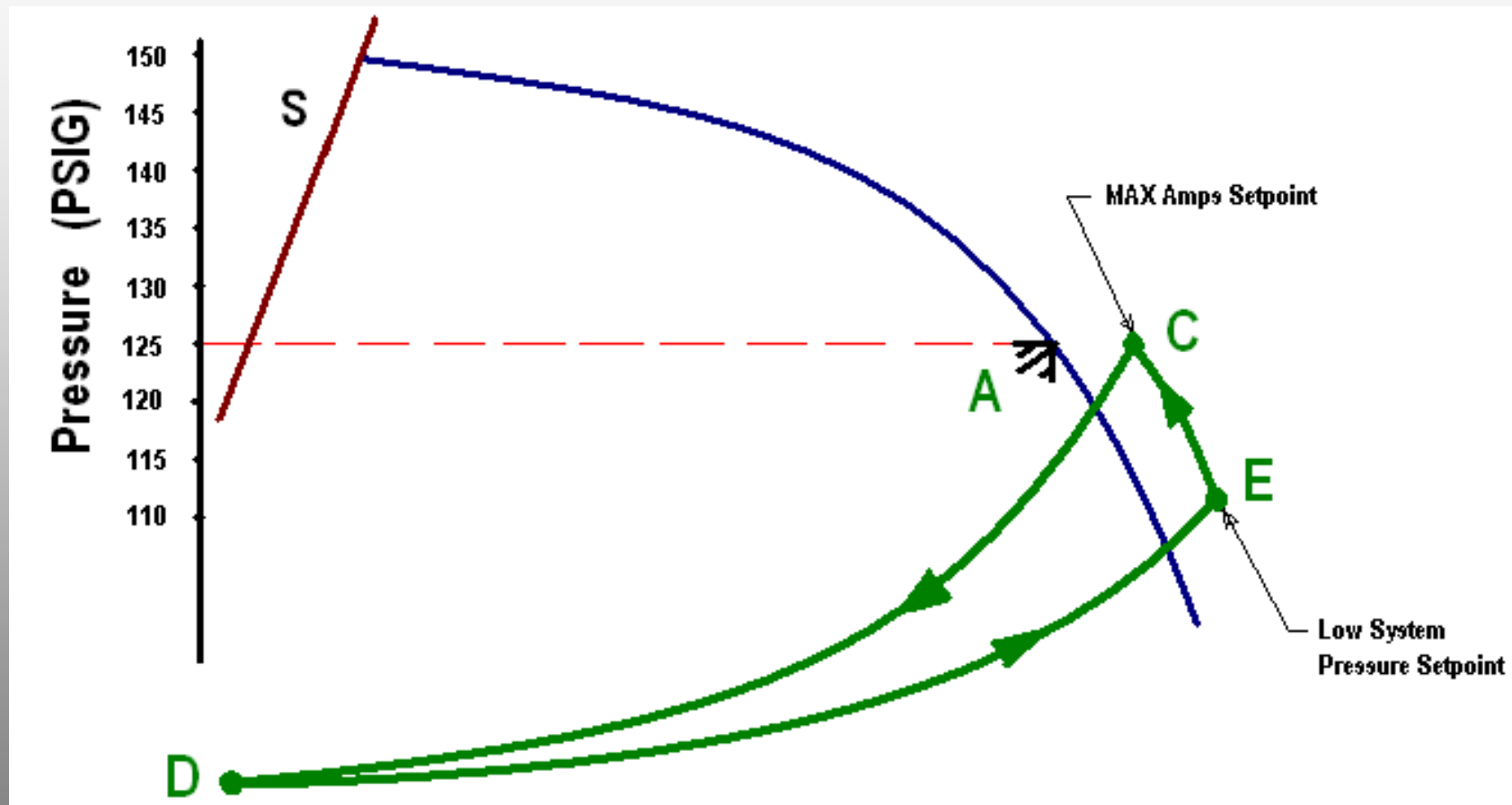
Suction Throttle Control



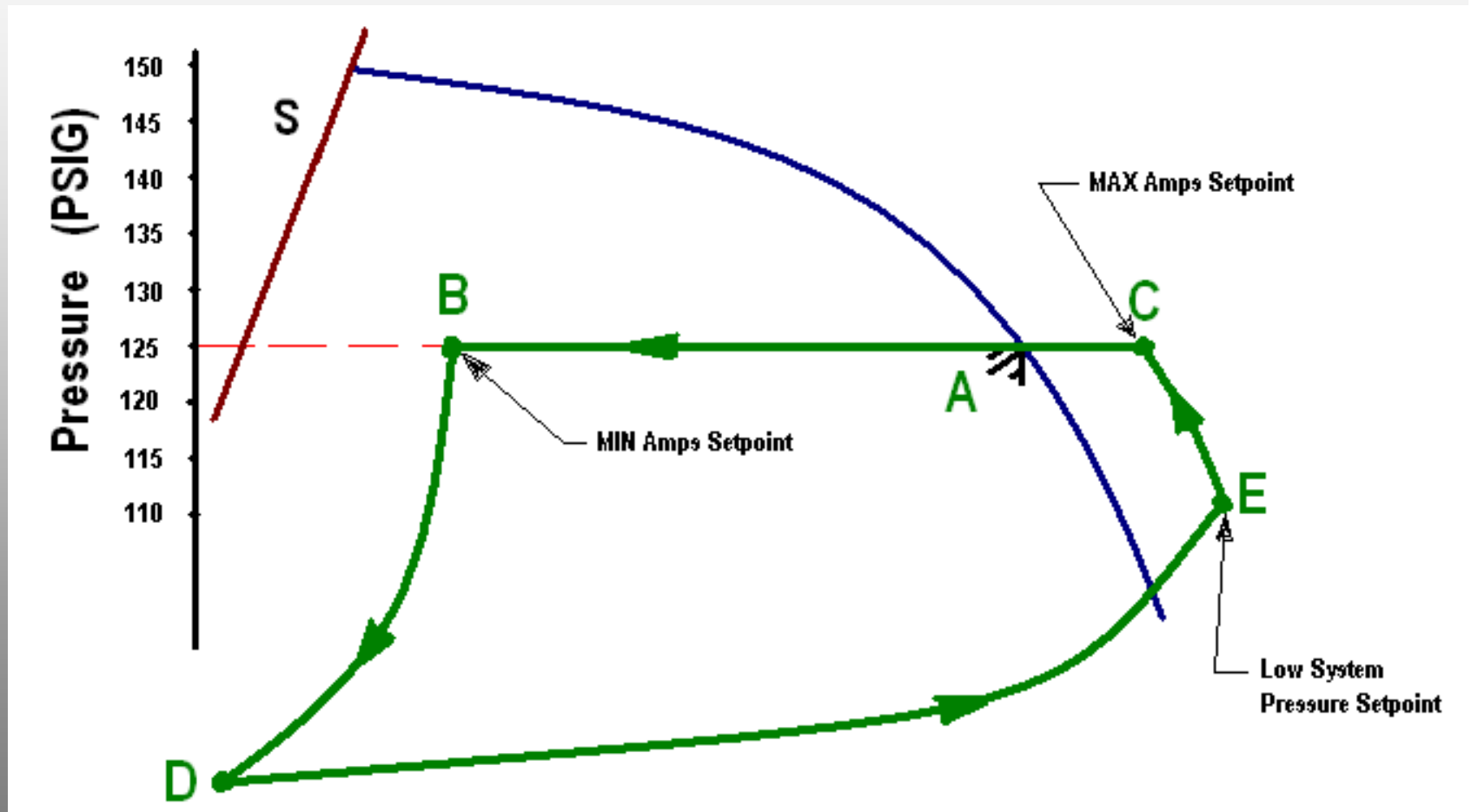
Adaptive Increment Control



Intermittent Mode



Auto Dual Mode



FS-Elliott...

y un futuro cercano

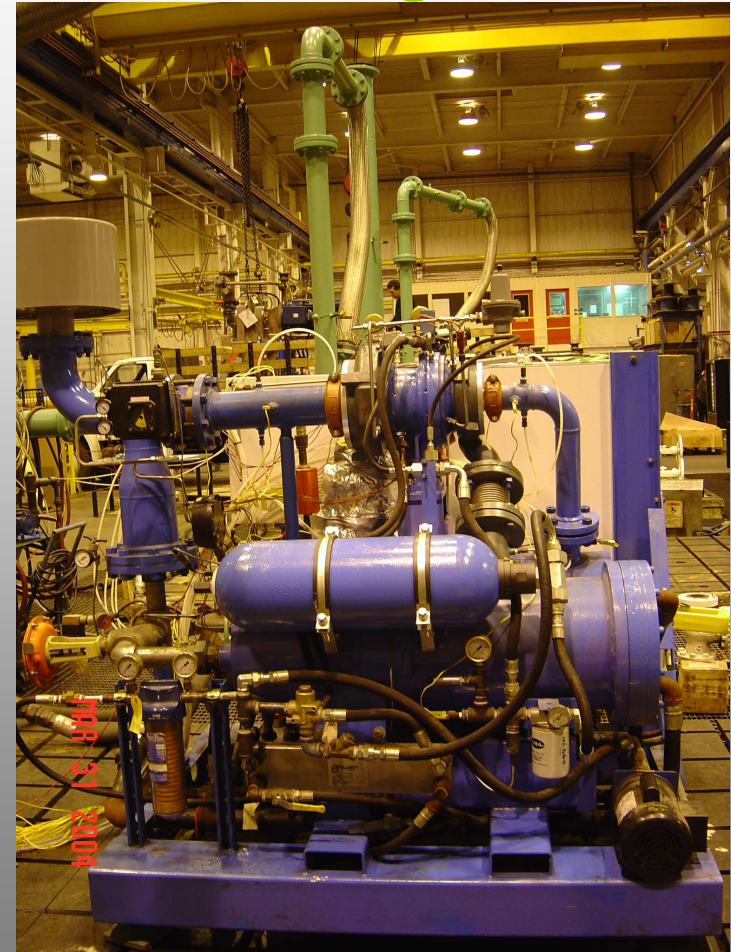


Electra “Oil-Free”

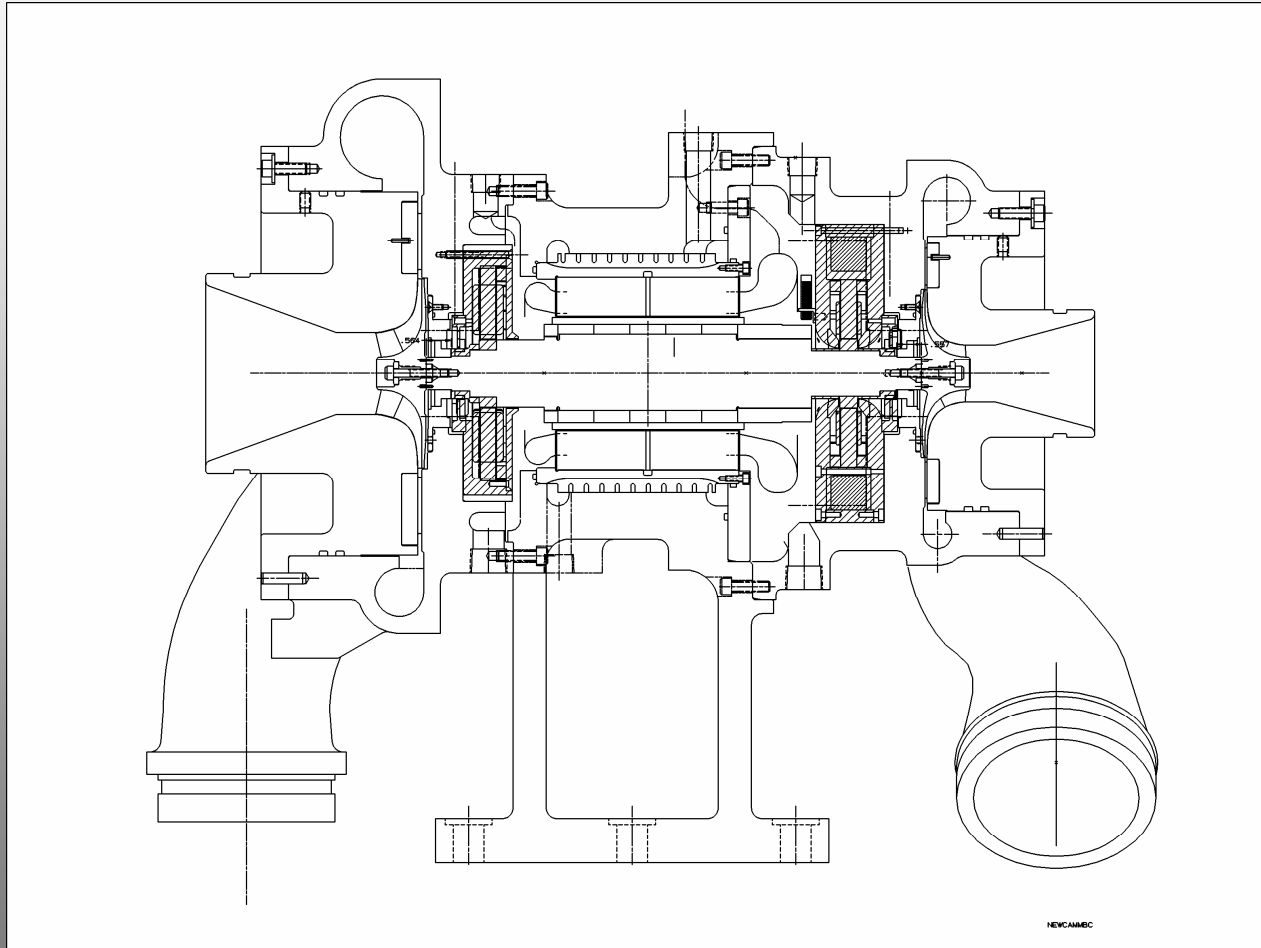
Compresor con motor integral

Objetivos

- Compresor centrífugo libre de aceite
- Chumaceras magnéticas
- Fuente de alimentación
- Motor integral (estator y rotor)
- Controlador del compresor
- Cabina acústica

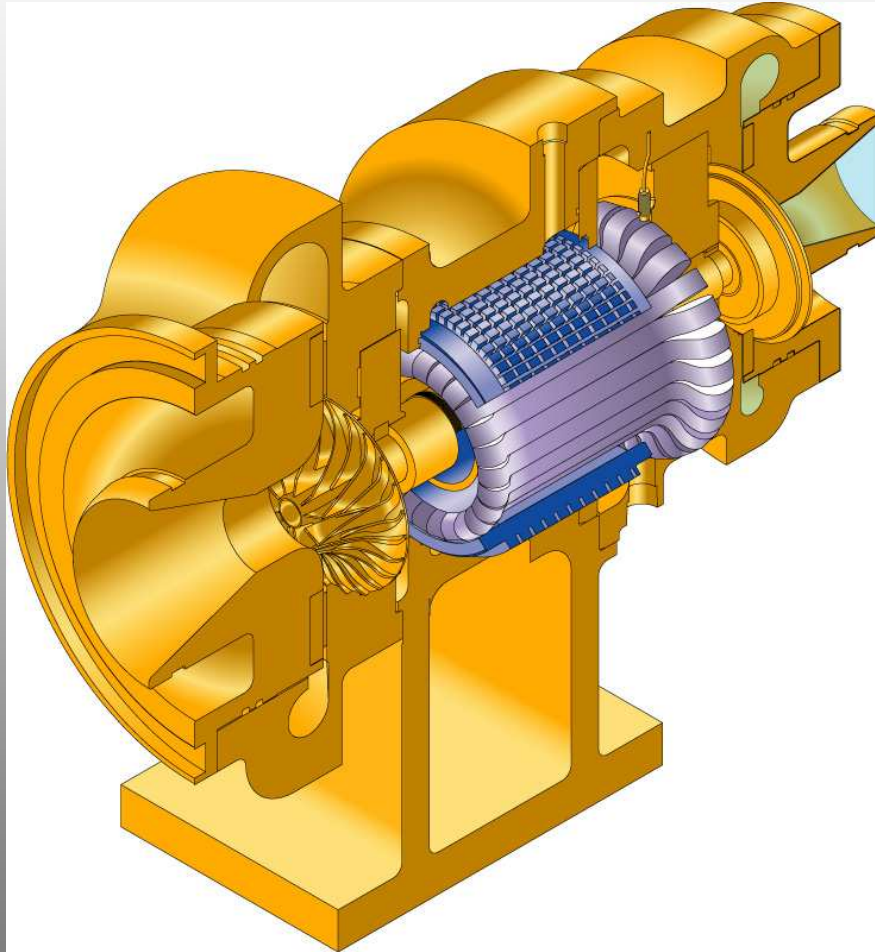


Electra “Oil-Free” Compresor con motor integral



FS-Elliott Electra “Oil-Free”

Compresor con motor integral

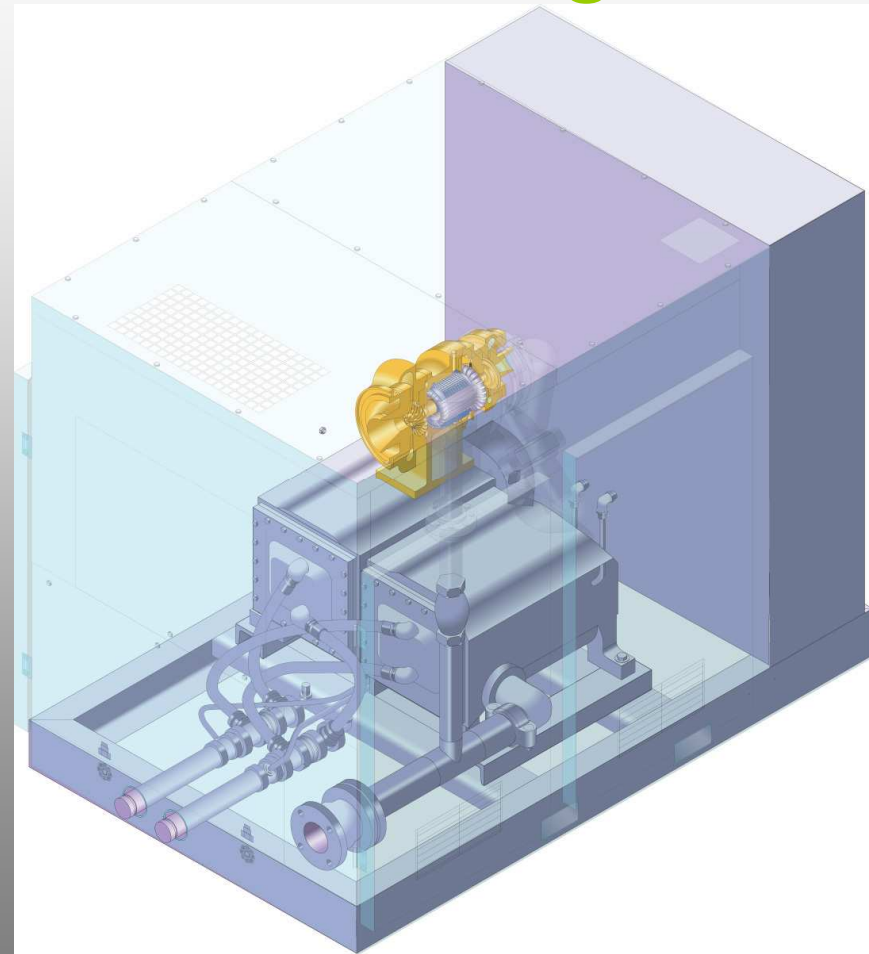


- 2010 presentacion al mercado
- Verdaderamente “libre de aceite” / disenio con menos aceite
 - Sin aceite en ductos de aire
 - Sin aceite en carcaza – Chumaceras magneticas
- Variacion de velocidad – 90,000 RPM
- Impulsores en Titanio
- 100 bhp – 400 ICFM @ 125 psi
- Compacto y sencillo
- Competitivo con el tipo tornillo seco

Electra “Oil-Free”

Compresor con motor integral

- Diseño compacto
- Cabina para reducción de ruido
- Panel de control basado en Regulus
- Costo efectivo – Enfocado al mercado de compresor de tornillo



Comparacion de Compresor Centrifugo de Aire FS-Elliott con Compresor de tornillo seco



FS-Elliott Centrifugo Vs. Tornillo Seco

“simplemente elegante por diseño...”



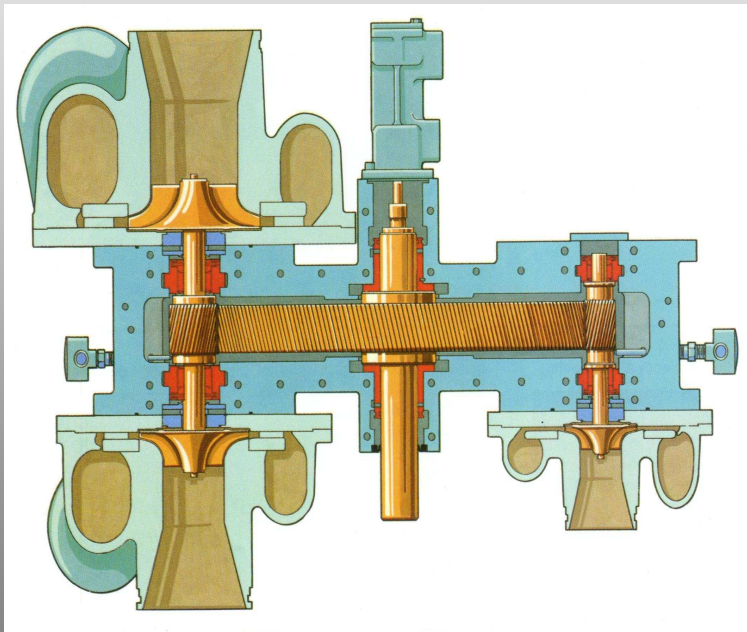
FS-Elliott Centrifugo Vs. Tornillo Seco

“diseno complicado!”

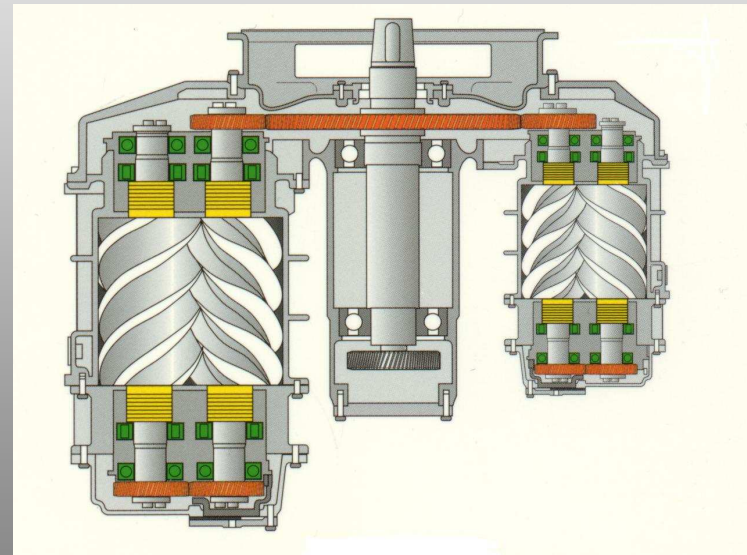


FS-Elliott Centrifugo Vs. Tornillo Seco

- Simple



- Complicado



Comparacion

- **Comparemos lo basico**



Comparacion

■ Centrifugo

- Poco mantenimiento
- Facil acceso
- Mntto. En sitio
- Larga vida rotor
- Mayores flujos
- Presion constante,
min ajuste

■ Tornillo seco

- Reemplazo cabezal
compresion
- Dificil acceso
- Mntto. en fabrica
- Corta vida rotor
- Menores flujos
- Ajustes Min/Max aprox
107% HP

Comparacion

- **Comparemos los detalles**



FS-Elliott Centrifugo Vs. Tornillo Seco

	FS-Elliott Centrifugo	Tornillo rotatorio seco
Pinones / Rotores	2 Pinones Larga vida (ilimitada)	4 Rotores Vida esperada – 40,000 Hrs Costo reemplazo aprox Sesenta porciento (60 %)
Grado Engrane	AGMA 13	AGMA 11 o 12
Engranes	3 Engranes, diseno simple	7 engranes, diseno complejo
Sellos Flecha	3 juegos de sellos flotantes	8 juegos de sellos contacto
Chumaceras	2 jgo chumaceras zapatas vasculantes + 2 jgo de chumaceras manga – vida prolongada (ilimitada)	16 jgo de rodamientos bolas (vida esperada - 50000 Hrs)

FS-Elliott Centrifugo Vs. Tornillo Seco

	FS-Elliott Centrifugo	Tornillo rotatorio seco
Material Rotor	Impulsor 17-4 ph SS	Acero forjado o al carbon
Recubrimiento Rotor	No requiere	Si, para alcanzar claros criticos
Intercambiador	2 inter & 1 post enfriamiento	1 inter & 1 post enfriamiento
Reacondicionamiento	Componentes reemplazables en campo	Los elementos deben ser reconstruidos en fabrica
Consideraciones de espacio	Paquete compacto pequeno - mayor cfm / espacio ocupado	Paquete grande - menor cfm / espacio ocupado

FS-Elliott Centrifugo Vs. Tornillo Seco

Conclusion



*Una magnifica opcion debido a su diseño simple,
sin partes de desgaste y comportamiento confiable*

Accesorios y Auxiliares

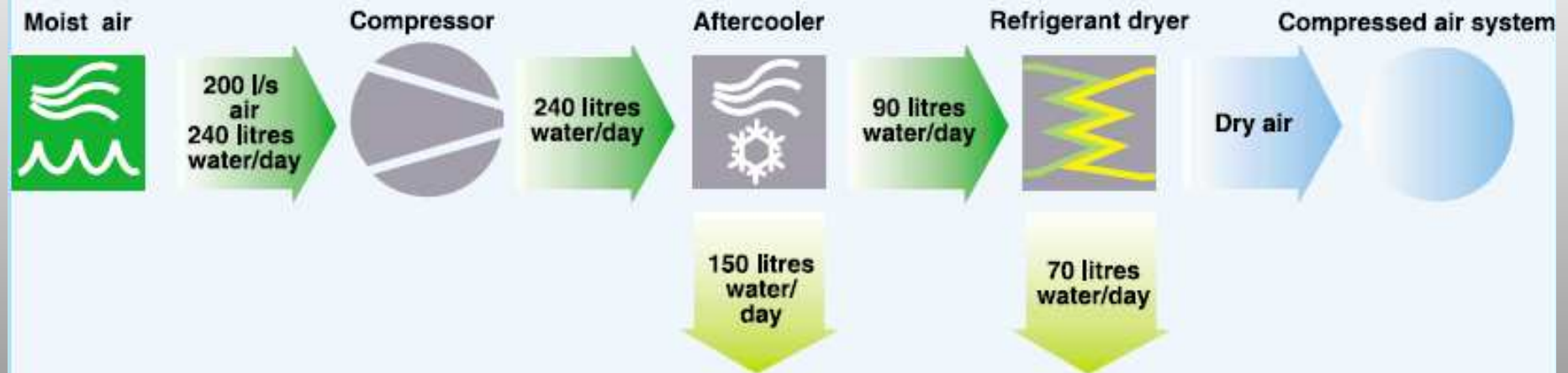


Secadores de Aire

- Tipos de Secadores.
 - Refrigerativos
 - Punto de Rocío 3 deg. C
 - Gas refrigerante (R-22, R-134...)
 - Regenerativos
 - Libre de Calor (Purga 15%)
 - Calentador (Purga 7%)
 - Purga por soplador externo (Purga 0%)



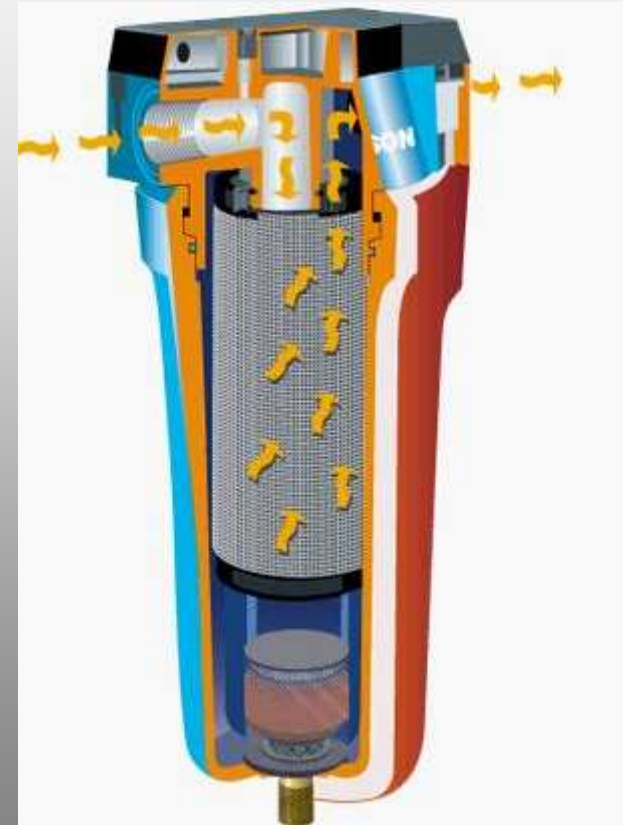
El porque de los secadores



A compressor that delivers 200 litres of air per second, also supplies approx. 240 litres of water per day if working with air at 20°C. To avoid problems and disturbances due to water precipitation in the pipes and connected equipment the compressed air must be dried. This takes place in an aftercooler and drying equipment as set out in the figure.

Filtros de Aire

- Tipos de filtros
 - Coalescentes
 - Grado 11 a Grado 6
 - Humedad y Partículas
 - Grado 5 a Grado 3
 - Remoción de aceite (99.99%)
 - Carbón Activado
 - Grado 1
 - Remoción de Aceite (99.999%)



Tanques Pulmon

