

**Podem mesurar l'eficiència energètica?**

**AIRE COMPRIMIT**

Presentació COEIC, 20 de Febrer de 2015

*Imatge cortesia del Institut Català d'Energia*  
<http://aplicacions.icaen.cat/mapamesures/aire-comprimit/>

**ecatfm**  
ecat facilities management

**Presentació Professional**

**Francesc Pons Aróztegui**  
 Enginyer Industrial Col·legiat 15216  
 GTEE, CEM 92520, CMVP 1010  
 Mail: [fpons@ecatfm.com](mailto:fpons@ecatfm.com)



**FULLS**  
**ENGINYERS**  
 150  
**ANYS**  
**AMB**  
**TU**

Professional en lliure exercici, desenvolupo la consultoria energètica a sistemes d'aire comprimit com enginyer independent i també col·laborant amb l'empresa Daunis S.A, amb centres a Sabadell i Terrassa.

La divisió d'aire comprimit de Daunis ofereix solucions a la indústria amb una àmplia gama de productes i serveis especialitzats.

 **Daunis**

**ecatfm**  
ecat facilities management

2

## Índex



1. Principis bàsics i convencions.
2. Indicador d'eficiència energètica d'un compressor.
3. Equips de mesura.
4. Tipus de controls dels compressors.
5. Regulació de la demanda.
6. Dipòsits d'acumulació.
7. Detecció i gestió de fuites.

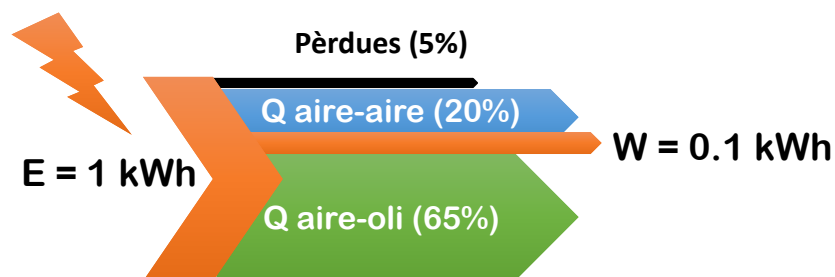
3

## 1. Principis i convencions




✓ Per què l'aire comprimit és car

**COMPRESSOR DE CARGOL A/C TREBALLANT A 7 BARS**




4




## 1. Principis i convencions


✓ Condicions cabal entregat ISO 1217

Pa  
Ta  
Va  
RH





FAD




Ps, Ts, Vs

- El cabal entregat pel compressor s'especifica en les condicions de pressió i temperatura de l'admissió. Hi ha una conversió inversa del volum.
- Les condicions normalitzades de l'aire són **P = 1 bar**, **T = 20 °C** i **RH = 0%**.
- El cabal s'expressa doncs amb Nm3/hora, Nm3/min, Nlitres/seg.

*Imatge cortesia de Ingersoll Rand*

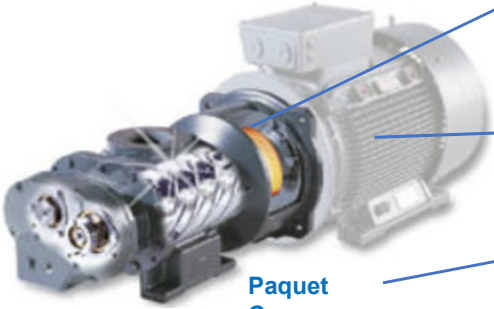
5



## 1. Principis i convencions

✓ Potència a l'eix i Potència elèctrica

Quan s'especifica un compressor amb potència X és la potència a l'eix.



Potència a l'eix X kW

Potència elèctrica i FS motor X + 10-15%X kW

Potència elèctrica compressor X + 15%X kW + Y kW altres (ventilació...)

Paquet Compressor

6



# 1. Principis i convencions

## ✓ Qualitat de l'aire ISO 8573-1

En general, una qualitat millor de l'aire implica un major consum energètic per:

- Caiguda de pressió més gran en equips de tractament de l'aire.
- Assecadors d'aire amb consum energètic més elevat.
- Rendiment inferior dels compressors exempts d'oli.

Calidad del aire comprimido ISO 8573-1:2001

Calidad Clase	SÓLIDOS			AGUA Punto de condensación de la presión °C	ACEITE Y VAPOR DE ACEITE mg/m³	Calidad Clase
	0,1-0,5 micras	Número máximo de partículas por m³ 0,5-1 micras	1,0-5 micras			
0	Según especificaciones del usuario final o fabricante, y más estricta que la Clase 1					0
1	100	1	0	-70	0.01	1
2	100,000	1000	10	-40	0.1	2
3	No disponible	10,000	500	-20	1	3
4	No disponible	No disponible	1,000	3	5	4
5	No disponible	No disponible	20,000	7	No disponible	5
6	No disponible	No disponible	No disponible	10	No disponible	6

7

# 2. Indicador d'eficiència energètica d'un compressor



## ✓ CAGI DATA SHEETS



<http://www.cagi.org/performance-verification/>

Compressed Air and Gas Institute ha desenvolupat un model estàndard per la mesura de cabal real entregat per un compressor a una determinada pressió i la mesura de la potència elèctrica demanda.

És voluntària però molts fabricants han fet l'assaig per demostrar que les seves taules comercials són fiables.

**COMPRESSOR DATA SHEET**  
Rotary Compressor - Fixed Speed  
MODEL DATA - FOR COMPRESSED AIR

1	Manufacturer:		Date:
2	<input type="checkbox"/> Air-cooled <input type="checkbox"/> Water-cooled <input type="checkbox"/> Oil-injected <input type="checkbox"/> Oil-free	Type:	# of Stages:
3	Rated Capacity at Full Load Operating Pressure <sup>a</sup>	scfm <sup>b</sup>	
4	Full Load Operating Pressure <sup>a</sup>	psig	
5	Minimum Full Flow Operating Pressure <sup>a</sup>	psig	
6	Drive Motor Nominal Rating	hp	
7	Drive Motor Nominal Efficiency	percent	
8	Fan Motor Nominal Rating (if applicable)	hp	
9	Fan Motor Nominal Efficiency	percent	
10 <sup>a</sup>	Total Package Input Power at Zero Flow <sup>a</sup>	kWh <sup>c</sup>	
11	Total Package Input Power at Rated Capacity and Full Load Operating Pressure <sup>a</sup>	kWh <sup>c</sup>	
12 <sup>a</sup>	Specific Package Input Power at Rated Capacity and Full Load Operating Pressure <sup>a</sup>	kWh/100 cfm <sup>d</sup>	

\*For models that are listed in the CAGI Performance Verification Program, test data are verified by the third party administrator. Consult CAGI website for a list of participants in the third party verification program. ©2013 CAGI/ISA

NOTES:

- a. Measured in the design standard plant of the compressor package in accordance with ISO 1217. Actual CAGI test is actual cubic feet per minute at stated conditions.
- b. The operating pressure at which the Capacity (Zero Flow) and Electrical Consumption (Zero Flow) were measured is the flow shown.
- c. Minimum pressure available at full flow, usually the actual pressure setting the load has had control in the measurement process (minimum motor supply control begins). Motor supply adjusted to zero.
- d. Total package input power at other than required operating points will vary with actual usage.
- e. Reference is specified in ISO 1217. Actual CAGI test shown in table below.

Model	Volume Flow Rate at ISO Std conditions		Specific Energy Consumption	No Load, Zero Flow Power
	scfm	l/min		
RT1-100	100	2832	0.12	~10%
RT1-150	150	4248	0.12	
RT1-200	200	5664	0.12	

This form was developed by the Compressed Air and Gas Institute for the use of its members. CAGI has not independently verified the reported data.

8

## 2. Indicador d'eficiència energètica d'un compressor

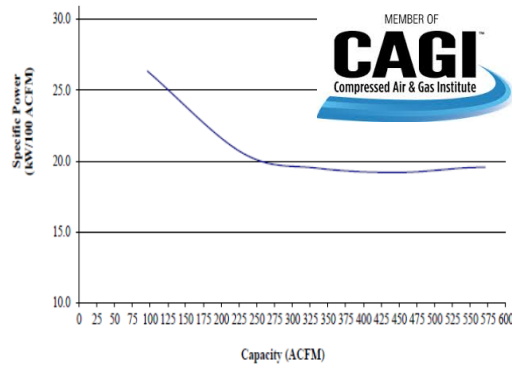


### ✓ RATI D'EFICIÈNCIA ENERGÈTICA

Aquesta és la gràfica resultant d'una CAGI Data Sheet per un compressor de velocitat variable concret a la pressió de treball de disseny.

L'eix X indica el Cabal d'aire entregat en acfm.  
L'eix Y indica la Potència específica del compressor en kW/100acfm

(100 acfm = 2,83 am<sup>3</sup>/min)



**El rati d'eficiència energètica és kW/Nm<sup>3</sup>/min o bé kWh/Nm<sup>3</sup>**

9

## 3. Equips de mesura



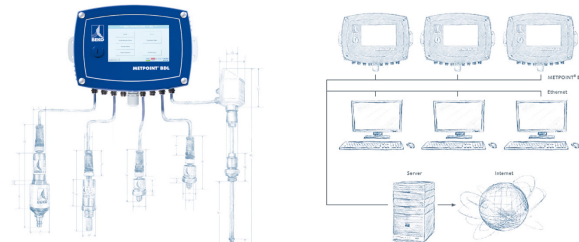
### ✓ Estacionaris i cabalímetres transferència tèrmica

El sistema d'aire comprimit de certa potència haurien de disposar de comptador d'energia d'entrada, cabalímetre i pressòstat a la sortida, i mesura de Temperatura, Pressió i RH aire admissió per monitoritzar:

**El rati d'eficiència energètica kW/Nm<sup>3</sup>/min del sistema**



Els cabalímetres de **transferència tèrmica** mesuren **cabal màssic d'aire**, per diferència de temperatura entre filaments o pastilles => **Limitació: AIRE NO SATURAT**



Imatges cortesia de Beko Tecnològica SL 10

### 3. Equips de mesura



#### ✓ Estacionaris i cabalímetres pressió diferencial

Els cabalímetres de pressió diferencial **mesuren la caiguda de pressió** de l'aire entre dos punts, i per tant **el flux d'aire**. Precisen d'un corrector de temperatura d'aire per transformar-ho a Nm<sup>3</sup>/min.

**PODEN MESURAR CABAL D'AIRE SATURAT**



Imatges cortesia de VP Instruments 11

### 3. Equips de mesura



#### ✓ Instrumentació per auditories

Un auditor energètic precisa doncs de:

- Un cabalímetre a sortida del sistema. En aquest cas és de inserció de tecnologia de transferència tèrmica.
- Pines amperimètriques per registre de corrent a cada compressor (una fase).
- Pressòstat a sortida del sistema.
- Sensor de temperatura de punt de rosada (opcional).
- Datalogger d'alta capacitat

Conèixer el comportament dinàmic del sistema de compressió requereix d'interval·ls de mesura curts (freqüència de registre d'entre 1 i 4 segons).

Bona pràctica: Mesurar tota 1 setmana



Imatge cortesia de Beko Tecnològica SL 12

### 3. Equips de mesura



#### ✓ Instrumentació per dimensionat

Davant d'instal·lacions senzilles amb l'objectiu d'avaluar l'eficiència energètica o substituir un compressor, són adequats equips més simples que mesuren l'energia consumida pels compressors i la pressió del sistema.



En aquest cas, cal prendre les dades del compressor, i el comportament elèctric i la pressió ens permeten obtenir el perfil de cabal entregat com a càlcul resultant.

Aquesta pràctica no és la correcte quan es realitza una auditoria energètica. Bona pràctica: Mesurar tota 1 setmana

*Imatge cortesia de Ingersoll Rand* 13

### 4. Controls

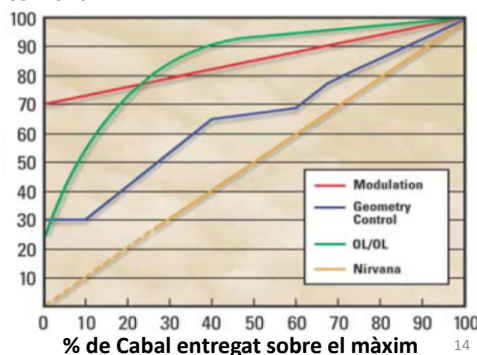


#### ✓ Compressors individuals

Una de les claus per que el sistema de compressors sigui energèticament correcte és que el volum d'aire generat s'adapti a la demanda eficientment. En el cas de compressors de cargol, podem destacar quatre tipus principals:

- **Compressor en càrrega/descàrrega.**
- Compressor controlat geomètricament
- **Compressor en modulació**
- **Compressor VDF / VSD**

% d'energia consumida respecte a la màxima a Plena Càrrega



*Imatge cortesia de Ingersoll Rand*  
Nota: Nirvana = VSD

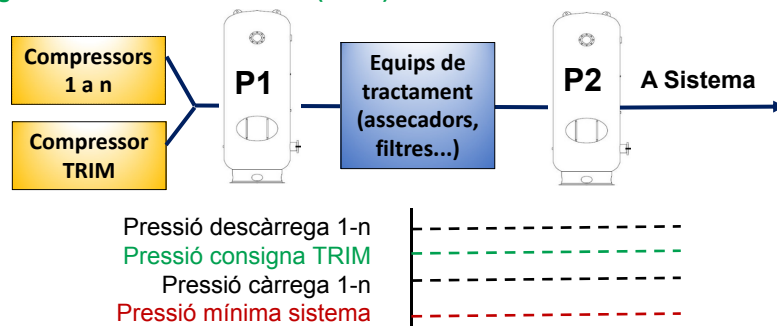
14

## 4. Controls

### ✓ Conjunt de múltiples compressors

Simplificant, per aconseguir que un sistema de compressors sigui eficient des del punt de vista energètic són necessàries dues premisses:

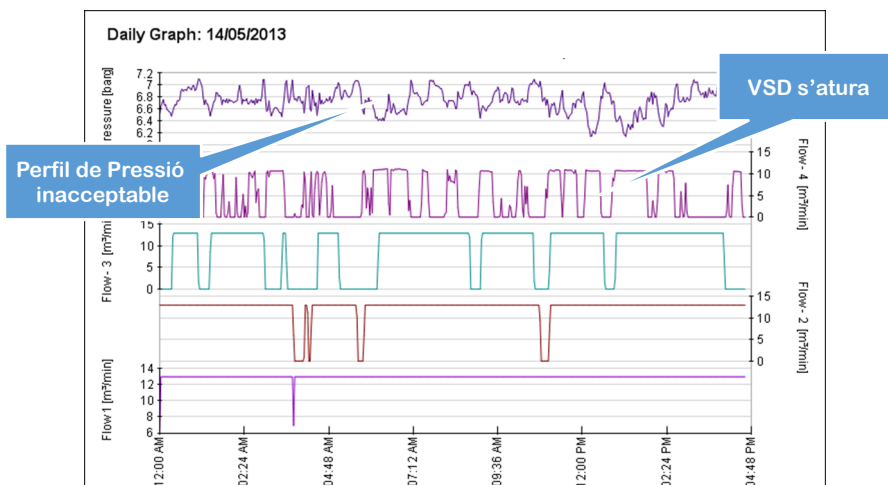
- Tots els compressors han de tenir una referència de pressió comuna.
- El compressor més eficient a càrrega parcial ha de ser el que ajusti aire generat amb aire demandat (TRIM).



15

## 4. Controls

### ✓ Conjunt de múltiples compressors



16

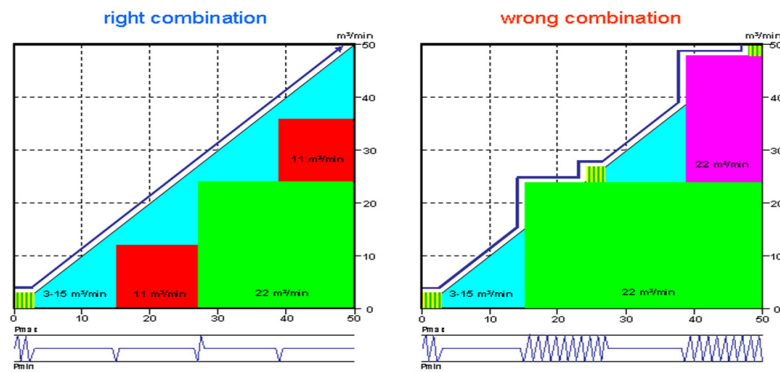


## 4. Controls



### ✓ Conjunt de múltiples compressors

**Various speed regulated with the right compressor-combination**  
**50 m<sup>3</sup>/min shall be produced with an regulated compressor from 3-15 m<sup>3</sup>/min**



the next compressor must be smaller than the regulation range of the VSD compressor

17

## 5. Regulació de la demanda



Un dels punts més crítics relatius a l'eficiència energètica és la regulació de totes les aplicacions demandants d'aire. És necessari que:

- ✓ La seva pressió estigui regulada.
- ✓ Que la pressió de regulació sigui la mínima possible.
- ✓ L'aplicació no consumeixi aire quan està inactiva (seccionament).

Si no s'acompleixen aquestes regles, estem generant una **demanda artificial**, que el sistema de compressors atindrà i que suposa un consum energètic malbaratat.



Hi ha elements pneumàtics per detectar desviacions.

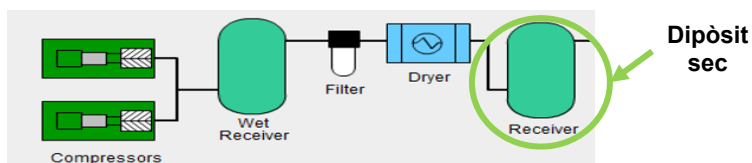
*Imatges cortesia de SMC-España* 18

## 6. Dipòsits

### ✓ Dipòsits secs

Els dipòsits d'acumulació després d'assecadors (dipòsits secs), permeten atendre demandes pic d'aire i al mateix temps mantenir estable la pressió del sistema.

Això implica que podem dimensionar els compressors més a prop de la demanda mitjana que la demanda màxima, amb un estalvi energètic elevat.



### ✓ Dipòsits humits

Els dipòsits d'acumulació abans d'assecadors s'anomenen dipòsits humits, doncs emmagatzemen aire saturat.

A més d'afavorir l'eficiència energètica, actuen de fusible dels equips de tractament d'aire i línia, aturant condensats, oli i partícules

19

## 7. Gestió de fuites

### ✓ Reflexions inicials

- La correcta gestió de fuites no és una actuació d'eficiència energètica, és una actuació de manteniment que incideix en l'eficiència.
- Les fuites són demanda no regulada, generen demanda artificial.
- Detectar fuites ens fa més savis. Reparar-les ens fa estalviar diners.
- Punt apart mereix la valoració de quants litres/s implica una fuga.

bar	0.397	0.794	1.588	3.175	12.7	15.875
	Discharge in m3/min					
6.2	0.0105	0.0419	0.16764	0.671	10.7334	16.7652
6.9	0.01152	0.0459	0.18378	0.736	11.7528	18.3798
7.6	0.01248	0.0499	0.19968	0.799	12.8004	19.9656
8.3	0.0135	0.0541	0.21582	0.864	13.8204	21.5796
8.6	0.01398	0.0561	0.22374	0.895	14.3298	22.3728

**Diàmetre orifici en mm i cabal de la fuga x 1 perímetre llis X 0,6 perímetre rugós**



**Quant pot perdre aquesta fuga? →**

20



## 7. Gestió de fuites


✓ **Equips de mesura**

Les fuites d'aire comprimit emeten ultrasons. Aquest ultrasons són audibles si la fuga és important, però no per la majoria no són audibles.

Els ultrasons són unidireccionals, no travessen sòlids i tenen un rang de freqüències coneguts. Per tant, els detectors d'ultrasons les poden localitzar, convertir en audibles i emmagatzemar el valor.



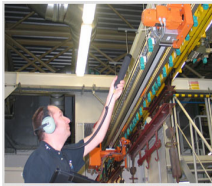

*Imatges cortesia de UE Systems* 21




## 7. Gestió de fuites

✓ **Procés de Gestió de Fuites**

**PLANIFICACIÓ: Tècnic detecció**



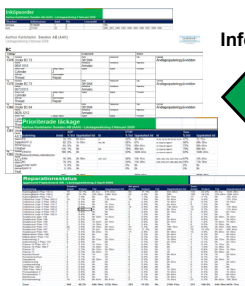
- 1 **Fuites** Innaudibles
- 2 **Fuites** Audibles
- 3 **Fuites** Atenció immediata



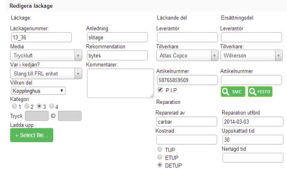
**Informe**  
Peces  
Causa  
Ubicació  
Marca  
Codi de producte  
Accessibilitat

**Resultats on-line pel client**

**Informes**



**Alimentació sistema en línia**



**Programació i logística**

**Reparació**  
Seguiment  
Anàlisi

**Monitoritzat**  
Línia base  
Accions correctores

*Imatges cortesia de LMS-Nordic AB* 22

