

ESCUELA DE
INGENIERÍA MECÁNICA



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA DE
VALPARAÍSO

BALANCE TÉRMICO DEL COMPRESOR

Alumno: Carlos Aguilar Pinto

Asignatura: ICM557-3

Fecha: 20/11/2020

Profesores: Cristóbal Galleguillos Ketterer

Tomas Herrera Muñoz

Contenido

INTRODUCCIÓN.	II
OBJETIVOS.	III
TRABAJO EN LABORATORIO.	IV
FORMULAS.	V
TABLA VALORES MEDIDOS Y CALCULADOS.	VII
DESARROLLO.	X
GRÁFICO SANKEY.	X
1. ¿EL RENDIMIENTO GLOBAL DEL SISTEMA DE COMPRESIÓN QUE COMENTARIO LE SUGIERE?	XI
2. ¿EL RENDIMIENTO GLOBAL DEL COMPRESOR QUE COMENTARIO LE SUGIERE?	XI
3. ¿QUÉ EFECTO PRODUCE EL RENDIMIENTO CONSIDERADO PARA LA TRANSMISIÓN?	XI
4. ¿CÓMO SUGIERE Ud. DETERMINAR EL RENDIMIENTO DE LA TRANSMISIÓN?	XI
5. ¿QUÉ COMENTARIO LE SUGIERE EL CALOR TOTAL DE REFRIGERACIÓN Y SUS COMPONENTES?	XI
6. ¿DÓNDE ESTA INCLUIDO EL CALOR RETIRADO POR EL ACEITE?	XII
CONCLUSIÓN.	XIII
ANEXO.	XIV
REFERENCIAS.	XV

Introducción.

En el presente informe se pretende evaluar y analizar las pérdidas energéticas en el proceso de compresión, para lo cual se realizan una serie de mediciones en igualdad de condiciones.

Se obtienen valores de cilindrada, desplazamiento por minuto, caudal tanto de aire y de agua, presión nominal, rendimientos, potencia indicada y calor transferido.

Objetivos.

Analizar la distribución de energía en el equipo, partiendo desde la energía eléctrica hasta la útil en el aire comprimido.

Trabajo en laboratorio.

- a) Instalar y preparar los instrumentos para medir: temperaturas, potencia indicada y eléctrica, tensión y corriente, flujos de aire y agua.
- b) Poner en marcha el compresor, regular la presión de descarga a $7 \text{ [kp/cm}^2\text{]}$ y esperar un tiempo para que se estabilice su operación.

- Tomar las siguientes mediciones:

Presión de descarga, $[\frac{kp}{cm^2}]$.

Velocidad del compresor, $[rpm]$.

Temperatura de aspiración y de descarga de ambos cilindros, $[^{\circ}C]$.

Diagramas indicados para cada cilindro.

Temperatura del estanquede baja presión, $[^{\circ}C]$.

Presión en el estanque de baja presión, $[cm_{ca}]$.

Temperaturas de entrada y salida del agua de refrigeración, $[^{\circ}C]$.

Tiempo en llenarse el recipiente de volumen conocido, $[s]$.

Tensión y corriente eléctrica, $[V]$ y $[A]$ respectivamente.

Potencia eléctrica, método de los dos Wattmetros, $[kW]$.

Sin modificar las condiciones de operación repetir tres veces las lecturas, a intervalos de 10 [min] aproximadamente.

La presión atmosférica, $[mm_{hg}]$, se mide al inicio del ensayo.

Formulas.

Potencia eje motor:

$$N_{motor} = N_{electrica} * \eta_{Motor} [kW]$$

Potencia eje compresor:

$$N_{compresor} = N_{motor} * \eta_{transmision} [kW]$$

Donde:

$$\eta_{transmisión} = \text{Rendimiento de la transmisión que debe estimar}$$

Pérdidas motor:

$$N_{perd. motor} = N_{elec} - N_{motor} [kW]$$

Pérdidas mecánicas:

$$N_{mec} = N_{compresor} - N_i [kW]$$

Pérdidas transmisión:

$$N_{transmision} = N_{motor} - N_{compresor} [kW]$$

Calor refrigeración:

$$Q_{Total} = \dot{m}_{agua} * c * (t_s - t_e) 1000 [kW]$$

Donde:

$$m_{agua} = \text{flujo masico del agua} \left[\frac{kg}{s} \right]$$

$$C = \text{calor especifico del agua} \left[\frac{J}{Kg} ^\circ C \right]$$

Flujo másico del agua:

$$\dot{m}_{agua} = V_{agua} * \rho_{agua} 60 [kg/s]$$

Calor del sistema de refrigeración intermedia:

$$Q_{SRI} = \dot{m}_{aire} * c_p * (t_{SBP} - t_{EAP}) 1000 [kW]$$

Donde:

$$m_{aire} = \text{flujo masico del aire} \left[\frac{kg}{s} \right]$$

$$C_p = \text{calor especifico a presion constante del aire} \left[\frac{J}{Kg} ^\circ C \right]$$

Flujo másico del aire:

$$\dot{m}_{aire} = v * \rho_{aire} 3600 [kg/s]$$

Calor rechazado por cilindros:

$$QCil = QTotal - QSRI [kW] \quad 8$$

Potencia útil del aire:

$$NU.aire = \dot{m}_{aire} * (C_p - C_v) * (t_{SAP} - t_{EBP}) 1000 [kW]$$

Rendimiento mecánico:

$$\eta_{mec} = \frac{NU.aire}{N_{compresor}} * 100 [\%]$$

Rendimiento sistema de compresión:

$$\eta_{glSC} = \frac{NU.aire}{N_{U.airenelec}} * 100 [\%]$$

Rendimiento compresor:

$$\eta_{compresor} = \frac{NU.aire}{N_{U.airecompresor}} * 100 [\%]$$

DIAGRAMAS INDICADOS		
CBP	CAP	CBP y CAP
Área	Área	L _d
[cm ²]	[cm ²]	[mm]
5,3	5,5	66
4,8	5,8	66
4,8	5,4	66

Tabla valores medidos y calculados.

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Valores Calculados 1																
N elec	η motor electrico	N motor	N per, motor	N compresor	Ni CBP	Ni CAP	Ni	N per, mec	η mec	η trans	Qtotat	Q SRI	Q Cil	N aire	η gl SC	η compresor
kW	%	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	%	%	kW	kW	kW	kW	%	%
10	84,468961	8,4468961	1,5531039	7,60220649	3,25146932	3,15783924	6,40930856	1,19289793	84,3085303	90	3,75738462	0,57167377	3,18571084	0,50863886	5,08638856	6,69067404
9,71	84,484026	8,20339892	1,50660108	7,38305903	3,29020547	3,20257893	6,4927844	0,89027463	87,9416563	90	3,75738462	0,55924608	3,19813853	0,53043766	5,46279778	7,18452422
9,78	84,4803896	8,2621821	1,5178179	7,43596389	3,32729315	3,27215614	6,59944929	0,8365146	89,7504214	90	3,75738462	0,5343907	3,22299391	0,53043766	5,423698	7,13340828

Valores Calculados 2											
N elec	N motor	N per, motor	N compresor	Ni CBP	Ni CAP	Ni	N per, mec	Q total	Q SRI	Q Cil	N _{Uaire}
%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
100	84,468961	15,531039	76,0220649	32,5146932	31,5783924	64,0930856	11,9289793	37,5738462	5,71673774	31,8571084	5,08638856
100	84,484026	15,515974	76,0356234	33,8847113	32,9822753	66,8669866	9,16863681	38,6960311	5,75948592	32,9365451	5,46279778
100	84,4803896	15,5196104	76,0323506	34,0214024	33,4576292	67,4790316	8,55331903	38,4190656	5,4641176	32,954948	5,423698

Desarrollo.

Gráfico Sankey.

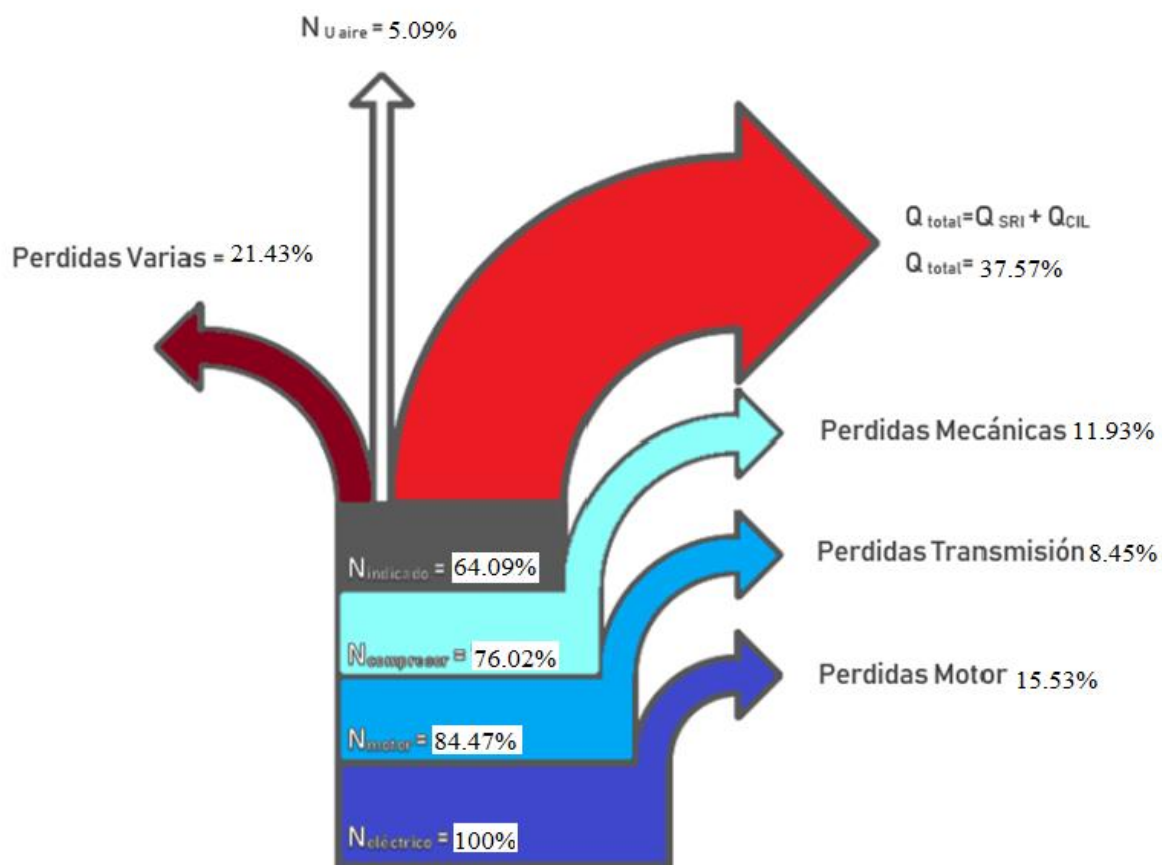


Ilustración 1: Grafico Sankey

1. ¿El rendimiento global del sistema de compresión que comentario le sugiere?

El resultado se mantiene en lo esperado con lo teórico, se esperaba algo entre 15% – 16% en las pérdidas del motor eléctrico y las pérdidas mecánicas se mantuvieron bastante bajas < 10%. En si lo que mas se puede comentar es lo ineficiente del proceso, se pierde una cuarta parte de la energía en la parte inicial. De lo esperado en un compresor se tiene que funcionan en un 4% – 6% de eficiencia y con los datos recolectados se mantiene en el rango, aunque sigue siendo una eficiente absurda.

2. ¿El rendimiento global del compresor que comentario le sugiere?

Este rendimiento es ínfimo de tan solo un 5,09%, nos significa que prácticamente toda la energía se pierde en otros procesos, se deben hacer cambios, aunque sean ínfimos para poder aumentar el porcentaje de rendimiento.

3. ¿Qué efecto produce el rendimiento considerado para la transmisión?

Inicialmente no podemos cuantificar las pérdidas en el eje, tomamos un valor de rendimiento del sistema de transmisión para así estimar un roce general en esto. Si pudiéramos medir el torque, podríamos obtener información mas exacta de lo que pierde el sistema, como hablamos de un balance térmico, el tener esta información nos facilitaría el estudio y solución a esto. El rendimiento por transmisión tiene influencia directa sobre la potencia del eje compresor, con lo que cualquier disminución conlleva en una directa baja de las presiones nominales.

4. ¿Cómo sugiere Ud. Determinar el rendimiento de la transmisión?

Podría utilizarse un torquímetro, o incluso con métodos más modernos como análisis de vibración o distribución térmica, con estos valores mas precisos y con una velocidad media de rotación estaríamos en mejores condiciones de poder calcular la potencia del eje del compresor y así poder obtener el rendimiento.

5. ¿Qué comentario le sugiere el calor total de refrigeración y sus componentes?

La refrigeración es totalmente ineficiente, se pierde mucha energía en este proceso, este calor residual podría aprovecharse en una recirculación de la energía, pero eso ya es tema aparte para investigar.

6. ¿Dónde esta incluido el calor retirado por el aceite?

El desempeño del aceite lubricante son varias, reduce la fricción, el desgaste a la misma vez que funciona como refrigerante.

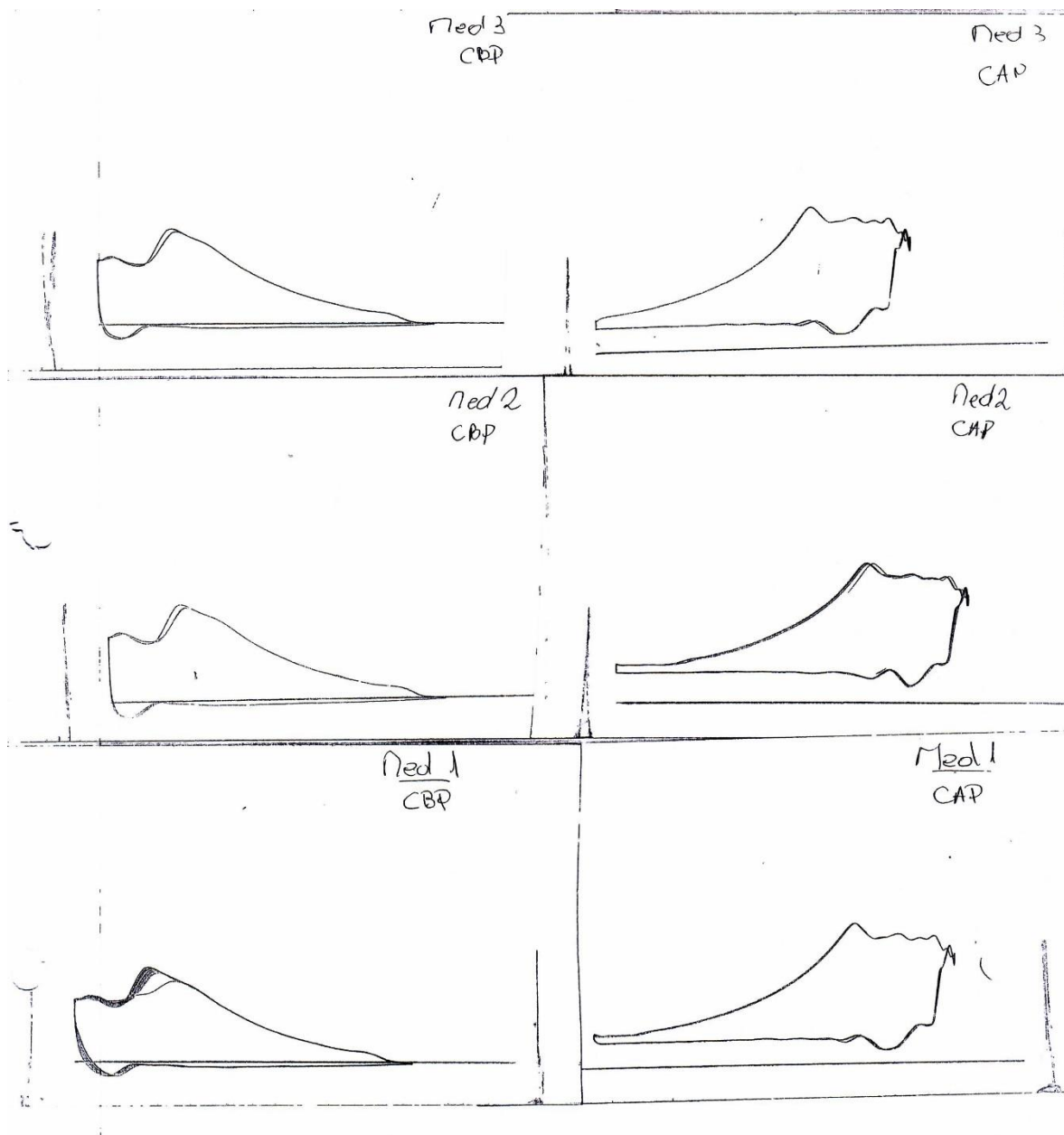
Dado el comportamiento que tiene este encaja en las perdidas varia, aquellas que no podemos determinar exactamente pero que sabemos que están allí. También podemos refutar esto sabiendo que en las perdidas varias se encuentra la perdida de calor por convección.

Conclusión.

Se logra mostrar donde se presentan las mayores pérdidas del proceso de compresión, lo cual nos permite saber donde establecer mejoras al sistema. La reutilización de energías residuales para otros procesos es posible.

Lo primordial de que se obtuvo de esto es la obtención del rendimiento y la comparación con valores referenciales de fábrica para así estimar el estado del compresor después de salido de fábrica.

Anexo.



Referencias.

Apuntes profesor Ramiro Mege.