



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ARAGÓN**

**“AHORRO DE ENERGÍA EN EMBOTELLADORA
METROPOLITANA S. DE R. L. DE C.V.**

(UTILIZANDO COMPRESORES THOME CREPELLE)”

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

ÁREA: INGENIERO INDUSTRIAL

PRESENTA:

JOSÉ IVÁN IXTLAHUACA LÓPEZ

DIRECTOR DE TESIS:

ING. ADRIÁN PAREDES ROMERO



FES ARAGÓN



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Mi tesis la dedico con todo mi amor y cariño.

Primeramente a Dios por ser mi mejor amigo, mi fortaleza, darme todo lo que tengo y no dejarme caer nunca a pesar de lo mucho que te eh fallado. Por nunca abandonarme y darme la oportunidad de vivir y darme una familia tan maravillosa.

Con mucho cariño principalmente **A MIS PADRES** que me dieron la vida y han estado conmigo en todo momento.

A ti PAPÁ por darme una carrera para mi futuro y por creer en mí, aunque hemos pasado momentos difíciles siempre has estado conmigo apoyándome y guiándome por el camino correcto cuando veías que estaba tomando el equivocado.

A ti MAMÁ por darme todo tu cariño y comprensión, por el apoyo y los buenos consejos que me diste en los momentos más difíciles que eh tenido en su momento y que con tu ayuda supe resolver y seguir adelante.

A mis **HERMANOS JUAN, LUCERO Y NAYELI** gracias muchas gracias por siempre apoyarme y nunca dejar de hacerlo aun sabiendo que estaba equivocado en decisiones que tome en su momento. Los quiero mucho y saben que conmigo son igual las cosas espero nunca lo olviden.

A mi **AMIGO JUAN MORÁN** que con su apoyo y su conocimiento que me brindo y que me enseñó, hoy pude terminar este proyecto, sobre todo por apoyarme en momentos tristes que tuve y por saber aconsejarme para salir adelante, no estancarme ahí y mirar siempre adelante en verdad te lo agradezco.

A **MIS TÍOS** que en su momento me ayudaron y me apoyaron siempre incondicionalmente, gracias por todo el apoyo.

A mis **AMIGOS** de la escuela gracias por estar conmigo en todo este tiempo viviendo momentos felices y tristes, esos momentos que son los que nos hacen crecer y valorar a las personas que nos rodean. Y a todos mis amigos en general muchas gracias.

Y a **EMBOTELLADORA METROPOLITANA S. DE R. L. de C.V.** por colaborar conmigo en este proyecto.

“Por todo esto les estoy eternamente agradecido y más que estén siempre conmigo a mi lado, los quiero con todo mi corazón y este trabajo más que mío es de ustedes”

CAPITULO 1: COMPRESORES

1. Principios básicos del aire comprimido.....	2
1.2 Que es un Compresor?	2
1.3 Clasificación de los compresores.....	3
1.4 Compresores Alternativos o de Embolo	3
a) Monofásico.....	4
b) Bifásico.....	4
c) De una Etapa.....	5
d) De varias Etapas.....	5
f) Compresores Rotativos o Centrífugos.....	6
g) Compresores de Pistón.....	7
h) Compresores de Pistón Líquido.....	8
i) Compresores de Paletas Rotativas.....	8
j) Compresor de Paleta Deslizantes.....	9
k) Compresor de Lóbulos.....	9
l) Compresor de Tornillos.....	10
1.5 Principio de Funcionamiento.....	11
a) Estructura de los Compresores.....	12
b) Espacio Muerto.....	13
c) Distribución y Regulación.....	13
d) Porque refinar el aire comprimido.....	15
e) Puesta en Marcha.....	15

f) Engrase.....	16
g) Instalaciones Auxiliares.....	16

CAPITULO 2: PLANTA METROPOLITANA S DE R. L. DE C.V.

Antecedentes.....	20
2.2 Situación Actual.....	20
2.3 Compresores Instalados.....	21
2.4 Mediciones Eléctricas.....	23

CAPITULO 3: NORMA ISO 8573.-1 CLASE 0

3.1 Introducción.....	29
3.2 Norma 8573-1 y Versión Actual.....	29
a) Certificación.....	30
3.3 Que es el TUV?.....	30
3.4 Pruebas de Caudal B1 y B2.....	30
3.5 Medio Ambiente.....	31
a).- Cual es el Impacto de la Temperatura Ambiente?.....	31
b).-Que sucede con la contaminación por Aceite en el Aire Ambiente?.....	31

CAPITULO 4: SISTEMA DE AHORRO DE ENERGÍA UTILIZANDO LOS COMPRESORES THOME CREPELLE DE ALTA PRESIÓN.

4.1 Desarrollo del Proyecto.....	34
4.2 Sistema de Ahorro de Energía Eléctrica.....	35
a) Calculo.....	35
b) Costo de Operación.....	35
c) Compresor Propuesto.....	36
d) Descripción del Compresor.....	37

e) Mantenimiento.....	45
CONCLUSIONES.....	47
BIBLIOGRAFÍA.....	48
GLOSARIO TÉCNICO.....	59

INTRODUCCIÓN

El aire comprimido es una de las formas de energía más antiguas que conoce el hombre y aprovecha para reforzar sus recursos físicos. Este es el motivo de que en los ramos industriales más variados utilicen aparatos neumáticos cuya alimentación continua y adecuada de aire garantizará el exitoso y eficiente desempeño de los procesos involucrados en la producción. El diseño y mantenimiento adecuado de redes de aire comprimido y sus respectivos accesorios, juega un papel decisivo en los procesos productivos involucrados cuya energía utilizada es el aire.

En la actualidad, una de las prioridades de la política energética de la mayoría de las empresas en México y en el mundo es lograr el más alto grado posible de eficiencia en su consumo de energía, acción que alivia en buena medida las presiones y los riesgos tanto de tipo económico como ecológico.

Es por eso que en Embotelladora Metropolitana S. de R. L. de C. V. viendo los costos excesivos que generan los compresores actualmente instalados y teniendo en cuenta los cambios climáticos que sufre el planeta a consecuencia del calentamiento global, está comprometida a seguir a la vanguardia en sus equipos, teniendo consigo los mejores equipos que ayuden en el ahorro de energía eléctrica y así poder ayudar a disminuir el calentamiento global que sufre actualmente nuestro planeta.

En un mercado tan competitivo y en constante crecimiento como lo es el del ramo embotellador, cualquier reducción en los costos de producción puede representar un ahorro significativo que le permitirá tener mayores márgenes de utilidad.

OBJETIVO:

1. Reducir el consumo de Energía Eléctrica a través de la optimización del Sistema de Aire Comprimido.
2. Optimizar la eficiencia de generación de aire comprimido, por medio de la sustitución de 2 compresores 37p40 de 315 Kw., por un solo equipo ZD de alta eficiencia tipo tornillo.

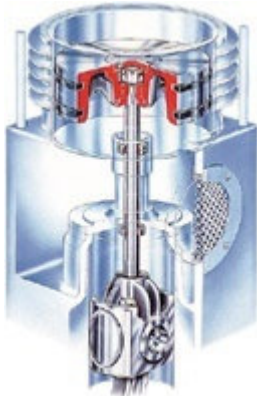
CAPITULO 1

“COMPRESORES”

1.1 PRINCIPIOS BÁSICOS DE AIRE COMPRIMIDO

El aire comprimido es limpio, seguro, simple y eficaz. No se producen humos de escape u otros productos derivados peligrosos cuando se usa el aire comprimido como energía. Se trata de una energía no contaminante.

Cuando un compresor comprime mecánicamente aire a presión atmosférica, la transformación del aire a 1 bar (presión atmosférica) en aire con una presión mayor (hasta 414 bar) está determinada por las leyes de la termodinámica. Afirman que un incremento en la presión supone un aumento del calor y el aire en compresión crea un incremento proporcional del calor. La ley de Boyle explica que, si se divide a la mitad un volumen de gas (aire) durante la compresión, se duplica la presión. La ley de Charles establece que el volumen de un gas cambia en proporción directa a la temperatura. Estas leyes explican que la presión volumen y temperatura son proporcionales, se cambia una variable, y también cambian las otras dos, de acuerdo con esta ecuación:



$$(P_1 V_1) / T_1 = (P_2 V_2) / T_2$$

Donde P=Presión V=Volumen y T=Temperatura del gas, siendo 1 un estado inicial antes de la carga, y siendo 2 el estado final después de una carga.

Cuando se aplica esto a un compresor, el volumen del aire (o **caudal**) y la presión del aire se pueden controlar y aumentarse hasta un nivel adecuado al modo en que se está utilizando. Normalmente, el aire comprimido se utiliza en valores de presión de 1 a 414 bar (14 a 6004 PSI) con diferentes velocidades de flujo, desde 0,1m³ (3.5 CFM – pies cúbicos por minuto) y superiores.

1.2 QUE ES UN COMPRESOR?

Máquina que eleva la presión de un gas, un vapor o una mezcla de gases y vapores. La presión del fluido se eleva reduciendo el volumen específico del mismo durante su paso a través del compresor. Comparados con turbo soplantes y ventiladores centrífugos o de circulación axial, en cuanto a la presión de salida, los compresores se clasifican generalmente como máquinas de alta presión, mientras que los ventiladores y soplantes se consideran de baja presión.

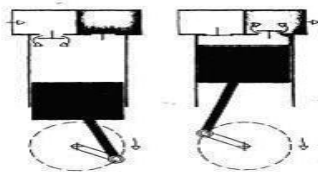
Los compresores se emplean para aumentar la presión de una gran variedad de gases y vapores para un gran número de aplicaciones. Un caso común es el compresor de aire, que suministra aire a elevada presión para transporte, pintura a pistola, inflamamiento de

neumáticos, limpieza, herramientas neumáticas y perforadoras. Otro es el compresor de refrigeración, empleado para comprimir el gas del vaporizador. Otras aplicaciones abarcan procesos químicos, conducción de gases, turbinas de gas y construcción.

1.3 CLASIFICACIÓN DE LOS COMPRESORES

Al clasificarse según el indicio constructivo los compresores volumétricos se subdividen en los de émbolo y de rotor y los de paletas en centrífugos y axiales. Es posible la división de los compresores en grupos de acuerdo con el género de gas que se desplaza, del tipo de transmisión y de la destinación del compresor. Al final de nuestro estudio los clasificaremos en: Compresor Alternativo o de Émbolo, Compresores Rotativos o Centrífugos, Compresor de Paleta Deslizantes, Compresor de Lóbulos, Compresor de Tornillos.

1.4 Compresor Alternativo o de Émbolo



Los compresores alternativos funcionan con el principio adiabático mediante el cual se introduce el gas en el cilindro por las válvulas de entrada, se retiene y comprime en el cilindro y sale por las válvulas de descarga, en contra de la presión de descarga. Estos compresores rara vez se emplean como unidades individuales, salvo que el proceso requiera funcionamiento intermitente. Por ejemplo, si hay que regenerar un catalizador cada dos o tres meses o se tiene un suministro de reserva en otra fuente, esto daría tiempo para reparar o reemplazar las válvulas o anillos de los pistones, si es necesario. Los compresores alternativos tienen piezas en contacto, como los anillos de los pistones con las paredes del cilindro, resortes y placas o discos de válvulas que se acoplan con sus asientos y entre la empaquetadura y la biela. Todas estas partes están sujetas a desgaste por fricción.

Los compresores alternativos pueden ser del tipo lubricado o sin lubricar. Si el proceso lo permite, es preferible tener un compresor lubricado, porque las piezas durarán más. Hay que tener cuidado de no lubricar en exceso, porque la carbonización del aceite en las válvulas puede ocasionar adherencias y sobrecalentamiento. Además, los tubos de descarga saturados con aceite son un riesgo potencial de incendio, por lo que se debe colocar corriente abajo un separador para eliminar el aceite. Los problemas más grandes en los compresores con cilindros lubricados son la suciedad y la humedad, pues destruyen la película de aceite dentro del cilindro.

La mejor forma de evitar la mugre es utilizar coladores temporales en la succión para tener un sistema limpio al arranque. La humedad y los condensables que llegan a la succión del compresor se pueden evitar con un separador eficaz colocado lo más cerca que sea posible del compresor. Si se va a comprimir un gas húmedo, habrá que pensar en camisas de vapor o precalentamiento del gas de admisión, corriente abajo del separador.

En los compresores sin lubricación, la mugre suele ser el problema más serio, y hay otros problemas que puede ocasionar el gas en sí. Por ejemplo, un gas absolutamente seco puede ocasionar un severo desgaste de los anillos; en este caso, hay que consultar con el fabricante, pues constantemente se obtienen nuevos datos de pruebas. En los compresores no lubricados, los anillos del pistón y de desgaste se suelen hacer con materiales rellenos con teflón, bronce, vidrio o carbón, según sea el gas que se comprime. El pulimento del cilindro a 12 pi (rms.) suele prolongar la duración de los anillos. La empaquetadura es susceptible del mismo desgaste que los anillos del pistón.

Las fugas por la empaquetadura se deben enviar a un sistema de quemador o devolverlas a la succión. Los compresores lubricados pueden necesitar tubos separados para lubricar la empaquetadura, aunque en los cilindros de diámetro pequeño quizá no se requieran.

Las empaquetadoras de teflón sin lubricación suelen necesitar enfriamiento por agua, porque su conductividad térmica es muy baja. Si se manejan gases a temperaturas inferiores a IOIF, el fabricante debe calcular la cantidad de precalentamiento del gas mediante recirculación interna. Esto significa que se necesitará un cilindro un poco más grande para mover el mismo peso de flujo.

Los compresores alternativos deben tener, de preferencia motores de baja velocidad, de acoplamiento directo, en especial si son de más de 300 HP; suelen ser de velocidad constante.

El control de la velocidad se logra mediante válvulas descargadoras, y estas deben ser del tipo de abatimiento de la placa de válvula o del tipo de descargador con tapón o macho.

Los descargadores que levantan toda la válvula de su asiento pueden crear problemas de sellamiento. La descarga puede ser automática o manual. Los pasos normales de descarga son 0-100%, 0-50-100%, o- 25-60-75-100% y se pueden obtener pasos intermedios con cajas de espacio muerto o botellas de despejo; pero, no se deben utilizar estas cajas si puede ocurrir polimerización, salvo que se tomen las precauciones adecuadas.

Los compresores alternativos de embolo se clasifican:

Según la fase de compresión en

- a) Monofásico o de Simple Efecto: cuando el pistón realiza una sola fase de compresión (la acción de compresión la ejecuta una sola cara del pistón).
- b) Bifásico de doble efecto o Reciprocanté cuando el pistón realiza doble compresión (la acción de compresión la realizan ambas caras del pistón).

Según las etapas de compresión se clasifican en:

- c) Compresores de una etapa cuando el compresor realiza el proceso de compresión en una sola etapa.
- d) Compresores de varias etapas cuando el proceso de compresión se realiza en más de una etapa por ejemplo una etapa de baja presión y una etapa de alta presión.

SEGÚN LA DISPOSICIÓN DE LOS CILINDROS SE CLASIFICA EN

Verticales -Horizontales

Los compresores alternativos abarcan desde una capacidad muy pequeña hasta unos 3.000 PCMS. Para equipo de procesos, por lo general, no se utilizan mucho los tamaños grandes y se prefieren los centrífugos. Si hay alta presión y un gasto más bien bajo, se necesitan los alternativos. El número de etapas o cilindros se debe seleccionar con relación a las temperaturas de descarga, tamaño disponible para los cilindros y carga en el cuerpo o biela del compresor.

Los tamaños más bien pequeños, hasta de unos 100 HP, pueden tener cilindros de acción sencilla, enfriamiento con aire, y se puede permitir que los vapores del aceite en el depósito (cárter) se mezclen con el aire o gas comprimidos. Estos tipos sólo son deseables en diseños especiales modificados.

Los tipos pequeños para procesos, de un cilindro y 25 o 200 HP, tienen enfriamiento por agua, pistón de doble acción, prensaestopas separado que permite fugas controladas y pueden ser del tipo no lubricado, en el cual el lubricante no toca el aire o gas comprimido. Se utilizan para aire para instrumentos o en aplicaciones pequeñas para gas de proceso. Los compresores más grandes para aire o gas son de dos o más cilindros. En casi todas las instalaciones, los cilindros se disponen en forma horizontal y en serie, de modo que presenten dos o más etapas de compresión. El número de etapas de compresión depende, en gran parte de la elevación de temperatura en una etapa, que suele estar limitada a unos 250°F; de la carga en el cuerpo o biela que se puede manejar y, de vez en cuando, del aumento total en la presión en una etapa, respecto del diseño de las válvulas del compresor, que suelen ser para menos de 1.000 psi.

La relación o razón total de compresión se determina para tener una idea inicial aproximada del número de etapas. Si la relación es muy alta, entre 3.0 y 3.5 para una sola etapa, entonces la raíz cuadrada de la relación total será igual a la relación por etapa para las dos etapas, a la raíz cúbica para tres etapas, etc. Las presiones inter-etapas y la relación por etapa reales se modificarán después de tener en cuenta las caídas de presión en ínter enfriadores, tubería entre etapas, separadores y amortiguadores de pulsaciones, si se utilizan.

Los compresores de émbolo comprimen gases y vapores en un cilindro a través de un émbolo de movimientos rectilíneo y se utilizan para el accionamiento de herramientas neumáticas (6 a 7 kg/cm²), instalaciones frigoríficas de amoníaco (hasta 12 kg/cm²),

abastecimiento de gas a distancia (hasta 40 kg/cm^2), licuación del aire (hasta 200 kg/cm^2), locomotoras de aire comprimido (hasta 225 kg/cm^2) e hidrogenación y síntesis a presión (hasta más de 1000 kg/cm^2).

F	Superficie eficaz del émbolo (m^2) carrera del émbolo (m) revoluciones por minuto
$V_h = F_s$	Cilindrada (M^3)
$g V_h F_s$	Espacio perjudicial (m^3)
$V^h + g V_h$	Espacio total encerrado dentro de los órganos de cierre del cilindro (m^3)
P	Presión (kg/cm^2)
$P_1 P_2$	Presión media en la tubería antes y después del escalón correspondiente (kg/cm^2)
$P_1 \{ P_2 \}$	Presión media de aspiración y impulsión en el cilindro del escalón correspondiente (kg/cm^2).
$V_{\&}$	Volumen indicado de aspiración (m^3)
$V = V_{ef}$	Volumen o gasto efectivo, referido al estado de la aspiración (m^3 / min), (m^3 / h)
n_v	Rendimiento volumétrico Grado de aprovechamiento
E	Trabajo de la compresión o de expansión (kg/m^3)

f) Compresores Rotativos o Centrífugos

Los compresores centrífugos impulsan y comprimen los gases mediante ruedas de paletas. Los ventiladores como se ven en la fig.2 son compresores centrífugos de baja presión con una rueda de paletas de poca velocidad periférica (de 10 a 500 mm de columna de agua; tipos especiales hasta 1000 mm). Las máquinas soplantes rotativas son compresores centrífugos de gran velocidad tangencial (120 a 300 m/seg.) y una relación de presiones por escalón $p_2/p_1 = 1,1$ a 1,7. Montando en serie hasta 12 ó 13 rotores en una caja puede alcanzarse una presión final de $\gg 12 \text{ kg/cm}^2$, comprimiendo aire con refrigeración repetida.

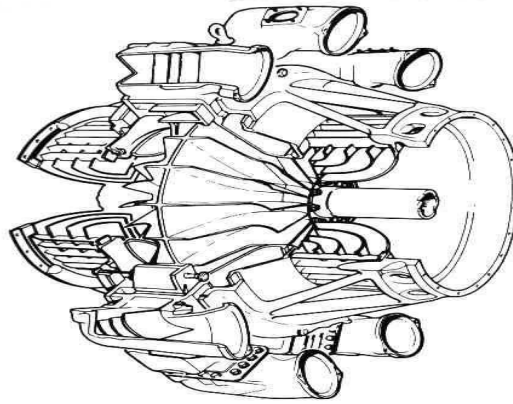


Fig.2 Compresor Centrífugo

g) Compresores de pistón

El compresor de pistón es uno de los más antiguos diseños de compresor, pero sigue siendo el más versátil y muy eficaz. Este tipo de compresor mueve un pistón hacia delante en un cilindro mediante una varilla de conexión y un cigüeñal como se muestra en la fig.3. Si sólo se usa un lado del pistón para la compresión, se describe como una acción única. Si se utilizan ambos lados del pistón, las partes superior e inferior, es de doble acción.

La versatilidad de los compresores de pistón no tiene límites. Permite comprimir tanto aire como gases, con muy pocas modificaciones. El compresor de pistón es el único diseño capaz de comprimir aire y gas a altas presiones, como las aplicaciones de aire respirable.

La configuración de un compresor de pistón puede ser de un único cilindro para baja presión/bajo volumen, hasta una configuración de varias etapas capaz de comprimir a muy altas presiones. En estos compresores, el aire se comprime por etapas, aumentando la presión antes de entrar en la siguiente etapa para comprimir aire incluso a alta presión.

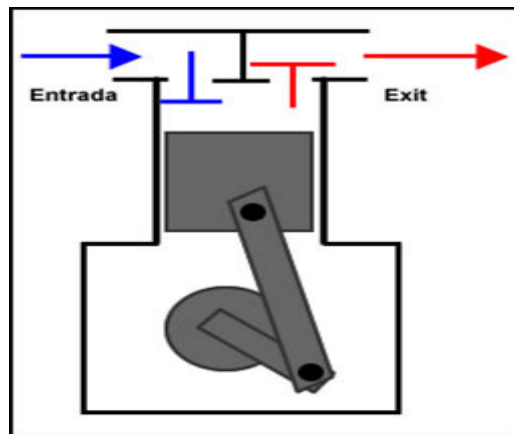


Fig. 3 Compresor de pistón

Tipos típicos de Aplicaciones:

Compresión de gas (CNG, nitrógeno, gas inerte, gas de vertederos), alta presión (aire respirable para cilindros de buceo, prospecciones sísmicas, circuitos de inyección de aire), embotellado P.E.T, arranque de motores, animación

h) Compresor de Pistón Líquido

El compresor rotatorio de pistón de líquido es una máquina con rotor de aletas múltiple girando en una caja que no es redonda. Como muestra en la fig. 4 la caja se llena, en parte de agua y a medida que el rotor da vueltas, lleva el líquido con las paletas formando una serie de bolsas. Como el líquido, alternadamente sale y vuelve a las bolsas entre las paletas (dos veces por cada revolución). A medida que el líquido sale de la bolsa la paleta se llena de aire. Cuando el líquido vuelve a la bolsa, el aire se comprime.

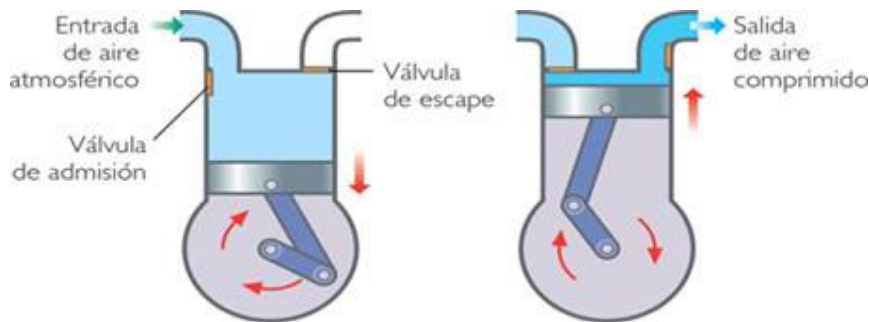


Fig. 4 Compresor de Pistón Líquido

i) Paletas Rotativas

El compresor de paletas, basado en una tecnología tradicional y experimentada, se mueve a una velocidad muy baja (1450 rpm), lo que le otorga una fiabilidad sin precedentes. El rotor, la única pieza en movimiento constante, dispone de una serie de ranuras con paletas deslizantes que se desplazan sobre una capa de aceite.

El rotor gira en el interior de un estator cilíndrico. Durante la rotación, la fuerza centrífuga extrae las paletas de las ranuras para formar células individuales de compresión. La rotación reduce el volumen de la célula y aumenta la presión del aire.

El calor que genera la compresión se controla mediante la inyección de aceite a presión.

El aire a alta presión se descarga a través del puerto de salida con los restos de aceite eliminados por el separador de aceite final. **Aplicaciones típicas:**

OEM, impresión, neumática, laboratorios, odontología, instrumentos, máquinas herramienta, envasado, robótica

j) Compresores de paletas deslizantes

Este tipo de compresores consiste básicamente de una cavidad cilíndrica dentro de la cual está ubicado en forma excéntrica un rotor con ranuras profundas, unas paletas rectangulares se deslizan libremente dentro de las ranuras de forma que al girar el rotor la fuerza centrífuga empuja las paletas contra la pared del cilindro. El gas al entrar, es atrapado en los espacios que forman las paletas y la pared de la cavidad cilíndrica es comprimida al disminuir el volumen de estos espacios durante la rotación como se ve en la figura 5.

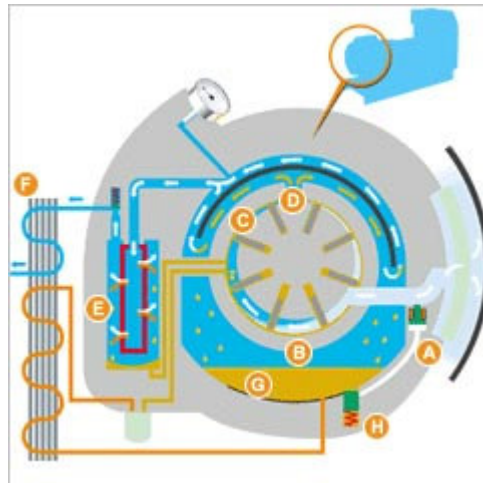


Fig. 5 Compresor de Paletas

k) Compresores de lóbulos (Roots)

Se conocen como compresores de doble rotor o de doble impulsor aquellos que trabajan con dos rotores acoplados, montados sobre ejes paralelos, para una misma etapa de compresión. Una máquina de este tipo muy difundida es el compresor de lóbulos mayor conocida como "Roots", de gran ampliación como sobre alimentador de los motores diesel o sopladores de gases a presión moderada. Los rotores, por lo general, de dos o tres lóbulos están conectados mediante engranajes exteriores. El gas que entra al soplador queda atrapado entre los lóbulos y la carcasa; con el movimiento de los rotores de la máquina, por donde sale, no pudieron regresarse debido al estrecho juego existente entre los lóbulos que se desplazan por el lado interno. En la figura 6 muestra la forma de trabajo del compresor.

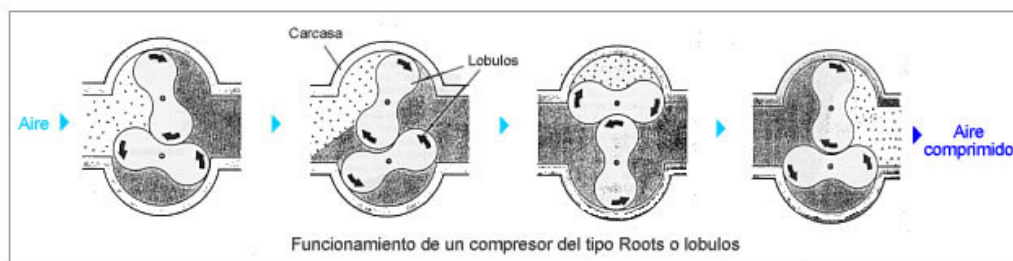


Fig. 6 Compresor de Lóbulos

1) Compresores de tornillo

El compresor de tornillo es un compresor de desplazamiento con pistones en un formato de tornillo; este es el tipo de compresor predominante en uso en la actualidad. Las piezas principales del elemento de compresión de tornillo comprenden rotores machos y hembras que se mueven unos hacia otros mientras se reduce el volumen entre ellos y el alojamiento. La relación de presión de un tornillo depende de la longitud y perfil de dicho tornillo y de la forma del puerto de descarga

La compresión por rotores paralelos puede producirse también en el sentido axial con el uso de lóbulos en espira a la manera de un tornillo sin fin. Acoplando dos rotores de este tipo, uno convexo y otro cóncavo, y haciéndolos girar en sentidos opuestos se logra desplazar el gas, paralelamente a los dos ejes, entre los lóbulos y la carcasa.

El tornillo no está equipado con ninguna válvula y no existen fuerzas mecánicas para crear ningún desequilibrio. Por tanto, puede trabajar a altas velocidades de eje y combinar un gran caudal con unas dimensiones exteriores reducidas. En la figura 7 se muestra la forma de trabajo del compresor por dentro.

Las revoluciones sucesivas de los lóbulos reducen progresivamente el volumen de gas atrapado y por consiguiente su presión, el gas así comprimido es forzado axialmente por la rotación de los lóbulos helicoidales hasta 1ª descarga. Tipos típicos de aplicaciones:

Alimentación y bebidas, militar, aeroespacial, automoción, industrial, electrónica, fabricación, petroquímica, médica, hospitalaria, farmacéutica, aire de instrumentos

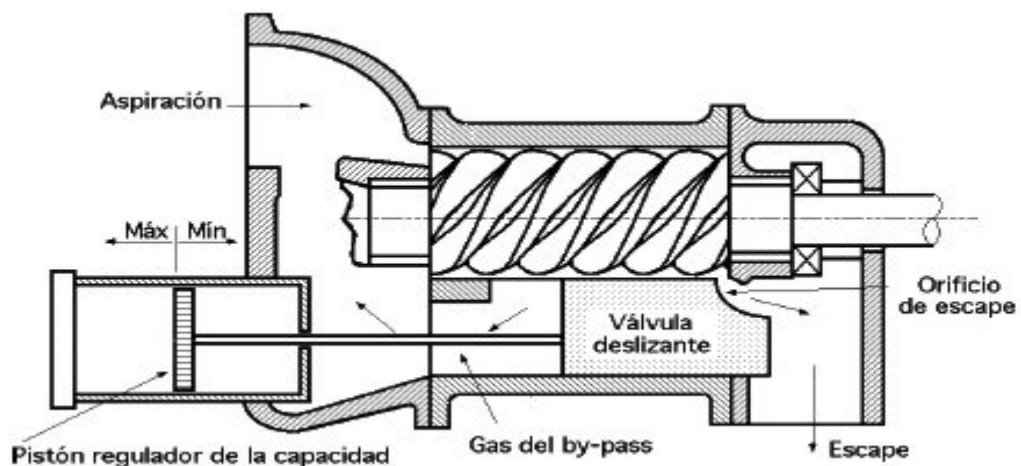


Fig. 7 Compresor de Tornillo

1.4 PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO

Los compresores rotativos pertenecen a la clase de maquinas volumétricas; por su principio de funcionamiento son análogos a las bombas rotativas. Los más difundidos son los compresores rotativos de placas; últimamente hallan aplicación los compresores helicoidales.

Al girar el rotor, situado excéntricamente en el cuerpo, las placas forman espacios cerrados, que trasladan el gas de la cavidad de aspiración a la cavidad de impulsión. Con esto se efectúa la compresión del gas. Tal esquema del compresor, teniendo buen equilibrio de las masas en movimiento, permite comunicar al rotor la alta frecuencia de rotación y unir la maquina directamente con motor eléctrico.

Al funcionar el compresor de placas se desprende una gran cantidad de calor a causa de la presión mayores de 1,5 el cuerpo del compresor se fabrica con enfriamiento por agua.

Los compresores de placas pueden utilizarse para aspirar gases y vapores de los espacios con presión menor que la atmosférica. En tales casos el compresor es una bomba de vacío. El vacío creado por las bombas de vacío de placas alcanza el 95%.

El caudal del compresor de placas depende de sus dimensiones geométricas y de la frecuencia de rotación. Si se considera que las placas son radiales el volumen del gas encerrado entre dos de estas donde f es la superficie máxima de la sección transversal entre las placas, l la longitud de la placa.

Las piezas de trabajo principales del compresor son los visinfirmes (tomillo) de perfil especial; la disposición recíproca de los tornillos está fijada estrictamente por las ruedas dentadas que se encuentran en engrane, encajadas sobre los arboles. El huelgo en el engranaje en estas ruedas dentadas sincronizadas es menor que los tornillos, por lo cual la fricción mecánica en los últimos está excluida. El tornillo con cavidades es el órgano distributivo del cierre, por eso la potencia transmitida por las ruedas por las ruedas dentadas sincronizadas no es grande, por consiguiente, es pequeño su desgaste. Esta circunstancia es muy importante debido a la necesidad de conservar huelgos suficientes en el par de tornillos.

EJEMPLO:

Funcionamiento:

El aire es succionado a través del filtro de admisión (1), comprimiéndolo hasta su presión final en los cilindros (2), (3) y (4) y refrigerado mediante los enfriadores intermedios (5) y (6) y el enfriador final (7).

Las válvulas de seguridad (8), (9) y (10), protegen la presión de las respectivas etapas.

El aire, una vez comprimido es purificado por el filtro intermedio (11), y tratado por el filtro central (12).

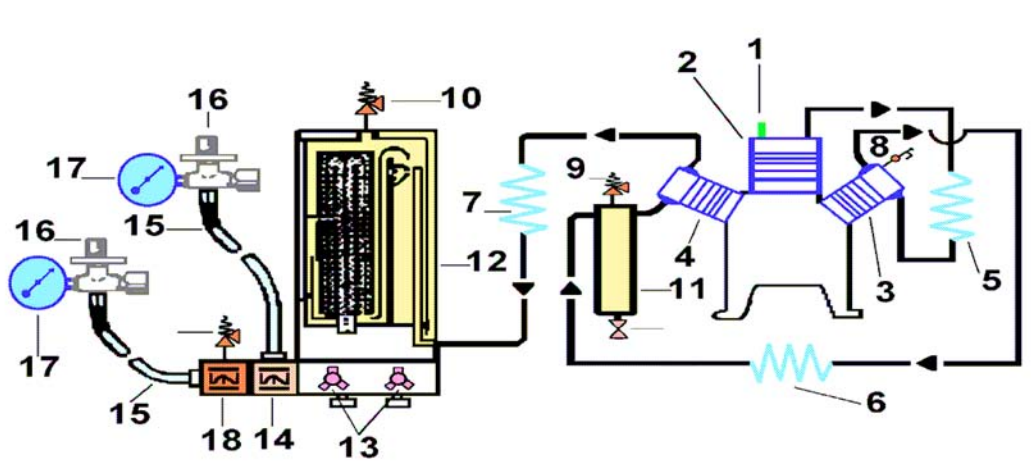
Las válvulas de purga o vaciado de condensación (13), purgan los filtros intermedios (11) y central (12).

La válvula de mantenimiento de presión (14), mantiene constante la presión en el interior del filtro central (12).

A través del tubo de llenado (15) y de la válvula de llenado (16), el aire comprimido y purificado es conducido hasta las botellas para proceder a su llenado.

La presión de llenado puede leerse en el indicador de presión (17).

Los compresores pueden tener un dispositivo de conmutación (18). En tal caso, la válvula de seguridad (19) toma la función de la válvula de seguridad final (10).



a) Estructura de los Compresores

Los compresores de placas se fabrican para caudales de hasta $500\text{m}^3/\text{min.}$ y con dos etapas de compresión con enfriamiento intermedio crean presiones de hasta 1.5Mpa.

Los elementos principales de esta estructura son: rotor, cuerpo, tapas, enfriador y arboles. El cuerpo y las tapas del compresor se enfrían por el agua. Los elementos constructivos tienen ciertas particularidades. Para disminuir las pérdidas de energía de la fricción mecánica de los extremos de las placas contra el cuerpo en este se colocan dos anillos de descarga que giran libremente en el cuerpo. A la superficie exterior de estos se envía lubricación. Al girar el rotor los extremos de las placas se apoyan en el anillo de descarga y se deslizan parcialmente por la superficie interior de estos; los anillos de descarga giran simultáneamente en el cuerpo.

Al fin de disminuir las fuerzas de fricción en las ranuras las placas se colocan no radicalmente sino desviándolas hacia adelante en dirección de la rotación. El ángulo de

desviación constituye 7 a 10 grados. En este caso la dirección de la fuerza que actúa sobre las placas por lado del cuerpo y los anillos de descarga se aproxima a la dirección de desplazamiento de la placa en la ranura y la fuerza de fricción disminuye.

Para disminuir las fugas de gas a través de los huelgos axiales, en el buje del rotor se colocan anillos de empacaduras apretados con resortes contra las superficies de las tapas.

Por el lado de salida del árbol a través de la tapa, se ha colocado una junta de prensaestopas con dispositivos tensor de resortes.

Regulación del caudal

De la ecuación para determinar el caudal de los compresores de rotor se ve que el caudal es proporcional a la frecuencia de rotación del árbol del compresor. De esto se deduce el procedimiento de regulación de Q cambiando n.

Los compresores de placas se unen con los electromotores en la mayoría de los casos directamente y la frecuencia de rotación de estos constituyen 1540, 960, 735 rpm. Para regular el caudal en este caso es necesario empatar entre los arboles del motor y el compresor un vareador de velocidad.

La frecuencia de rotación de los compresores helicoidales es muy alta, alcanza en el caso de accionamiento por turbina de gas, 15000 rpm. Los compresores helicoidales grandes de fabricación habitual funcionan con una frecuencia de rotación de 3000 rpm.

Para ambos tipos de compresores rotativos se emplean en los procedimientos de regulación del caudal por estrangulación en la aspiración, el trasiego del gas comprimido en la tubería de aspiración y las paradas periódicas

b) Espacio Muerto

Los cilindros de los compresores siempre se fabrican con espacio muerto; esto es necesario para evitar el golpe del embolo contra la tapa al llegar este a la posición extrema.

El volumen del espacio muerto habitualmente se aprecia en proporciones o porcentajes de volumen de trabajo del cilindro y se llama volumen relativo del espacio muerto:

$$A=V_m/V_{tr}$$

En los compresores monoetapicos modernos, en el caso cuando las válvulas se encuentran en la etapa de los cilindros $A=0.025$ a 0.06

c) Distribución y Regulación

Los órganos de cierre de la entrada y la salida del gas en el cilindro son en general válvulas automáticas de plancha de acero esmerilada por ambas caras y de 2 a 3 mm de espesor,

corrientemente con forma anular y cargadas por resorte de presión para seguridad del cierre.

La carrera de la válvula (normalmente de 2 a 4 mm; para gran número de revoluciones 1 a 1,5 mm) está limitada por un tope atornillado al asiento de válvula. Las válvulas, dispuestas a un costado del cilindro o en la culata del mismo, son fáciles de montar y desmontar. Para que las válvulas se conserven mejor y ocasionen poca pérdida de carga debe exceder de 30 m/seg. Y con presiones superiores a 100 kg/cm² sólo a 15 m/seg. Material para los platos de válvula altamente fatigados, acero especial poco aleado.

Las instalaciones de compresores trabajan en general con toma irregular y necesitan, por lo tanto, una regulación. Sistemas usuales de regulación:

Arranque y paro. Para pequeñas instalaciones con impulsión eléctrica. Según sea la presión del acumulador de aire, se conectan y desconectan automáticamente el motor y el agua de refrigeración. El acumulador debe tener suficiente capacidad para que no se realicen más de 8 a 10 conmutaciones por hora.

Ajuste del número de revoluciones en el accionamiento por máquinas de émbolo. Con número constante de revoluciones:

1. Regulación por marcha en vacío. El regulador de presión cargado con peso o resorte conecta el compresor a marcha en vacío en cuanto la presión del acumulador excede de la ajustada y conecta de nuevo a plena carga en cuanto la presión baja un 10%. La marca en vacío se verifica por cierre del tubo de aspiración o manteniendo abierta la válvula de aspiración con ayuda de un descompresor.
2. Regulación escalonada. La potencia se disminuye escalonadamente al 75%, al 50%, al 25% y a vacío, por intercalación de espacios perjudiciales fijos y conexión a marcha en vacío de las distintas caras de émbolo en los escalones de múltiple efecto.
3. Regulación progresiva del gasto (sin escalonar). En general se realiza manteniendo abierta durante un tiempo graduable (mayor o menor) las válvulas de aspiración durante las carreras de compresión mediante descompresores accionados por gas o aceite a presión o por resortes.

Si en el compresor de varios escalones se regula sólo el primer escalón, es decir se disminuye su grado de aprovechamiento, baja en éste nada más la relación de presiones y aumenta su grado de aprovechamiento, baja en éste nada más la relación de presiones y aumenta en el último, permaneciendo casi constante la relación de presiones y aumenta en el último, permaneciendo casi constante la relación de presiones en todos los escalones intermedios.

Normalmente manteniendo abierta la válvula de aspiración. Los compresores grandes tienen para esto conductos especiales de by-pass. En las máquinas pequeñas que aspiran a

través del émbolo, la marcha en vacío se realiza por cierre del conducto de aspiración, abriendo al mismo tiempo un by-pass que establece la comunicación entre las caras de aspiración y de impulsión.

d) ¿Por qué refinar el aire comprimido?

El aire es una mezcla incolora, inodora e insípida de muchos gases, principalmente nitrógeno e hidrógeno. El aire se contamina naturalmente con partículas sólidas, del tipo de polvo, arena, hollín y cristales de sal.

El vapor de agua es otro ingrediente natural que se puede encontrar en cantidades variables en el aire. La cantidad de vapor de agua y la contaminación del aire juegan un papel vital en el proceso de compresión y en la calidad del aire suministrado por el compresor.

Las propiedades para causar daños y la corrosión del agua son bien conocidas. El aire sin tratar a presión atmosférica contiene importantes cantidades de agua y otros contaminantes, del tipo de gotas de aceite y partículas de polvo. Cuando se comprime el aire, aumenta la concentración de humedad y otros contaminantes. Si permanece en el sistema, esta mezcla tiene un efecto negativo sobre los equipos neumáticos, causando paradas de producción innecesarias, productos arruinados y reducción de la vida útil de los equipos.

Los filtros de aire comprimido eliminan los contenidos de aceite y suciedad, mientras las secadoras de aire comprimido eliminan el vapor de agua antes de que el aire alcance el punto de utilización.

e) Puesta en Marcha

Comprobar el nivel del aceite en el cárter las cabezas de las bielas y los contrapesos del cigüeñal no deben sumergirse, las tuberías de aspiración y de impulsión de la bomba de engranajes deben llenarse de aceite). Si es necesario, limpiar el filtro. Cargar los engrasadores de presión del cilindro y, observando por las mirillas de vidrio, hacerlos girar a mano de vez en cuando. Comprobar la libertad de trabajo del regulador de presión y conectar el compresor para marcha en vacío. Abrir el agua de refrigeración y esperar a que salga. Abrir las llaves o compuertas de los tubos de aspiración y de impulsión. Poner en marcha la máquina de accionamiento (en general debe alcanzarse el máximo número de revoluciones al cabo de unos 10 segundos). Cargar poco a poco el compresor. Regular el agua de refrigeración para que su temperatura de salida sea inferior a 40° (peligro de incrustaciones).

Al poner en marcha por primera vez la máquina de accionamiento, compruébese el sentido de rotación, pues si gira al revés no funcionarán la bomba de engranajes ni el sistema de engrase a presión. Después de una reparación importante se tratará de dar a mano varias vueltas a la máquina, para asegurarse de que los émbolos y la transmisión se mueven sin dificultad.

f) Engrase

Para la lubricación de los compresores de émbolo se emplean los mismos métodos que para las máquinas de vapor, salvo las altas exigencias de los aceites de engrase a causa del gran calor radiado por los cilindros de vapor.

Para el engrase de los cilindros, como para las máquinas de vapor, se emplean bombas de émbolo buzo de funcionamiento obligado por la transmisión.

Aún con altas presiones de gas deben procurarse aceites de poca viscosidad. Un aceite viscoso exige una potencia innecesariamente grande y hace que las válvulas tengan más tendencia a pegarse y romperse. Para muy altas presiones, se emplean, sin embargo,

Algunas veces los aceites viscosos para mejora la hermeticidad, aunque la temperatura del gas sea más baja. A ser posible se utilizara el aceite para el engrase del cilindro y de la transmisión, pues ello facilita la recuperación y nuevo empleo del aceite. Los aceites para cilindros con 7 a 28 grados Engler son también buenos aceites para la transmisión.

Conducción del aceite como en las máquinas de vapor. El consumo de aceite de los compresores es tan sólo la tercera parte de los que se indico para las máquinas de vapor.

Para economizar el valioso aceite para cilindros, las máquinas que comprimen gases con adiciones solubles en aceite (bencina, benzol, naftalina y anhídrido sulfuroso) se emanan con emulaciones de aceite en agua. Téngase aquí preséntese las prensas de engrase son existentes son adecuadas.

g) Instalaciones Auxiliares

Refrigeradores del Gas (para enfriar el gas después de cada escalón)

Con presiones bajas se emplea preferentemente el refrigerador de haz tubular, en el que circula el gas por fuera de los tubos y el agua por dentro de los mismos, o el refrigerador con elementos de tubos de aletas.

En los refrigeradores de haz tubular se dan al gas varios cambios de dirección mediante unos mamparos en laberinto para que la velocidad del gas sea la conveniente a la buena transmisión del calor. En los refrigeradores de elementos no existe laberinto, por lo cual ocasiona menos pérdidas de carga. Otras ventajas del refrigerador de elementos: poco espacio ocupado por los tubos de aletas, lo que permite disponer grandes espacios de amortiguamiento y de condensación de en la caja del refrigerador, y facilidad de limpieza por la sencillez de desmontaje de los elementos refrigeradores.

Para gases con muchas impurezas, que ensucian rápidamente los tubos de aletas, se emplea, aunque la transmisión térmica sea menos eficaz, el refrigerador de haz tubular (c) con circulación del gas por el interior de los tubos y agua por la contracorriente por el exterior.

Estos refrigeradores son muy sensibles a la corrosión exterior por el agua en la parte inmediata a la entrada de gas.

Para grandes presiones se emplean el refrigerador de serpentín (e), por cuyo interior circula el gas, sumergido en un depósito de agua, o el refrigerador de tubos dobles (d) coaxiales, circulando el gas por el tubo interior, y el agua, en contracorriente, por el espacio entre los dos tubos.

Datos sobre tamaño y peso de los elementos y de haz tubular, tabla 3.

Se procura conseguir un enfriamiento de los gases hasta unos 5 a 10° por encima de la temperatura de entrada del agua de refrigeración.

Refrigeradores de Gas

La cantidad de calor Q [Kcal/h] eliminada en cada escalón se obtiene aproximadamente, de la potencia del escalón Ni [HP] y de la cantidad de vapor de agua condensado en el refrigerador G_w (Kg.), por la fórmula

$$Q=632 Ni + 600 G_w.$$

De Q y de la elevación de temperatura admitida en el agua de refrigeración se obtiene la cantidad necesaria de esta última. La temperatura de salida del agua no debe pasar de 40° para evitar la formación de incrustaciones. Velocidad del agua 1,5 a 2 m/seg.; velocidad del gas 5 a 15 m/seg.

A la resistencia al paso del calor 1/k por superficies limpias hay que añadir, por la suciedad inevitable de 0,0005 a 0,001 m²h° /Kcal por cada cara en contacto con agua o gas, o más si se trabaja en condiciones desfavorables.

Filtros de polvo

Acumulador de aire a presión. Compensa las pulsaciones del compresor y también, como indica su nombre, actúa como acumulador. Su capacidad será holgada para evitar un trabajo excesivo del regulador y conseguir un buen efecto separador del agua y del aceite.

$$\text{Volumen del acumulador} \geq 0,5\sqrt{10 V} \left[m^3 \right] \text{ siendo } V \text{ el gasto del compresor } \left[m^3 / \text{min.} \right].$$

Los acumuladores de aire, reglamentados como recipientes de presión, llevarán válvula de seguridad, manómetro con brida de verificación y, en su punto más bajo, dispositivos de desagüe. El manómetro llevará una señal indicadora de la presión máxima. Ajuste de la válvula de seguridad perfectamente garantizado. Los acumuladores de 800 mm de diámetro y mayores llevarán agujero de hombre de forma oval para facilitar la inspección interior.

Funcionamiento

Vigilar el nivel y la presión del aceite, así como la carga y el funcionamiento de los engrasadores a presión para el cilindro, la temperatura y la presión del gas y el circuito de agua de refrigeración. Auscultar regularmente la máquina por si produce golpes o ruidos anormales en las válvulas. Verificar a menudo los cojinetes, superficies de deslizamiento y vástago del émbolo por si se calientan más de lo normal. Tocar con la mano las tuberías de aspiración del gas de los prensaestopas (si aquellas están calientes, los prensaestopas están mal ajustados; las fugas pequeñas se corrigen con un fuerte engrase). Con intervalos de media a una hora se dará salida al agua y al aceite acumulado en los refrigeradores intermedios. Una vez al día, como mínimo se purgará el agua del acumulador de aire. Cada hora, leer y anotar en el diario de máquinas la presión de trabajo, las temperaturas del gas, del aceite y del agua de refrigeración y otros datos de servicio. Los engrasadores se llenarán siempre con aceite nuevo, comprobando de vez en cuando el consumo de aceite y rectificando la regulación

CAPITULO 2

**“EMBOTELLADORA
METROPOLITANA
S.A. DE .R.L. DE C.V.”**

PLANTA: EMBOTELLADORA METROPOLITANA S. DE R.L. DE C.V.
UBICACIÓN: SAN LORENZO HUIPULCO # 69, TLALPAN D.F.

ANTECEDENTES:

La Planta Embotelladora Metropolitana S.A. DE R.L. DE C.V. se encuentra ubicada la calle Acoxpa No. 69 Col. San Lorenzo Huipulco Del. Tlalpan. Es una empresa del ramo alimenticio que mensualmente produce 1, 833,000 paquetes de refresco y agua, teniendo así una producción anual de 22 millones de cajas al año

La Planta Trabaja de lunes a sábado en tres turnos, de las 6:30 am a 14:30 hrs en el primer turno, 14:30 hrs a 22:00 hrs el segundo turno y 22:00 hrs a 6:30 am en el tercer turno, cubriendo así 24 horas de trabajo diario y teniendo un periodo de trabajo de 26 días al mes y 313 días de trabajo total al año.

Y el tiempo de trabajo de los compresores es de 20 hrs diarias durante 261 días al año.

COSTOS ENERGÉTICOS:

Para el cálculo de los ahorros, se utilizo los costos de la energía eléctrica para el mes de Octubre-Noviembre cuyo costo debido a la fluctuación tan elevada del sistema es de \$1.30 MN Kw/h. y de \$85.71 MN costo por Kw.

2.2 SITUACIÓN ACTUAL:

Operación del equipo

En este análisis energético, se consideran las siguientes condiciones para obtener los parámetros eléctricos de la evolución:

- Condición Típica de Operación
- Eficiencia Volumétrica en operación de los equipos instalados
- Factor de Carga de los equipos
- Tiempo de Operación

La Planta cuenta con 6 compresores de aire tipo Reciprocanté con los siguientes datos:

3 Compresores de Aire 37P32 del Tipo Reciprocanté, Marca Thome Crepelle de 250 Kw
3 Compresores de Aire 37P40 del Tipo Reciprocanté, Marca Thome Crepelle de 315 Kw

2.3 COMPRESORES INSTALADOS

TABLA 1 CONCENTRACIÓN DE DATOS DE PLACA DE COMPRESORES INSTALADOS:

MARCA	MODELO	CONTROL	POTENCIA A NOMINAL KW	CAPACIDAD (L/S)
THOME CREPELLE	37P40	CARGA-DESCARGA	315	500
THOME CREPELLE	37P40	CARGA-DESCARGA	315	500
THOME CREPELLE	37P40	CARGA-DESCARGA	315	500
THOME CREPELLE	37P32	CARGA-DESCARGA	250	350
THOME CREPELLE	37P32	CARGA-DESCARGA	250	350
THOME CREPELLE	37P32	CARGA-DESCARGA	250	350
		TOTAL	1,695 Kw	3,550 L/S



2.4 MEDICIONES ELÉCTRICAS

La medición se realizó mediante el monitoreo de consumo de corriente eléctrica con los aparatos de medición denominados ii-track, el intervalo de registro fue segundo a segundo desde el día 30 de Octubre hasta el día 06 de Noviembre del 2008. A partir de las mediciones efectuadas se pueden resumir los parámetros eléctricos en la tabla siguiente:

TABLA 2. PARÁMETROS ELÉCTRICOS MEDIDOS DE LOS COMPRESORES INSTALADOS:

COMPRESOR	POTENCIA NOMINAL (Kw)	TENSIÓN (VOLTS)	CORRIENTE (AMPERES)	RAÍZ DE 3	FACTOR DE POTENCIA	POTENCIA ELÉCTRICA MEDIDA (KW)
THOME CREPELLE	315	430	510	1.732	0.8	303.86208
THOME CREPELLE	315	430	510	1.732	0.8	303.86208
THOME CREPELLE	315	430	510	1.732	0.8	303.86208
THOME CREPELLE	250	430	420	1.732	0.8	250.239
THOME CREPELLE	250	430	420	1.732	0.8	250.239
THOME CREPELLE	250	430	420	1.732	0.8	250.239
TOTALES	1695					1662.303kw

De acuerdo a las mediciones efectuadas que se encuentran en la tabla No. 2 la demanda eléctrica promedio total es de:

Consumo Eléctrico Anual = 1662.303 * 5220 = 8, 677, 221.66 Kwh/año.

TABLA DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS MEDIDOS:

DEMANDA (Kw)	TIEMPO (Hrs/Año)	CONSUMO (Kwh/Año)
1662.303	5220	8677221.66

El Costo por demanda y consumo eléctrico anual de los compresores es:

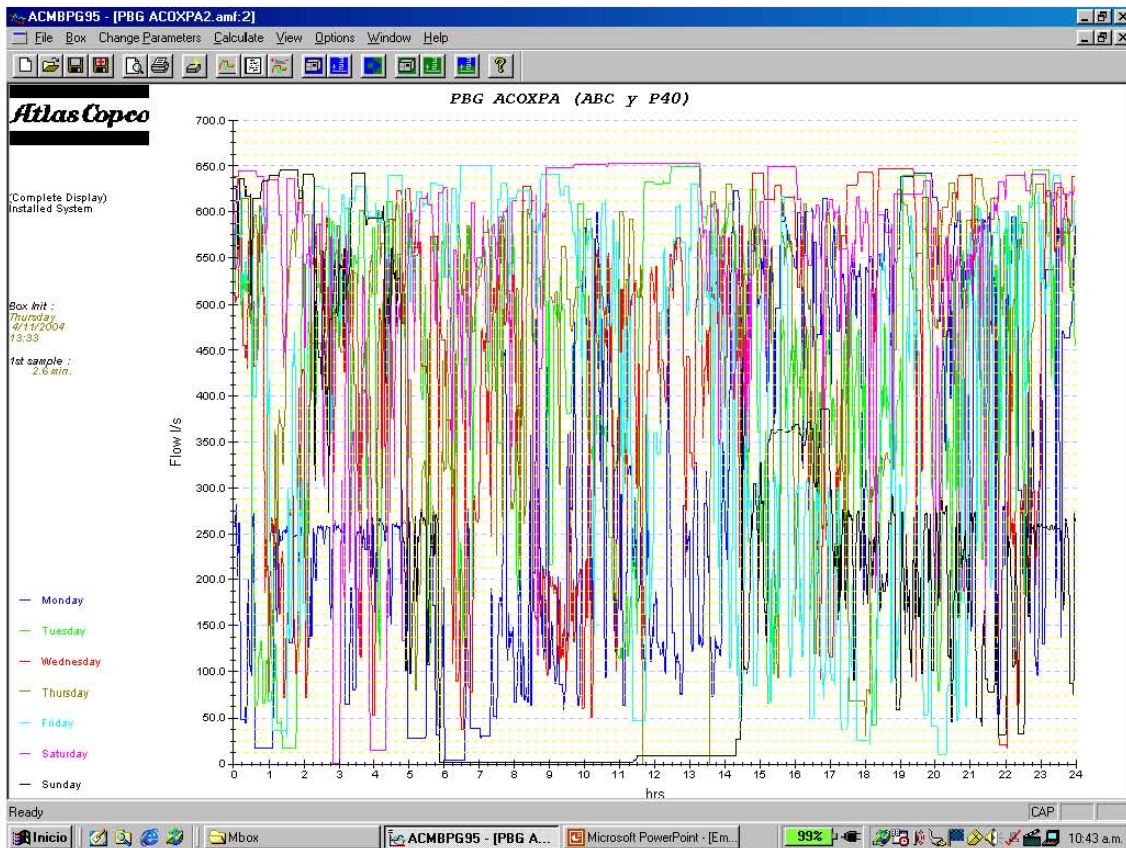
Costo por Demanda Eléctrica;

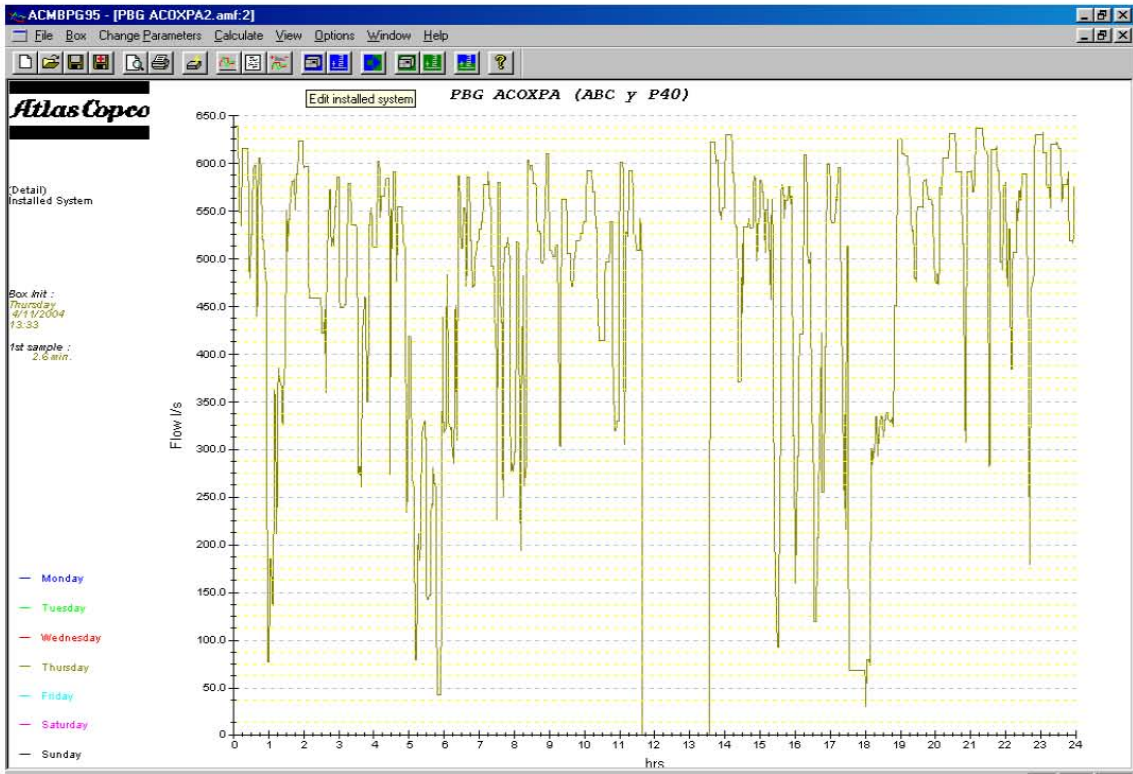
1662.303 Kw * \$85.71 MN /Kw * 12 meses /año = **\$ 1, 709,711.88 al año**

Costo por Consumo Eléctrico;

8677221.66 Kw/año * \$1.30 MN Kw/h = **\$ 11, 280,388.16**

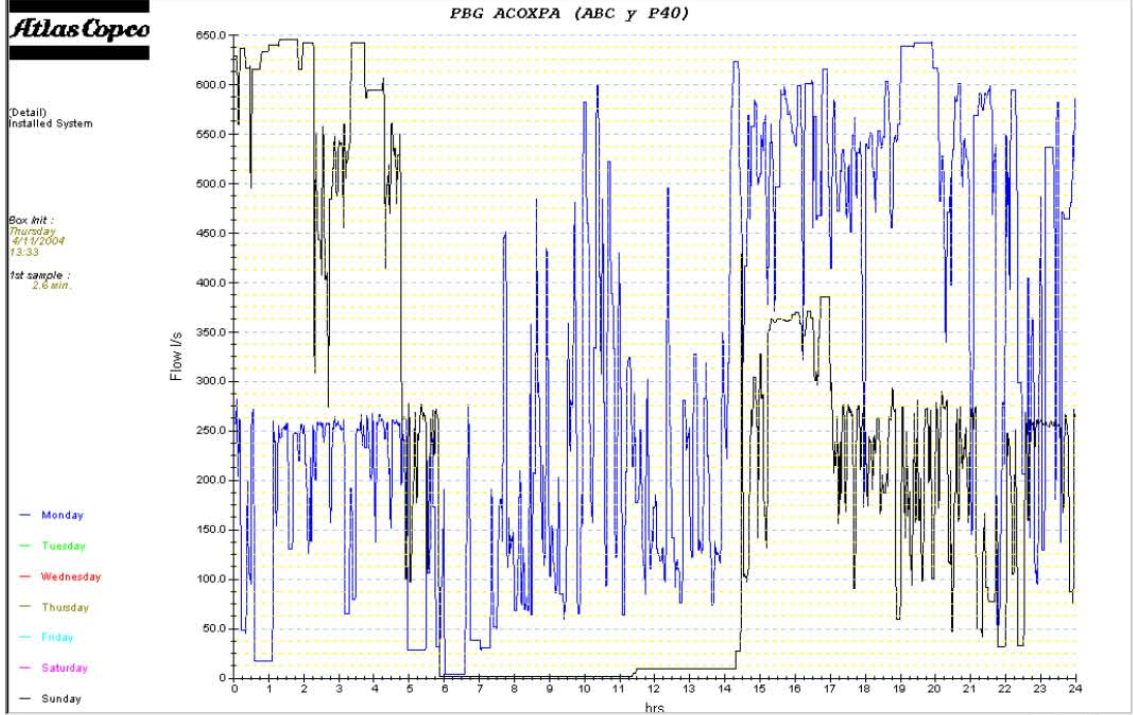
COSTO TOTAL DE OPERACIÓN ANUAL = \$ 12,990100.038





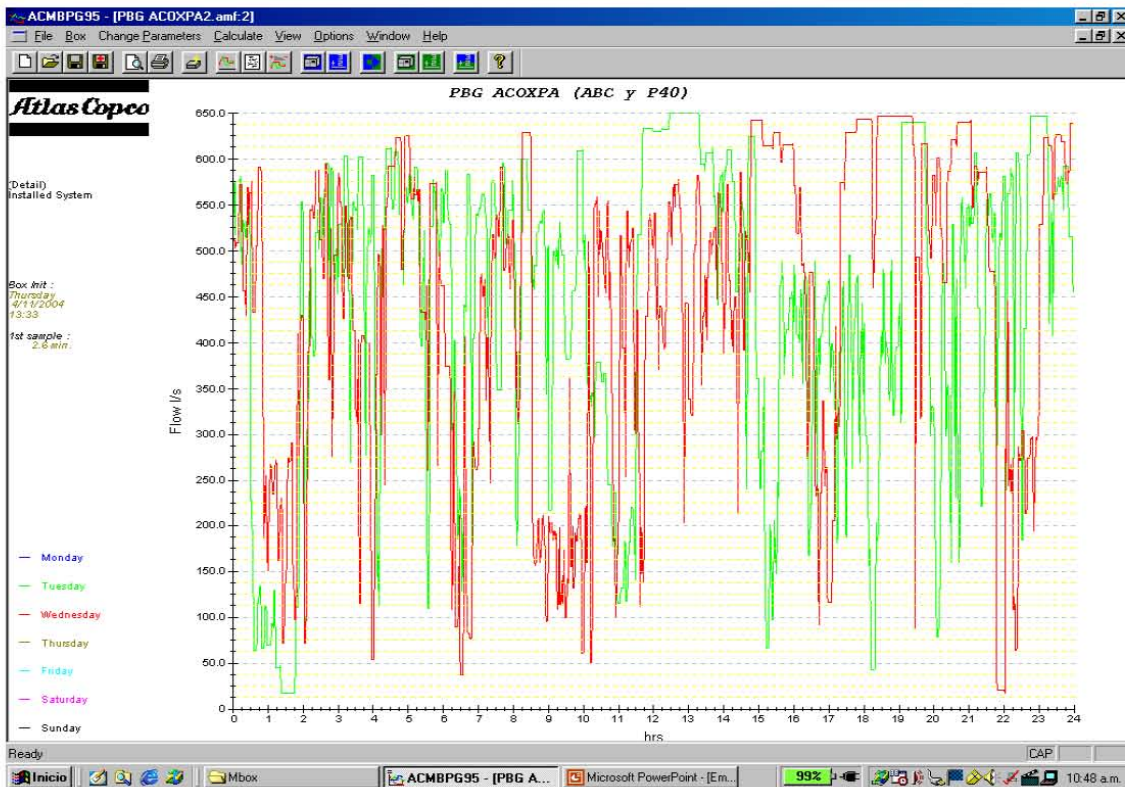
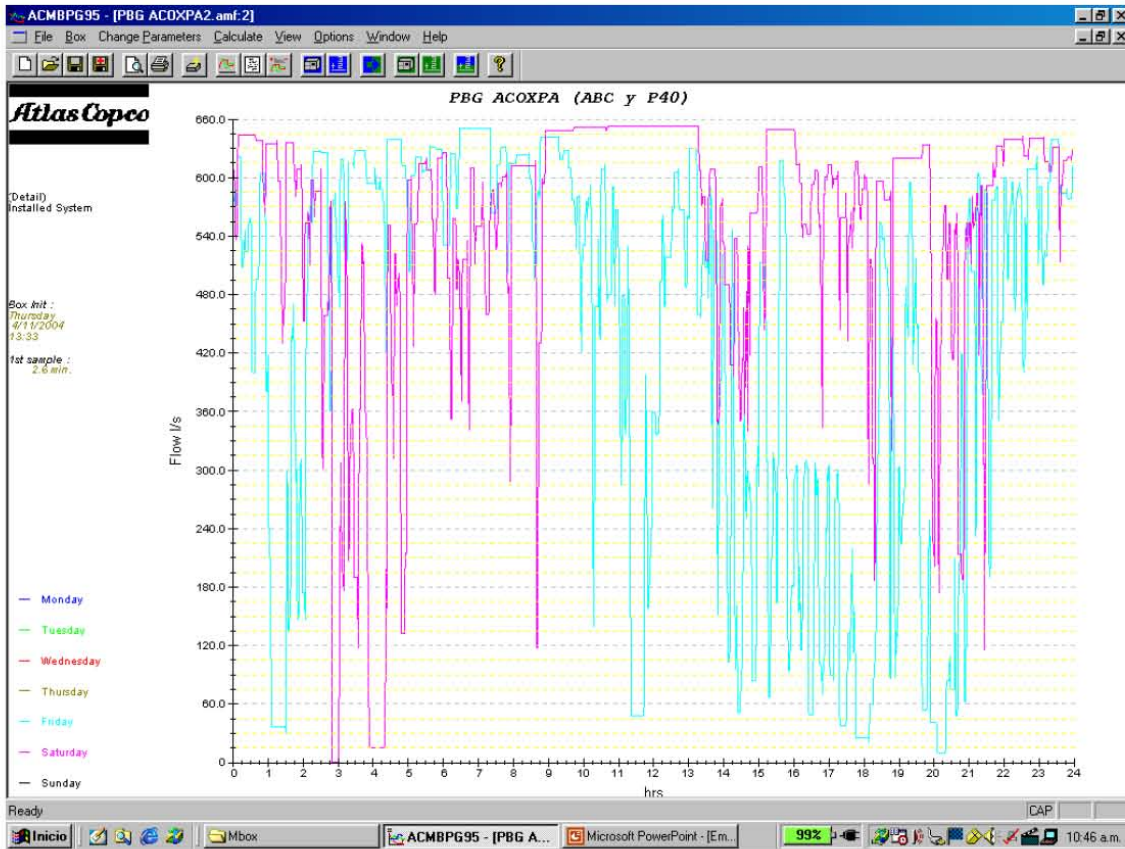
Set values for installed system CAP 10:44 a.m.

ACMBPG95 - [PBG ACOXPA2.amf:2]
 File Box Change Parameters Calculate View Options Window Help



Ready CAP 10:47 a.m.

ACMBPG95 - [PBG ACOXPA2.amf:2]
 File Box Change Parameters Calculate View Options Window Help



CAPITULO 3

“NORMA ISO 8573-1 CLASE 0”

INTRODUCCIÓN

El aire comprimido contaminado puede dañar lotes de producto, provocar altas tasas de rechazo devoluciones, y costosísimas paradas de producción y limpiezas. El riesgo de contaminar los productos con aceite expone a la empresa a retiradas de productos, problemas legales y efectos negativos en su reputación y los intereses de la marca.

Uno de los elementos claves a la hora de asegurar que logra y mantiene una calidad de aire aceptable para su aplicación, es conocer las normas de calidad de aire del sector y sus niveles permisibles de contaminantes.

Introducida en el 2001, la norma ISO 8573.1 Clase 0 especifica normas de calidad de aire para procesos de fabricación dentro de los sectores de alimentación y bebidas, farmacéuticos, textiles y electrónicos.

La Clase Cero es la clase más rigurosa y cubre toda la contaminación de aceite líquida, en vapor y aerosoles.

3.2 NORMA 8573-1 Y LA VERSIÓN ACTUAL

La norma ISO 8573-1 sobre calidad del aire comprimido fue revisada en 2001 para abordar las necesidades de las aplicaciones críticas donde la pureza del aire es esencial.

Industrias como las de productos farmacéuticos, elaboración de alimentos y bebidas, componentes electrónicos y productos textiles, deben evitar cualquier riesgo de contaminación y las graves consecuencias que ello podría acarrear, como productos deteriorados o inseguros, tiempos perdidos de producción y perjuicios a la marca y a la reputación.

La revisión estableció una metodología de medición más completa. Y a las clases de pureza existentes, 1 a 5, se añadió otra nueva y más rigurosa: la ISO 8573-1 CLASE 0.

¿Cuáles son las principales diferencias entre la antigua norma ISO 8573-1 y la última versión?

La edición de 1991 de la norma ISO 8573-1 establecía cinco clases de pureza del aire, 1 a 5, siendo la Clase 1 la más pura. Sin embargo, sólo se tenía en cuenta el aceite en aerosol y en forma líquida. Por debajo de 35°C se podían ignorar los vapores.

Posteriormente, se consideraron necesarios unos niveles superiores de pureza del aire para aplicaciones críticas como las de productos farmacéuticos, elaboración de alimentos y fabricación de componentes electrónicos críticos.

Por consiguiente, se revisó la norma en 2001 y se le añadió una clase superior de pureza del aire: ISO 8573-1 CLASE 0. Por otra parte, las mediciones incluyen ahora las tres formas de

contaminación de aceite -aerosoles, vapor y líquido-para mostrar la situación real de la calidad del aire

a) **CERTIFICACIÓN**

La prueba de la Parte 2 mide los aerosoles y los líquidos. Las pruebas se pueden realizar con el método de caudal parcial (B2) o el de caudal pleno (B1). La prueba de la Parte 5 sólo mide los vapores.

Ambas partes son necesarias para obtener la certificación ISO 8573 CLASE 0. Esto significa que se deben medir las tres formas de contaminación por aceite: aerosol, vapor y líquido.

3.3 ¿Qué es la TÜV?

La Technische Überwachungsverein (Asociación para la Inspección Técnica) es una organización internacional independiente especializada en evaluar la seguridad y la calidad de la tecnología.

La entidad es reconocida en todo el mundo por su independencia, neutralidad, pericia profesional y la aplicación de estrictas normas.

3.4 PRUEBAS DE CAUDAL B1 Y B2

Se aceptan los dos métodos para la medición de aerosoles y líquidos de acuerdo con ISO 8573 Parte 2.

El método B2 tiene como objetivo sólo el flujo de aire central. Se registran o detectan los aerosoles de aceite pero no se detecta el aceite adherido a la pared de la tubería (flujo de pared). La mayoría de los fabricantes de compresores de aire siguen prefiriendo este método menos estricto. El método B1 examina el flujo de aire completo y mide tanto los aerosoles como el flujo de pared. Este método de ensayo exhaustivo fue el utilizado en la gama Z de compresores de tornillo exentos de aceite. Aun así, no se encontró rastro alguno de aceite en el flujo de aire de salida.

¿Pueden suministrar aire exento de aceite los compresores lubricados equipados con filtros coalescentes?

Se suele hacer referencia a esta solución como “aire técnicamente exento de aceite”. Sin embargo, incluso en condiciones óptimas y con varias fases de eliminación del aceite, la calidad del aire es dudosa con respecto al aceite.

Con los compresores lubricados existirá siempre riesgo de contaminación y de que el negocio sufra consecuencias graves.

3.5 MEDIO AMBIENTE

¿Qué sucede con el medio ambiente?

Con la tecnología exenta de aceite se reducen al mínimo las fugas y el derroche de energía. Asimismo, se elimina la necesidad de tratamiento de los condensados. Esto significa que se podrá proteger el medio ambiente y cumplir mejor con la legislación internacional.

a) ¿Cuál es el impacto de la temperatura ambiente?

Un aspecto que influye en la eficiencia y pureza del sistema de aire es la temperatura. Cuando se usan compresores lubricados con filtros coalescentes el arrastre de aceite a través del medio filtrante aumenta. Exponencialmente con la temperatura en la superficie de filtración. La capacidad de los filtros se especifica normalmente a 20°C. Si la temperatura ambiente en la sala de compresores aumenta hasta 30°C, la temperatura de salida del compresor podría llegar a 40°C, con un arrastre de aceite 20 veces superior al valor especificado. Estas temperaturas no son raras, incluso en países fríos donde la temperatura de la sala de compresores es considerablemente mayor que la exterior. Las temperaturas también producen un aumento del contenido de vapor de aceite en el aire, que puede ser arrastrado hasta el producto final. Además, las elevadas temperaturas acortan la vida de los filtros de carbón activo. Un aumento de temperatura de 20°C a 40°C puede reducir la vida de un filtro hasta en un 90%. Aun más, el filtro de carbón activo no avisa al usuario cuando está saturado, simplemente deja pasar el aceite a los procesos. En los compresores de tornillo exentos de aceite la calidad del aire no depende de la temperatura

b) ¿Qué sucede con la contaminación por aceite en el aire ambiente?

El aire ambiente tiene cantidades muy pequeñas de aceite procedentes de los vehículos y entornos industriales. Sin embargo, en las zonas contaminadas el contenido de aceite no suele sobrepasar de 0,003 mg/m³. Esto está confirmado por las pruebas realizadas por TÜV cerca de una fábrica con actividades de mecanizado intensas (incluyendo torneado, fresado, amolado y taladrado). En las cercanías había un tráfico intenso de vehículos y una incineradora de basuras.

Al ser aspirado por un compresor de tornillo exento de aceite este nivel extremadamente bajo de aceite en la atmósfera es arrastrado casi en su totalidad por el condensado en el refrigerador intermedio y en el refrigerador posterior con lo que se obtiene un aire puro y exento de aceite para el proceso.

¿Son más caros los compresores exentos de aceite?

No, si se considera el costo total de la propiedad, reduce los costos de cuatro maneras: evitando cambios caros de filtros, disminuyendo los costos de mantenimiento y de tratamiento de condensados, y evitando los gastos de la energía extra necesaria para combatir la caída de presión en los filtros.

Estos costos, aunque no resultan evidentes en el momento de la compra, son muy elevados y contribuyen considerablemente al costo total de la propiedad. Además, como los compresores de aire exentos de aceite eliminan el riesgo de contaminación del producto final, de tiempos improductivos y de pérdida de reputación, los compresores CLASE 0 justifican la inversión

CAPITULO 4

“SISTEMA DE AHORRO DE ENERGÍA UTILIZANDO COMPRESORES THOME CREPELLE DE ALTA PRESIÓN”

4.1 DESARROLLO DEL PROYECTO

Se sustituirán dos compresores Thome Crepelle de Alta Presión en operación misma que cubren las necesidades de aire comprimido de la planta, por un compresor de alta eficiencia del tipo tornillo exento de aceite ZD.

En este estudio energético realizado en la planta antes indicado, se encontró la posibilidad de sustituir los compresores instalados, que presentan un alto costo de operación, por un compresor de alta eficiencia del tipo tornillo exento de aceite de mayor capacidad, cabe señalar que la red de aire comprimido ya ha sido modificada con la finalidad de optimizar aun más el uso de aire en la red.

DATOS DE PLACA DE LO COMPRESORES

COMPRESOR	TIPO	CAPACIDAD DE DISEÑO nm ³ /h	POTENCIA DEL MOTOR HP	PRESIÓN DE DESCARG A	CONSUMO ESPECIFICO	TIEMPO DE USO
THOME CREPELLE	RECIPROCANTE	1480	315	35	3.4 al 85%	14
THOME CREPELLE	RECIPROCANTE	1480	315	35	3.4 al 85%	14
TOTALES		2960	630			

A partir de las mediciones efectuadas durante un periodo de una semana continua se pueden resumir los parámetros eléctricos en la siguiente tabla:

COMPRESOR	POTENCIA NOMINAL	TENSIÓN (VOLTS)	CORRIENTE (AMPERES)	FACTOR DE POTENCIA	POTENCIA ELÉCTRICA MEDIDA (KW)
THOME CREPELLE	315	430	510	0.8	303.86
THOME CREPELLE	315	430	510	0.8	303.86
TOTALES	630				607.72

En las gráficas anteriores podemos apreciar que la demanda de aire comprimido en las líneas de soplado varía mucho y el rango de fluctuación es muy amplio, este funcionamiento provoca que los compresores tengan muchos ciclos carga-descarga, esto se traduce en un elevado consumo de energía en descarga y que las piezas de los compresores sujetas a desgaste de los compresores sean cambiadas con mayor frecuencia.

4.2 SISTEMA DE AHORRO DE ENERGÍA

En la planta Embotelladora Metropolitana S.A de R.L. de C.V. están convencidos que para permanecer dentro del mercado nacional como uno de los líderes, es necesario seguir siendo una empresa altamente productiva y competitiva. En este sentido las metas a seguir son las de desarrollar medida de ahorro de energía eléctrica y así disminuir costos de producción manteniendo la calidad en sus productos.

Esta implementación de medidas de ahorro de energía eléctrica trae como consecuencia, la reducción de la demanda eléctrica, ya que los equipos de aire comprimido que se encuentran en funcionamiento actualmente pasarían a operar de 1,695 Hp a solo usar; y como consecuencia se tendrá una disminución importante en el consumo eléctrico, ya que se mantendrá el mismo tiempo de operación en el nuevo equipo con respecto al actual.

a) CALCULO ENERGÉTICO

De acuerdo a las mediciones efectuadas y que se encuentran en la tabla, la demanda eléctrica promedio total es de 607.72 Kw el consumo será el resultado de multiplicar la demanda por el tiempo de operación anual 5220 horas al año por lo cual se obtiene un consumo total de 3, 172, 298.4 Kwh/año.

PROMEDIO DE LA DEMANDA ELÉCTRICA Y CONSUMO ANUAL DE ENERGÍA DE LOS COMPRESORES

DEMANDA (KW)	TIEMPO DE OPERACIÓN(h/año)	CONSUMO (Kw/año)
607.72	5220	3,172,298.4

b) COSTO DE OPERACIÓN

Para calcular los costos de operación anual de los compresores instalados, se realizan las siguientes consideraciones:

\$/Kw promedio anual en 2008----- \$85.71 MN pesos

\$/Kwh promedio anual en 2008 ----- \$ 1.30 MN pesos

El costo por demanda y consumo eléctrico anual es;

Costo por Demanda Eléctrica:

607.72* \$85.71 MN Kw * 12 MESES/año= \$ 625052.17 MN al año

Costo por Consumo Eléctrico:

3, 172,298.4Kwh/año * \$1.30 MN /Kwh = \$4, 123,987.92 MN al año

Costo Total \$ 625052.17 + \$ 4, 123, 987.92 =\$ 4, 749,040.09 MN al año

COSTO DE OPERACIÓN DE LOS COMPRESORES ACTUALES

POTENCIA ELÉCTRICA MEDIDA	CONSUMO (Kw/año)	COSTO POR DEMANDA	COSTO POR CONSUMO	COSTO TOTAL
607.72Kw	3,172,298.4Kw	\$625, 052.17	\$4, 123, 987.92	4, 749, 040.09

c) COMPRESOR PROPUESTO

COMPRESOR MODELO ZD2300VSD-60 (DESCRIPCIÓN GENERAL)

Los compresores ZDVSD de Atlas Copco son equipos silenciosos, de 4 etapas, enfriados por agua, accionados por un motor eléctrico, y entrega aire seco al 100% libre de aceite. El ZD es un compresor específicamente desarrollado para suministrar aire de alta presión para el soplado de botellas pet.

COMPRESOR	POTENCIA NOMINAL	TENSIÓN (VOLTS)	CORRIENTE (AMPERES)	FACTOR DE POTENCIA	POTENCIA ELÉCTRICA MEDIDA (KW)	CAPACIDAD DE FLUJO REAL (cmf)
ZD 2300 VSD	315	430	510	0.8	460	1353

Parámetros Eléctricos promedio de la Demanda Eléctrica y Consumo Anual del Compresor de aire y Energía del mismo equipo:

DEMANDA (KW)	TIEMPO DE OPERACIÓN(h/año)	CONSUMO (Kw/año)
460	5220	2, 401, 200

Para el costo de operación del nuevo compresor se tomaran los mismos costos de Energía y Demanda Facturable de los equipos actualmente instalados, por lo tanto:

El costo por demanda y consumo eléctrico anual es;

Costo por Demanda Eléctrica:

460* \$85.71 MN Kw * 12 MESES/año= \$ **473, 119.2 al año**

Costo por Consumo Eléctrico:

2, 401, 200Kwh/año * \$ 1.30 MN/Kwh = \$**3, 121, 560 al año**

Costo Total = \$ 473, 119.2 + 3, 053, 700 = \$ 3, 594, 679.2 al año

COSTO DE OPERACIÓN DE LOS COMPRESORES ACTUALES

POTENCIA ELÉCTRICA MEDIDA	CONSUMO (Kw/año)	COSTO POR DEMANDA ANUAL	COSTO POR CONSUMO ANUAL	COSTO TOTAL ANUAL
460	2, 401, 200	\$ 473, 119.2	\$3, 121, 560	\$ 3, 594, 697.2

d) DESCRIPCIÓN GENERAL DEL COMPRESOR ZD 2300 VSD

- El compresor ZD viene como estándar en versión silenciada, destacando dos etapas de compresión en el renombrado compresor ZR tipo tornillo exento de aceite y dos etapas de compresión de alta presión con el acreditado booster D de pistón libre de aceite en un diseño horizontal, opuesto balanceado.
- Una secadora de adsorción, modelo MD, integrada en el compresor de tornillo ZR, que asegura un punto de rocío a presión a la descarga del ZD entre +3°C y +5°C
- Un filtro fino, modelo PDp, integrado en el booster D que elimina todas las partículas mayores a 1 micrón.
- Entre los equipos auxiliares, como opción tenemos: un tanque de lata presión, un sistema de agua de enfriamiento incluyendo una torre de enfriamiento tipo cerrado, una bomba de agua de recirculación y un tanque de expansión.



BENEFICIOS Y VENTAJAS

Instalación simple, fácil y libre de preocupaciones. Gracias a su base de concreto el ZD no necesita de ningún tipo de cimentación ni anclaje. Lo único que necesita es un piso firme y nivelado que soporte el peso del equipo es suficiente para instalarlo.

La colocación del equipo en el sitio es muy fácil, gracias a ranuras provistas para usar a un montacargas, como el compresor viene como estándar construido dentro de una cabina insonorizadora, no se necesita de un cuarto de compresores por separado. El compresor puede ser instalado en el lugar o cuarto donde la máquina de soplado se encuentre en operación.

Son solo tres los componentes mecánicos que deben ser instalados.

Solo el suministro eléctrico principal debe conectarse a los respectivos arrancadores.

El compresor de velocidad variable, es el equipo que se encarga de optimizar el consumo de energía eléctrica, suministrando el aire necesario para mantener la presión del aire prácticamente constante en la red de aire comprimido

COMPONENTES ELÉCTRICOS

El compresor ZD viene completamente alambrado y está equipado con los principales componentes eléctricos.

- Motor eléctrico de alta eficiencia.
- Arrancador estrella-delta (individual).
- Motor de ventilador y arrancador.
- Transformador para voltaje de control.
- Dispositivos de seguridad.
- Modulo ELEKTRONIKON MK IV para el control de monitoreo del equipo.
- Transductores de presión y temperatura.

COMPONENTES MECÁNICOS

El compresor ZD está equipado con componentes para trabajo pesado tales como enfriadores en acero inoxidable, sello de aire tipo laberinto, pistones de aluminio y amortiguadores de pulsaciones integrados.

Todo esto para entregar aire 100% libre de aceite de manera continua. Una rutina general de supervisión de temperaturas, presiones y dren de condensados es recomendada.

ESTUDIO DE CONDICIONES DEL LUGAR

1.- CONDICIONES DEL LUGAR

Voltaje	440-460 V	Frecuencia	60 Z
Presión de succión	0.785 BAR	Temperatura del agua de enfriamiento	35 ⁰ C
Temperatura de succión Zr	35 ⁰ C	Humedad Relativa	60%
Altitud	2240 M		

2.- CAPACIDAD REQUERIDA

	FAD a condiciones de lugar (seco)	
Capacidad requerida	Unidades m ³ /h	
Baja Presión		
Alta Presión		
Total		

3.- CAPACIDAD PROPUESTA

	FAD a condiciones de lugar (seco)	
Capacidad requerida	Unidades m ³ /h	m ³ /h
Baja Presión	0	
Alta Presión	1156 A 2252	1156 A 2252
Total	1156 A 2252	1156 A 2252

FAD: Flujo de Aire a la Descarga, calculado a las condiciones del lugar

Nm³/h: Flujo de Aire a la Descarga, calculada a 0⁰C, y de 1.013 bar

4.- PROPUESTA TECNICA

4.1 SUMINISTRO DE BAJA PRESIÓN

PARAMETROS DE BAJA PRESION	
Máxima presión del ZR	10 bar
Punto de Rocío a la Descarga	-20 °C

1 ZR 250VSDF – 60

Con panel de control y arrancador

1 Secador IMD800VSD integrada

Conexiones del ZRFF hacia el booster

4.2 SUMINSTRO DE ALTA PRESIÓN

Temperatura de Succión del Booster	55 ⁰ C
Presión de Succión del Booster	10 bar
Presión de Roció a la Descarga	+3 ⁰ C
Presión de Descarga	40.0 bar

1 BOOSTER modelo 40 DN145VSD-60145 kw

Con arrancador y panel de control incluido

Conexiones de agua entre ZR/MD y booster

Recipientes sujetos a presión acorde a la norma CE PED

Presión normal de trabajo: 40bar

EQUIPOS AUXILIARES

1.- Tanque recibidor de aire de lata presión modelo HTA 2000

1.1.- DATOS TECNICOS

Temperatura de Entrada	45 ⁰ C
Capacidad Requerida	2022 m ³ /h
Diferencial de Presión de Regulación	2.0 bar

Nm³/h Flujo de aire a la salida calculado a 0⁰C y 1.013 bar

2.- TANQUE PROPUESTO

Modelo	HTA 2000
Volumen	2000 L
Ciclo más Corto Calculado	24.1 S



3.- ALCANCE DE SUMINISTRO ESTANDAR

Los tanques son diseñados a una presión de 45 bares y una temperatura min. -10°C y una temperatura máxima de $+45^{\circ}\text{C}$ indicado en su placa de datos.

Los tanques HTA incluyen:

- Dren manual, válvula en el fondo del tanque
- Válvula de seguridad de expansión térmica de 45 bars
- Manómetro

4.- FILTRO MODELO HQD970 Y MODELO HDDP970

CARACTERISTICAS:

Modelo		HQD970	HDD970
Capacidad Máxima	m^3/h	3967	3967
Caída de Presión Permitida	mbar	338	260
Caída de Presión Calculada	mbar	115	202

4.1.- Alcance de Suministro Estándar

- El HDDP de alta presión es un filtro de alta eficiencia. El elemento del filtro atrapa partículas solidas del tamaño de hasta $0.1 \mu\text{m}$ con una eficiencia del 99.9%.

La temperatura máxima del aire comprimido a la entrada es de 60°C .

- El HQD de lata presión es un filtro para remover vapores de aceite que permanecen en el aire con contenidos de 0.01 ppm a una temperatura del aire comprimido de 20°C y una presión de 40 bar, el flujo del aire pasa por el carbón activado, el cual está contenido en el cartucho. La temperatura máxima del aire

- comprimido a la entrada es de 60⁰C.

5.- TORRE DE ENFRIAMIENTO MODELO CTE350

Voltaje	440-460 V
Frecuencia	60 Hz
Altitud	10 m
Máximo Bulbo Húmedo	26 ⁰ C
Delta	15 ⁰ C
Potencia Requerida	350 Kw
Clogging Factor	1.00
Glicol	10.0%
Temperatura de Agua de Salida	35 ⁰ C
Temperatura de Agua de Entrada	50 ⁰ C
Máxima Potencia a Disipar	463 Kw
Flujo de Agua	20.1 m ³ /h
Volumen de Agua	503 L
Caída de presión del Agua	0.24 bar
Potencia Total Instalada	9.2 Kw
Motores de Ventilador	2
Ventiladores	2
Potencia Total de Ventiladores	4.4 Kw
Flujo del Ventilador	32040 m ³ /h
Flujo de Agua del Rociador	47 m ³ /h
Potencia de la Bomba del Rociador	0.8 Kw
Volumen de la Tina del Rociador	681 L
Perdida de Agua por Evaporación	1158 Kg
Peso Vacía	2346 Kg
Peso Llena de Agua	3560 Kg
Nivel Sonoro	64.0 dBa a 15m

5.1.- ALCANCES DEL SUMINISTRO ESTÁNDAR

El agua es rociada sobre los tubos del intercambiador de calor y es evaporada. Aire externo es soplado dentro de la torre por los ventiladores y recalentado, y el agua evaporada es llevada hacia afuera. Un control automático compensa el agua evaporada.

Las Torres de Enfriamiento disminuyen la temperatura del agua por la evaporación del agua rociada para conseguir agua enfriada a aproximadamente 35⁰C para los enfriadores del compresor.

La temperatura del agua a la salida es calculada con la temperatura ambiente y la temperatura de bulbo húmedo para alcanzar una temperatura aproximada de 35⁰C.

Una válvula de purga es necesaria para controlar la concentración de sales por la evaporación del agua y prevenir incrustaciones en el circuito.

La Torre de Enfriamiento consta de lo siguiente:

- Tina de agua con válvula de flotador, Dren de desconcentración y entrada de agua fría.
- Ventiladores con bandas, motores.
- Intercambiadores de Temperatura.
- Barreras de Distribución.
- Bomba de Agua de Rociadores y Toberas.

6.- BOMBA DE AGUA Y PATÍN

Modelo	WPS50
Capacidad Máxima a 3 bar	50.22 m ³ /h
Potencia del Motor	7.5 Kw
Volumen del Tanque de Agua	200 L
Volumen del Circuito del Agua	500 L
Volumen Max. Del Circuito de Agua	1804 L
Temperatura de Llenado	10 ⁰ C
Volumen del Tanque de Llenado	49.73 L
Presión del Tanque de Llenado	0.75 bar
Temperatura Estándar de Llenado	20 ⁰ C
Volumen Estándar del Tanque de Llenado	38.05 L
Temperatura Máxima	47 ⁰ C
Temperatura Mínima	7.5 Kw
Volumen del Tanque de Agua	0 ⁰ C

6.1.- ALCANCE DEL SUMINISTRO

El WPS permite un correcto flujo de agua para un sistema de enfriamiento usado en una instalación de compresores.

1. Patín:

- Brida de Entrada.
- Válvula de Venteo.
- Válvula de Paso.

- Filtro Tipo Y en Acero Inoxidable de 600 micrones.
- Control de Circulación de Agua.
- Válvulas y Tubería.

2. Un Recipiente de Cero Galvanizado para la Expansión del Agua Equipado con:

- Manómetro.
- Mirilla de Nivel.
- Válvula de Cierre.
- Válvula de Dren.
- Orificio para Glicol y/o Relleno de Agua.
- Válvula de Seguridad para limitar la presión en el Circuito.

3.- Una Bomba de Recirculación del Agua Equipada con:

- Motor Eléctrico de 3 fases de 3500rpm (60Hz).

4.- Manómetro localizado después de la Bomba.

5.- Válvula para el Control del Flujo del Agua.

6.- Brida de Salida al límite del Patín

7.- Cubículo Eléctrico.

8.- Patín Metálico.

e) MANTENIMIENTO

COMPRESOR 37P40

El mantenimiento del compresor 37p40 de la marca Thome Crepelle se le realiza cada 4000 y 8000 hrs de trabajo y consta de un Mantenimiento Preventivo en el cual se cambian y se mandan a reparar válvulas de tercera etapa que son las que presentan mayor desgaste.

El costo del Mantenimiento Preventivo de 4000 hrs es de: \$5, 618.6 USD

El costo del Mantenimiento Preventivo de 8000 hrs es de: \$ 18, 586.48

Costo total de Mantenimiento Preventivo por compresor 37p40 es de: \$ 24, 205.08 USD

COMPRESOR ZD 2300 VSD-60

Para este Compresor la vida útil estimada del equipo con sus mantenimientos preventivos es de 15 a 20 años

El costo anual del Mantenimiento Preventivo es de: \$ 34,000 USD

OFERTA COMERCIAL

1 Compresor Modelo ZD 2300VSD-60.-----Precio Unitario 460,804 USD

Equipos Auxiliares

1 Unidad de Enfriamiento Modelo CTE350 con bomba de agua de recirculación WPS50 con tanque de expansión y glicol.-----Precio Unitario 38,085 USD

1 Tanque de Alta Presión modelo HTA2000.-----Precio Unitario 21,780 USD

Filtro de Alta Presión modelo HDDp970 y HQD970-----Precio Unitario 9,174 USD

Servicio de Puesta en Marcha Inicial.-----Precio Unitario 2,440 USD

CONCLUSION

SITUACION	DEMANDA (Kw)	CONSUMO AL AÑO (Kw/ AÑO)	COSTO DE OPERACION (\$/ AÑO)
ACTUAL	607.72	3,172,298.4	\$ 4, 749, 040.09 MN
PROPUESTO	460	2, 401, 200	\$ 3, 594, 697.20 MN
AHORRO	147.72	771, 098.4	\$ 1, 154, 342.89 MN

Los beneficios que se obtienen con la compra de un compresor ZD de alta eficiencia es el sistema de ahorro de energía y la disminución en los costos de operación gracias a que el compresor es de velocidad variable; con esto optimiza el consumo de energía eléctrica evitando así el derroche de energía. Otro beneficio es el de la solución de los problemas que ha tenido la empresa con el excesivo ruido que generan los compresores 37p40 gracias a que el compresor ZD cuenta con cabina insonorizadora, con lo cual ya no se necesita de un cuarto de compresores por separado. El compresor puede estar en el lugar o cuarto donde la máquina de soplado se encuentre en operación. Otro de los problemas que se solucionan es la fuga de aceite que se presentaban en los compresores 37p40 ya que el compresor ZD tiene la certificación de la NORMA 8573-1 CLASE 0 la cual asegura que el compresor entregara aire 100% libre de aceite y elimina la necesidad del tratamiento de condensados y por lo tanto ayudara a proteger el medio ambiente y así poder cumplir con las normas internacionales.

La inversión necesaria para el suministro del compresor ZD 2300 VSD es de \$460, 804 USD, para efectos de cálculo se tomara el tipo de cambio del dólar \$ 13.00 ELTOTAL ES DE \$5, 990, 452 MN

GLOSARIO DE TECNOLOGIA DE AIRE COMPRIMIDO

Absorción: proceso químico mediante el cual un agente deshidratante higroscópico, altamente compatible con el agua, se disuelve y convierte en líquido mediante la absorción de humedad condensada.

Adsorción: proceso mediante el cual un agente deshidratante con una superficie altamente porosa atrae y elimina la humedad del aire comprimido. El agente deshidratante puede regenerarse.

Aire estándar: el Compressed Air & Gas Institute (Instituto de Gas y Aire Comprimido) y el PNEUROP (Comité Europeo de Fabricantes de Equipo de Aire Comprimido) han adoptado la definición utilizada en las normas ISO. El aire libre es aire a 14.5 psia (1 bar); 68° F (20 C) y seco (humedad relativa del 0%).

Aire libre: aire bajo condiciones atmosféricas en cualquier ubicación específica, que no se ve afectado por el compresor.

Altura politrópica: consulte Altura, politrópica.

Altura politrópica: energía expresada en pie-libras requerida para comprimir en forma politrópica con el fin de proporcionar una libra de un gas determinado de un nivel de presión a otro.

Altura adiabática: energía expresada en pie-libras requerida para comprimir en forma adiabática con el fin de proporcionar una libra de un gas determinado de un nivel de presión a otro.

Aspirador: término a veces utilizado para hacer referencia a un compresor en el que la presión de la entrada es menor que la presión atmosférica.

Bombas de vacío: compresores que funcionan con presión de entrada por debajo de la presión atmosférica y que descargan a presión atmosférica o levemente mayor.

Caballos de fuerza calculados o ideales: caballos de fuerza para comprimir en forma isotérmica el aire o gas proporcionado por el compresor bajo condiciones específicas.

Caballos de fuerza, freno: caballos de fuerza proporcionados al eje de salida de un motor o caballos de fuerza requeridos en el eje del compresor para realiza trabajo.

Caballos de fuerza, indicados: caballos de fuerza calculados en diagramas del indicador del compresor. El término se aplica sólo a compresores de desplazamiento.

Caída de presión: pérdida de presión en un sistema de aire comprimido o componente debido a fricción o restricción.

Caída: descenso de presión en la salida de un regulador de presión que se produce cuando existe una demanda de aire.

Capacidad nominal: rango de volumen de flujo de aire a presión nominal en un punto específico.

Capacidad real: cantidad real de gas comprimido y proporcionado al sistema de descarga a una velocidad nominal y en condiciones nominales. También denominada Free Air Delivered o FAD (Aire libre proporcionado)

Capacidad requerida: pie cúbico por minuto (pcm) de aire requerido en la entrada al sistema de distribución.

Capacidad real: volumen real del caudal de aire o gas comprimido y proporcionado de un compresor que funciona bajo condiciones operativas nominales de velocidad, presión y temperatura. La capacidad real generalmente se expresa en pies cúbicos por minuto (pcm) a condiciones predominantes en la entrada del compresor.

Capacidad: cantidad de flujo de aire proporcionado bajo condiciones específicas, generalmente expresada en pies cúbicos por minuto (pcm).

Carga completa: pasó en el que el compresor de aire opera a su velocidad máxima, la entrada está completamente abierta y la descarga proporciona el flujo de aire máximo.

Cavidad de separación: volumen auxiliar que puede abrirse al espacio de separación, para aumentar la separación, usualmente temporal, para reducir la eficiencia volumétrica de un compresor recíproco.

Ciclo: serie de pasos que incluye el funcionamiento de un compresor con descargas: 1) carga completa, 2) modulación (para compresores con control de modulación), 3) descarga, 4) funcionamiento lento.

Cojinetes de aire: consulte Cojinetes de gas.

Cojinetes de gas: elementos de una máquina para el transporte de carga que permiten cierto grado de movimiento en los que el lubricante es el aire o algunos otros gases.

Compresibilidad: factor que expresa la desviación de un gas de las leyes de termodinámica. (También consulte Supercompresibilidad)

Compresión adiabática: compresión en la cual no se transfiere calor a o desde gas durante el proceso de compresión.

Compresión isentrópica: consulte Compresión, isentrópica.

Compresión isotérmica: compresión en la que la temperatura del gas permanece constante.

Compresión isotérmica: consulte Compresión, isotérmica.

Compresión politrópica: compresión en la que la relación entre la presión y el volumen expresada mediante la ecuación PV^n es una constante. .

Compresor axial de múltiples etapas: compresor dinámico con dos o más filas de elementos rotativos que funciona en serie en un solo rotor y una sola carcasa.

Compresor centrífugo de múltiples etapas: compresor dinámico con dos o más impulsores que funcionan en serie en una sola carcasa.

Compresor de enfriamiento con agua: compresores enfriados con agua que circula a través de chaquetas que rodean a cilindros o carcasas y/o intercambiadores de calor entre y luego de las etapas.

Compresor de múltiples carcasas: dos o más compresores, cada uno con una carcasa separada que son impulsados por un solo transmisor y forman una sola unidad.

Compresor de pistón líquido: compresor en el que el rotor con paletas gira en un estator elíptico y existen espacios entre el rotor y estator sellados mediante una junta de líquido que gira con el impulsor.

Compresor recíproco: compresor en el que el elemento de compresión es un pistón que posee movimiento recíproco en un cilindro.

Compresores de desplazamiento positivo: compresores en los que los volúmenes sucesivos de aire o gas están confinados dentro de un espacio cerrado y el espacio está mecánicamente reducido, lo que da como resultado la compresión. Éstos pueden ser recíprocos o rotativos.

Compresores de múltiples etapas: compresores con dos o más etapas que funcionan en serie.

Compresores dinámicos: compresores en los que el aire o gas se comprime mediante la acción mecánica de impulsadores rotativos que imparten velocidad y presión a un medio de flujo continuamente. (Pueden tener un diseño centrífugo o axial)

Compresores unitarios: compresores de 30 bhp o menos, generalmente combinados con todos los componentes requeridos para la operación.

Conexión de brida: medio de conexión de la entrada de un compresor o conexión de descarga a tuberías mediante bordes con pernos (bridas).

Control de carga/descarga: método de control que permite que el compresor funcione con carga completa o sin carga mientras el transmisor permanece a una velocidad constante.

Control de modulación: sistema que se ajusta a la demanda variable al regular la entrada del compresor proporcionalmente con la demanda.

Control de puesta en marcha/detención: sistema en el cual el suministro de aire se ajusta a la demanda en la puesta en marcha y detención de la unidad.

Control de velocidad constante: sistema en el cual el compresor funciona continuamente y ajusta el suministro de aire a la demanda de aire mediante la variación de la carga del compresor.

Controles digitales: consulte Controles lógicos.

Curva de rendimiento: generalmente un diagrama de presión de descarga en comparación con la capacidad de la entrada y la potencia en caballos de fuerza del eje en comparación con la capacidad de la entrada.

Delicuescente: que tiene la propiedad de disolverse y convertirse en líquido mediante la absorción de humedad.

Demanda: flujo de aire bajo condiciones específicas requeridas a un punto o por la instalación general.

Descarga: (sin carga) operación del compresor en la cual no se proporciona aire debido que el acceso se cierra o modifica para no permitir que el aire quede atrapado en la entrada.

Deshidratante: material que posee una gran proporción de poros superficiales, capaz de atraer y eliminar vapor de agua del aire.

Desplazamiento del pistón: el volumen barrido por el pistón; para compresores de múltiples etapas, el desplazamiento del pistón de la primera etapa es el desplazamiento general del pistón de la unidad completa.

Desplazamiento: el volumen barrido por el pistón o rotor/es por unidad de tiempo, normalmente expresado en pies cúbicos por minuto.

Diafragma: elemento fijo entre las etapas de un compresor centrífugo de múltiples etapas. Puede incluir paletas de guía para dirigir el medio de flujo al impulsor de la siguiente etapa. Junto con un diafragma contiguo, forma el difusor que rodea al impulsor.

Difusor: conducto fijo que rodea a un impulsor en el que la presión de velocidad impartida al medio de flujo por el impulsor se convierte en presión estática.

Duración de ciclo: cantidad de tiempo necesario para que un compresor complete un ciclo.

Eficiencia isotérmica: relación entre el trabajo teórico (según se calcula en un proceso isotérmico) y el trabajo real transferido a un gas durante la compresión.

Eficiencia mecánica: relación entre la potencia impartida al aire o gas y la potencia al freno en caballos de fuerza (bhp).

Eficiencia politrópica: relación entre la energía de compresión politrópica transferida al gas y la energía real transferida al gas.

Eficiencia volumétrica: relación entre la capacidad real y el desplazamiento del pistón.

Eficiencia, compresión: relación entre la potencia teórica y la potencia real impartida al aire o gas proporcionado por el compresor.

Eficiencia: cualquier referencia al término eficiencia debe ir acompañada por una declaración de calificación que identifique la eficiencia bajo consideración del mismo modo que en las siguientes definiciones de eficiencia.

Eje de transmisión: pieza por la cual la energía se transmite desde el motor principal a través de los elementos montados sobre éste al aire o gas que se comprime.

Enfriamiento de diafragma: método para eliminar el calor del medio de flujo mediante la circulación de un refrigerante en conductos incorporados al diafragma.

Espiral: conducto fijo en forma de espiral que convierte la altura cinética a la presión de una corriente de flujo de aire o gas.

Etapas: serie de pasos en la compresión de aire o gas.

Expansores: turbinas o motores en los que un gas se expande, realiza trabajo y experimenta un descenso en la temperatura. El uso del término generalmente implica que el descenso de la temperatura es el objetivo principal. El orificio en un sistema de refrigeración también realiza esta función pero el expansor la realiza de manera más isentrópica y por lo tanto es más efectivo en sistemas criogénicos.

Factor de carga: relación entre la carga promedio del compresor y la carga máxima nominal del compresor durante un período de tiempo determinado.

Filtros: dispositivos para separar y eliminar materia con partículas, humedad o lubricante arrastrado del aire.

Fuga: pérdida involuntaria de aire comprimido a condiciones ambientales.

Gas: uno de los tres estados básicos de la materia. Si bien el aire es un gas, en el campo de la neumática el término gas generalmente se aplica a cualquier otro gas que no sea el aire.

Grado de refrigeración intermedia: diferencia en temperatura de gas o aire entre la salida del interenfriadores y la entrada del compresor.

Gravedad específica: relación entre el peso específico de aire o gas y el peso específico de aire seco a la misma presión y temperatura.

Herramientas neumáticas: herramientas que funcionan mediante la presión de aire.

Histéresis: el retardo de tiempo en la respuesta a una demanda de aire de un regulador de presión.

Humedad específica: peso del vapor de agua en una mezcla de vapor de aire por libra de aire seco.

Humedad relativa: relación entre la presión parcial del vapor y la presión de saturación del vapor a temperatura de termómetro seco de una mezcla.

Humedad específica: peso del vapor de agua en una mezcla de vapor de aire por libra de aire seco.

Humedad relativa: la humedad relativa de una mezcla de vapor de un gas o aire es la relación entre la presión parcial del vapor y la presión de saturación del vapor a temperatura de termómetro seco de la mezcla.

Impulsor: pieza del elemento rotativo de un compresor dinámico que imparte energía al medio de flujo mediante fuerza centrífuga. Éste consta de un número de paletas que rotan con el eje.

Incremento de presión: diferencia entre la presión de descarga y de entrada.

Inductor: sección curva de la entrada de un impulsor.

Límite de sobretensión: capacidad en un compresor dinámico por debajo de la cual la operación se convierte en inestable.

Medidor de capacidad: dispositivo que mide el flujo de aire como porcentaje de capacidad, utilizado en compresores de tornillo rotativo.

Número de Reynolds: parámetro de flujo sin dimensión ($h < D/\nu$), en el que h es una dimensión significativa, en ocasiones un diámetro, v es la velocidad del fluido, D es la densidad de masa y ν es la viscosidad dinámica, todo en unidades consistentes.

Paleta de guía: elemento fijo que puede ajustarse y el cual dirige el medio de flujo que se aproxima a la entrada de un impulsor.

Pcm de entrada (pcme): pcm que fluye a través del filtro de la entrada o de la válvula de entrada del compresor bajo condiciones nominales.

Pcm estándar: flujo de aire libre medido y convertido a un conjunto estándar de condiciones de referencia (14.5 psia, 68° F y humedad relativa del 0%).

Pcm real (pcmr): caudal de aire a cierto punto dada una condición determinada en dicho punto.

Pcm, aire libre: pcm de aire proporcionado a cierto punto dada una condición determinada, convertidos nuevamente a condiciones ambientales.

Peso específico: peso de aire o gas por volumen de unidad.

Pie cúbico por minuto (pcm): caudal volumétrico del aire.

Placa de base: almohadilla, generalmente metálica e incrustada en concreto, sobre la cual el compresor y el transmisor se montan.

Pos-enfriador: intercambiador de calor utilizado para enfriar el aire descargado de un compresor. El material condensado resultante puede eliminarse mediante el uso de un separador de humedad luego de utilizar el posenfriador.

Potencia al freno en caballos de fuerza (bhp): consulte Caballos de fuerza, freno.

Potencia específica: medida de la eficiencia del compresor de aire, generalmente de bhp/100 pcmr.

Potencia indicada: potencia según se calcula en diagramas del indicador del compresor.

Potencia teórica (politrópica): potencia mecánica requerida para comprimir en forma politrópica y para proporcionar, a través de un rango específico de presiones, el gas suministrado por el compresor.

Potencia teórica: potencia requerida para comprimir un gas en forma isotérmica a través de un rango específico de presión.

Potencia total del paquete de entrada: entrada de potencia eléctrica total a un compresor que incluye motor de transmisión, pérdidas de correa, motores con ventiladores de enfriamiento, transmisión de velocidad variable opcional u otros controles, etc.

Presión absoluta: presión total medida a partir de cero (es decir, desde un vacío absoluto).

Presión absoluta: presión total medida a partir de cero.

Presión atmosférica: presión ambiente medida en una ubicación y latitud específicas.

Presión crítica: consulte Presión crítica.

Presión crítica: valor de limitación de la presión de saturación que se da a medida que la temperatura de saturación alcanza la temperatura crítica.

Presión de arranque/corte: respectivamente la presión de descarga mínima y máxima en la que el compresor cambiará de la operación de descarga a carga (presión de arranque) o de carga a descarga (presión de corte).

Presión de descarga: presión de aire producida a un punto particular en el sistema bajo condiciones específicas.

Presión de descarga: presión en la conexión de descarga de un compresor. (En caso de paquetes de compresores, ésta presión debe estar en la conexión de descarga del paquete).

Presión de entrada: total de presión absoluta en la conexión de entrada de un compresor.

Presión de la entrada: presión real en la brida de la entrada del compresor.

Presión del medidor: la presión determinada por la mayoría de los instrumentos y medidores, generalmente expresada en psig. La presión barométrica debe considerarse para obtener presión absoluta o real.

Presión nominal: presión operativa en la que se mide el desempeño del compresor.

Presión total: presión que se produciría al interrumpir o mover una corriente de líquido o gas. Es la presión medida mediante un tubo de impacto.

Presión estática: presión medida en una corriente de flujo de modo tal que la velocidad de la corriente no tiene efecto sobre la medición.

Presión, velocidad: la presión total menos la presión estática en una corriente de aire o gas.

Presión: fuerza por área de unidad, medida en libras por pulgadas al cuadrado (psi).

Punto de condensación de presión: para una determinada presión, la temperatura en la cual el agua comienza a condensarse fuera del aire.

Punto de condensación: temperatura en la que la humedad del aire comienza a condensarse si éste se enfría a una presión constante. En este punto la humedad relativa es de un 100%.

Rango de presión: diferencia entre presión mínima y máxima de un compresor de aire. También denominado rango de presión de arranque-corte o carga-ausencia de carga.

Receptor: vaso o tanque utilizado para almacenamiento de gas bajo presión. En un sistema de aire comprimido grande donde pueden existir receptores primarios y secundarios.

Refrigeración intermedia perfecta: condición en la que la temperatura del aire que deja el interenfriador es igual a la temperatura del aire en la entrada del compresor.

Refrigeración intermedia perfecta: proceso en el que la temperatura del aire o gas que deja el interenfriador es igual a la temperatura del aire o gas que penetra en la entrada del compresor.

Refrigeración intermedia, grado: diferencia en temperatura de gas o aire entre la entrada del compresor y la salida del interenfriador.

Refrigeración intermedia: eliminación de calor del aire o gas entre las etapas del compresor.

Relación de compresión: la relación entre la presión absoluta de descarga y la presión absoluta de entrada.

Relación de presión: consulte Relación de compresión.

Relación del aumento de temperatura: relación entre el aumento de la temperatura isentrópica computada y el aumento de la temperatura total medida durante la compresión. Para obtener un gas perfecto, éste debe ser igual a la relación entre el aumento de entalpía isentrópica y el aumento real de entalpía.

Rotor: elemento rotativo de un compresor. En un compresor dinámico, el rotor está compuesto por los impulsores, el eje de transmisión y puede incluir manguitos del eje de transmisión y un dispositivo de equilibrio de empuje.

Secuencia: el orden en que los compresores se colocan en línea.

Secuenciador automático: dispositivo que opera compresores en secuencia de acuerdo con un cronograma programado.

Sellos: dispositivos utilizados para separar y disminuir al máximo las fugas en áreas de presión desigual.

Separación: volumen máximo del cilindro en el lado en funcionamiento del pistón menos el volumen de desplazamiento por carrera. Generalmente se expresa como porcentaje del volumen de desplazamiento.

Sistemas fluídicos: asignatura general de instrumentos y controles que dependen de una tasa baja de flujo de aire o gas a presión baja como medio operativo. Éstos generalmente no poseen piezas móviles.

Sobretensión: fenómeno que se da en compresores centrífugos donde un caudal reducido produce la inversión del flujo y operación inestable.

Tarjeta del indicador: diagrama de presión y volumen para un compresor o cilindro de motor, producida mediante la medición directa de un dispositivo denominado indicador.

Temperatura absoluta: consulte Temperatura, absoluta.

Temperatura absoluta: temperatura de aire o gas tomada a partir de cero absoluto. Ésta es la temperatura en Fahrenheit más 459.6 y es conocida como temperatura Rankine. En el sistema métrico, la temperatura absoluta es la temperatura en centígrados más 273 y es conocida como temperatura Kelvin.

Temperatura crítica: consulte Temperatura crítica.

Temperatura crítica: temperatura máxima en la que existen los estados bien definidos de líquido y vapor. A veces se define como la temperatura máxima en la que es posible licuar un gas mediante presión únicamente.

Temperatura de descarga: la temperatura en la brida de descarga del compresor.

Temperatura descarga: temperatura total en la conexión de descarga del compresor.

Temperatura entrada: temperatura total en la conexión de entrada del compresor.

Temperatura estática: temperatura real de una corriente de gas en movimiento. Es la temperatura indicada por un termómetro en movimiento en la corriente y a la misma velocidad.

Temperatura total: temperatura que se mediría en el punto de estancamiento si una corriente de gas fuera detenida, con compresión adiabática desde la condición de flujo hasta la presión de estancamiento.

Tiempo de carga: período de tiempo durante el cual un compresor realiza una carga y descarga.

Torsión: momento o par torsional. Este término generalmente hace referencia al par de transmisión de una máquina o motor.

Válvula de control: válvula que permite el flujo sólo en una dirección.

Válvulas: dispositivos con conductos para dirigir el flujo a vías alternativas o impedir el flujo.

BIBLIOGRAFÍA

1. Manual de Compresor 37P40 THOME CREPELLE
2. Compresores: Selección, uso y mantenimiento; Greene, Richard W.; México: McGraw-Hill, 1987
3. www.AtlasCopco.com.mx
4. www.maqpowers.com
5. Aire Comprimido; L. Jordana Soler; Editorial: Dossat S.A.
6. Neumática; P. Crosser; Editorial: Festo Didactic México D.F.