

UNIVERSIDAD DE MATANZAS SEDE “CAMILO CIENFUEGOS”
FACULTAD DE CIENCIAS TÉCNICAS
DEPARTAMENTO DE MECÁNICA

EJERCICIO DE CULMINACIÓN DE ESTUDIO

MONOGRAFÍA

COMPRESORES DE PISTÓN PARA SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO.

Autor: Yusnavy Piedra Espinosa

Tutor: MSc. Marlene Orama Ortega

Matanzas, 2020

Resumen

El compresor es el equipo fundamental en las máquinas frigoríficas, se le considera el corazón del sistema, es el más costoso y el que está expuesto a condiciones de trabajo adversas. En este trabajo se realiza un estudio de cuáles son los compresores más empleados en los sistemas centralizados de aire acondicionado en las instalaciones turísticas. Se muestran las fallas más frecuentes en los compresores de pistón y se describe el procedimiento para devolver la capacidad de trabajo de los mismos que anteriormente eran sustituidos. Además, se recoge las causas que conlleva a la rotura de los compresores y se proponen medidas y acciones a tener en cuenta para evitarlas.

Palabras claves: compresores; fallas; causas.

Summary

The compressor is the fundamental equipment in refrigeration machines, it is considered the heart of the system, it is the most expensive and the one that is exposed to adverse working conditions. In this work, a study is made of which compressors are most used in centralized air conditioning systems in tourist facilities. The most frequent failures in the piston compressors are shown and the procedure to restore the working capacity of the ones that were previously replaced is described. In addition, the causes that lead to compressor breakage are listed and measures and actions to be taken to avoid them are proposed.

Key words: compressors; failures; Causes.

Introducción

La industria turística constituye una de las vías de mayor ingreso para el país, diferentes autores coinciden en que los sistemas de refrigeración y climatización originan entre el 55 y el 65 % de todo el consumo eléctrico en una instalación hotelera. En la totalidad de los hoteles se garantizan las condiciones de confort térmico mediante sistemas de refrigeración que utilizan el método de refrigeración por compresión de vapor.

La refrigeración por compresión de vapor desplaza la energía térmica entre dos focos; creando zonas de alta y baja presión confinadas en intercambiadores de calor, mientras estos procesos de intercambio de energía suceden cuando el fluido refrigerante se encuentra en procesos de cambio de estado; de líquido a vapor, y viceversa. El proceso de refrigeración por compresión se logra evaporando un gas refrigerante en estado líquido a través de un dispositivo de expansión dentro de un intercambiador de calor, denominado evaporador. Para evaporarse este requiere absorber calor latente de vaporización. Al evaporarse el líquido refrigerante cambia su estado a vapor. Durante el cambio de estado el refrigerante en estado de vapor absorbe energía térmica del medio en contacto con el evaporador, bien sea este medio gaseoso o líquido. A esta cantidad de calor contenido en el ambiente se le denomina carga térmica. Luego de este intercambio energético, un compresor mecánico se encarga de aumentar la presión del vapor para poder condensarlo dentro de otro intercambiador de calor conocido como condensador. En este intercambiador se liberan del sistema frigorífico tanto el calor latente como el sensible, ambos componentes de la carga térmica. Ya que este aumento de presión además produce un aumento en su temperatura, para lograr el cambio de estado del fluido refrigerante y producir el subenfriamiento del mismo es necesario enfriarlo al interior del condensador; esto suele hacerse por medio de aire y/o agua conforme el tipo de condensador, definido muchas veces en función del refrigerante. De esta manera, el refrigerante ya en estado líquido, puede evaporarse nuevamente a través de la válvula de expansión y repetir el ciclo de refrigeración por compresión.

En todo este sistema de climatización por compresión mecánica, el compresor va a determinar, en buena medida, su eficiencia y es el elemento al que se le debe prestar

mayor interés, tanto por su costo inicial como por su costo de operación y mantenimiento. Según los datos de la industria hotelera en Cuba, los compresores más utilizados son el reciprocante y el compresor a tornillo.

Los compresores con el paso del tiempo a menudo presentan fallas particulares y muy peculiares que se pueden caracterizar y agrupar en distintas clasificaciones, para la facilidad de diagnósticos en el mal funcionamiento de estos.

La tecnología del aire comprimido y gases, por muy estática que parezca, se encuentra en constante evolución. Los fabricantes llevan muchos años investigando sobre nuevos diseños que se adapten a las diferentes exigencias del mercado. Los compresores tienen su aplicación en cientos de industrias y procesos, por lo que las alternativas y la capacidad de adaptación de los diseños de los fabricantes, son múltiples.

En este trabajo se realiza un estudio integral de los compresores más empleados en los sistemas de climatización en las instalaciones turísticas y las principales fallas en los compresores de pistón, así como las causas que lo originan.

DESARROLLO

La historia de los compresores se remonta al principio del siglo XIX. La invención del aire acondicionado es el momento en que se crea el mecanismo de refrigeración con el compresor de aire, primeramente. La fecha de la invención del aire acondicionado se remonta al año de 1902, cuando Willis Carrier comenzó las primeras investigaciones para el diseño y construcción del primer aire acondicionado, ya que una fábrica de impresión tenía problemas con la tinta de impresión y sus trabajos, y a que la temperatura modificaba su trabajo y hacía que no pudiera imprimir en ese tipo de papel y tinta. Por ello Carrier se dedicó a diseñar una máquina que controlara la humedad por medio del desarrollo de un tubo de enfriamiento, lo que hizo que fuera el primer aparato que modificaba la temperatura y produjera una climatización. Esto sentó las bases para el desarrollo de la investigación de los aparatos que producían climatización. Pero fue el mismo Carrier el que se dedicó a realizar la investigación para llevar este proceso de climatización a procesos industriales y comenzó a desarrollar la línea de producción. No fue sino 10 años más tarde cuando Carrier logró conectar un compresor de aire al mecanismo de climatización, lo que hizo que el desarrollo del circuito de refrigeración avanzara bastante para la época y comenzara la investigación para los procesos de congelación y manejo de bajas temperaturas, así como poder adaptar zonas calurosas a climas frescos y templados a gusto del ser humano.

En el transcurso del tiempo las primeras evoluciones están relacionadas con los compresores, donde se observa que los de paletas tienden a desaparecer, los de tipo espiral, mayormente utilizados en vehículos híbridos o eléctricos han mejorado su tecnología y por último los de un pistón pasan a utilizar varios pistones.

Según fabricación, tecnología o funcionamiento existen varias clasificaciones de los compresores utilizados para unidades de aire acondicionado y refrigeración. (Álvarez Guerra, 2008) (Stoeker, 1999)

Compresores según su fabricación:

- Compresor hermético.

- Compresor semihermético.
- Compresor abierto.



Figura 1.1 Compresor hermético, compresor semi-hermético y compresor abierto.

Compresores según su funcionamiento y tecnología:

- Compresor alternativo de pistón.
- Compresor rotativo de pistón rodante.
- Compresor rotativo de tornillo.
- Compresor scroll o rotativo de espiral.
- Compresor centrífugo o turbocompresor.

Compresor hermético: el compresor hermético generalmente suele ser utilizado en instalaciones pequeñas y de baja potencia ya que tienen un menor coste y utilizan un menor espacio dentro de la unidad, este tipo de compresor es refrigerado directamente por el propio refrigerante y no requieren de transmisiones entre el motor y el propio compresor. Por contra, cuando un compresor hermético se avería, la reparación de este resulta más cara al no poder acceder al interior de este de manera fácil, generalmente este tipo de compresor es sustituido y no reparado.

Compresor semihermético: el compresor semihermético es utilizado habitualmente en instalaciones de media potencia, estos tienen el motor y el compresor instalados dentro de un recipiente a presión y accesibles para su reparación en caso de avería. Estos se pueden

subdividir en dos clases, los enfriados por aire que suelen ser de baja potencia y los enfriados por aspiración

Compresor abierto: este tipo de compresores de aire acondicionado al ser más versátiles y accesibles se suelen utilizar en medias y grandes potencias, los compresores abiertos son totalmente accesibles para su reparación y la transmisión se realiza en el exterior por medio de correas por lo que a causa de esto suelen presentar más problemas de vibraciones y es necesario una correcta alineación y tensión de las mismas.

Compresor alternativo de pistón: estos se basan en la transformación de un movimiento rotativo en otro alternativo similar a los motores de un coche, pero en sentido inverso, están formados por una cámara de compresión en forma de cilindro y un pistón que se desplaza interiormente por dicho cilindro. El pistón está unido a través de una biela de transmisión a un motor accionado. Al girar el motor, la biela describe un movimiento de vaivén, succionando el gas de entrada a través de la válvula de admisión cuando retrocede el pistón, comprimiendo el gas cuando avanza el pistón y expulsando el gas a través de la válvula de escape cuando el pistón llega al final de su recorrido. Los segmentos colocados en el émbolo aseguran la estanquidad entre éste y el cilindro, separando la alta presión (interior del cilindro) de la baja presión (cárter). En los compresores pequeños en lugar de segmentos se utilizan pistones con ranuras, que aseguran la estanquidad por las importantes pérdidas de carga que sufre el gas al atravesarlas y por la película creada por el aceite de lubricación. (Mármol, 2012)

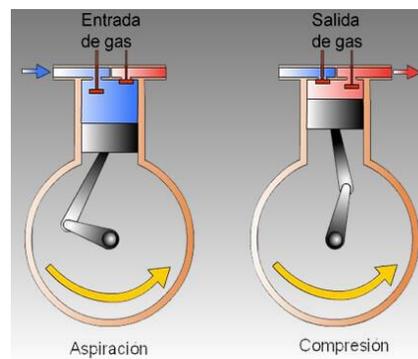


Figura 1.2 Compresor alternativo de pistón.

Compresor rotativo de pistón rodante: en general, los compresores de aire acondicionado rotativos poseen acoplamiento directo del motor y no tienen válvulas de admisión, circulando el gas siempre en el mismo sentido. Admiten elevadas relaciones de compresión ya que el abundante aceite del mismo ayuda a lubricar y además ayuda a eliminar el calor producido por el propio compresor. Estos están sujetos a mucha menos vibración mecánica que los compresores alternativos. En los compresores de pistón rodante, el eje motor y el eje del estator son concéntricos, mientras que el eje del rotor es excéntrico. Al deslizar el rotor sobre el estator se establece entre ellos un contacto, que en el estator tiene lugar a lo largo de todas y cada una de sus generatrices, mientras que en el rotor solo a lo largo de una, la correspondiente a la máxima distancia al eje motor. La admisión del vapor se efectúa a través de la lumbrera de admisión y el escape a través de la válvula de escape. El vapor aspirado en el compresor, que llena el espacio comprendido entre el rotor y el estator, se comprime de forma que, al girar, disminuye progresivamente su espacio físico hasta que alcanza la presión existente en la válvula de escape, que en ese momento se abre, entonces tiene lugar la expulsión o descarga del vapor.

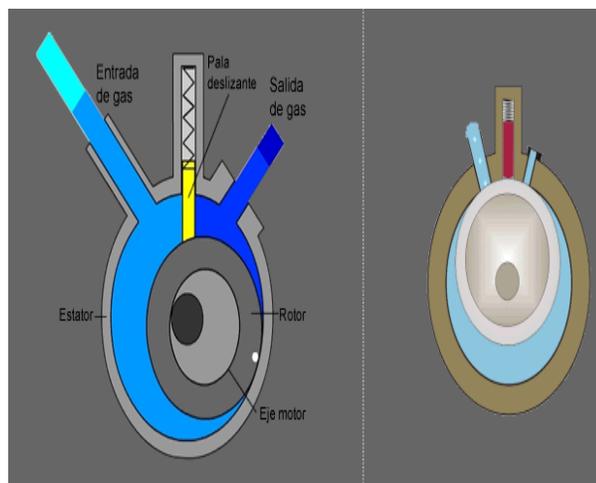


Figura 1.3 Compresor Rotativo de pistón rodante.

Compresor rotativo de tornillo: el compresor de tornillo utiliza un doble conjunto de rotores (macho y hembra). El rotor macho tiene usualmente 4 lóbulos que engranan dentro de los 6 alvéolos del rotor hembra (disposición 4 + 6), hallándose este rotor

accionado por el primero y siendo los sentidos de giro opuestos. Otras variantes especiales son por ejemplo la 5 + 7. El gas, debido al giro queda prisionero entre los espacios de los rotores, siendo transportado de un extremo al otro del engranaje donde se hallan la admisión y el escape. Cada una de las cámaras de trabajo se comporta como si el cilindro fuese un compresor alternativo, donde cada diente del rotor conductor hace las veces de pistón, que primero cierra y después comprime el volumen inicialmente atrapado, por lo que un compresor helicoidal no es sino un compresor alternativo de seis cilindros helicoidales, en el que se han eliminado el cigüeñal, el espacio residual y las válvulas de admisión y escape. (Sazo, 2005)

El gas es comprimido de un modo continuo por los rotores hasta que los lóbulos están engranados totalmente. Esto elimina la indeseable condición existente en los compresores alternativos, donde el gas en el volumen de holgura entre el pistón y la parte superior del cilindro se reexpande por el interior del cilindro, dando lugar a una reducción del rendimiento volumétrico y a un incremento en el consumo de potencia.

Una característica esencial en los compresores de tornillo es la ausencia de toda válvula tanto de descarga como de aspiración. Por el contrario, requieren de un alto grado de calidad en las tolerancias, lo cual supone elevados costes de fabricación. La relación de compresión interna está determinada por la forma de los orificios de aspiración y descarga.

Partes del compresor

- Engranaje de sincronización: Los tornillos no se encuentran en contacto, este engranaje es el responsable de que ambos tornillos giren en el sentido correspondiente.
- Rodamiento del rotor: Encargado del eje principal del rotor.
- Separador: Mantiene separados los tornillos de la zona de transmisión donde se ubican engranajes de sincronización y rodamientos.
- Rotor hembra: Formado por espacios llamados alvéolos.
- Empaques: No permite que algún fluido salga por el compresor.
- Piñón: responsable del movimiento del sistema.

- Canal refrigerante: Se encarga de mantener la temperatura estable.
- Rotor macho: Formado por lóbulos.
- Orificio de ventilación: Trabaja en equipo con el canal refrigerante con el mismo objetivo.
- Puerto de salida: Permite la salida de fluidos.
- Orificio de drenaje: Permite la salida de fluidos de la cámara compresora.
- Pistón de equilibrio: Mantiene a los ejes a la misma distancia.

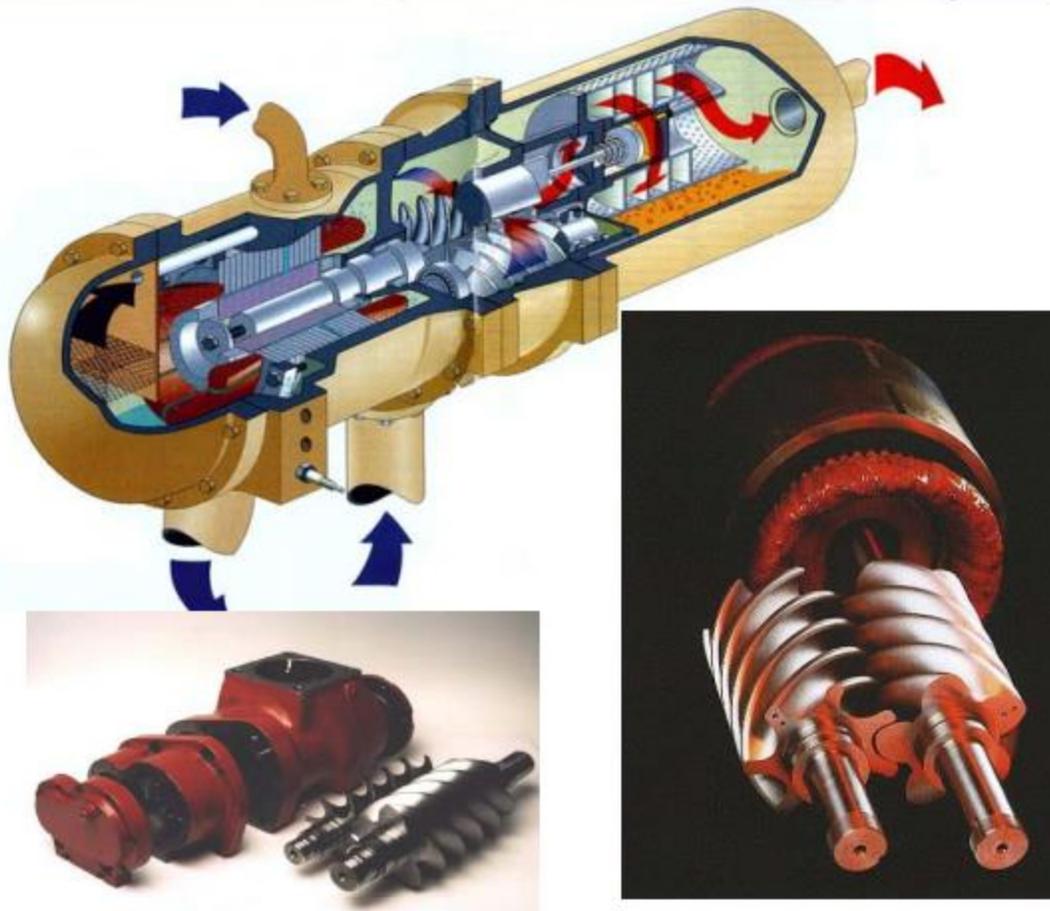


Figura 1.4 Compresor de tornillo.

Compresor Scroll o rotativo de espiral: el compresor Scroll utiliza dos piezas en forma de espiral, una fija (la superior) y la otra móvil (inferior) accionada por el eje del motor. El centro de rotación de la espiral móvil está de calada en relación con el de la espira fija y superior con una excentricidad y llamada radio orbital que permite la compresión

volumétrica de los vapores aspirados. La espiral inferior no describe un movimiento rotativo, sino que se trata de un movimiento giratorio de traslación. Entre ambas piezas (espiral fija y móvil) van creando desde la boca de admisión y de manera continua una cámara de compresión de volumen decreciente por lo que la presión va aumentando. Al final del recorrido del gas y cuando el volumen de la cámara de compresión es mínimo, éste es expulsado por la salida de expulsión. En la descarga existe una válvula de retención que evita el retorno de gas a alta presión hacia la parte de baja presión a la parada de la máquina.

Actualmente se están incorporando a los compresores de scroll variadores de frecuencia para la regulación de la capacidad, incidiendo sobre la velocidad de giro del compresor (inverter). (BUN-CA, 2009)

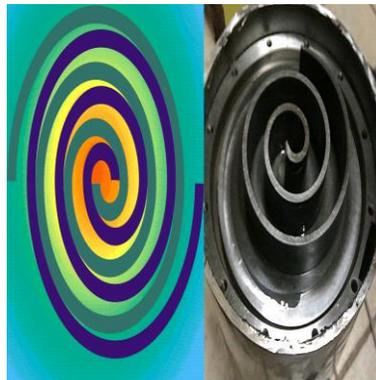


Figura 1.5 Parte del compresor Scroll.

Compresor centrífugo o turbocompresor: el compresor centrífugo utiliza la fuerza centrífuga provocada por la gran velocidad periférica en que el fluido sale de los álabes del rotor, velocidad que, al pasar seguidamente a través de un difusor con la consiguiente caída de velocidad, obtiene como contrapartida un aumento de la presión. Las velocidades normales del motor utilizado en los compresores alternativos, espiral y de tornillos son de unos 3.000 rpm. Para algunos compresores centrífugos de una sola etapa, con caja de engranajes, se utilizan velocidades de 30.000 rpm. Por tanto, son máquinas de alta velocidad capaces de manejar volúmenes muy grandes de gas refrigerante con bajas relaciones de compresión. La caja de engranajes tiene dos engranajes: el engranaje motor, más grande, y el engranaje accionado, que se mueve más rápido.

Si la presión de descarga aumenta demasiado o la presión de vaporización baja demasiado, el compresor no puede resistir la diferencia de presión y deja de bombear. El motor y el compresor siguen girando, pero el refrigerante deja de moverse desde el lado de baja presión al de alta presión del sistema. El compresor y el motor no se verán dañados salvo que se dejen en este estado de sobrepresión mucho tiempo.

Los fluidos frigoríferos utilizados son casi siempre los de tipo halogenado, aunque en las industrias petrolíferas y químicas se utilizan muy frecuentemente, en los compresores centrífugos, metano, propano, etileno y propileno. Su gama de potencia frigorífica se extiende de 350 kW a 12.000 kW y las temperaturas de vaporización pueden variar de +10 C a -160 C. Se utilizan para climatización como enfriadoras de agua. (Díez)

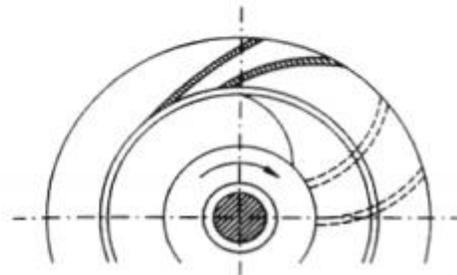
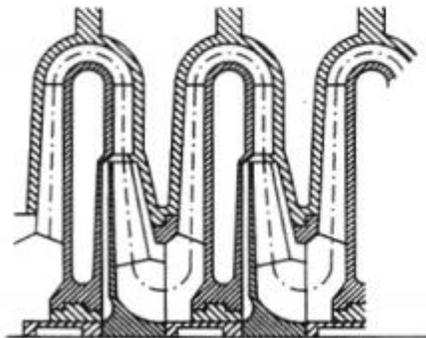


Figura 1.6 Compresor centrífugo

Debido a que la investigación es sobre los compresores de émbolo o de pistón es necesario ver cada una de sus partes.

El cilindro y el pistón: es aquí donde ocurre la mayor parte de la acción en un compresor reciprocante. En el cilindro, el volumen de gas atrapado es comprimido por el pistón, aumentando su presión, entonces el gas es descargado y el pistón comprime un nuevo volumen de gas. Este ciclo se repite centenares de veces por minutos. Cuando el gas se comprime genera calor, para controlar el exceso de calor y prolongar la vida al cilindro, los cilindros tienen conductos para el agua enfriante. El aumento excesivo de calor puede perjudicar el conjunto y causar pérdidas de utilidades y reparos costosos. Además de los conductos de enfriamiento, a la mayoría de los compresores se les añade lubricante en las paredes del cilindro para reducir el desgaste debido a la fricción causada por el movimiento de reciprocidad del pistón. Otros compresores usan materiales especiales como el teflón para reducir la fricción. Para reducir aún más el desgaste de los pistones y cilindros se montan anillos en ranuras hechas a máquinas en los pistones, la función primaria de estos anillos es crear un sello de presión que no permita al gas escaparse de un lado del pistón al otro. Cada cilindro contiene dos juegos de válvulas, de succión y de descarga, estas son similares, pero en ellas el gas viaja en una sola dirección. Todos los tipos de válvulas funcionan bajo el mismo principio, el de la presión diferencial, el gas viaja automáticamente de un área de presión alta a una de presión baja.

La válvula de succión, permite que el gas entre al cilindro para ser comprimido. En el caso de la válvula de succión, la presión baja dentro del cilindro y la alta presión fuera del cilindro, hacen que la válvula se abra, permitiendo que el gas entre en el cilindro.

La válvula de descarga, permite que el gas comprimido salga. Con la válvula de descarga el gas comprimido con alta presión escapa del cilindro hacia un área de presión más baja a través de la válvula de descarga.

En el extremo del cilindro hacia el lado del cigüeñal, está el empaque que rodea la varilla o barra del pistón, el empaque compuesto de anillos y empaquetaduras se utiliza para prevenir que se escape el gas presurizado, a la atmósfera o al cárter. Para reducir el desgaste el empaque puede tener puertos para la lubricación o estar construido de algún material especial igual que el cilindro. El empaque puede tener también ventiladores de enfriamiento.



Figura 1.7 Cilindro de 16 válvulas.

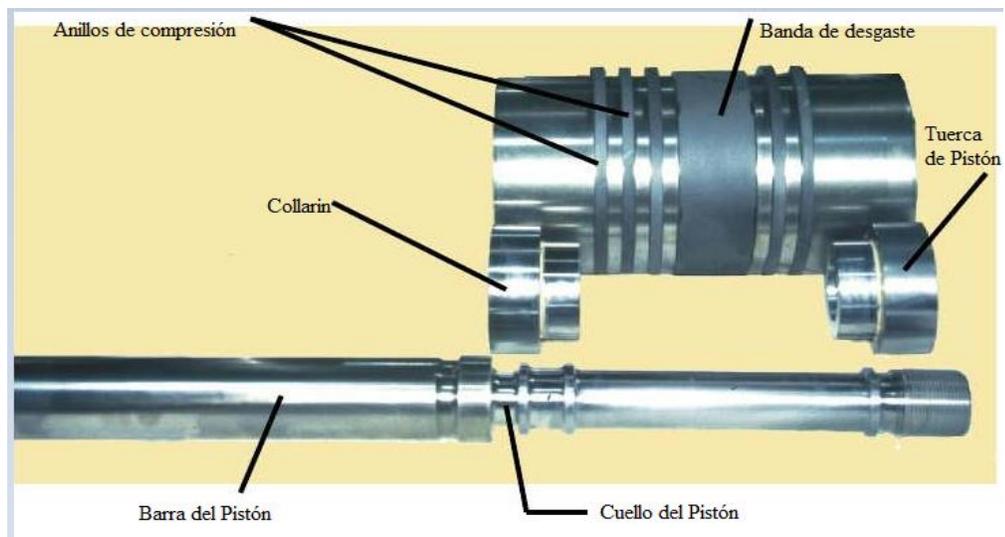


Figura 1.8 Pistón y Anillos.

Barras: En el compresor hay dos tipos de barras, la del pistón y la de conexión. La barra del pistón une al pistón con la cruceta, la cruceta convierte el movimiento giratorio del cigüeñal en el movimiento recíprocante del pistón. La cruceta debe ser mantenida en tolerancias estrechas con las guías de la cruceta, para asegurar el movimiento horizontal y el nivelado del pistón, se utilizan cuñas o zapatas para esto. Aquí también es importante la lubricación y las zapatas de la cruceta se lubrican desde el carter o a través de los puertos.

La Biela o barra de conexión une la cruceta con el cigüeñal y convierte el movimiento giratorio del cigüeñal en movimiento horizontal de la cruceta. El armazón del compresor contiene el cigüeñal que provee apoyo central a las guías de la cruceta y los cilindros.

Balineras: Los compresores tienen balineras principales y balineras para la barra o varilla. Las principales apoyan al cigüeñal en línea central del armazón, las balineras de la barra o varilla permiten que esta ruede suavemente con el movimiento del cigüeñal. Ambas balineras son de manga, aquí también es vital la lubricación, tanto que se deben lubricar continuamente para mantener la fricción mínima.

Pieza de Distancia: Entre la sección de soportes de la cruceta y el cilindro esta la pieza de distancia, donde se hallan los anillos limpiadores y el empaque de presión. La pieza de distancia impide que el gas procesado escape hacia el carter y también permite el venteo de cualquier gas que se fuga. Para impedir que el lubricante del carter entre al cilindro, se ponen anillos limpiadores entre la pieza de distancia y la sección del soporte de cruceta. El lubricante recogido se vacía de la pieza de distancia mientras que el empaque de presión en el extremo del cilindro hacia el lado del cigüeñal encierra gas en el cilindro.

Depurador: Antes de que el gas entre al compresor pasa por un depurador, donde los líquidos y contaminantes son separados del flujo de gas y caen al fondo del depurador por donde deben ser descargados, si los líquidos y contaminantes no se descargan periódicamente estos podrían entrar al conjunto y causar daños al compresor.

Los amortiguadores de vibraciones: Sirven para reducir las pulsaciones en la presión del gas, causada por el movimiento reciproco del pistón. Los amortiguadores montados en los lados de succión y de descarga del cilindro, reducen la fluctuación en la presión del gas, a través del compresor, disminuyendo el daño y desgaste causados por la vibración excesiva.

Enfriador aéreo: Cuando se comprime el gas, su temperatura aumenta, para controlar la temperatura del gas, el gas descargado pasa por un enfriador para quitarle algo de calor, normalmente se trata de un enfriador aéreo, con conductos distintos para el gas

comprimido, el agua y el lubricante. Parte del enfriador puede también tener conductos de agua para enfriar el motor primario y los cilindros del compresor.

Las válvulas de retención: Asegura que el gas fluya en una sola dirección.

Las válvulas de alivio: Impide la sobrepresión en el compresor y sus tuberías.

Las válvulas de venteo: Permite la reducción de la presión en un solo cilindro del compresor o en el conjunto aéreo.

Las válvulas de recirculación: Permite que el mismo gas fluya a través de la unidad una segunda vez.

El tablero de control: Es el punto central de los interruptores, calibradores e indicadores. De no existir un tablero de control central, el compresor y el motor primario deberán ser controlados y monitoreados a distancia o con controladores distintos alrededor del conjunto.

Motor Primario: En las operaciones actuales de petróleo y gas existen dos clases de motores primarios que se usan con los compresores recíprocos, los motores eléctricos y los de combustión interna. Los motores eléctricos se están utilizando cada vez más para eliminar las emisiones peligrosas y reducir los costos de mantenimiento y combustible. Los motores de combustión interna son los motores primarios más comunes en los compresores recíprocos, estos son de dos o cuatro ciclos.

Los motores para conjuntos de compresores pueden ser integrados o separables. Los motores integrados forman parte del armazón del compresor y no se pueden separar del conjunto, operan en el rango de 250 a 350 rpm. Los motores separables están conectados al compresor y se pueden adaptar a cualquier carga, estos normalmente operan entre 600 a 1000 rpm.

Cárter-Bastidor: la parte externa inferior del compresor.

Las causas que pueden provocar fallas en los compresores de pistón pueden ser de origen mecánico o eléctrico; se destacan las provocadas por golpe de líquido, por la migración

del refrigerante, las provocadas debido al retorno de aceite y la reducción del aceite, las causas provocadas por problemas de contaminación del sistema.

Dentro de la categoría golpe de líquido se encuentran diferentes fundamentos que serán mencionadas a continuación.

Fallas provocadas por el retorno del refrigerante líquido al compresor debido a válvula de expansión impropia: una válvula de expansión no debidamente súper dimensionada se transforma en una de las principales causas de retorno de líquido y del golpe resultante. Mientras que una válvula súper dimensionada podrá funcionar bien en carga total, podrá perder el control cuando trabaje en carga parcial. La razón es que, en carga parcial, la válvula intenta mantener el control en su ajuste de supercalentamiento, sin embargo, por su puerta súper dimensionada pasa más líquido que el necesario. Eso superalimenta el evaporador, causando una rápida reducción en el supercalentamiento del gas de salida. En respuesta a eso la válvula se cierra hasta que el supercalentamiento sea restablecido. En ese punto la válvula se abre nuevamente para dar paso a una nueva porción de líquido. Esa condición de búsqueda permitirá que el líquido fluya a través del evaporador y para dentro de la línea de succión, donde podrá entrar en el compresor y causar daños.

Algunos productos compactos son intencionalmente proyectados con válvulas de expansión reguladas para mayores capacidades. En tal caso, la válvula ha sido cuidadosamente regulada y testada para garantizar que atenderá los objetivos específicos del proyecto. No confunda este tipo de válvula con el tipo de válvula seleccionada en el campo. Se debe desconfiar de las válvulas instaladas en el campo.

Fallas provocadas por el retorno de refrigerante líquido debido a la carga reducida: flujo reducido de aire a través de una serpentina de expansión directa, congelada la serpentina y el hielo aísla las superficies de transferencia de calor, reduciendo la carga que la serpentina recibe. En esta condición la válvula de expansión no es capaz precisamente. De cierta forma es súper dimensionada para el trabajo que está intentando hacer y se comportará de la misma manera como ya ha sido descrito en relación a la válvula de expansión impropriamente dimensionada. Un enfriador de agua mostrará los mismos síntomas cuando esté muy incrustado o el flujo del agua sea bajo.

Fallas provocadas por el retorno del refrigerante líquido debido a la mala distribución del aire en el evaporador: La mala distribución del aire causa una carga desigual de los circuitos refrigerante de serpentina, resultando en una temperatura de succión irregular, sentida por la válvula adecuadamente proyectada busque, oscile, resultando en un posible retorno de refrigerante líquido a través de los circuitos pocos cargados. Se ve puntos congelados hasta en la serpentina.

Fallas provocadas debido a la migración del refrigerante: El refrigerante que circula como vapor se retiene en forma de líquido cuando se condensa en el local más frío (compresor o el evaporador cuando la temperatura ambiente externa es elevada). Es preocupante cuando el compresor se encuentra instalado en un nivel más bajo que el evaporador y/o condensador.

Fallas provocadas debido al retorno de aceite: En los sistemas que deben funcionar en largos períodos de tiempo en carga mínima donde la velocidad del gas para mover el aceite es insuficiente. Si un proyecto inadecuado de tuberías permite que grandes cantidades de aceite sean retenidas cuando está en carga mínima puede causar un golpe de aceite cuando trabaje en capacidad elevada.

Las causas provocadas por problemas de lubricación: Dentro del rango de esta causa hay unas fallas explicadas minuciosamente.

Fallas provocadas debido a la dilución de aceite: La migración de refrigerante dentro de un circuito ocioso es una de las principales causas de dilución de aceite. En el compresor, el lado del motor es un local donde el refrigerante emigrante se puede recoger y condensar.

Fallas provocadas debido a la pérdida de aceite: Ciclaje corto, excesiva espumación del aceite y largos períodos de funcionamiento en carga mínima, aliada a un proyecto inadecuado de la tubería. Durante largos períodos de ciclaje corto, el compresor puede bombear aceite para dentro del sistema en una porción mayor del que está retornado, trae un nivel de aceite reducido. El ciclaje corto puede ser causado por baja carga de refrigerante lo que hace que el compresor entre en ciclo por el presostato (interruptor) de

baja presión, por el estrecho ajuste en el diferencial del termostato de control, por las condiciones de carga mínima; todas esas condiciones son acompañadas de una baja masa de flujo de refrigerante lo que, por su vez, resulta en baja velocidades del gas. Cierta cantidad de espuma puede ser esperada cuando se da el arranque en un compresor. Aún más cuando el refrigerante en exceso ha sido retirado del aceite (por la ebullición) la espumación disminuirá si el control del flujo del refrigerante del sistema es adecuado y si se está usando el aceite correcto por el fabricante. Si persiste la espumación se usa el aceite inadecuado o se está diluyendo por refrigerante.

Las causas provocadas por elevadas temperaturas de descarga del compresor: Alta razón de compresión (baja presión de succión y alta presión de descarga), baja carga de refrigerante y control de la capacidad del compresor debajo de sus límites de proyecto. Cada una de esas condiciones conlleva a un flujo bajo de la masa de refrigerante. Como el calor del motor y el calor de fricción producido por un compresor están siempre presentes, cualquier condición que reduzca el flujo de gas refrigerante abajo del mínimo exigido por el proyecto priva al compresor del enfriamiento necesario, produciendo una condición de elevadas temperaturas de descarga del compresor.

Una alta razón de compresión generalmente se atribuye a problemas con el condensador, con el evaporador, al inadecuado control del sistema, o a una combinación de estos tres problemas. Por otro lado, la baja carga de refrigerante se caracteriza por la presencia de burbujeo de gas en el visor de la línea de líquido, por la baja presión de succión y por el gas de succión altamente súper recalentado.

Causas provocadas por problemas de contaminación del sistema:

Fallas provocadas debido a la humedad: La principal causa es el aire introducido en el sistema durante la instalación de las tuberías de cualquier línea de refrigerante. También introducir aceites refrigerantes inadecuadamente manipulados y usados como sustitución del aceite del compresor. Esto puede evitarse siguiendo las recomendaciones del fabricante con relación a la utilización correcta del aceite y realizando su cambio periódico.

Fallas provocadas debido a la contaminación por suciedad y por aire: Además de la humedad, la suciedad y el aire provenientes de malas prácticas de instalación puede ocasionar problemas serios después de que el sistema es colocado en funcionamiento.

Fallas provocadas debido a los óxidos: La formación de óxidos en las paredes internas de los tubos se produce cuando el calor, aplicado por el soldador, se aplica en la presencia de aire.

Fallas provocadas debido al cobreamiento: El encobrado se da en dos fases. Primeramente, el cobre se disuelve en los subproductos de una reacción aceite/refrigerante. La cantidad de cobre disuelto se determina por la temperatura y la presencia de impurezas en el aceite. En la segunda el cobre disuelto es depositado en las partes metálicas. Las altas temperaturas es la causa principal además de usar aceites impropios.

Fallas provocadas debido aceites impropios: Solamente aceites recomendados por el fabricante de lo contrario ocurren la falla hablada.

Causas provocadas por problemas eléctricos:

Fallas provocadas debido a la quema completa: Si el compresor está libre y parece estar en razonables condiciones de funcionamiento la causa del problema puede ser eléctrico. El análisis eléctrico deberá iniciarse con la verificación de la tensión eléctrica y del desequilibrio de fase. La tensión eléctrica deberá estar dentro de más o menos un 10% de la tensión de placa del compresor y el desequilibrio de fase no deberá exceder el 2%. Si, por otro lado, las partes mecánicas están presas, se puede pensar que la causa de la quema del motor y de la falla del compresor es mecánica. Cuando sea ese el caso, se necesitan mayores investigaciones para determinar el origen de la falla mecánica. Otra causa del problema podrá ser el bajo flujo de gas de succión o inexistencia de flujo. Verifique la condición del contator, si los contactos están soldados, es posible que el compresor haya recogido el gas del sistema y haya dejado de funcionar. El funcionamiento continuo sin flujo de gas refrigerante sobre el motor hizo que se recalentara y eventualmente quemara. El funcionamiento del compresor en cortos ciclos para atender las pequeñas necesidades

de carga de fin de semana, por ejemplo, puede también causar supercalentamiento del motor. Los arranques frecuentes con el correspondiente pico de corriente aliado al reducido flujo de gas de succión sobre el motor durante los breves ciclos de funcionamiento, resultan en recalentamiento del motor el que al final puede causar la quema eléctrica.

La evidencia mecánica de la falta de enfriamiento del compresor es el desgaste del pistón, sin daño aparente de la biela o de la bancada principal. Como el gas de succión enfría otras piezas del compresor, así como el motor, un flujo reducido de gas, o la pérdida de flujo, hace que los pistones y los cilindros se recalienten. Y como el índice de expansión térmica del aluminio es mayor que el de los cilindros, los pistones quedan adheridos entre los cilindros causando tal desgaste.

Cuando un motor falló, verifique siempre la condición del contator, independientemente de la causa de la falla. La alta corriente que siempre acompaña una quema frecuentemente dañificará o soldará los contactos.

Fallas provocadas debido a puntos quemados: Cuando se rompe una de las láminas del conjunto plato de válvulas del compresor, es posible que un pequeño pedazo sea forzado para dentro del lado de succión del compresor, donde podrá alojarse en los bobinamientos del motor, ocasión en la que podrá causar un corto circuito entre las espiras del motor, resultando en un punto quemado. Una quema localizada también podrá ser causada por un esfuerzo en el motor. Si el examen de un motor con un punto quemado no revela ningún indicio de partículas metálicas, ya sea enclavada en los bobinamientos o en el estator, se puede sospechar que la ruptura del aislamiento resultó de esfuerzo normal. Otro motivo podrá estar relacionado con la sobre corrección del factor de potencia (Se recomienda como máximo 0,95), que ocasionará el peak de tensión en el motor.

Fallas provocadas debido a falta de fase: La falta de corriente en una de las fases de un motor trifásico produce que éste actúe como si fuera monofásico. Esto significa que las dos fases restantes trabajan con corriente excesivas. Si los relés de sobrecarga no apagan el motor se queman estas dos fases. En una condición de falta a fase una de ellas puede recalentarse más deprisa que la otra, haciendo que se quemé apenas una fase. Cuando una

fase está quemada verifique los bobinamientos de las dos fases restantes. Si una presenta daño por el calor se puede considerar la falta de fase como causa de la quema.

Fallas provocadas debido arrastre del motor: El desgaste de la bancada principal suficientemente sería para causar arrastre del motor debe ser investigado. Algunas posibilidades son la disolución de aceite o aceite contaminado. La superficie de contacto del mancal que presenta porciones metálicas desparramadas, indica problema de dilución de aceite. Si el filtro de aceite indica presencia de contaminantes obviamente el aceite está contaminado. Después del arranque del compresor sustituido, se verifica periódicamente el color y la claridad del aceite, si presenta algo inusual cambie el aceite debe de estar limpio. (Barrios, et al., 2011)

A continuación, se muestran evidencias fotográficas de los daños causados por las fallas explicadas anteriormente

Golpe de Líquido: Daño causado por la presión hidrostática cuando el compresor intenta comprimir un líquido (sea aceite, refrigerante o ambos).



Figura 1.9 Avería de la válvula de succión del conjunto plato de válvulas causada por la tentativa de comprimir refrigerante líquido o aceite o ambos

Problemas de lubricación: Problemas relacionados con desgastes excesivos causado por la falta de cantidad suficiente de aceite lubricante en las áreas esenciales. Dentro de las categorías comunes de problemas de lubricación del compresor están la dilución del aceite, la pérdida de aceite y la viscosidad reducida del aceite debido al supercalentamiento del compresor.

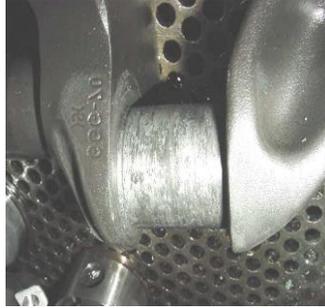


Figura 1.10 Se observa la forma por el cual el metal de las bielas de aluminio está esparcido en la superficie del cigüeñal esto ocurre porque hubo una dilución del aceite.

Temperatura de descarga elevada: Se produce principalmente cuando se trabaja con un valor elevado del supercalentamiento del gas en la succión del compresor, resultando la carbonización del aceite lubricante y la consecuente rotura mecánica del compresor.



Figura 1.11 Un plato de válvulas bastante dañado por la alta temperatura de descarga.

Contaminación del sistema: Material extraño resultado de un desgaste excesivo, causando daño mecánico del motor o recalentamiento.

Humedad en la instalación: Formación del cobreamiento en las partes móviles y calientes del compresor, resultado que proviene de la mezcla de humedad, refrigerante y aceite que producen reacciones capaces de atacar químicamente tuberías de cobre y principalmente los motores eléctricos de los compresores herméticos y semiherméticos. Aparecen principalmente en las instalaciones donde no se ha hecho una buena evacuación y deshidratación del sistema.



Figura 1.12 La bomba de aceite se ve altamente revestida de cobre

Suciedad de la instalación: Que resulta de la falta de cuidado de la instalación del sistema o de cualquier otra intervención realizada. Son principalmente partículas de metal y óxidos de cobre y hierro, provenientes de la instalación donde no han sido utilizados cortadores de tubos y gas de protección durante toda la soldadura.



Figura 1.13 Aquí se encuentra tres filtros de aceite. El de arriba está limpio mientras que el del medio y el último está contaminado.

Problemas eléctricos: Aquellos problemas que pueden causar fallas, con excepción de los problemas eléctricos causados por daños mecánicos. Pueden ser quema total o parcial de los bobinamientos, falta de fase o arrastre del motor.



Figura 1.14 Quemado completo de los bobinamientos.

Para recuperar los compresores de pistón se debe tener en cuenta cuál fue el origen que conllevó a la falla, en cada caso existen procedimientos a cumplimentar.

Procedimientos para recuperar problemas por retorno de líquido: Se analiza el supercalentamiento y el subenfriamiento, necesitaremos dos instrumentos el termómetro y el manifold (conjunto de manómetros de alta y baja presión). Para verificar el supercalentamiento debemos medir la presión y la temperatura de succión, ambas deberán ser obtenidas tanto en la salida del evaporador (supercalentamiento útil o estático varía entre 3 a 7K) como en la succión del compresor (supercalentamiento total varía de 8 a 20K), principal en los sistemas donde la longitud de la línea de succión es significativa. Utilizando tablas o reglas de presión y temperaturas saturadas del refrigerante en cuestión, tendremos que convertir la presión de succión, que ha sido obtenida a través del manómetro, en temperatura de evaporización y con el termómetro mediremos la temperatura de succión. La diferencia entre temperatura de succión y la temperatura de evaporación es el supercalentamiento. El supercalentamiento debe ser mantenido dentro de las condiciones del fabricante. Procedimiento idéntico debe realizarse en el caso del subenfriamiento, sin embargo, las medidas deberán ser realizadas en la salida del condensador. Utilizando tablas o reglas de presión y temperatura saturadas del refrigerante en cuestión, tendremos que convertir la presión de la línea de líquido (o de descarga) que ha sido obtenida a través del manómetro, en temperatura de condensación y con el termómetro mediremos la temperatura de la línea de líquido. La diferencia entre

la temperatura de condensación y la temperatura de la línea de líquido es el subenfriamiento debe variar de 5 a 11K. El factor determinante para garantizar un buen subenfriamiento en la línea de líquido será la capacidad satisfactoria del condensador de atender todo el calor rechazado del sistema y un buen control de la condensación. Observaciones importantes, variando 1K en el subenfriamiento se varía 3K en el supercalentamiento; válvula de expansión termostática: en sentido horario cierra y en sentido anti horario abre. En los compresores de segunda generación de Bitzer se recomienda que el retorno de aceite proveniente del separador de aceite se haga por el lado del motor. Siendo así, el aceite será enfriado por el gas de la succión y centrifugado por el motor eléctrico. Con la centrifugación el mismo será desgasificado y disminuirá la espumación.

Procedimientos para recuperar problemas por golpe de líquido: para evitar la migración que provoca golpe de líquido se recomienda instalar una válvula de retención de líquido en la línea de descarga del compresor además colocar un “sifón invertido” en la entrada del condensador. En el caso del evaporador se hace paradas del compresor por recolección de líquido e instalar un “sifón invertido” a la salida del evaporador. Es importante notar que la migración de líquido refrigerante no se evitará por la existencia de un calentador en el carter. Para impedir problemas de velocidad del gas es necesario que las prácticas aceptadas de proyecto y de dimensionado de las tuberías sean seguidas. En los problemas de velocidad de aceite el sistema de control de aceite surge para acomodar el aceite. Se nota el exceso de aceite cuando la velocidad del refrigerante, terminando el deshielo es muy alta barrerá el aceite que quedó perdido por el sistema de vuelta para el compresor. Compresores normalmente recirculan algo entre 1% y el 3% de aceite por Kg de refrigerante este dato es aproximado.

Procedimientos para recuperar problemas por disolución de aceite: Se combate este proceso la mayoría de los compresores están equipados con resistencia de carter. Este dispositivo preventivo funciona para mantener la temperatura del aceite del carter entre 40~60° (máx. 70°) para reducir la afinidad del aceite con el refrigerante, evitándose así la migración de líquido. El carter debe estar siempre calentando el aceite principalmente en las paradas.

Procedimientos para recuperar problemas por pérdida de aceite: Si el sistema está sujeto a fluctuaciones rápidas de carga, lo que causa arranque y paradas frecuentes, el ciclaje podrá eliminarse a través del empleo de un sistema de control de capacidad.

Procedimientos para recuperar problemas por elevadas temperaturas de descarga del compresor: verifique las temperaturas del aceite y descarga. La temperatura del aceite se toma en la superficie externa del carter. De la misma forma la temperatura de descarga se toma en la superficie del tubo de la línea de descarga, a una distancia equivalente a 10cm de la válvula de servicio de alta presión. Esas temperaturas deben tomarse en superficies planas y limpias, libre de pinturas, corrosión u otra. El termómetro debe estar firmemente fijado en la superficie y aislado para obtener la mejor lectura posible. Las lecturas obtenidas no serán precisas debido a las pérdidas de conducción de calor a través del metal. La viscosidad del aceite se minimiza cuando llega a una temperatura entre 85°C y 95°C una lectura dentro de ese rango agranda las probabilidades de un fallo.

La temperatura de descarga no debe exceder 125°C, esa banda de temperatura no debe ser estrictamente así. El proceso de descomposición del aceite se extiende sobre una amplia gama de temperaturas y en las bandas citadas, ese proceso está en un estado de descomposición acelerada. Es esa la razón por la cual esa banda de temperatura es crítica y sujeta a muchas otras variables.

Para tratar de solucionar la alta razón de compresión es necesario verificar la limpieza del evaporador y del condensador, la tasa de flujo de aire o de agua de estos y las temperaturas de entrada y de salida del agua o del aire. Además de eso, el funcionamiento y el control del sistema deben ser estrechamente controlados para identificar cualquier otra forma de funcionamiento que pueda contribuir al bajo flujo de la masa del refrigerante. La baja carga de refrigerante se soluciona claramente agregando refrigerante al sistema, pero se debe determinar la causa de la pérdida de refrigerante. La colocación de control de capacidad de un compresor debajo de la capacidad mínima específica por el fabricante, podrá ocasionar una masa de flujo de refrigerante menor. Por ello se debe limitar el control de capacidad del compresor para aquella especificada por el fabricante para las condiciones existentes de proyecto del sistema.

Procedimientos para recuperar problemas por humedad: Uno de los medios de detectar la presencia de humedad en un sistema es a través del análisis del aceite lubricante, se retira una muestra y se analiza en un laboratorio especializado. La cantidad de humedad en el aceite no debe exceder 50ppm. Otro método puede ser con el empleo de visor de líquido con indicador de humedad, instalado en la línea de líquido. Un procedimiento común de campo usado para la remoción de la humedad de un sistema es el método de evacuación seguida de la rotura de vacío. Se recomienda romper el vacío cuando la evacuación llegue cerca de 500 micrones de mercurio. Realizar este procedimiento por lo menos dos veces utilizando nitrógeno seco, ya que el mismo absorberá lo restante de la humedad contenida en el sistema y también reducirá el tiempo necesario para deshidratación. Es importante recordar que la remoción de la humedad residual de un sistema exigirá un largo proceso de evacuación en caso de que no se haga la rotura de vacío. A 711 mm de Hg (50.800 micrones de mercurio), el agua hierve a aproximadamente 38°C. Obviamente, es impracticable aumentar la temperatura de todo el sistema arriba de 38°C. El único medio práctico para deshidratar eficazmente un sistema contaminado con humedad es el empleo de una bomba de vacío capaz de producir una “depresión” (presión efectiva negativa) inferior a 250 micrones de mercurio. El factor tiempo para la remoción del agua a veces es ignorado. Lleva tiempo evaporar el agua retenida en un sistema usando apenas el calor que llega de las temperaturas ambientales. Recuérdese que el agua está cambiando de estado y que existe una carga latente al evaporarse (hervir). Se recomienda verificar a través de un vaciómetro confiable, el nivel del vacío realizado en el sistema. Otras consideraciones importantes es el tamaño de la bomba de vacío. Una bomba muy grande puede reducir la presión tan deprisa que el agua se congele, haciéndose casi imposible su remoción. Existe también, la posibilidad de ocurrir daños en ciertas partes de la serpentina o de las tuberías en caso de que haya congelamiento.

Procedimientos para recuperar problemas por contaminación por suciedad y por aire: para evitar que la suciedad entre, certifíquese de que los tubos estén limpios y deshidratados. Evacuación adecuada y pasaje de nitrógeno seco en las tuberías (aproximadamente 1psig) durante el proceso de soldadura de los tubos evitarán los problemas causados por el aire oxidación. Al adicionar aceite al compresor se puede

contaminar como el aceite posee fuertes características oxidantes consigue fácilmente retener aire y agua, se debe tomar cuidado al realizar el cambio de aceite del compresor.

Procedimientos para recuperar problemas por óxidos: Se evita dislocando el aire dentro del tubo con un gas inerte, tal como el nitrógeno seco, antes de aplicar el calor. Se obtiene una atmósfera rica en nitrógeno dentro del tubo colocando una cinta engomada sobre la extremidad abierta del tubo, opuesta a la conexión de nitrógeno. Se hace un pequeño agujero en la cinta y se ajusta el flujo de nitrógeno hasta que se pueda sentir el gas escapando por el agujero. Esta presión, a ser aplicada con nitrógeno seco, deberá regularse en torno de 1psig En el caso de encontrarse vestigios de esos óxidos en el sistema. La Bitzer, empresa de equipos de climatización siempre recomienda la instalación de un filtro en la succión del compresor para limpieza en los casos en los que el evaporador esté distante del compresor, ya que solamente el filtro secador de la línea de líquido no garantiza la total limpieza. El aceite será cambiado conforme sea necesario hasta que quede limpio.

Procedimientos para recuperar problemas por cobreamiento Para evitar fallas repetidas por causa de la formación del cobreamiento, analice y corrija la causa o las causas de las altas temperaturas de operación, use apenas aceites recomendados por el fabricante y evacue el sistema dos o tres veces para garantizar la remoción del aire y de la humedad. Se recomienda también la instalación de filtros secadores con alto poder en la absorción de humedad.

Procedimientos para recuperar problemas eléctricos: Cuando un motor falló se recomienda que los bobinamientos se limpien para su inspección. Su apariencia generalmente llevará a la causa aparente de la falla.

Procedimientos para recuperar problemas por quema completa: Si el sistema está sujeto a prolongados períodos de funcionamiento en carga mínima o a fluctuaciones de carga que lo hacen ciclar frecuentemente, un relé de anticiclaje temporizador deberán instalarse para limitar los arranques del compresor los que, de acuerdo con la potencia del motor, podrán variar de 6 a 10 veces por hora. (Cook., 2001)

Procedimientos para recuperar problemas por puntos de quemados: La Bitzer no recomienda utilizar motores piratas, solamente motores originales. Fijarse que no caigan objetos extraños pequeños pedazos de láminas o de una soldadura en los bobinamientos.

Procedimientos para recuperar problemas por arrastre del motor: En algunos casos, se puede desear instalar un filtro de succión para retener los contaminantes en el aceite antes que entren al compresor. Obviamente si el aceite continúa indicando la formación prolonga de material en suspensión después de la instalación de un filtro debe ser de otra falla.

Sin lugar a dudas para proceder a reparar los compresores dañados se necesita contar con el equipamiento necesario para diagnosticar las fallas. (Valladares, et al., 2017).

- Termómetros: utilizados para medir la temperatura de bulbo seco, generalmente.
- Manómetro: mide la presión de los fluidos refrigerantes, por lo que debe ser seleccionado de acuerdo con el tipo de gas que utilice el sistema a analizar.
- Mangueras de refrigeración: transportan el refrigerante a través de los diferentes componentes del sistema que así lo requieren para su funcionamiento. Al igual que el manómetro, su selección depende de la clase de refrigerante, además de que no deben utilizarse las mismas mangueras en sistemas que utilicen diferentes tipos de aceite y refrigerante.
- Vacímetro: mide las presiones inferiores a la presión atmosférica y las variaciones de presión en el rango de micrones. Se utiliza en conjunto con la bomba de vacío.
- Bomba de vacío: extrae el aire, los gases no condensables y la humedad, reduciendo la presión interna del sistema hasta valores cercanos a los 250 micrones.
- Recuperadora de refrigerante: sirve para evitar ventilar el refrigerante a la atmósfera durante su recuperación dentro de un cilindro.
- Cilindro de recuperación: debe ser especial para esta función y sólo utilizarse para recuperar refrigerante, el cual se identifica con una etiqueta al frente del cilindro.
- Báscula electrónica: determina la cantidad de refrigerante inyectado o recuperado de un sistema.
- Cortador de tubo: su uso favorece cortes rectos en la tubería.

- Juego de Flare: útil para abocinar la tubería.
- Doblador de tubo: evita las deformaciones de las tuberías
- Equipo de soldadura autógena: cilindro de oxígeno, cilindro de acetileno, regulador de presión para oxígeno, regulador de presión para acetileno, mangueras para oxígeno y acetileno.
- Multímetro: utilizado para medición de voltaje alterno, voltaje directo, amperaje, resistencia eléctrica, frecuencia y capacitancia, entre otras variables
- Megohmetro: instrumento que mide la resistencia del aislamiento de cables y embobinados
- Reguladores de presión de nitrógeno
- Detectores de fugas: ayudan a buscar y localizar una fuga de refrigerante: Espuma de jabón (consiste en colocar agua con jabón y las burbujas revelan la fuga), flama de gas propano (la flama cambia de color al detectar fugas), detector electrónico (pequeña consola que indica con sonido), detector con luz ultravioleta (se basa en la utilización de un medio contrastante). (Revista Mundo HVAC&R, 2008)
- Reguladores de presión de nitrógeno.

Al igual que el cuerpo humano la medicina preventiva es mejor que curar, en este caso, si se respetan los ciclos de mantenimiento establecidos para este tipo de equipos se puede alargar la vida útil de los mismos y evitar que ocurran las causas que provocan las fallas en los compresores de pistón.

Para los sistemas de climatización centralizados cada cadena hotelera tiene un manual de procedimiento que gestiona las operaciones en tiempo y esfuerzo. En cuestión no existe diferencias en aceptar que debido a la importancia para las prestaciones de un servicio de calidad al cliente y al mismo tiempo se realice con eficiencia energética, los equipos que garantizan el clima requieren de un interés diario.

Entre las acciones a realizar por el operario designado está la inspección diaria física de la unidad el cual procederá a la toma de lecturas diaria de los parámetros fundamentales de trabajo de las enfriadoras, temperatura y presión a la entrada y salida de los principales componentes del sistema, así como nivel de aceite de cada compresor, siempre se

deberán realizar a la misma hora, se anotarán y se archivarán en el expediente de la enfriadora.

En caso de presentar signos de deterioro del aceite, se comprueba acidez, en caso de ser positivo la prueba, se aplica una carga de neutralizante, pasado unos 30 minutos de funcionamiento se vuelve a realizar la prueba de acidez, si continúa, evaluar la sustitución de las piedras del filtro de línea por una del tipo antiácida, o por el contrario evaluar la posible limpieza de todo el sistema.

Conclusiones.

El estudio realizado a partir de la bibliografía consultada permitió determinar como fundamentos teóricos de esta investigación los tipos de compresores que se utilizan en los sistemas de aire acondicionado en las instalaciones hoteleras cubanas, conociendo que los compresores de pistón son los más utilizados. Se realiza un análisis de las fallas fundamentales que presentan durante su explotación, así como las causas que lo originan. Los resultados pueden tener uso metodológico y práctico, constituyen una herramienta para estudiantes y técnicos interesados en el tema.

Referencias bibliográficas

Álvarez Guerra, Mario A. 2008. *Temas avanzados de Refrigeración y Climatización*. Cienfuegos: Universo Sur, 2008.

Barrios, Luis Fernando Tiburcio y Pérez, Víctor Hugo Vázquez. 2011. *Análisis de daños presentados en compresores recíprocos para refrigeración*. Veracruzana: s.n., 2011.

2015. blogquimobasicos.com. [En línea] Quimobásicos, 8 de octubre de 2015. [Citado el: 14 de febrero de 2020.] <https://blogquimobasicos.com/2015/10/08/compresores-reciprocantes-algunas-de-las-fallas-mas-comunes-2a-parte/>.

2015. blogquimobasicos.com. [En línea] Quimobásicos, 1 de Octubre de 2015. [Citado el: 14 de Febrero de 2020.] <https://blogquimobasicos.com/2015/10/01/compresores-reciprocantes-algunas-de-las-fallas-mas-comunes-1a-parte/>.

2015. blogquimobasicos.com. [En línea] Quimobásicos, 3 de Noviembre de 2015. [Citado el: 4 de Febrero de 2020.] <https://blogquimobasicos.com/2015/11/03/fallas-electricas-en-compresores/>.

BUN-CA. 2009. *Manual Técnico: Refrigeración Comercial*. San José, Costa Rica: s.n., 2009. ISBN:978-9968-904-39-1.

Cook., N. 2001. *CURSO PRÁCTICO DE REFRIGERACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO*. 2001. ISBN: 9788489922365.

Díez, Pedro Fernández. *Compresores*. Cantabria: Departamento de Ingeniería Eléctrica y Energética.

Mármol, Daniel E. Daguelez. 2012. *Propuesta de una norma cubana para la importación de compresores frigoríficos herméticos*. Holguín: Trabajo de Diploma, 2012.

Revista Mundo HVAC&R. 2008. 87, 2008, Vol. VII.

Sazo, Rómulo Emilio Jerez. 2005. *Propuesta de un programa de mantenimiento para compresores de tornillo que usan amoníaco para refrigeración*. Guatemala: Trabajo de Graduación, 2005.

Stoeker, W. F. 1999. *Refrigeración industrial*. Illionois: s.n., 1999. ISBN 0-919524-68-5.

Valladares, César Mauricio Posada y Portillo, Carlos Ernesto Villegas. 2017. *PROPUESTA DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN EQUIPO PARA DIAGNÓSTICO DE FALLAS EN COMPRESORES HERMÉTICOS*. EL Salvador: s.n., 2017.