

UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA**



**“CHILLER CARRIER 30RBA12054 CON CONDENSADOR COBRE –
ALUMINIO, COMO ALTERNATIVA PARA EVITAR FUGA DE GAS
REFRIGERANTE EN EL SISTEMA DE AIRE ACONDIONADO DEL
EDIFICIO CORPORACIÓN MG SAC”**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el Título Profesional de

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

PRESENTADO POR EL BACHILLER

RUELAS CHOZO, CYNTHIA ROXANA

Villa El Salvador

2017

DEDICATORIA

Dedico mi proyecto de ingeniería a todas las personas que formaron parte de mi vida universitaria y que han hecho posible que pueda desarrollarme y culminar con éxito mis estudios profesionales.

AGRADECIMIENTO

A los profesores de la Universidad Tecnológica de Lima Sur por sus aportes para profundizar mis conocimientos y crecimiento personal. A mis padres que me apoyaron incondicionalmente en esta etapa de mi vida académica.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	II
AGRADECIMIENTO.....	III
LISTADO DE FIGURAS.....	VI
LISTADO DE TABLAS.....	VIII
INTRODUCCIÓN.....	IX
CAPÍTULO I.....	12
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	12
1.1 Descripción de la realidad problemática.....	12
1.2 Justificación del proyecto.....	13
1.3 Delimitación del proyecto.....	14
1.3.1 Espacial.....	14
1.3.2 Temporal.....	14
1.4 Formulación del problema.....	14
1.5 Objetivos.....	15
1.5.1 Objetivo general.....	15
1.5.2 Objetivos específicos.....	15
CAPÍTULO II.....	16
MARCO TEÓRICO.....	16
2.1 Antecedentes de la investigación.....	16
2.2 Bases Teóricas.....	20
2.2.1 Sistema de aire acondicionado.....	20
2.2.2 Componentes de un sistema de aire acondicionado.....	22
2.2.3 Difusores y rejillas para descarga y retorno.....	36
2.2.4 Ventiladores.....	37
2.2.5 Tipos de equipo de aire acondicionado.....	41
2.2.6 Chiller.....	44
2.2.7 Condensador tubo aleta.....	57
2.2.8 Condensador tubo aluminio – aleta aluminio.....	58
2.3 Marco Conceptual.....	65

CAPÍTULO III	75
DESCRIPCIÓN DEL ACTUAL CHILLER Y PROCEDIMIENTO PARA LA INSTALACIÓN DEL CONDENSADOR COBRE ALUMINIO	75
3.1 Descripción del actual Chiller del sistema de aire acondicionado.	75
3.2 Procedimiento para el reemplazo del condensador aluminio-aluminio a cobre – aluminio.....	82
3.2.1 Procedimiento:	82
3.2.2 Materiales, herramientas e instrumentos a utilizar	86
3.2.3 Cronograma de actividades.....	88
3.3 Revisión y consolidación de resultados.	95
CONCLUSIONES.....	96
RECOMENDACIONES	97
BIBLIOGRAFIA	98
BIBLIOGRAFÍA ELECTRONICA.....	99
ANEXOS	100

LISTADO DE FIGURAS

Figura N° 1: Componentes de un sistema de aire acondicionado.....	22
Figura N° 2.: Evaporador de expansión directa.....	28
Figura N° 3: Unidad evaporadora FAN COIL	38
Figura N° 4: Tuberías de agua helada.....	39
Figura N° 5: Equipo split ducto	42
Figura N° 6: Chiller refrigerado por aire.....	43
Figura N° 7: Chiller refrigerado por agua.....	44
Figura N° 8: Sistema de aire acondicionado tipo chiller.....	45
Figura N° 09: Tubería insulated para sistemas tipo chiller	53
Figura N° 10: Condensador tubo-aleta.....	57
Figura N° 11: Condensador aluminio - aluminio.....	59
Figura N° 12: Condensador tipo serpetin	63
Figura N° 13: Condensador de flujo paralelo	64
Figura N° 14: Chiller carrier 30rb120	75
Figura N° 15: Refrigerante R-410A.....	79
Figura N° 16: Dimensiones de la sala de máquinas	80
Figura N° 17: Procedimiento Paso 1.....	82
Figura N° 18: Procedimiento Paso 2.....	82
Figura N° 19: Procedimiento Paso 3.....	83
Figura N° 20: Procedimiento Paso 4 A-B.....	83
Figura N° 21: Procedimiento Paso 4 C-D	84

Figura N° 22: Procedimiento Paso 5.....	84
Figura N° 23: Procedimiento Paso 6.....	85
Figura N° 24: Procedimiento Paso 7.....	85
Figura N° 25: Procedimiento paso 8.....	86
Figura N° 26: Diagrama de gantt	89
Figura N° 27: Diagrama de red	90
Figura N° 28: Proceso ubicación donde se va a realizar el trabajo - Fabricación del condensador.	91
Figura N° 29: Proceso recuperación del refrigerante - Desmontaje del condensador microchannel.....	91
Figura N° 30: Proceso montaje del condensador cobre aluminio - Cambio del filtro secador cerámico...	92
Figura N° 31: Proceso montaje del condensador cobre aluminio - Cambio del filtro secador cerámico...	92
Figura N° 32: Proceso carga de refrigerante – Prueba de funcionamiento y toma de parámetros previos	93
Figura N° 33: Proceso lanzamiento general y toma de parámetros del Chiller.....	93
Figura N° 34: Escala de tiempo	94

LISTADO DE TABLAS

Tabla N° 01: Recomendaciones de velocidad en ductos	31
Tabla N° 02.: Medidas y capacidades de sistemas tipo chiller.....	45
Tabla N° 03: Dimensiones de las tuberías dependiendo de la capacidad del chiller	52
Tabla N° 04: Diámetros de tubo de aluminio y espesor de pared a varias temperaturas	62
Tabla N° 05: Dimensión del chiller carrier 30rb120	76
Tabla N° 06: Datos de la placa del chiller carrier 30rb120.....	76
Tabla N° 07: Datos del compresor scroll	77
Tabla N° 08: Datos de la válvula de la expansión electrónica	77
Tabla N° 09: Datos del flow switch	77
Tabla N° 10: Datos del contactor del compresor refrigerante.....	78
Tabla N° 11: Datos del condensador a fabricar	79
Tabla N° 12: Parámetros de funcionamiento antes del reemplazo.....	81
Tabla N° 13: Parámetros de funcionamiento después del reemplazo del condensador.....	95

INTRODUCCIÓN

El Edificio de Corporación MG SAC Colliers Internacional Perú, ubicado en surco, cuenta con 13 pisos, a cada piso se le suministra aire acondicionado mediante equipos llamados Fan Coil, que a su vez reciben agua helada del sistema central, mediante un equipo Chiller.

El equipo Chiller de la Marca Carrier, modelo 30RBA12054 presenta una capacidad de 120 toneladas de refrigeración, el cual está compuesto por 2 circuitos A y B , éstos circuitos tienen 03 serpentines aluminio – aluminio y 04 serpentines aluminio – aluminio consecutivamente.

El chiller es un equipo que sirve para enfriar agua, también se conoce como unidad generadora de agua helada. Chiller en idioma inglés, se traduce como refrigerador, nevera o frigorífico. Water Chiller es un término más apropiado para un enfriador de agua. Un chiller, como cualquier equipo de refrigeración está compuesto por compresor, condensador, dispositivo de expansión y evaporador.

Las variaciones en estos componentes dan lugar a diferentes tipos de enfriadores de agua. Por ejemplo, según el tipo de compresor utilizado, los chillers se pueden clasificar como chillers scroll, chillers tornillo, chillers centrífugos y chillers reciprocantes.

Según el tipo de condensador, los encontramos como chillers con condensador enfriado por aire o condensador enfriado por agua.

La función del condensador es transformar el refrigerante en estado gaseoso al estado líquido y de esta manera rechazar el calor que se pretende extraer del sistema. El condensador es un intercambiador de calor donde por un lado entra el gas caliente a alta presión y sale líquido con destino al dispositivo de expansión.

Estos condensadores requieren a su vez de una torre de enfriamiento para bajar la temperatura del agua. Por otro lado, si el medio que se utiliza para enfriar el condensador es aire, entonces hablamos de un condensador enfriado por aire.

En la condensación por aire se utilizan serpentines de tubo aleteado que se refrigeran con el aire exterior circulado por medio de un ventilador, por lo que se debe tener la posibilidad de ubicar el equipo próximo a una fuente de aire exterior.

En ese sentido en el presente proyecto de ingeniería describo el procedimiento de reemplazo del Chiller Carrier 30RBA12054 con condensador aluminio-aluminio a cobre-aluminio, como alternativa para evitar fuga de gas refrigerante en el sistema de aire acondicionado del edificio de la Corporación MG SAC., motivo por el cual he dividido mi proyecto en 3 capítulos.

En el Capítulo I, describo el planteamiento del problema, que está basado en pérdida de gas refrigerante en el serpentín del Condensador de un Chiller Carrier 30RBA12054 siendo la causa principal el material que actualmente compone a este tipo de serpentín (aluminio-aluminio).

En el Capítulo II, describo el marco teórico en la cual se sustenta mi propuesta de solución, referente a reemplazar el condensador aluminio-aluminio por un condensador cobre-aluminio. Estas bases teóricas a la cual me refiero están relacionadas con los sistemas de aire acondicionado, sus componentes y características así como las características y composición del condensador de un chiller.

Finalmente en el Capítulo III, desarrollo la propuesta de solución, realizando inicialmente la descripción actual del Chiller del sistema de aire acondicionado del Edificio Corporación MG SAC Colliers Internacional Perú. Luego detallo los procedimientos para el reemplazo del condensador Aluminio-Aluminio por el condensador cobre-aluminio, para finalmente realizar una presentación de los parámetros de funcionamiento como resultado del reemplazo del condensador.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la realidad problemática.

Actualmente los serpentines del condensador Microchanell presentan alto grado de corrosión, esto debido a que se encuentran trabajando expuestos a un ambiente de alta humedad, salino y corrosivo donde resulta ser muy agresivo con el material que actualmente compone a este tipo de serpentín (aluminio-aluminio).

Provocando micro fugas en el serpentín lo que conlleva a pérdida de gas refrigerante ecológico R410A en el equipo Chiller, y como consecuencia los parámetros de funcionamiento tanto presión como la temperatura, en muchos casos se encuentran fuera de rango.

Así también producto de estas micro fugas se genera pérdida de capacidad de enfriamiento e ineficiencia de operatividad. Además de no permitir y garantizar una reparación por fuga debido al material que lo constituye.

Debido a estas consecuencias actualmente presentadas en el Edificio de la Corporación MG SAC Colliers Internacional Perú, el Chiller entra en muchas ocasiones en constantes alarmas de protección.

Esta problemática podría llevar a que el Chiller quede fuera de servicio en su totalidad, y por ende todo el edificio quedaría sin aire acondicionado, generando incomodidad en los usuarios de cada piso, así como también perjudicando principalmente al funcionamiento del rack de sistemas, centro de control y central telefónica que se encuentran en cada piso del edificio.

1.2 Justificación del proyecto.

El proyecto se justifica en que el reemplazo del condensador aluminio-aluminio por un condensador cobre-aluminio, evitará la pérdida de gas refrigerante en el serpentín del Condensador de un Chiller Carrier 30RBA12053, con el propósito de garantizar operatividad del sistema de aire acondicionado en el Edificio Corporación MG SAC Colliers Internacional Perú.

Cabe señalar que las condiciones del ambiente donde se ubican el serpentín del condensador es de alta humedad, corrosivo y salino, de tal forma que si se llegará a reemplazar el tipo de material con el que está compuesto actualmente el serpentín, lograríamos que se consiga un condensador resistente a la corrosión, de fácil reparación y con mayor tiempo de vida útil.

1.3 Delimitación del proyecto

1.3.1 Espacial

El proyecto se aplicara en el Edificio de la Corporación MG SAC Colliers Internacional Perú, ubicado en la Av. Encalada 175 Surco.

1.3.2 Temporal

La investigación comprende el periodo correspondiente al mes de Noviembre de 2016.

1.4 Formulación del problema

¿Cómo evitar la pérdida de gas refrigerante en el serpentín del Condensador de un Chiller Carrier 30RBA12053, con el propósito de garantizar operatividad del sistema de aire acondicionado en el Edificio de la Corporación MG SAC Colliers Internacional Perú?

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo general.

Evitar la pérdida de gas refrigerante en el serpentín del Condensador de un Chiller Carrier 30RBA12053 con el propósito de garantizar operatividad del sistema de aire acondicionado en el Edificio de la Corporación MG SAC Colliers Internacional Perú.

1.5.2 Objetivos específicos.

- Determinar el procedimiento para el reemplazo de condensador de aluminio-aluminio a cobre-aluminio con la con el propósito de evitar la pérdida de gas en el serpentín del Condensador de un Chiller Carrier 30RBA12053.
- Verificar mediante la medición de parámetros de funcionamiento si el cambio de condensador aluminio-cobre garantiza la operatividad del sistema de aire acondicionado en el Edificio de la Corporación MG SAC Colliers Internacional Perú.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación.

Tejero (2010), en su tesis titulada “Reducción del consumo energético y emisiones de anhídrido carbónico en edificios combinando enfriamiento evaporativo, enfriamiento gratuito y recuperación de energía en sistemas todo aire”, para optar el Grado de Doctor en Ingeniería Energética y Fluidomecánica en la Universidad de Valladolid, concluye que: “El principal objetivo es minimizar la demanda de energía requerida para el enfriamiento. Para garantizar un cierto nivel de calidad del aire interior o implementar un modo de recuperación de calor en sistemas alternativos, diseñados para reducir la energía. En La central de agua helada los resultados son bastante interesantes, caracterizada por unos rendimientos bastante buenos con un requisito mínimo de energía el consumo de energía, tiene un efecto insignificante sobre los parámetros estudiados, por

estar en cada caso. Por lo tanto, se puede tratar una amplia gama de flujos de aire con este dispositivo y el control del sistema es simplificado ya que no hay variación del flujo de agua suministrado”.¹

Lamas (2011), en su tesis titulada “Análisis y propuesta de un nuevo método de simulación abreviado para la certificación energética en edificios residenciales” para optar el Grado de Doctor en Termodinámica Aplicada en la Universidad Politécnica de Valencia, concluye que: “De la comparación de los resultados obtenidos mediante la utilización de torre de refrigeración y un intercambiador de calor enterrado para la condensación, se observó que los valores óptimos de la máquina de absorción y el área de captadores solares no tienen variación significativa.

Al aplicar estos sistemas sobre los edificios actuales se espera una mejora considerable. Sin embargo si se actuara sobre la parte térmica de la arquitectura (parte de la demanda de energía) mejorando el nivel de aislamiento”.²

Talla (2015), en su tesis titulada “Ahorro de energía eléctrica en una industria cervecera como estrategia de excelencia operativa” para optar el Título de Ingeniero Eléctrico en la Universidad Nacional Mayor de San

¹TEJERO, A. (2010). Reducción del consumo energético y emisiones de anhídrido carbónico en edificios combinando enfriamiento evaporativo, enfriamiento gratuito y recuperación de energía en sistemas todo aire. (Tesis de Pos Grado). Universidad de Valladolid, Valladolid, España.

²LAMAS, E. (2011). Análisis y propuesta de un nuevo método de simulación abreviado para la certificación energética en edificios residenciales. (Tesis de Pos Grado). Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España.

Marcos de Lima, concluye que: “La Energía eléctrica es uno de los recursos primordiales para el funcionamiento de una industria cervecera.

Esta tesis ha permitido la formulación de un formato para ejecución de proyectos de ahorro de Energía Eléctrica. Si bien es cierto el proyecto es muy específico para el sistema de refrigeración centrándose en los compresores, la metodología utilizada para encontrar la solución al problema sí es replicable ya que involucra una serie de criterios de análisis los cuales si son replicables a cualquier proyecto que buscar generar ahorros de consumo de energía. Se optimizó el proceso de funcionamiento del sistema de refrigeración, para lo cual fue necesario redefinir sus actividades, las entradas y salidas del proceso, definir sus indicadores de eficiencia y eficacia, registros para su monitoreo, así como elaborar su documentación. Su aplicación concibe la obtención de un conjunto de resultados satisfactorios que contribuyen a la formación de una cultura de ahorro energético”.³

Esquerra (2010), en su libro titulado “Dispositivos y sistemas para el ahorro de energía”, señala que: “Hay que atender a la mejora del rendimiento de los equipos eléctricos con el fin de disminuir el consumo global de energía. Piénsese que toda máquina presenta rendimientos inferiores al máximo o de diseño cuando su estado de funcionamiento se aparta del de diseño. Otro aspecto a considerar es el de la uniformidad de

³TALLA, E. (2015). Ahorro de energía eléctrica en una industria cervecera como estrategia de excelencia operativa. (Tesis de Pre Grado). Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.

carga general, o sea, la existencia de puntas de consumo eléctrico que exigen contratar una potencia superior a la medianamente consumida. En consecuencia, es importante analizar la manera de eliminar las puntas de consumo actuando sobre el proceso, o planificando determinadas operaciones para que se realicen fuera de los periodos críticos. En este sentido también conviene actuar con la puesta en marcha de equipos importantes, es decir, planificar adecuadamente esta operación”.⁴

Sanz (2014), en su libro titulado “Control de Refrigeración”, señala que: “En los momentos actuales con un aumento constante del precio de la energía, con problemas medioambientales (calentamiento global) causados por el efecto invernadero, en el cual el CO₂ tiene una responsabilidad muy alta, y con legislación cada vez más restrictivas en cuanto a utilización no correcta de un bien escaso como es la energía, el uso eficiente de esta es necesario. Todo esto provoca que cada día se dediquen más esfuerzos para reducir el consumo de energía en todos los aspectos de la vida llegando a potenciar de forma económica mediante subvenciones por ciertos gobiernos la utilización de sistemas con menor consumo de energía. Se debe indicar que un circuito frigorífico para producir frío, o lo que es lo mismo transportar calor de una fuente fría a un punto o sumidero de calor a mayor temperatura, es necesario consumir temperatura. El ahorro en instalaciones frigoríficas trata de los métodos

⁴ESQUERRA, P. (2010). Dispositivos y sistemas para el ahorro de energía. Barcelona, España: MARCOMBO

que las distintas tecnologías no aportan para producir una cantidad de frío con el menor gasto posible”.⁵

Whitman (2009), en su libro titulado “Tecnología de la Refrigeración y Aire Acondicionado”, señala que: “El condensador se encarga de expulsar el calor del sistema que ha sido absorbido por el evaporador. Este calor se encuentra en forma de gas caliente que hay que esperar hasta que se condense.

Cuando el calor se absorbe hacia el sistema, en el punto de cambio de estado del refrigerante es cuando se absorbe mayor cantidad de calor.

Los primeros condensadores de refrigeración comerciales que aparecieron se enfriaban con agua. Los condensadores enfriados con agua tienen muy buen rendimiento comparados con los condensadores enfriados por aire y funcionan a temperaturas de condensación mucho más bajas”.⁶

2.2 Bases Teóricas

2.2.1 Sistema de aire acondicionado.

Un sistema de aire acondicionado es un todo que agrupa a su vez diferentes subsistemas, que hacen que este sistema mayor cumpla

⁵ SANZ, F. (2014). Control de Refrigeración. Madrid, España: UNED

⁶WHITMAN, W. (2006). Tecnología de la Refrigeración y Aire Acondicionado. Madrid, España: PARANINFO

con las expectativas trazadas al inicio del proyecto. Se debe controlar simultáneamente la temperatura, humedad, limpieza y distribución del aire. Con el aire acondicionado las personas viven más confortables y muchos procesos industriales se realizan de una manera más eficiente.

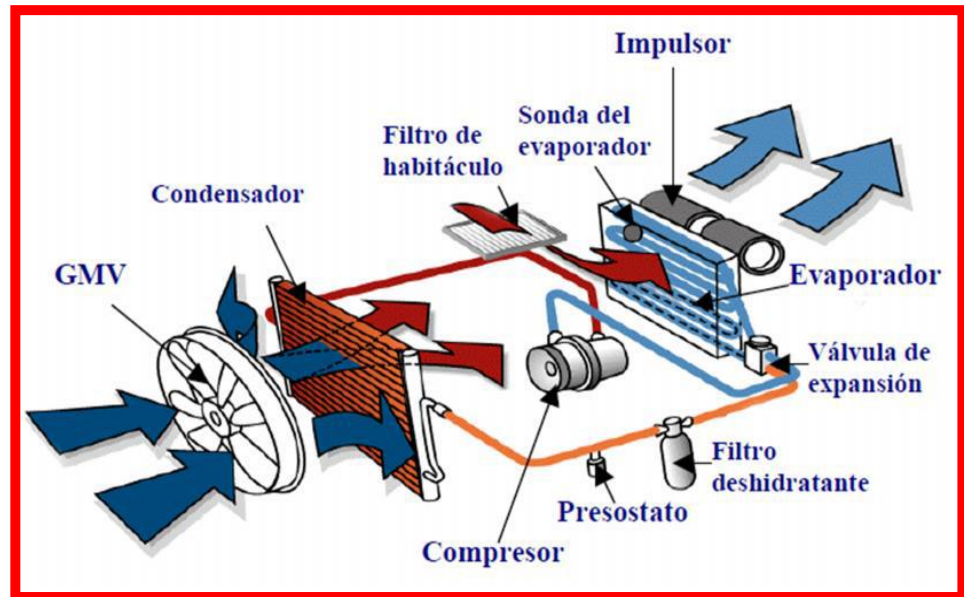
Un sistema de acondicionamiento de aire debe ser capaz de extraer calor y humedad del espacio a acondicionarse, para esto se tiene como punto central un equipo de aire acondicionado el cual debe ser capaz, mediante procesos psicométricos, de dar al aire ciertas características deseadas y planteadas al iniciarse cada proyecto.

El sistema de aire acondicionado requiere de componentes específicos y complejos, así como un fluido adecuado para el intercambio de calor.

A diferencia de un sistema de calefacción, en el que el líquido refrigerante absorbe calor del motor y se lo cede a dos radiadores (refrigeración y calefacción), en el caso del aire acondicionado, el objetivo consiste en que el fluido frigorífico absorba el calor del aire que entra al habitáculo mediante el evaporador. Por lo tanto, deberá cederlo al ambiente mediante otro intercambiador, el condensador.

2.2.2 Componentes de un sistema de aire acondicionado.

Figura Nº 1: Componentes de un sistema de aire acondicionado



2.2.2.1 El compresor.

Es el corazón del sistema de compresión de vapor y por ende el primer componente que se analiza. Actualmente los dos tipos de compresores para refrigeración más comunes son: Alternativo y Rotativo o de Tornillo, los cuales se mencionan a continuación. Cabe indicar que también hay compresores del tipo scroll (de hélice o de caracol) y de pistón rotativo u oscilante.

Los dos tipos de compresores se listan a continuación:

- **Compresor Alternativo**

Es un tipo de compresor sencillo de desplazamiento positivo y se fabrican de diferentes tamaños. Los compresores alternativos modernos son de simple efecto y pueden ser de

un cilindro o de múltiples cilindros estando estos últimos dispuestos en V o en W, radialmente o en línea.

Durante la carrera de admisión el gas refrigerante de baja presión es aspirado a través de la válvula de admisión, que puede estar en el pistón o en la culata.

Durante la carrera de escape, el pistón comprime el refrigerante y después lo empuja a través de la válvula de escape que usualmente forma parte de la culata. La velocidad de funcionamiento en estos equipos ha ido incrementándose paulatinamente en los últimos años desde 100 RPM iniciales hasta 3600 RPM actuales que casi no se han alterado mucho.

Normalmente, los agujeros en las carcasas del compresor son fuente de fugas dado que se debe transmitir potencia al cigüeñal desde el motor eléctrico, por lo que se está tendiendo a tener el motor acoplado dentro de la carcasa.

- **Compresor rotativo o de tornillo.**

Es usual para cargas completas, es decir que estos equipos son buenos para trabajar a valores cercanos a la capacidad de diseño y además para aplicaciones con grandes volúmenes.

Requieren poco mantenimiento y producen poco ruido al operar, todo esto hace que sean más costosos.

Las características del compresor de tornillo hacen que sea ideal para utilizarlo en industrias y, en general, a gran escala, dada sobretodo su durabilidad, gran rendimiento energético y utilización para refrigerar grandes volúmenes (a partir de 400 m³/h).

Este tipo de compresor es el que se utiliza mayormente en los chillers.

2.2.2.2 Los condensadores.

Son los que reciben el vapor refrigerante sobrecalentado proveniente del compresor eliminando el recalentamiento del vapor y a continuación lo condensan, disminuyendo así el valor de entalpía.

Se mencionaran tres tipos de condensadores, el primero de ellos es el condensador refrigerado por agua, condensador refrigerado por aire y del tipo evaporativo.

- **Condensador refrigerado por agua.**

En este equipo el refrigerante caliente procedente del compresor se enfría utilizando agua, la cual a su vez se enfría en una torre de enfriamiento.

- **Condensador refrigerado por aire.**

En este equipo se cede calor a un flujo de aire el cual se suministra mediante grandes ventiladores de aire que atraviesan

los tubos y aletas. Dentro de los tubos circula el vapor del refrigerante que al ceder calor sufrirá un cambio de fase a líquido.

- **Condensador evaporativo.**

Es el condensador muy eficiente y confiable. El enfriamiento del aire de esta unidad se realiza mediante la evaporación del agua, a través de un flujo de aire a contraflujo, el que disminuye su temperatura de bulbo seco. La evaporación del agua extrae calor del refrigerante el cual circula por unos tubos al interior de la carcasa.

2.2.2.3 Dispositivos de expansión.

Después del compresor y del condensador, el elemento fundamental que sigue en el sistema de compresión de vapor es el dispositivo de expansión.

La finalidad del dispositivo de expansión es doble dado a que debe reducir la presión del líquido refrigerante y además debe regular el paso del refrigerante hacia el evaporador, pues vendría a funcionar como una válvula de control de flujo.

Los dispositivos de expansión más utilizados son los tubos capilares pues es utilizado en casi todos los dispositivos de refrigeración de potencia menores a 3.7 kW, sin embargo se viene

utilizando en algunos dispositivos de mayor potencia. Un tubo capilar es de una longitud desde 0.5 hasta 5 m y de un diámetro interno de 0.6 a 2.3 mm. Dentro de estos tubos capilares se genera una gran fricción la cual origina una caída de presión lo cual nos permite obtener el efecto deseado.

Otros dispositivos utilizados en los sistemas de aire acondicionado se tienen los restrictores y las válvulas de expansión. Dentro del grupo de válvulas de expansión hay de varios tipos, como: Manual, automática y termostática (TEV).

De este grupo las válvulas automáticas y termostáticas (TEV) son las de mayor uso en equipos de aire acondicionado como equipos del tipo split decorativos y chillers.

En el caso de las válvulas automáticas mantienen la presión en el evaporador constante sin importar la carga térmica, mientras las válvulas termostáticas (TEV) están regidas por la presencia de un tubo capilar el cual sensibiliza el sobrecalentamiento y aumenta así la presión en la tubería de refrigerante, lo que a su vez, origina la expansión de la válvula o membrana, aumentando la entrada de refrigerante líquido al evaporador para compensar el aumento de carga térmica.

2.2.2.4 Evaporadores

Un evaporador de un sistema de refrigeración es un intercambiador de calor en el que pasa desde la sustancia que se va a enfriar hasta el refrigerante en ebullición.

El fin de un sistema de refrigeración, caso específico de un sistema de aire acondicionado, es el de absorber calor del aire y esta se lleva a cabo en el evaporador.

A continuación se mencionan 4 tipos de evaporadores:

- **Evaporador de circulación natural.**

Normalmente utilizados en cámaras de almacenamiento en frío y utilizan las fuerzas gravitacionales para su funcionamiento.

- **Evaporador inundado.**

Es un equipo que trabaja con un flotador actuante en una válvula de expansión haciendo que el fluido refrigerante circule por todo el serpentín ganando calor a través de las paredes de este.

- **Enfriador de líquido.**

Es un sistema similar al evaporador inundado pues posee una válvula de expansión accionado por un flotador de nivel pero este se va depositando no en tubos sino en la carcasa, siendo atravesado por tubos portadores del fluido a refrigerarse.

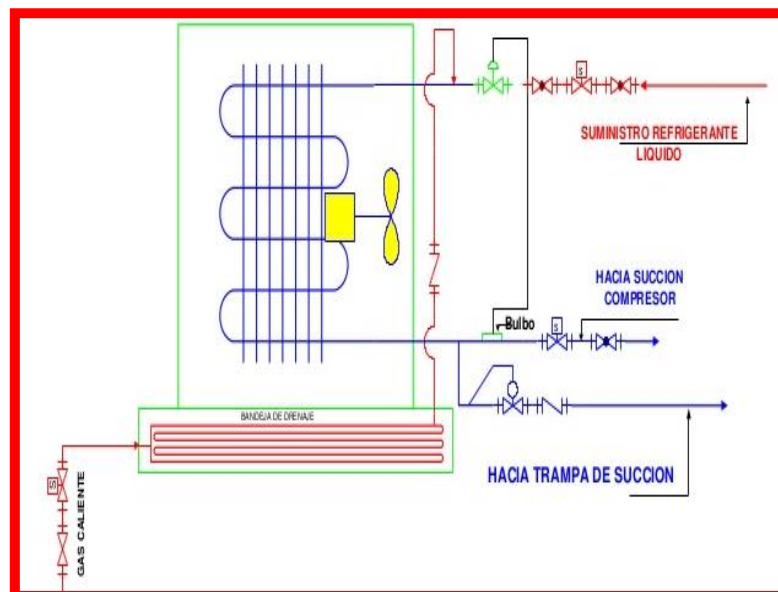
- **Evaporador de expansión directa.**

Es un evaporador seco que puede tener circulación natural o forzada.

En este tipo de evaporador no hay fluidos portadores intermedios, como podría ser el agua, sino que es el mismo refrigerante el que enfría directamente el aire. El aire se suele soplar transversalmente a los tubos que normalmente tienen aletas.

Principalmente para equipos de aire acondicionado se utilizan los evaporadores de enfriador de líquido y de expansión.

Figura Nº 2.: Evaporador de expansión directa



2.2.2.5 Los refrigerantes.

El agua es el líquido con mayor calor latente de evaporación y condensación que existe en la naturaleza. Esta característica es especialmente relevante en instalaciones de climatización de gran

tamaño, ya que el caudal de refrigerante que circula por el sistema es menor que cuando se utiliza cualquier otro refrigerante.

Tiene el inconveniente de que la temperatura de evaporación debe ser superior a 0°C, lo cual le impide trabajar en refrigeración. Por esta razón las máquinas de absorción de LiBr/H₂O trabajan con temperaturas de evaporación superiores a 0°C, entre 4 y 10°C.

Es un fluido que absorbe calor al evaporarse a baja presión y lo cede al condensarse a alta temperatura y presión. Se han utilizado varios refrigerantes a lo largo de la historia, habiendo demostrado que algunos son mejores que otros en ciertos aspectos. Se podría afirmar que cada uno tiene sus factores a favor y en contra.

En estos tiempos, se introduce un criterio importantísimo que quizás no se manejaba antes con tanto esmero y es el cuidado del medio ambiente, ante esto han aparecido nuevos refrigerantes denominados ecológicos como es el caso del R-134^a, R-410^a y el R-140^a o PURON.

2.2.2.6 Ductos metálicos.

Los ductos de aire acondicionado son los medios por donde se transporta el aire desde uno o más equipos de aire acondicionado hacia los ambientes que se desea acondicionar. Estos ductos se fabrican de plancha galvanizada de la mejor calidad tipo ZINC –

GRIP o similar y tienen por la parte externa material aislante el cual restringe la transferencia de calor.

Para la fabricación se siguen las recomendaciones SMACNA de 1985 y para la instalación de los ductos metálicos ese da en conformidad al estándar ASHRAE/NFPA 90. Para la ejecución de los ductos se siguen las siguientes recomendaciones SMACNA de 1985, tal como se mencionó líneas arriba:

- Para ductos hasta 304.8 mm (12") en el lado mayor se utilizará plancha de 0.47 mm, (1/54") de espesor, unidos por correderas de 25.4 mm (1") a máximo 2.40 m entre ellas.
- Para ductos de 330.2 mm (13") hasta 762 mm (30") en el lado mayor se utilizará plancha de 0.64 mm (1/40") de espesor, unidos por correderas de 25.4 mm (1") a máximo 2.40 m entre ellas.
- Para ductos de 787.4 mm (31") hasta 1143 mm (45") en el lado mayor se utilizará plancha de 0.94 mm (1/27") de espesor, unidos por correderas de 25.4 mm (1") a máximo 2.40 m entre ellas.
- La unión entre el ducto y equipo será con juntas flexibles de lona del tipo 8 onzas de por lo menos 15 cm de largo, aseguradas con abrazaderas.

Mediante la determinación del área necesaria se busca obtener una velocidad aceptable dentro de los ductos para mantener los niveles de ruido y vibración dentro de los rangos aceptables para trabajos de oficina. Cabe indicar que el aislamiento térmico de los ductos también incluye una capa para aislamiento acústico.

Para esto tomaremos valores recomendados tanto para inyección como para la extracción del aire.

Tabla N° 01: Recomendaciones de velocidad en ductos

Para tomas de Aire	300 m/min
En los Filtros	110 m/min
Serpentines	150 m/min
Para la descarga	120 m/min

Lo práctico para diseñar estos ductos es mantener los valores de pérdidas por unidad de longitud en un valor constante simplemente validando que estén dentro del rango de velocidades. Para esto puede utilizarse un ductulador, en el cual se tienen todas las variables presentes en el diseño, o un diagrama de pérdidas.

2.2.2.7 Aislamientos.

El aislamiento es de gran importancia en los sistemas de aire acondicionado, debido a que estos restringen la transferencia de calor y por tanto ayudan a tener al aire y al agua con temperaturas

algo parecidas a las que se tienen a la salida de los equipos de acondicionamiento de las mismas. Estos aislamientos deben contar con las siguientes propiedades y deben seguir algunas recomendaciones:

- **Conductividad térmica.**

La habilidad de un material para retardar el flujo de calor, está dado por su conductividad térmica.

Un material con una baja conductividad térmica es un material aislante y dependiendo de si valor es alto o bajo se define la eficiencia del mismo.

Por lo tanto el diseñador debe consultar los datos obtenidos en pruebas de laboratorio que proporcionan los diferentes fabricantes, para determinar el tipo, espesor, densidad y la temperatura de operación del aislamiento que va considerar y tomarlo en cuenta en sus cálculos

- **Resistencia a la intemperie y medio ambiente.**

Los aislamientos térmicos deben ser resistentes a su descomposición por formación de bacterias, hongos ó provocar enfermedades como el caso del asbesto, prevenir ó retardar el fuego, resistir la erosión, puesto que las partículas arrastradas por el aire provocan irritación en la piel, ser inodoros, no retener ó absorber olores, ser dimensionalmente estables, resistentes a la acción de los químicos, tener buena resistividad eléctrica,

atenuar los ruidos, absorber las vibraciones y no producir humos tóxicos.

- **Resistencia a diferentes cargas.**

Aislamientos no tienen suficiente resistencia a cargas concentradas, cargas de compresión, al corte a la tensión ó a la intemperie, por lo que se debe especificar el acabado de los mismos de acuerdo a su ubicación y a los elementos a que estén expuestos.

2.2.2.8 Aislamiento para ductos de aire acondicionado.

Para el aislamiento interior de ductos se usa las placas fabricadas con largas fibras de vidrio de alta densidad comprimidas con una resina termoendurecida con acabado resistente a la erosión y al fuego logrando un aislamiento térmico y acústico que evita la propagación del ruido de los equipos y del flujo del aire.

Se debe utilizar en los ductos que conectan a los equipos y en los sistemas de alta velocidad. Se debe tener cuidado cuando se utilice éste aislamiento, en señalar que las dimensiones del ducto respectivo son interiores tomando en cuenta el espesor del aislamiento.

Para el aislamiento exterior de los ductos de Aire Acondicionado se utiliza colchonetas de fibra de vidrio con una densidad de 16 kg

/m³ (1 lb /pie³). Si la dimensión del lado mayor del ducto excede los 100 cm. se deberán utilizar accesorios de fijación (clips) o placas de una densidad de 24 kg /m³ (1.5 lb /pie³) de densidad para evitar el abolsamiento del aislamiento.

Los ductos que conducen aire frío además del uso de colchonetas de fibra de vidrio deben ser recubiertos con una barrera de papel kraft y aluminio de 0.025 mm (0.001") de espesor con un traslape de 50 mm sellado en sus juntas.

Es recomendable el uso de la colchoneta de fibra de vidrio integrada con el papel kraft y el papel aluminio reforzado, con cinta en sus uniones, pues es más económica, resistente, fácil de aplicar y tiene una apariencia más uniforme.

El espesor del aislamiento para ductos instalados en los interiores de los edificios debe ser de 25.4 mm (1") y una densidad de 24 kg /m³ (1.5 lb/pie³) y debe tener un recubrimiento de neopreno para evitar su erosión.

2.2.2.9 Aislamiento para tuberías de agua helada.

Para el aislamiento en tuberías de agua helada es muy común el uso de espuma elastomérica de espumas cerradas o de alta densidad, también se utiliza espuma de poliuretano y fibra de vidrio.

Este componente no solo debe resistir la condensación en las tuberías sino que también previene la penetración de la humedad atmosférica. La humedad suele ser un problema serio, debido a que suele causar fallas en el sistema, reparaciones, desperdicio de energía, aparición de moho y algunas veces el cierre del inmueble. La humedad puede invadir una instalación de agua helada debido a varias razones como por ejemplo que no se cuente con el espesor adecuado de aislamiento lo cual genera que haya una condensación otra puede ser que se hayan dejado espacios sin aislar o también que haya un daño en el elastómero el cual permita el ingreso de la humedad.

Los espesores de aislamiento varían en función de diversos factores como:

- Temperatura ambiental
- Humedad Relativa (HR)
- Temperatura de instalación
- Coeficiente de conductividad térmica (λ)
- Coeficiente superficial de transmisión de calor (h)

El fabricante (ARMAFLEX) recomienda para el Aislamiento de las tuberías los siguientes espesores en función del diámetro:

- Para tuberías hasta 1", espesor de 1/2".
- Para tuberías de 1 1/4", hasta 2", espesor de 3/4".
- Para tuberías de 2 1/8" a más, espesor de 1".

2.2.2.10 Termostato ambiental.

Tienen un funcionamiento por componentes electrónicos, para las modalidades frío/calor, controlando el funcionamiento del compresor. El rango aproximado será de 10 °C (50 °F) a 32 °C (90 °F).

En el frente mostrará una pantalla indicadora de la temperatura de sala, con control del ventilador (ON-OFF-AUTOMATICO) y control de la modalidad frío/calor (HEATOFF- COOL) mediante un programador. Este equipo trabaja con 24 V o 220V.

Adicionalmente se le protege mediante un gabinete de plástico irrompible, con llave.

2.2.3 Difusores y rejillas para descarga y retorno.

2.2.3.1 Difusores.

Son de doble juego de aletas direccionales (doble deflexión), regulables, fabricadas de plancha de acero galvanizado con uniones de plancha por soldadura de punto, de acuerdo a las siguientes indicaciones:

- Hasta 457 mm (18") en el lado mayor, con marco de plancha de 0.94 mm (1/27") y aletas de plancha de 0.47 mm (1/54").
- De 483 mm (19") hasta 914 mm (36") en el lado mayor, con marco de plancha de 1 mm (1/24") y aletas de plancha de 0.64 mm (1/40").

- La medida máxima de una pieza es de 913 mm x 913 mm (36" x 36"). Medidas mayores se construirán en varias piezas.
- Los difusores serán pintados con dos manos de pintura base zincromato y dos manos de pintura de acabado

2.2.3.2 Rejillas para extracción o retorno de aire.

Son de aletas inclinadas fijas, fabricadas de plancha de fierro galvanizado con uniones de plancha por soldadura de punto, de acuerdo a las siguientes indicaciones:

- Hasta 457 mm (18") en el lado mayor, con marco de plancha de 0.94 mm (1/27") y aletas de plancha de 0.47 mm (1/54").
- De 483 mm (19") hasta 914 mm (36") en el lado mayor, con marco de plancha de 1 mm (1/24") y aletas de plancha de 0.64 mm (1/40").

2.2.4 Ventiladores

Los ventiladores a los que se hace mención en este proyecto son referidos a unidades Fan Coil, unidades manejadoras de aire y a ventiladores centrífugos que son utilizados para ventilar los diferentes ambientes contemplados en el presente proyecto.

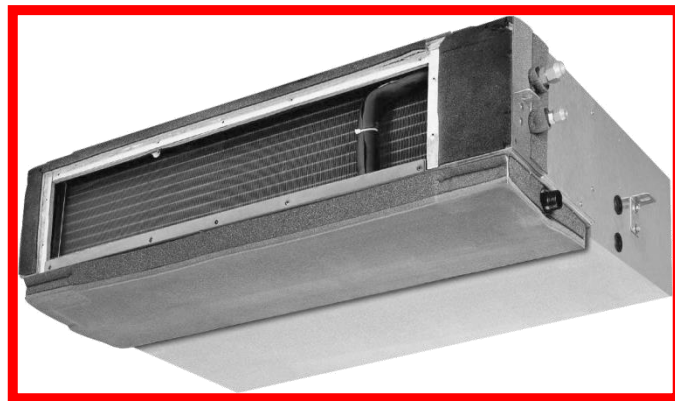
2.2.4.1 Unidades fan coil.

Tal como refiere su nombre, un Fan Coil es un ventilador con un serpentín por el que circula el fluido que absorberá calor o que cederá calor. Estas unidades manejan caudales menores o iguales

a 81 m³/min (3000 CFM), para caudales de aire mayores se suele utilizar unidades manejadoras de aire.

Las unidades Fan Coil cuentan con un ventilador centrífugo el cual tiene el motor externo a la unidad o dentro de la unidad pero con un aislamiento que proteja la calidad del aire.

Figura N° 3: Unidad evaporadora FAN COIL



2.2.4.2 Ventiladores centrífugos en línea.

ES un extractor e inyector centrífugo silencioso de simple entrada, con alabes inclinadas hacia adelante tipo “siroco” balanceado estáticamente y dinámicamente como un solo conjunto con su eje. El eje de acero está apoyado en rodamientos montados rígidamente a la estructura metálica. El rodete y envolvente están contruidos de plancha de acero galvanizado.

Poseen un motor eléctrico de una velocidad acciona los ventiladores. El sistema de accionamiento está compuesto de

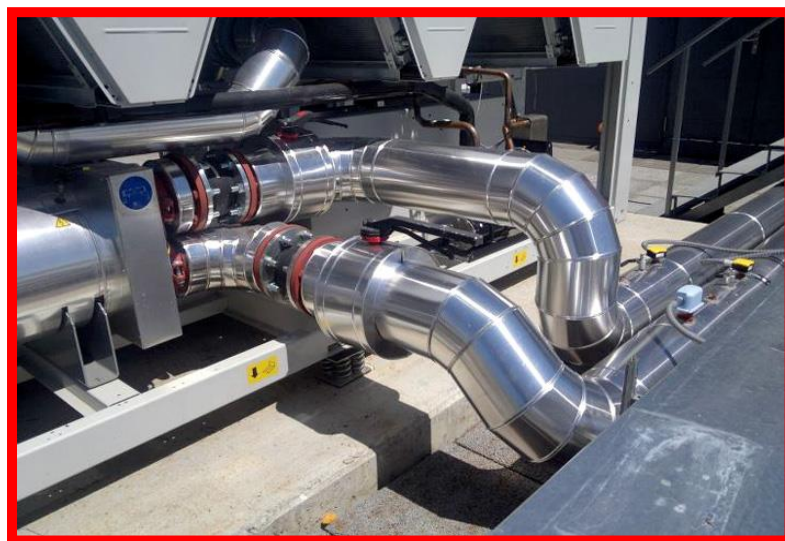
fajas y poleas regulables con protector de faja. Las partes metálicas suelen protegerse contra la corrosión por medio de limpieza química, luego tienen una aplicación de dos manos de base zincromato y dos de pintura esmalte.

2.2.4.3 Tuberías de agua helada.

Estas tuberías serán de diferentes diámetros y serán dimensionadas principalmente por el caudal que vaya a circular por ellas, serán fabricadas de acero al carbón según norma ASTM A53 GR A o B.

Estos son tubos sin costura (Seamless) y Sch. Los codos y Tees son fabricados según ASTM A234. Debe mantenerse una pendiente mínima de 0.5% en dirección del flujo del fluido.

Figura Nº 4: Tuberías de agua helada



2.2.4.4 Colgadores y soportes.

Están fabricados a partir de perfiles de Acero “L” 1.1/4” x 3/16” con tirantes al techo de varillas de 3/8”, según SMACNA (Sheet Metal and Air Conditioning Contractors National Association) 1985.

Los soportes van fijados a las paredes y/o techos por medio de pernos de anclaje con rosca instalados con disparo o de anclaje tipo HILTI. Todos los soportes se pintarán con dos manos de pintura anticorrosiva color negro. La distancia entre soportes no será mayor de 1.50 m.

2.2.4.5 Cimentación de los equipos.

Serán construidas conformando una losa flotante con la finalidad de absorber las vibraciones provenientes del funcionamiento de los equipos. Su detalle constructivo se demuestra claramente en planos de obras civiles.

2.2.4.6 Bombas de recirculación de agua helada.

Las bombas deben ser del tipo centrífugo de doble succión con carcasa bipartida, succión lateral o para instalaciones en línea según se especifique. Serán de una etapa, tendrán sello mecánico, acople flexible y accesorios de bronce.

Las curvas certificadas de las bombas serán entregadas por el contratista, indicando capacidad, carga, potencia y eficiencia a flujos desde cero hasta 125% del diseño.

La bomba y el motor deben estar montados en una base común de acero estructural. Normalmente se suele instalar 2 bombas en paralelo en caso que la principal deje de funcionar.

2.2.5 Tipos de equipo de aire acondicionado.

Luego de haber listado todos los componentes presentes en un sistema de refrigeración se procederá a mencionar los paquetes que agrupan a estos elementos. Los equipos que se comercializan actualmente, utilizan el equipamiento mecánico mencionado anteriormente en diversas combinaciones dependiendo del uso al que vayan a ser sometidos.

2.2.5.1 Equipos tipo paquete (roof top).

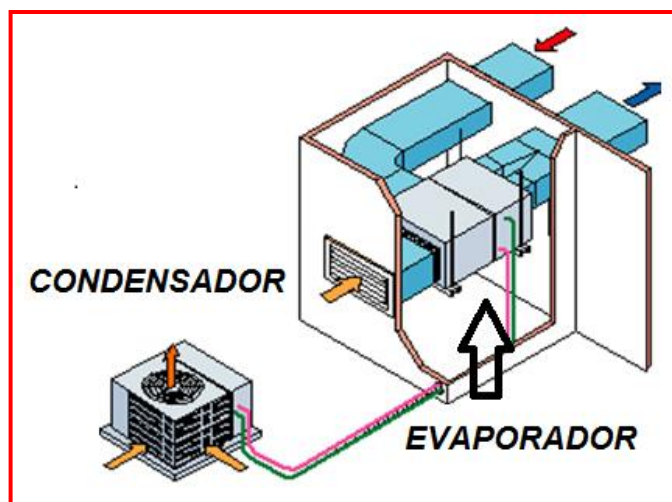
Es un equipo de expansión directa donde el refrigerante se evapora en el circuito primario de una batería. Se dice de tipo paquete pues tiene todo el sistema de acondicionamiento de aire en un solo bloque, en el cual se encuentra un soplador de aire y una cámara de mezcla en la cual ingresa también el aire recirculado del ambiente. La unidad condensadora y evaporadora se encuentran incluidas en un solo paquete. Además posee filtros al ingreso del equipo para asegurar la limpieza del aire.

2.2.5.2 Equipos split ducto.

Es un sistema también de expansión directa en el que se mejoran las condiciones del aire mediante un intercambiador de calor apropiado y luego se distribuyen mediante ductos a los ambientes.

La diferencia con una unidad del tipo paquete es que la unidad condensadoras o Condensador se encuentra normalmente en una zona externa a la edificación para así estar ventilada, mientras que la unidad evaporadora o evaporador se encuentra ubicada en el falso cielo o piso destinado a cuarto de equipos.

Figura N° 5: Equipo split ducto



2.2.5.3 Equipos chiller refrigerados por aire.

Es un sistema parecido a un split ducto, pero con gran tamaño y gran peso. Este equipo requiere mucho espacio libre encima del mismo pues posee ventiladores de gran tamaño los cuales son los

encargados de condensar el vapor sobrecalentado de gas refrigerante.

Figura N° 6: Chiller refrigerado por aire



2.2.5.4 Equipos chiller refrigerados por agua.

Es un sistema similar al anteriormente mencionado de refrigeración por aire, solo que este hace uso de una torre de enfriamiento para enfriar el agua que se utiliza para extraer calor del refrigerante, evitándose así la necesidad de los grandes ventiladores. Esto último disminuye los costos operativos del uso de ventiladores de grandes potencias eléctricas, pero elevando el costo de mantenimiento e instalación.

Figura N° 7: Chiller refrigerado por agua



2.2.6 Chiller.

Un Chiller es un refrigerador de líquido, que como en un sistema de expansión directa, mediante el intercambio térmico o bien calienta o enfría.

El Chiller como característica principal tiene:

- Mantener el líquido refrigerado cuando funciona en función frío.
- Mantener el líquido calentado en función bomba de calor.

Es un equipo de descarga indirecta, ya que el aire se distribuye a los diferentes espacios por medio de ductos. Se compone por un sistema central que se encarga de enfriar un fluido, generalmente agua, el cual se distribuye a los diferentes equipos de enfriamiento ubicados en las áreas que requieren de climatización.

El agua helada pasa desde la unidad exterior a través de tuberías (PVC, PE, Cobre o Acero) hacia las unidades manejadoras de aire (UMA) o unidades denominadas Fan Coils, que son las que se encargan de distribuir el aire acondicionado hacia los ductos.

A continuación se exponen las capacidades y medidas más comunes de sistema tipo Chiller.

Tabla Nº 02: Medidas y capacidades de sistemas tipo chiller

CAPACIDAD	LARGO	ANCHO	ALTO
80 TR - 100 TR	4.80m	2.30m	2.30m
140 TR - 160 TR	6.00m	2.30m	2.30m
180 TR - 200 TR	7.20m	2.30m	2.30m

Figura Nº 8: Sistema de aire acondicionado tipo chiller



2.2.6.1 Características constructivas.

- **Electrobomba.**

De tipo centrífuga de varias etapas. Silenciosa y compacta disponible para la buena distribución del agua. La bomba puede trabajar con mezclas de agua y anticongelante.

- **Presostato diferencial.**

Conectado eléctricamente al procesador, controla la diferencia de presión al final del intercambiador. Su función es la de garantizar que el intercambiador este completamente lleno de líquido y que este mismo lo atraviese con caudal constante.

- **Vaso de expansión.**

Fabricado en acero inoxidable. Absorbe los golpes provocados por la bomba y permite compensar la dilatación térmica del agua durante su funcionamiento.

- **Válvula de seguridad.**

Sirve para prevenir la rotura por sobrepresión del circuito hidráulico.

- **Purgador de aire automático.**

Sirve para la eliminación de burbujas de aire en el circuito.

- **Racor de carga y descarga.**

Para cargar y descargar en el caso de puesta en marcha o mantenimiento especial.

- **Intercambiador de calor.**

De tipo coaxial elastómero permite el buen funcionamiento a bajas temperaturas (permite la dilatación).

- **Microprocesador.**

El microprocesador es el cerebro pensante interno de la unidad, gestiona y controla todo el funcionamiento del Chiller, de nueva generación transmite algoritmos específicos, lo que permite que no exista acumulador dentro de nuestro circuito hidráulico para el buen funcionamiento, garantizado la optimización del consumo y reduciendo este con el consiguiente ahorro económico.

2.2.6.2 Ventajas

- Versatilidad en el número de unidades internas: puede ser conectado con varias UMAs o Fan Coils dependiendo de la potencia de la unidad externa.
- Es utilizado para acondicionar grandes instalaciones por su eficiencia.
- Bajo nivel de ruido.
- La vida promedio de los Chillers varía de 15 a 20 años con buen mantenimiento.
- Los modelos recientes consumen menos electricidad que los modelos de más de 20 años, ya que cuentan con sistemas que permiten trabajar de acuerdo a la demanda requerida reduciendo la carga y operando solo los compresores necesarios.

2.2.6.3 Desventajas.

- Alto costo de instalación.
- Unidades de gran tamaño y peso.
- Difícil instalación cuando son ubicados en azotea.
- Para proyectos pequeños es un gasto muy grande por su alto costo.

2.2.6.4 Formas de operación.

El principio de funcionamiento de una unidad tipo Chiller es que utiliza el agua para el cambio de estado, se podría definir como una unidad

agua-aire. El agua se hace circular de manera forzada sobre un intercambiador de temperatura en el cual se realiza el cambio de estado utilizando el factor agua y no el factor aire para este.

El agua que sale del intercambiador circula por el circuito hidráulico a cada una de las unidades manejadoras de aire o Fan Coils, las cuales se encargan de distribuir el aire refrigerado a una cierta temperatura, modificando así la temperatura ambiente y luego el agua regresa de nuevo al intercambiador para bajar su temperatura, repitiéndose el ciclo de refrigeración para nuevamente ser distribuido.

Condensador y evaporador pueden estar juntos en la misma máquina, en cuyo caso el enfriamiento es por aire o separados la cual debe disponer de una torre de enfriamiento de agua con un circuito secundario de enfriamiento del condensador, esta es más eficiente pero requiere de mucho espacio y especial cuidado con el tratamiento del agua.

Los principales dispositivos y controles de un chiller son:

- Sensores de temperatura.
- Transductores de baja y alta presión.
- Display.
- Tarjetas electrónicas de control y monitoreo
- Sensor de flujo electrónico.
- Visor de aceite y refrigerante.

- Switch de presión.
- Contactores relays.
- Solenoides.
- Válvulas electrónicas.

2.2.6.5 Instalación

Estos tipos de equipos se instalan generalmente en losas de techos en una base de concreto. La descarga de aire del Chiller es vertical por lo que también debe de estar libre de obstáculos.

Se debe de tener un espacio libre disponible de aproximadamente del 70% del área de planta del Chiller para permitir:

- Succión de aire
- Instalación y recorrido de tuberías de agua fría
- Bombas de impulso de agua
- Accesorios de instalación
- Mantenimiento

2.2.6.6 Ubicación

La unidad chiller se ubica en el exterior del edificio, porque se requiere de buena ventilación de tal forma que el aire pueda circular y descargarse libremente. En el interior del edificio en el entre cielo o en el cuarto de máquinas se ubicará las unidades Fan Coils o las UMA.

Las únicas conexiones entre la unidad interna y la unidad externa es el circuito hidráulico común cerrando un circuito. La distancia entre el chiller y el muro debe ser de por lo menos 1.80 metros y el espacio entre ellos debe ser entre 1.50 y 3.00 metros para tener un fácil acceso de mantenimiento y ventilación de los Chillers.

2.2.6.7 Mantenimiento

Las unidades Chillers necesitan mantenimiento especializado por parte del fabricante, donde puedan revisar que sus parámetros de funcionamiento en general estén dentro del rango establecido, como también de mantenerlas limpias y libre de polvo y humedad durante un periodo mensual como recomendación del fabricante.

Asimismo las electrobombas de agua requieren de un mantenimiento preventivo, con la finalidad de evitar fallas en estas.

El sistema debe contar con una bomba de respaldo (Backup) en caso de falla para que este se mantenga siempre operando.

2.2.6.8 Requisitos

- **Eléctricos.**

Las unidades pueden ser trifásicas de 220 o de 480 voltios, cuando el voltaje es de 480 es necesaria una subestación para suministrar la energía y transformarla ya que las compañías eléctricas no brindan este tipo de voltaje.

- **Hidráulicos**

Las tuberías de agua fría son generalmente de acero y se deben aislar convenientemente para evitar pérdida de temperatura y condensación, el sistema debe contar con dos tuberías por cada Chiller: suministro y retorno de agua, los diámetros de estas tuberías dependen de la capacidad del Chiller.

Tabla N° 03: Dimensiones de las tuberías dependiendo de la capacidad del chiller

CAPACIDAD DEL CHILLER	DIÁMETRO DE TUBERIA
80.0 TR – 100.0 TR	(2) 4.0"
140.0 TR – 160.0 TR	(2) 6.0"
180.0 TR – 200.0 TR	(2) 6.0"
300.0 TR – 400.0 TR	(2) 8.0"

Figura N° 09: Tubería insulada para sistemas tipo chiller



- **Estructurales.**

Estos tipos de equipos se instalan en una base de concreto de 15cm a 20cm de altura, para evitar una inundación y el correcto drenaje.

Además debe ser montado sobre aisladores de vibración.

Dependiendo en donde sea instalada la unidad debe poseer un espacio por el cual ingresen los ductos para ser distribuidos por los diferentes niveles de la edificación.

2.2.6.9 Perdidas y reposición de lubricante y refrigerante.

Al estar operando el equipo y debido a las vibraciones se pueden originar que las conexiones se aflojen en los circuitos de refrigeración, principalmente en las conexiones en donde están los conectores de los controles, en válvulas, o se produzca fallas en las conexiones soldadas, lo que puede producir perdidas de refrigerante o de aceite.

La pérdida de refrigerante puede ser detectada por una reducción en la presión de succión que en ocasiones puede accionar el interruptor de baja presión y que el equipo este ciclando; congelación de la válvula de expansión en la conexión con el evaporador; que el equipo esté operando continuamente; el tubo de succión entre el evaporador y el compresor este congelado.

La pérdida de aceite que es determinada por la disminución de nivel que se observa en el cristal de la mirilla puede ser debida a fugas en juntas o conexiones, o bien que el aceite es arrastrado por el refrigerante en los momentos del arranque cuando el aceite de lubricación este frio. Cuando el aceite esta frio, absorbe mucho refrigerante; al reducirse la presión en el interior del cárter, esta afinidad se reduce y por lo tanto el refrigerante que está integrado al aceite se desprende violentamente causando un arrastre de aceite.

Carga de aceite.

Todos los compresores de un equipo de aire acondicionado tipo chiller, generalmente en instalaciones nuevas vienen con su carga completa de aceite. Observe el nivel de aceite antes del arranque si el nivel de aceite en la mirilla no es visible agregue aceite, hasta que el nivel este a $\frac{1}{4}$ encima del nivel inferior de la mirilla.

Si el nivel de aceite en la mirilla es visible no agregue aceite hasta después de varias horas de operación; si el nivel de aceite n está entre $\frac{1}{4}$ y $\frac{1}{3}$ de la mirilla, agregue suficiente aceite para alcanzar este nivel.

Un método para carga de aceite:

Cierre la válvula de servicio de succión del compresor y con el compresor trabajando haga que la presión del cárter llegue hasta 2 psi. (El interruptor de baja presión debe de ser puenteado o bloqueado).

Espere varios minutos y repita tantas veces hasta que la presión permanezca a 2 psi, cierre la válvula de descarga. Afloje el tapón de llenado que está encima del cristal visor, agregue aceite por este lugar hasta el nivel deseado y coloque nuevamente el tapón en su lugar. Haga vacío el cárter del compresor con una bomba de vacío, habrá las válvulas de servicio y ponga a funcionar el compresor y compruebe el nivel de aceite. No utilice aceite que hubiera sido utilizado anteriormente o aceite que haya estado expuesto a la atmosfera.

Carga de refrigerante.

Las unidades enfriadoras que no tengan condensador de tipo remoto, generalmente vienen con su carga completa de refrigerante. No obstante se deberá hacer una revisión para detectar que no exista ninguna fuga de refrigerante. Observe la mirilla en la tubería de refrigerante líquido cuando la unidad es puesta a funcionar para asegurarse que la carga de refrigerante este completa. Burbujas en la mirilla pueden ser señal de falta de refrigerante. El método de carga por líquido se recomienda para completar la carga o cuando se requiere carga adicional.

Cuando se carga refrigerante siempre se deberá circular agua por el condensador y por el enfriador para evitar congelación del agua en el interior de los tubos.

Deberá evitarse no sobrecargar el sistema. Una sobrecarga de refrigerante puede dar como resultado una mayor presión de descarga con mayor consumo de agua de enfriamiento, daños al compresor y mayor consumo de energía. Método de carga por líquido: Para cargar refrigerante por medio de refrigerante líquido se deberá utilizar la válvula de carga que está en el filtro deshidratador. Nunca se deberá cargar líquido por el lado de baja presión.

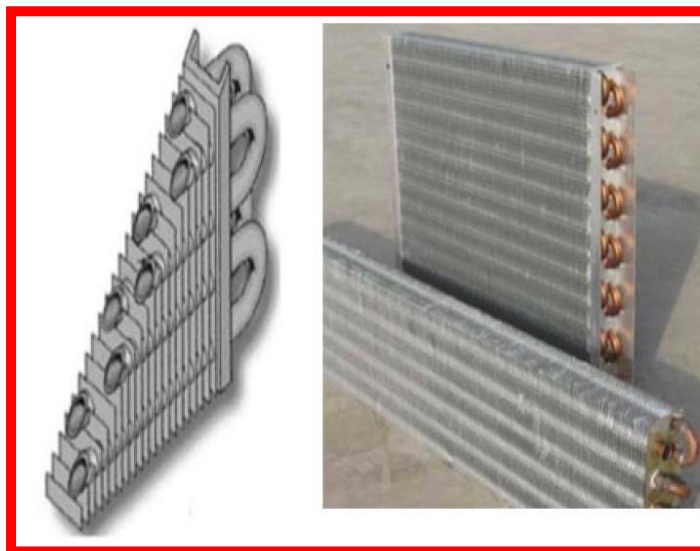
- Cierre la válvula de servicio de succión.

- Conecte la manguera de carga entre el cilindro y la válvula de carga del filtro deshidratador. Purgue las mangueras y apriete las conexiones.
- Abra la válvula de la línea de líquido del filtro deshidratador.
- Si el circuito ha sido deshidratado y está en vacío, rompa el vacío con refrigerante gas hasta tener una presión de 58 psi.
- Para cuando se utilice R-22 (32 grados F). Invierta el cilindro refrigerante y cargue con refrigerante líquido.

2.2.7 Condensador tubo aleta.

En el condensador de tubo aleta, el refrigerante circula por un tubo de sección circular, y sigue un único circuito, aunque hay casos en los que el circuito tiene un doble paso. La entrada del refrigerante debe ser siempre por el lado superior del condensador. Los tubos deben estar en posición horizontal para facilitar la circulación del aceite.

Figura N° 10: Condensador tubo-aleta



2.2.8 Condensador tubo aluminio – aleta aluminio.

El aluminio ha sido ampliamente usado en la construcción de intercambiadores de calor en la industria de HVAC/R por décadas. El metal es de peso ligero, altamente conductivo, de bajo costo y tiene excelente características de resistencia a la corrosión.

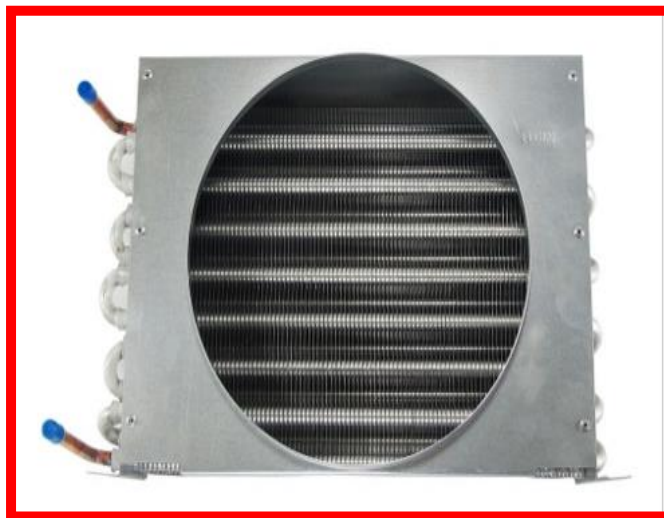
Tradicionalmente, los serpentines de calentamiento y enfriamiento han sido contruidos de tubos de cobre y aletas de aluminio. La selección para la tubería de cobre ha sido basada en la facilidad de formación y de unión de los metales durante su manufactura, y su facilidad de ser reparado con soldadura en el campo.

La selección para aletas de aluminio ha sido basada en el peso ligero, bajo costo y buen desempeño térmico del metal. Como el precio del cobre ha crecido rápidamente en los meses recientes, el aluminio como material para tubos ha generado un significativo interés como medio de mitigar el incremento de los costos de los serpentines.

Un típico serpentín para agua fría diseñado con tubos y aletas de aluminio puede costar y pesar menor que el 30% (dependiendo del grosor de la pared del tubo) que un tubo de cobre con aletas de aluminio con la misma capacidad térmica. Mientras que es verdad que los tubos de aluminio son significante menos caros que los tubos de cobre, hay algunas limitaciones a considerar para la

compatibilidad con ciertos fluidos de trabajo, velocidades de fluidos, temperaturas, ambientes corrosivos, y químicos para limpieza los cuales necesitan ser examinados, con el objeto de asegurar una adecuada vida útil de serpentines hechos con tubos de aluminio.

Figura Nº 11: Condensador aluminio - aluminio



- **Fluidos De Trabajo**

El óxido de aluminio es muy estable y tenaz cuando es expuesto a la mayoría de condiciones ambientales. Cuando es usado en aplicaciones estándar de HVAC/R, es completamente compatible con ambos enfriadores de agua y halocarbonos (Refrigerantes HCFC y HFC), así como los aceites de refrigeración más comúnmente usados (mineral, AB, POE, PAG).

El aluminio también es compatible con el amoníaco anhídrido como refrigerante. El aluminio es, por lo tanto un excelente material para el uso en serpentines de agua fría y caliente, DX y

evaporadores recirculados y condensadores. El metal puede ser usado con mezclas de etileno glicol y propileno, sin embargo, se debe tener cuidado para asegurar la temperatura de trabajo permanezca debajo de los 150°F.

- **Velocidades del fluido.**

Si un fluido pasa por la superficie de un metal a una velocidad suficientemente alta, la capa protectora de óxido del metal será desprendida y habrá pérdida de metal por erosión. Este tipo de pérdida de metal es llamada erosión por corrosión. En aplicaciones de refrigeración, virtualmente no hay riesgos de erosión por corrosión con aluminio ya sea evaporador o condensador.

Las velocidades del refrigerante son inherentemente limitadas por la penalización del desempeño asociada con las pérdidas de presión y un LMTD reducido. Por lo tanto, los tubos de aluminio son una excelente elección para cualquier HCFC, HFC, o diseños para evaporadores y condensadores de amoníaco, con tal que los límites de la presión mecánica del diámetro de la tubería y espesor de la pared no sean excedidos.

Para soluciones de agua y glicol, un buen límite práctico en la velocidad dentro del tubo para evitar la erosión por corrosión es 4 ft/s (1.2 m/s).

Este límite es algo sensible a la temperatura y debería ser reducido a elevadas temperaturas por encima de 150°F (65°C). En aplicaciones de serpentines de agua, la velocidad dentro del tubo de 4 ft/s (1.2 m/s) resulta en una región turbulenta (>4,000) del número de Reynolds, la cual produce altos valores del coeficiente para la transferencia de calor y resulta un buen desempeño de transferencia de calor.

- **Temperatura**

El límite de tensión de todos los metales (la resistencia característica la cual determina la máxima presión de trabajo permitida) disminuye cuando la temperatura incrementa. A la inversa, el límite elástico incrementa cuando la temperatura disminuye.

No obstante, a diferencia del acero al carbón, el aluminio no se vuelve frágil incluso a bajas temperaturas. Por lo tanto, el aluminio es idealmente adecuado para evaporadores de refrigeración operando incluso a temperaturas criogénicas. Por ejemplo, el aluminio es comúnmente usado en tubos por evaporadores de nitrógeno líquido.

Tabla N° 04: Diámetros de tubo de aluminio y espesor de pared a varias temperaturas

Diámetro del tubo x Espesor Pared, in	MAWP, psig		
	Arriba de 150F	150F < T < 250F	250F < T < 300F
3/8 x 0.025	506.6	483.5	437.6
1/2 x 0.035	540.1	515.5	466.6
5/8 x 0.049	614.4	586.4	530.8
7/8 x 0.065	584.9	558.2	505.2
1 x 0.065	508.6	485.4	439.3

Ya que el aluminio pierde su límite de elasticidad dramáticamente a temperaturas encima de 350°F (176°C), Colmac no recomienda diseñar serpentines con tubos de aluminio para uso a temperaturas por encima de 300°F (148°C).

- **Ambientes corrosivos.**

Como se mencionó arriba, el óxido de aluminio es muy estable y tenaz, y generalmente hablando no se deteriora o se daña en presencia de líquidos con un pH entre 4.0 y 9.0. El aluminio, por lo tanto, resiste a la corrosión cuando es expuesto a soluciones ligeramente acidas y alcalinas.

El óxido de aluminio, sin embargo, se disuelve cuando es expuesto a soluciones que contienen ciertos iones, es decir, cloruros y sulfuros. Por lo tanto, el aluminio no es recomendado en ambientes donde el metal, ya sea en la superficie de la aleta o del tubo, es expuesto a las sales de cloruro o sulfuro.

La corrosión de los metales es un complejo fenómeno, y puede involucrar un número de mecanismos actuando simultáneamente (galvánico, químico, esfuerzos, agrietamiento, erosión, etc.).

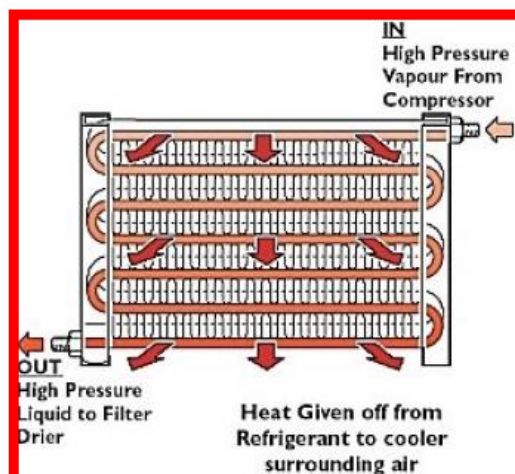
- **Químicos para limpieza.**

Debido a que el óxido de aluminio puede ser removido expuesto a soluciones altamente ácidas o alcalinas, exposiciones (ya sea directa o indirecta) al hipoclorito de sodio (cloro) y/o hidróxido de potasio (sosa caustica) los limpiadores no son recomendables. El aluminio es rápidamente corroído y será irreparablemente dañado si es lavado con sosa caustica.

- **Condensador tipo serpentín.**

Está compuesto por un tubo plano, que sigue un circuito de zig-zag. Las aletas de aluminio se encuentran soldadas entre los diferentes pasos del tubo.

Figura Nº 12: Condensador tipo serpentín

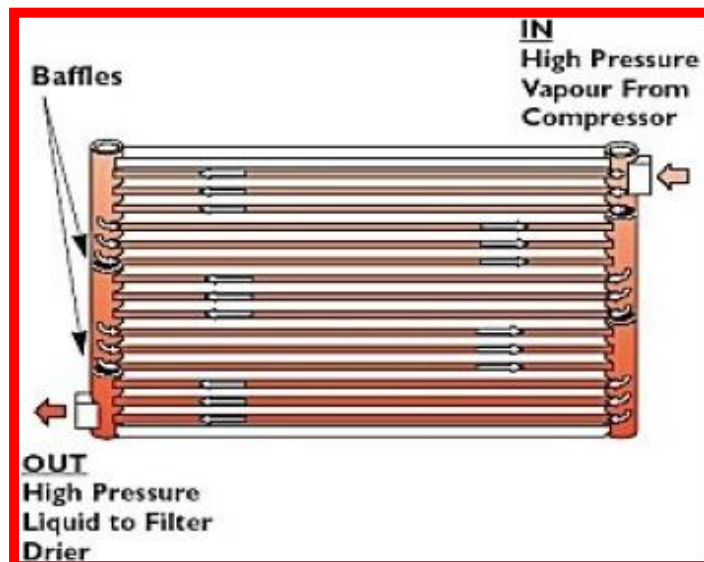


- **Condensador de flujo paralelo**

Existen dos tubos verticales colectores a ambos lados del condensador. Microtubos horizontales paralelos van de un colector a otro. En el caso de flujo paralelo puro, todos los tubos están en paralelos. En el caso de multiflujo, normalmente el número de tubos conectados en paralelo va disminuyendo a medida que el refrigerante se va condensando.

Como en el caso de condensadores de tubos la entrada debe ser por el lado superior y la salida por el inferior, y los tubos de circulación principales estar en horizontal. Los condensadores se pueden inclinar e incluso poner en posición horizontal.

Figura Nº 13: Condensador de flujo paralelo



2.3 Marco Conceptual

- Aire de extracción: Aire, normalmente viciado, que se expulsa al exterior.
- Aire de impulsión: Aire que se introduce en los espacios acondicionados.
- Aire de recirculación: Aire de retorno que se vuelve a introducir en los espacios acondicionados.
- Aire de retorno: Aire procedente de los espacios acondicionados. El aire de retorno estará constituido por el aire de recirculación y, eventualmente, por el aire de expulsión.
- Aire exterior: Aire del ambiente exterior que se introduce en el circuito de climatización.
- Aislante térmico: Es todo material que posee un bajo coeficiente de conductividad térmica.
- Batería de recalentamiento: Batería que realiza el ajuste final de temperatura del aire tratado, calentándolo de acuerdo con las necesidades del local.
- Bomba de calor: Máquina térmica que permite transferir calor de una fuente fría a otra más caliente. En calefacción o climatización, aparato capaz de tomar calor de una fuente a baja temperatura (agua, aire, etc.) y transferirlo al ambiente que se desea calentar.
- BTU (British Thermal Unit): Es la cantidad de calor para elevar en un grado Fahrenheit una libra de agua (de 59°F a 60°F).
- Calefacción: Proceso de tratamiento del aire que controla, al menos, la temperatura mínima de un local.

- Calor específico: Cantidad de calor que es necesario suministrar a la unidad de masa de un cuerpo para elevar un grado su temperatura.
- Calor latente: Cantidad de calor que cede o absorbe un cuerpo al cambiar de estado.
- Calor sensible: Cantidad de calor que cede o absorbe un cuerpo sin cambiar de estado.
- Caloría: Una caloría-gramo es la cantidad de calor necesaria para aumentar en 1° C la temperatura de 1 gramo de agua. Una kilocaloría equivale a $(10)^3$ calorías gramo y es la unidad en que se mide el valor energético de los alimentos.
- Climatización: Proceso de tratamiento de aire que se efectúa a lo largo de todo el año, controlando, en los espacios interiores, temperatura, humedad, pureza y velocidad del aire.
- Climatizador: Unidad de tratamiento del aire sin producción propia de frío o calor.
- Coeficiente de conductividad térmica: Cantidad de calor que atraviesa, en la unidad de tiempo, la unidad de superficie de una muestra plana de caras paralelas y espesor unitario, cuando se establece entre las caras una diferencia de temperatura de un grado.
- Coeficiente de eficiencia energética de un aparato: Cociente entre la potencia térmica total útil y la potencia total absorbida, para unas condiciones de funcionamiento determinadas.

- Coeficiente de prestación de un sistema: Relación entre la energía térmica cedida por el sistema y la energía de tipo convencional absorbida. Se representa por las siglas COP.
- Coeficiente de transmisión de calor: Cantidad de calor que atraviesa la unidad de superficie en la unidad de tiempo, cuando se establece entre las caras paralelas del cerramiento una diferencia de temperatura de un grado.
- Coeficiente global de transmisión: Media ponderada de los coeficientes de transmisión de cada uno de los elementos de separación del edificio con el exterior.
- Convección: Movimiento vertical del aire.
- Demanda térmica: Potencia térmica sensible y latente requerida para acondicionar un espacio cerrado.
- Deshumectación: Proceso de tratamiento del aire por el que se disminuye la humedad.
- Expansión directa: Proceso de tratamiento del aire efectuado por evaporación del fluido frigorífico en el circuito primario de una batería.
- Evaporación: Cambio de fase del agua de un estado líquido a sólido por absorción de calor.
- Factor de forma: Relación entre la suma de las superficies de los elementos de separación del edificio y el volumen encerrado por las mismas.

- Factor de transporte del agua: Relación entre la potencia térmica útil entregada por el agua a los locales y la potencia consumida por los motores de las bombas.
- Factor de transporte del aire: Relación entre la potencia sensible útil entregada por el aire a los locales acondicionados y la potencia consumida por los motores de los ventiladores.
- Fluido primario: En un intercambiador de calor, el fluido que aporta la energía térmica de intercambio.
- Fluido secundario: En un intercambiador de calor, el fluido que recibe la energía térmica de intercambio.
- Fluido térmico: Medio canalizado encargado de transportar la energía en un sistema de calefacción o climatización.
- Gradiente de temperatura: Cociente entre la diferencia de temperatura existente entre dos puntos y la distancia que media entre ambos.
- Higrómetro: Aparato para medir la humedad relativa del aire.
- Humedad absoluta: En un sistema de aire húmedo, es la razón de la masa del vapor de agua respecto al volumen total del sistema; usualmente expresada en gramos por metro cúbico.
- Humedad específica: Relación entre la masa de vapor de agua y la masa del aire húmedo.
- Humedad relativa: Tipo de humedad que se basa en el cociente entre la presión actual del vapor del aire y la saturación de la presión del vapor. Usualmente se expresa en porcentajes.

- Humectación: Proceso de tratamiento del aire por el que se aumenta su humedad.
- Infiltración: Caudal de aire que penetra en un local desde el exterior, de forma incontrolada, a través de las soluciones de continuidad de los cerramientos debido a la falta de estanquidad de los huecos (puertas y ventanas).
- Instalación centralizada: Instalación de calefacción o climatización que dispone de un generador (o varios) de calor o frío y un sistema de distribución del mismo a las diferentes unidades de consumo: viviendas, oficinas, etc.
- Instalación de baja velocidad: Técnica de distribución del aire que se realiza a una velocidad suficientemente baja para no necesitar dispositivos reductores de presión.
- Instalación de media y alta velocidad: Técnica de distribución del aire que se realiza a una velocidad tal que se requieren dispositivos de reducción de presión y atenuación del sonido.
- Instalación individual: Instalación de calefacción o climatización que dispone de un generador de calor o frío y un sistema de distribución del mismo a las diferentes dependencias que componen la única unidad de consumo.
- Instalación semicentralizada: Instalación individual de climatización realizada con equipos autónomos dotados de una red de conductos de distribución de aire.

- Instalación unitaria: Instalación de calefacción o climatización que dispone de un aparato en cada dependencia y que regula la temperatura habitación por habitación.
- Pérdida de carga: Caída de presión en un fluido desde un punto de una tubería o conducto a otro, debido a pérdidas por rozamiento.
- Pérdidas por transmisión: Cantidad de calor que se pierde a través de los cerramientos exteriores.
- Pérdidas por ventilación: Cantidad de calor que se pierde en una estancia por la ventilación.
- Planta enfriadora de agua: Unidad compacta, construida y montada en fábrica, que refrigera agua u otro fluido portador equivalente.
- Red de distribución: Conjunto de circuitos que canalizan el fluido térmico desde la sala de máquinas hasta las unidades terminales, incluyendo las redes de impulsión y retorno.
- Refrigeración: Proceso de tratamiento del aire que controla, al menos, la temperatura máxima de un local.
- Rendimiento: Relación entre la potencia útil obtenida y la potencia absorbida por un determinado equipo.
- Renovaciones: Relación entre el caudal de aire exterior impulsado al espacio calefactado o acondicionado y el volumen de éste.
- Retorno: Aquella parte de un sistema o instalación que transporta el fluido que vuelve a la estación central.
- Saturación: Condición del aire que se presenta cuando la cantidad de vapor de agua que contiene es el máximo posible para la temperatura existente.

- Técnicas de confort: Cualquier proceso por el cual se controla alguna de las siguientes magnitudes en los espacios interiores: temperatura, humedad, pureza y movimiento del aire.
- Temperatura de producción o de servicio: La temperatura de diseño del fluido transmisor de la energía térmica a la entrada de la red de distribución.
- Temperatura exterior de cálculo: Temperatura, en grados centígrados, que se fija en el exterior de la estancia para hacer el cálculo de pérdidas (o ganancias) de calor.
- Temperatura interior de cálculo: Temperatura, en grados centígrados, que se fija en el interior de la estancia para hacer el cálculo de pérdidas (o ganancias) de calor. Temperatura prevista en proyecto en condiciones normales de funcionamiento.
- Temperatura media ponderada: Valor medio aritmético de las temperaturas ponderadas por el volumen de los locales.
- Temperatura resultante: Índice empírico de confort que tiene en cuenta la temperatura y movimiento del aire y la radiación del entorno y que se define como la temperatura seca del aire de otro recinto similar, con aire en reposo y que teniendo las paredes a la misma temperatura que el aire, produce la misma sensación térmica.
- Termómetro: Aparato para medir la temperatura; pueden ser de distintos tipos según el principio físico en que se basan.
- Termómetro húmedo: Aparato para medir la temperatura húmeda del aire.

- Termostato: Dispositivo que mide y regula la temperatura de consigna que se ha fijado, encendiendo y apagando automáticamente el aparato o sistema de calefacción o climatización.
- Tonelada de refrigeración: Es el calor que absorbe una tonelada de hielo al derretirse en 24 hs. Equivalencias: – 1Ton = 3025 Cal/h = 3000 Cal/h
- Torre de refrigeración: Unidad de enfriamiento evaporativo del agua.
- Transmisión de calor: Paso de calor de un cuerpo a otro o a través de un mismo cuerpo.
- Tratamiento: Proceso que modifica algunas de las características físico-químicas del aire.
- Unidad terminal Equipo receptor de aire o agua de una instalación centralizada que actúa sobre las condiciones ambientales de una zona acondicionada.
- Válvula de seguridad: Dispositivo que se inserta en algún punto del circuito, diseñado de forma que al subir la presión de tarado o de regulación, se abre automáticamente.
- Ventilación: Renovación del aire de una estancia o local. Suele denominarse ventilación natural cuando se produce sin accionamiento motor.
- Alta Tensión: Es aquella cuyo valor entre las fases, es igual o superior a una tensión de 1 Kv. Cuando la tensión es superior a 345 Kv, se denomina Extra-Alta Tensión y por encima de 800 Kv se denomina Ultra-Alta Tensión.

- Baja Tensión: Es aquella cuyos valores en corriente alterna entre las fases está por debajo de 1 Kv o 1,5 Kv en corriente continua. Extra baja tensión es igual o inferior a 50 Volts en corriente alterna o 120 Volts en corriente continua.
- Balance energético: Valor estadístico de un sistema dado, proceso, región o área económica, en un período de tiempo dado, de la cantidad de oferta de energía y la energía consumida, incluyendo las pérdidas por conversión, transformación y transporte, así como las formas de energía no empleadas con fines energéticos.
- Capacidad instalada (de generación): Suma de la capacidad de generación de los generadores en operación comercial.
- Cogeneración: Producción simultánea de energía eléctrica y vapor.
- Demanda: Medida de las potencias eléctricas instantáneas solicitadas por el mercado consumidor, durante un período especificado.
- Distribuidor: Concesionario cuya actividad principal es la distribución de la energía eléctrica a consumidores finales.
- Disyuntor: Dispositivo de maniobra y protección, que permite la abertura o cierre de circuitos de potencia en cualquier condición de operación, de manera manual o automática.
- Eficiencia energética: Está asociada al concepto de conservación de la energía, pero no puede entenderse solamente como una reducción del consumo.
- Factor de capacidad: Es la razón entre la demanda media y la capacidad instalada de una usina, en un dado período de tiempo.

- Factor de carga: Razón entre la demanda media y la demanda máxima en un intervalo de tiempo especificado.
- Factor de utilización: Razón entre la demanda máxima y la potencia instalada por intervalo de tiempo definido.
- Potencia nominal: Potencia máxima, en régimen continuo, para la cual fue prevista y dimensionada la instalación.
- Potencial energético: Cantidad total de energía presente en la naturaleza, independiente de cuál sea la fuente energética, posible de ser aprovechada mediante

CAPÍTULO III

**DESCRIPCIÓN DEL ACTUAL CHILLER Y PROCEDIMIENTO PARA LA
INSTALACIÓN DEL CONDENSADOR COBRE ALUMINIO**

3.1 Descripción del actual Chiller del sistema de aire acondicionado.

Figura N° 14: Chiller carrier 30rb120



Antes de realizar a realizar el procedimiento de reemplazo del condensador aluminio-aluminio a condensador cobre-aluminio, es importante describir las características y composición del actual chiller de sistema de aire acondicionado.

Tabla N° 05: Dimensión del chiller carrier 30rb120

N°	DIMENSIONES	LONGITUD
1	Largo	3 metros
2	Alto	2.23 metros
3	Ancho	2.06 metros
4	Diámetro de la tubería de descarga.	1" 1/4
5	Diámetro de la tubería de línea de Líquido.	7/8"
6	Diámetro de la tubería de retorno de Gas.	2" 1/4
7	Diámetro de la tubería de succión	1" 5/8

Tabla N° 06: Datos de la placa del chiller carrier 30rb120

N°	Ítem	Descripción
1	Marca	Carrier
2	Modelo	30RBB12054-4-L
3	Serie	0809Q72595
4	Alimentación	208-230v/ 60Hz
5	RLA	94.2
6	LRA	560
7	Capacidad de refrigeración	120TOR
8	Refrigerante	R-410A
9	Cantidad	circuito A: 27 KG circuito B: 36 KG

Tabla N° 07: Datos del compresor scroll

N°	Ítem	Descripción
1	Modelo	SH300A4ACA
2	Serie	VF1400433630
3	Voltaje	230 Voltios
4	Potencia	25HP
5	Frecuencia	60Hertz
6	Amperaje Máximo	95 Amperios
7	Temperatura Maxima	55 °C
	Temperatura Minima	-35 °C
8	Refrigerante	R-410A
9	Lubricante	POE OIL 160SZ

Tabla N° 08: Datos de la válvula de la expansión electrónica

N°	Ítem	Descripción
1	Marca	DANFOSS
2	Type	ETS100B

Tabla N° 09: Datos del flow switch

N°	Ítem	Descripción
1	Marca	JOHNSON CONTROLS
2	Modelo	F61MB-1
3	Voltaje	240 voltios
4	Amperaje	16 Amperios
5	FLA	8.0
6	LRA	52.8

Tabla N° 10: Datos del contactor del compresor refrigerante

N°	Ítem	Descripción
1	Voltaje	240 Voltios AC
2	FLA	90
3	RLA	450
4	3PH	20HP

REFRIGERANTE R - 410A

Es una mezcla casi azeotrópica de dos gases HFC o hidrofluorocarbonados: Diflorometano (R-32) y Pentafluoroetano (R-125), el cual es usado como refrigerante en equipos de aire acondicionado.

Al ser una mezcla, debe cargarse en fase líquida. No obstante, su casi azeotropía, ya que el desplazamiento de temperatura es solo 0,1 °C, lo hace una mezcla muy estable, pudiendo recargarse de nuevo en fase líquida después de cualquier fuga, sin cambios medibles de composición o rendimiento.

ACEITE POLIESTRER (POE)

El R410A sólo debe usarse con aceites de poliéster (POE) con los que es miscible, si el equipo presenta fugas de gran magnitud el aceite debido a su composición tiene tendencia a absorber humedad del ambiente y esto produciría que se forme grumos de aceite en el sistema impidiendo el desplazamiento del refrigerante. Debido a esto es importante cambiar el aceite en estos tipos de trabajos.

Figura N° 15: Refrigerante R-410A

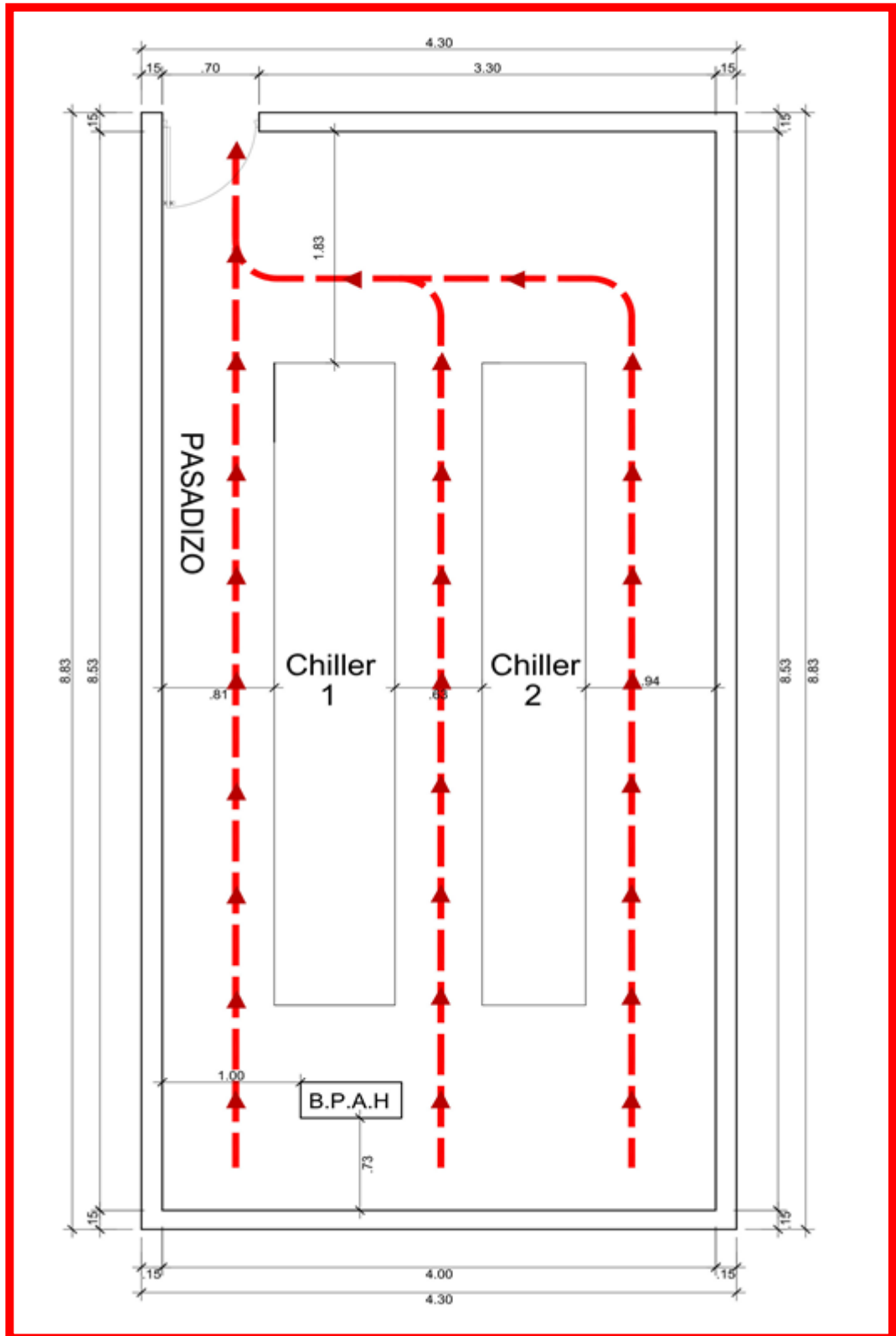


Siendo coherente con lo que se indicó al inicio de este capítulo, a continuación se proporciona las características de diseño del condensador a fabricar:

Tabla N° 11: Datos del condensador a fabricar

CONDENSADOR A FABRICAR		
N°	Ítem	Descripción
2	Medidas	76"x43"x 2 ½"
3	Espesor de la Lámina de aluminio	0.20mm a razón de 16 láminas pulgada
4	Diametro del Tubo de cobre	3/8"

Figura N° 16: Dimensiones de la sala de máquinas



Antes de proceder a describir el procedimiento para el reemplazo del condensador aluminio–aluminio a condensador cobre–aluminio, realizaré las mediciones de los parámetros de funcionamiento actuales, con la finalidad de luego realizar un análisis comparativo, en referencia a la nueva propuesta.

Tabla N° 12: Parámetros de funcionamiento antes del reemplazo

N°	PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO	VALOR OBTENIDO
1	Temperatura de Ingreso de agua al Chiller	52°F (11°C)
2	Temperatura de Salida de agua al Chiller	46°F (8°C)
3	Variación de Temperatura del Agua del Chiller	6°F (3°C)
4	Temperatura de entrada del aire al condensador	69°F (20°C)
5	Temperatura de salida del aire del condensador	105°F (40°C)
6	Temperatura de saturación de condensación	82°F (27°C)
7	Temperatura de saturación de refrigerante succión	37°F (3°C)
8	Presión de descarga – REFRIGERANTE R-410A	245 PSI
9	Presión de succión – REFRIGERANTE R-410A	112 PSI
10	Amperaje L1	63A
11	Amperaje L2	64A
12	Amperaje L3	61A
13	Voltaje L1-L2	224V
14	Voltaje L2-L3	222V
15	Amperaje L3-L1	223V

3.2 Procedimiento para el reemplazo del condensador aluminio-aluminio a cobre – aluminio

A continuación se especifica y representa cada paso a considerar como parte del procedimiento de reemplazo del condensador aluminio-aluminio por cobre-aluminio.

3.2.1 Procedimiento:

Paso 1: Ubicación en donde se va a realizar el trabajo.



Figura N° 17: Procedimiento Paso 1

Paso 2: Recuperación del refrigerante.

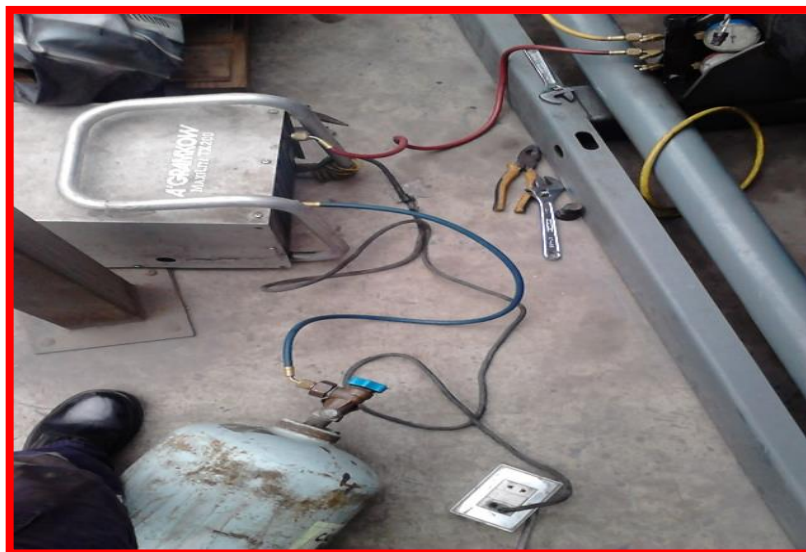


Figura N° 18: Procedimiento Paso 2

Paso 3: Desmontaje del condensador Microchanell.



Figura N° 19: Procedimiento Paso 3

Paso 4: Montaje del condensador cobre – aluminio.



Figura N° 20: Procedimiento Paso 4 A-B



Figura N° 21: Procedimiento Paso 4 C-D

Paso 5: Cambio de filtro secador cerámico.

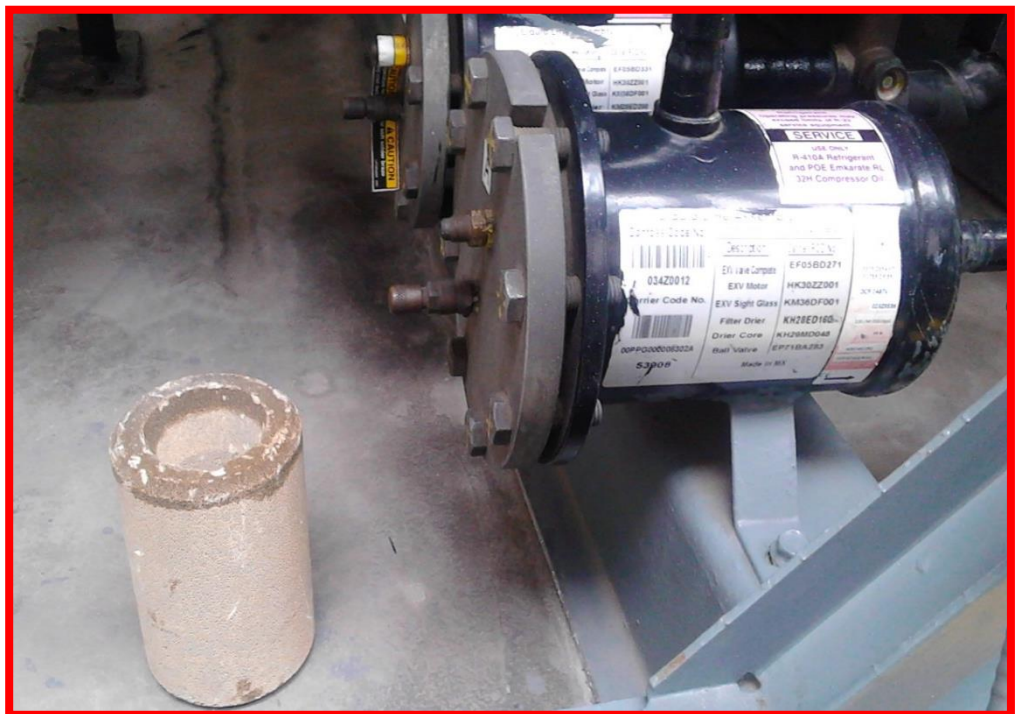


Figura N° 22: Procedimiento Paso 5

Paso 6: Presurización del sistema.



Figura N° 23: Procedimiento Paso 6

Paso 7: Hacer vacío al sistema.

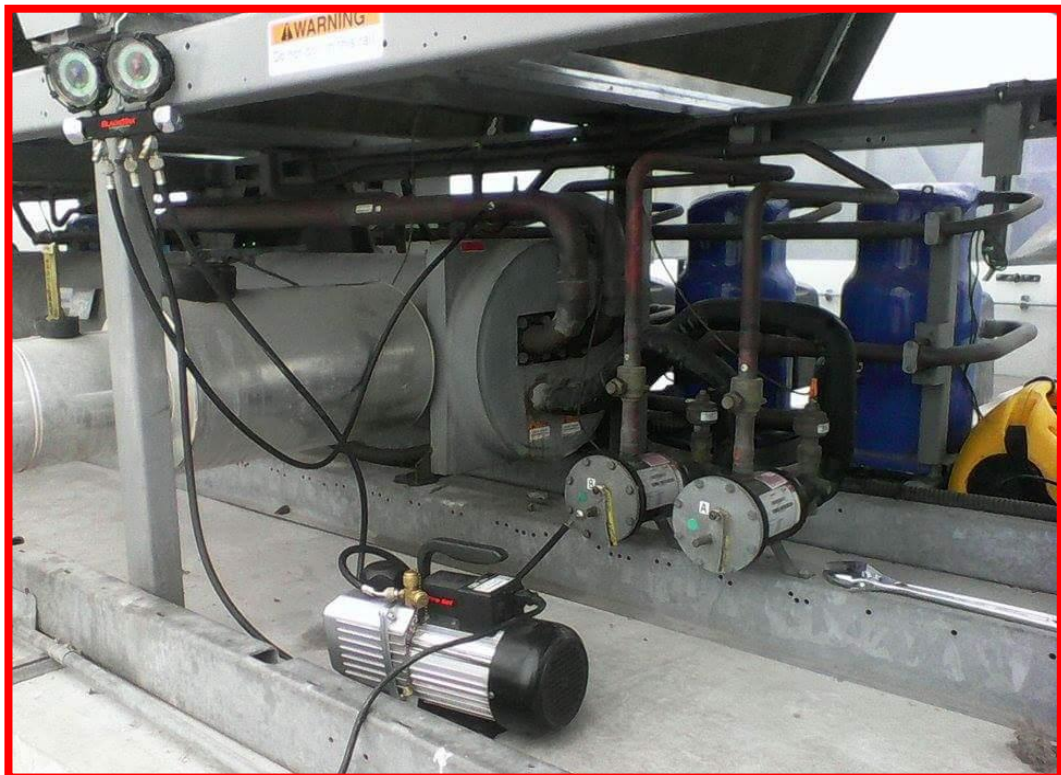


Figura N° 24: Procedimiento Paso 7

Paso 8: Carga de refrigerante.

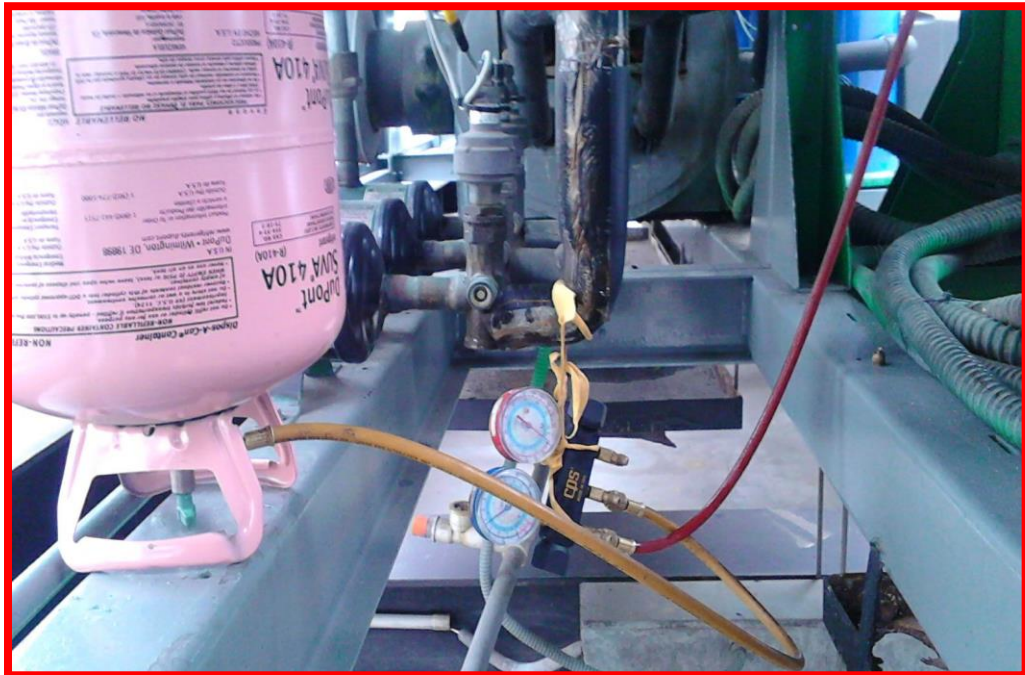


Figura N° 25: Procedimiento paso 8

Paso 9: Prueba de funcionamiento y toma de parámetros previos

Paso 10: Lanzamiento general y toma de parámetros del Chiller

3.2.2 Materiales, herramientas e instrumentos a utilizar.

A. Materiales

- Soldadura de plata 10%
- Fundente
- Refrigerante R410-A
- Filtro cerámico
- Tubería de cobre
- Codos de cobre
- Sellador de tubería

B. Herramientas

- Destornilladores punta plana y estrella
- Alicata universal
- Alicata de corte
- Alicata de punta
- Corta tubo
- Juego de abocardar
- Expandidor
- Francesa de 8" y 10 "
- Martillo
- Juego de Llaves mixtas
- Taladro
- Juego de dados
- Arco de cierra
- Amoldadora
- Escobilla de fierro
- Llave estilson
- Llave ratchet

C. Instrumentos:

- Pinza amperimétrica
- Juego de manómetros
- Termómetro de contacto, bastón

3.2.3 Cronograma de actividades.

A continuación se detallan los tiempos a utilizar para cada actividad, como parte del procedimiento del reemplazo del condensador aluminio-aluminio a cobre-aluminio.

- Ubicación en donde se va a realizar el trabajo. (20 min)
- Fabricación de condensadores. (2 semanas)
- recuperación de refrigerante. (2 horas)
- Desmontaje del condensador Microchanell. (36 horas)
- Montaje del condensador cobre – aluminio (24 horas)
- Cambio de filtro secador cerámico. (1 horas)
- presurización del sistema. (24 horas)
- Hacer vacío al sistema. (24 horas)
- Carga de refrigerante. (12 horas)
- Prueba de funcionamiento y toma de parámetros previos.(12h)
- Lanzamiento general y toma de parámetros del chiller.(2 horas)

Utilice el programa MS Project 2016 para esquematizar las actividades a desarrollar de forma secuencial y tomando como referencia los plazos y tiempos establecidos en el punto anterior.

Figura N° 26: Diagrama de gantt

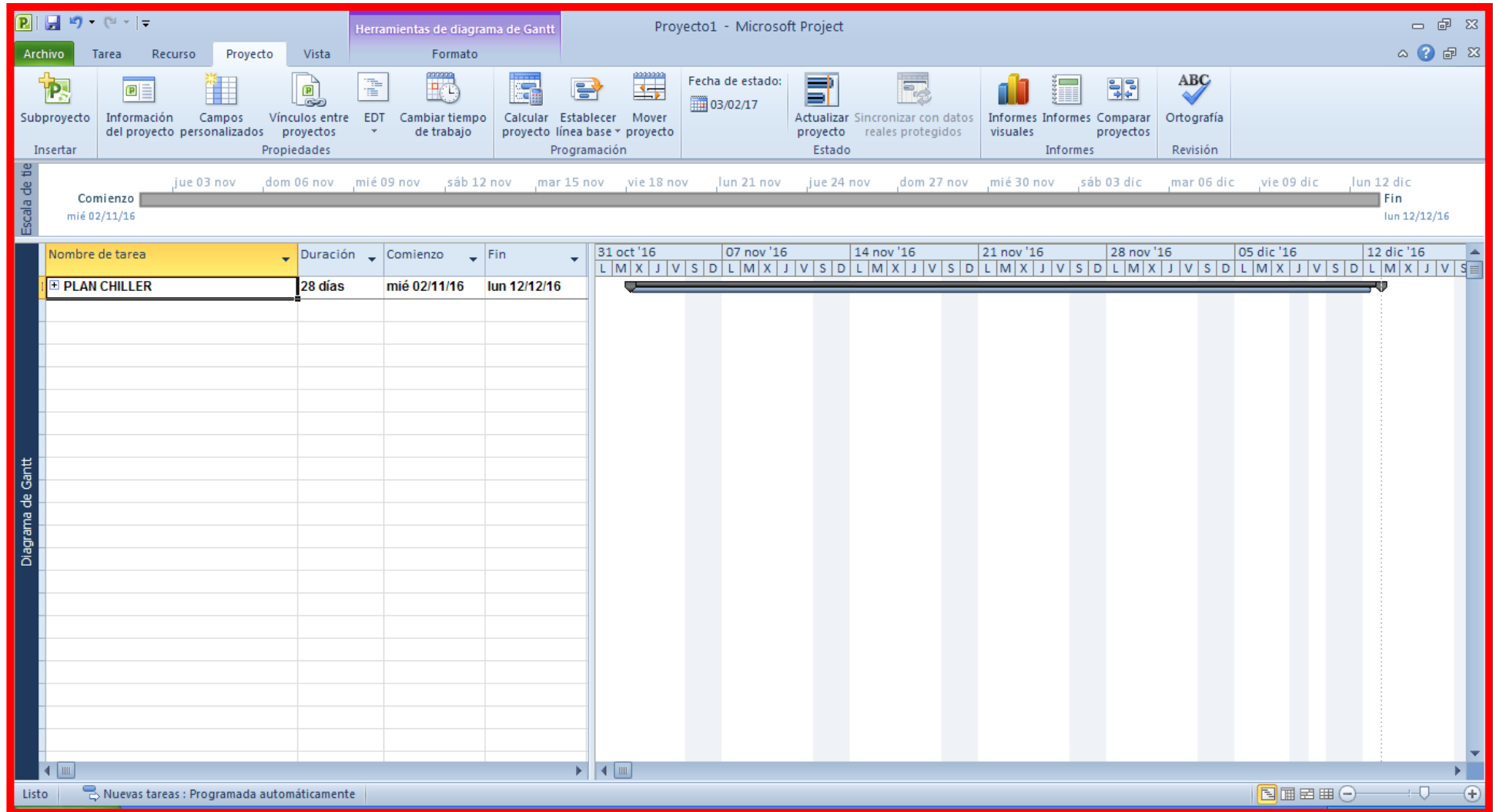


Figura N° 27: Diagrama de red

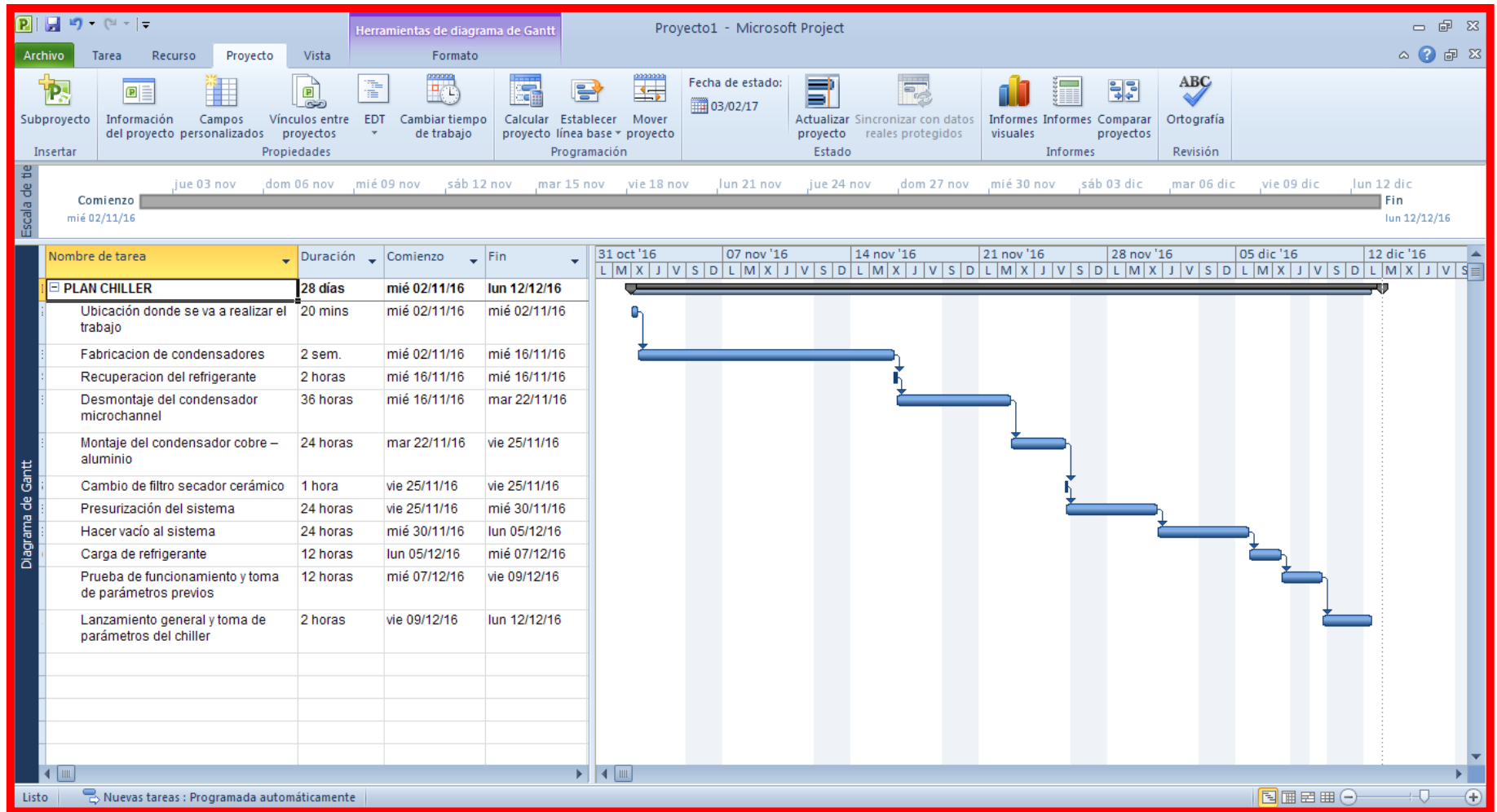


Figura N° 28: Proceso ubicación donde se va a realizar el trabajo - Fabricación del condensador.

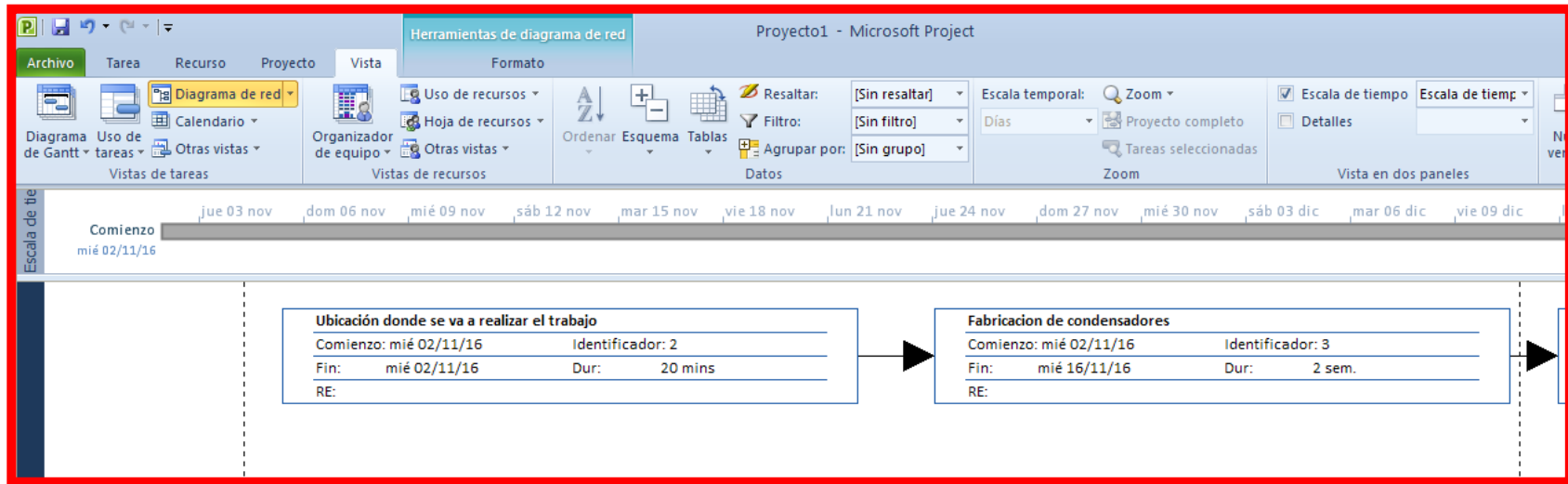


Figura N° 29: Proceso recuperación del refrigerante - Desmontaje del condensador microchannel

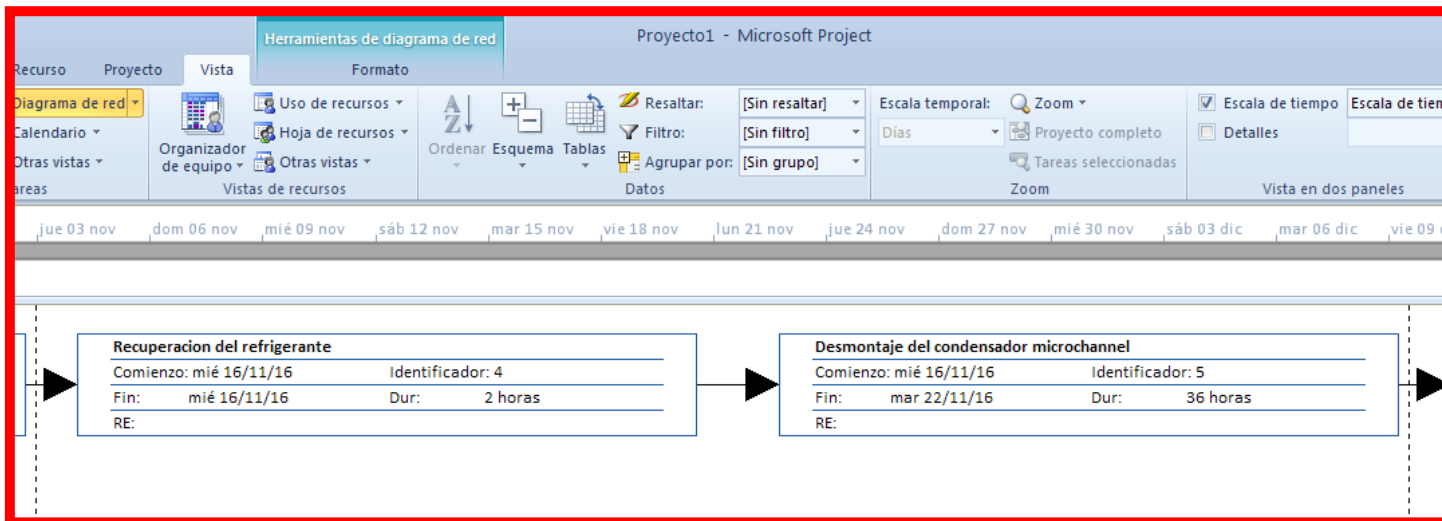


Figura N° 30: Proceso montaje del condensador cobre aluminio - Cambio del filtro secador cerámico

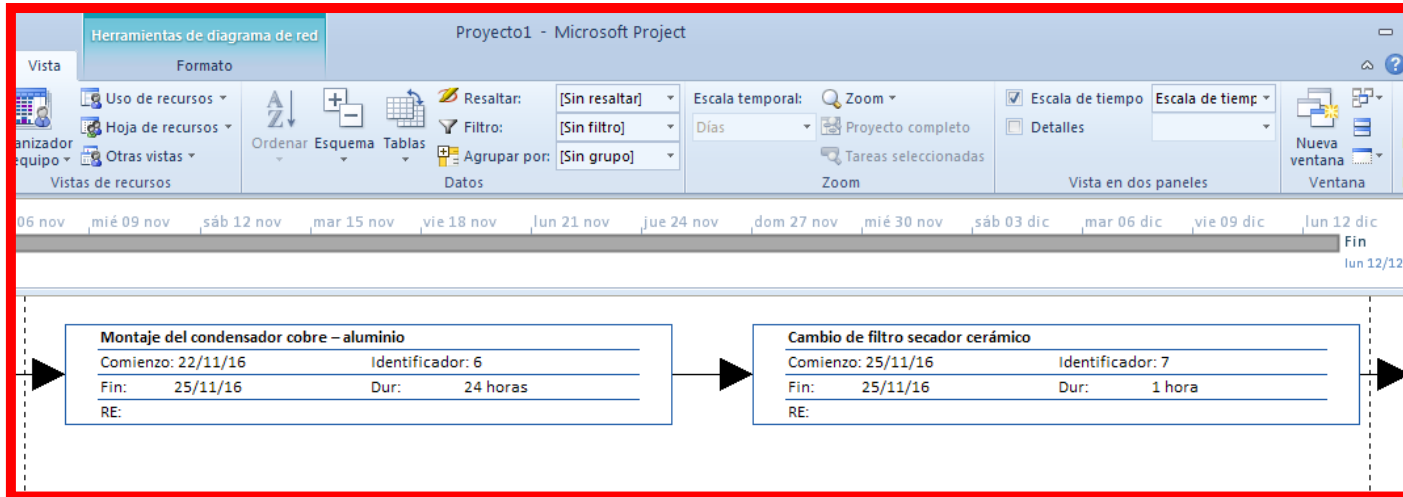


Figura N° 31: Proceso montaje del condensador cobre aluminio - Cambio del filtro secador cerámico

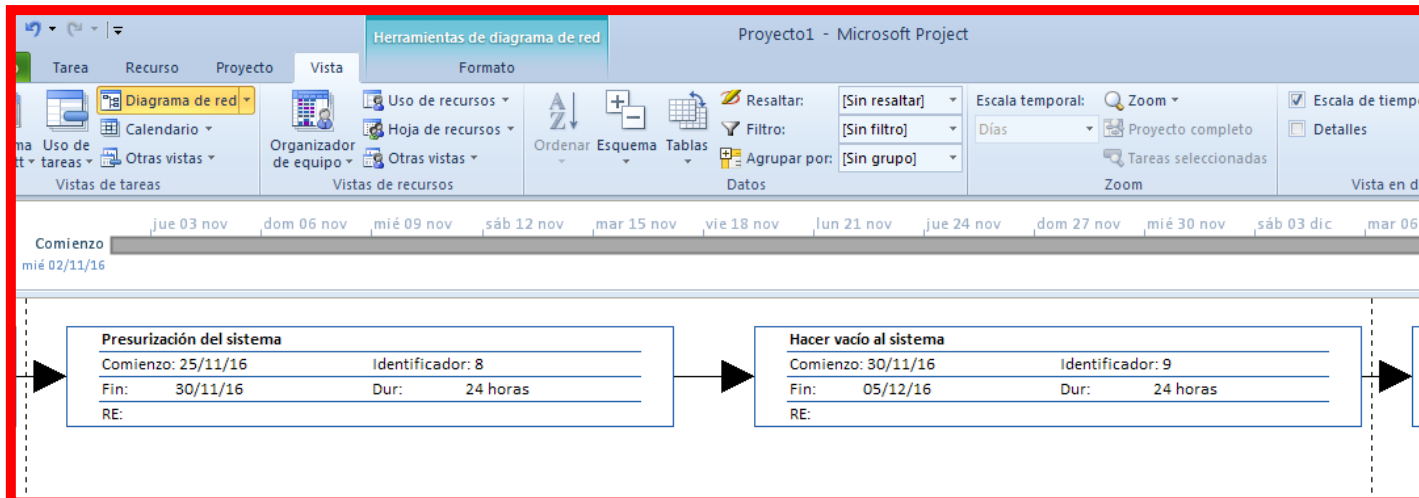


Figura N° 32: Proceso carga de refrigerante – Prueba de funcionamiento y toma de parámetros previos

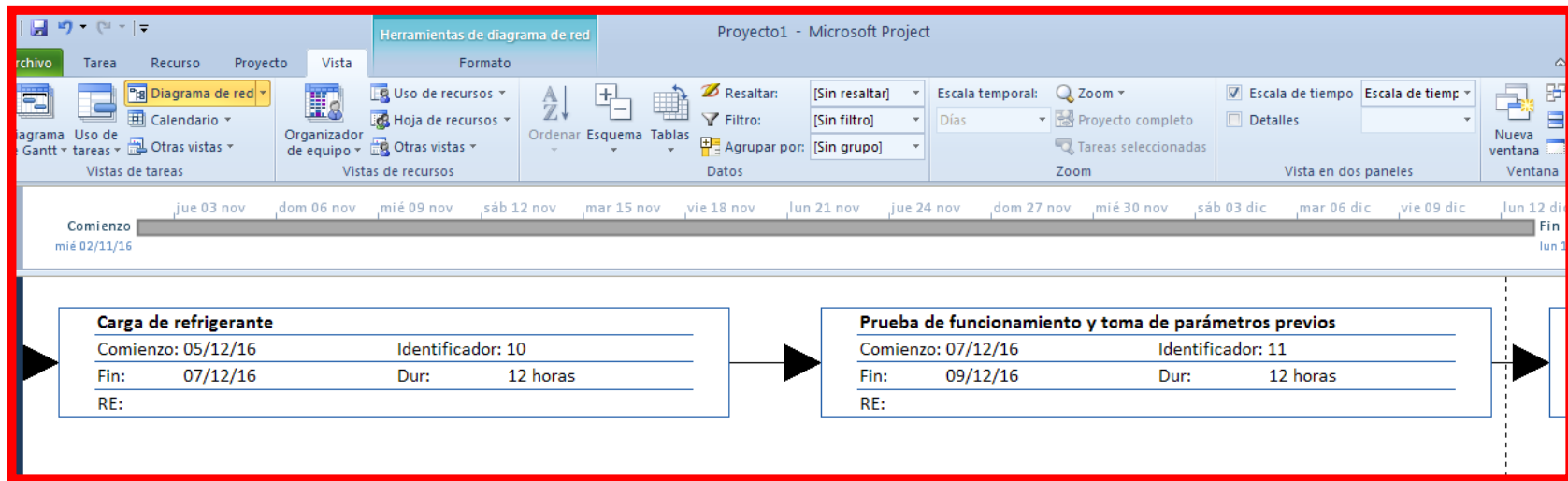


Figura N° 33: Proceso lanzamiento general y toma de parámetros del Chiller

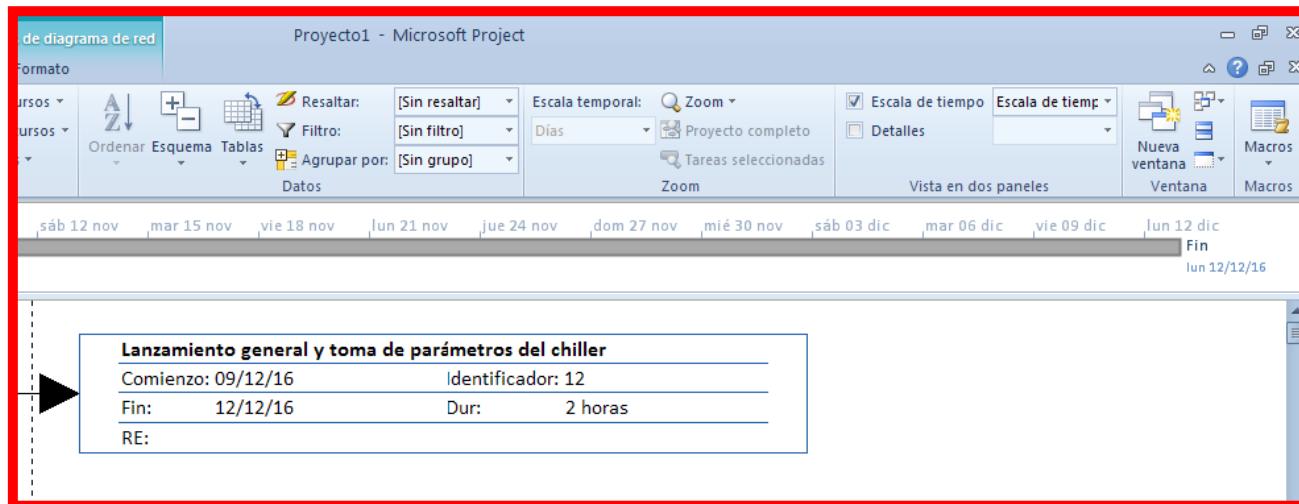
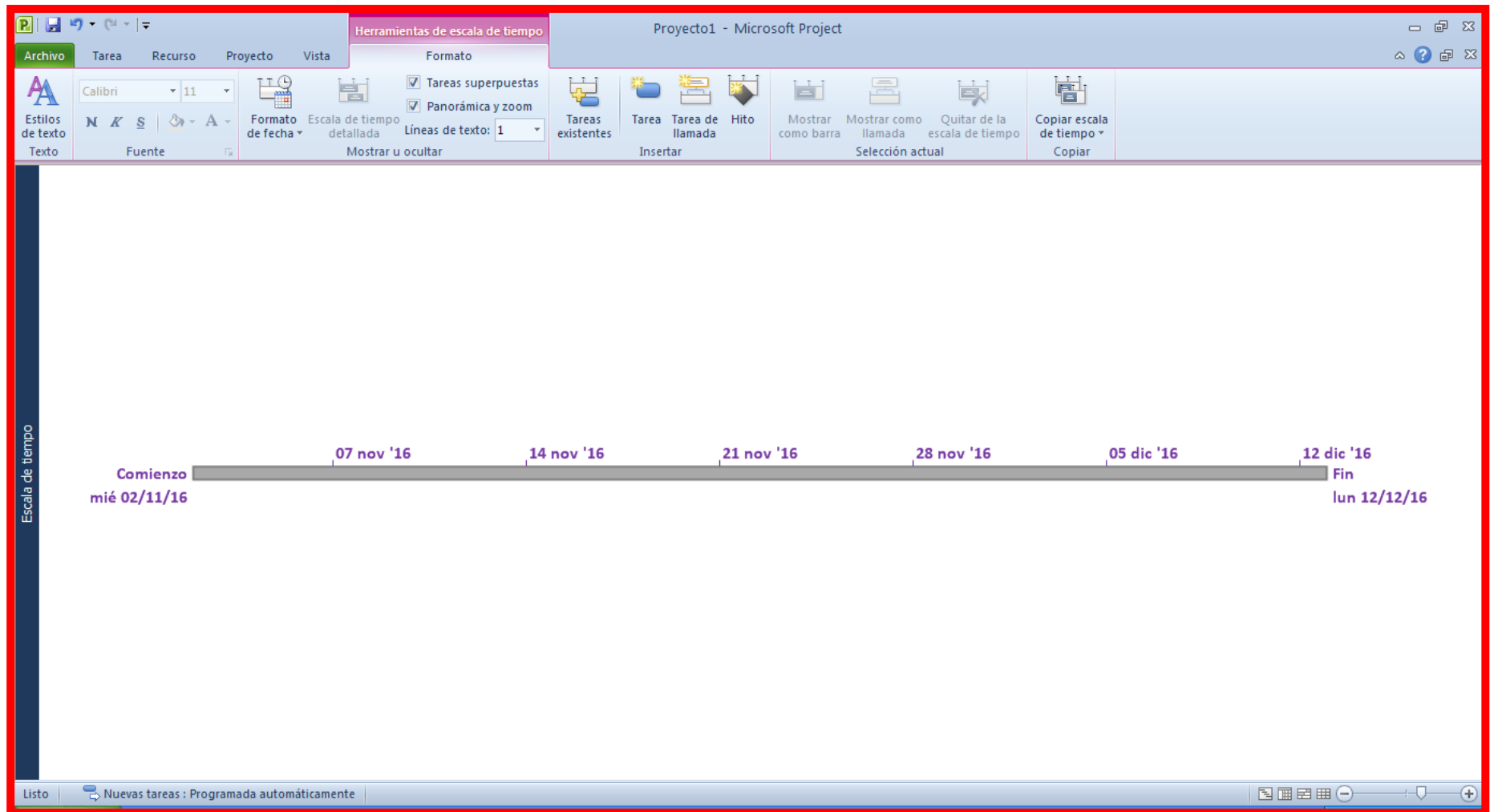


Figura N° 34: Escala de tiempo



3.3 Revisión y consolidación de resultados.

Con la finalidad de demostrar el cumplimiento de los objetivos a continuación se detalla los parámetros de funcionamiento después del reemplazo del condensador:

Tabla N° 13: Parámetros de funcionamiento después del reemplazo del condensador.

N°	PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO	VALOR OBTENIDO
1	Temperatura de Ingreso de agua al Chiller	49°F (9°C)
2	Temperatura de Salida de agua al Chiller	43°F (6°C)
3	Variación de Temperatura del Agua del Chiller	6°F (3°C)
4	Temperatura de entrada del aire al condensador	66°F (18°C)
5	Temperatura de salida del aire del condensador	95°F (35°C)
6	Temperatura de saturación de condensación	88°F (31°C)
7	Temperatura de saturación de refrigerante succión	36°F (2°C)
8	Presión de descarga – REFRIGERANTE R-410A	263 PSI
9	Presión de succión – REFRIGERANTE R-410A	110 PSI
10	Amperaje L1	68A
11	Amperaje L2	64A
12	Amperaje L3	67A
13	Voltaje L1-L2	221V
14	Voltaje L2-L3	224V
15	Amperaje L3-L1	223V

CONCLUSIONES

Se concluye que siguiendo el procedimiento planteado en este proyecto de ingeniería se consigue realizar un reemplazo óptimo del condensador aluminio-aluminio a condensador cobre-aluminio, tal como indica los parámetros de funcionamiento obtenidos luego de realizar el cambio de condensador.

Se concluye que los valores medidos luego del reemplazo del condensador aluminio-aluminio a cobre-aluminio son valores que garantizan operatividad del sistema de aire acondicionado del Edificio de la Corporación MG SAC Colliers Internacional Perú.

Se concluye finalmente que realizando el remplazo del condensador aluminio-aluminio a condensador cobre aluminio se evitará la perdida de gas refrigerante ya que el nuevo material utilizado para la fabricación del condensador es más resistente a la corrosión y la humedad.

RECOMENDACIONES

Se recomienda replicar este recambio en otras instalaciones, claro está considerando las características propias del sistema de aire acondicionado.

Se recomienda realizar un análisis comparativo con respecto otros tipos de tecnologías o materiales para la fabricación del condensador a fin de establecer siempre propuestas de innovación que reflejen un beneficio para los usuarios y garanticen la operatividad permanente del sistema de aire acondicionado.

Finalmente se recomienda realizar un análisis costo beneficio en referencia a lo que cuesta implementar este proyecto y el beneficio que genera, a través del tiempo.

BIBLIOGRAFIA

TEJERO. A. (2010). Reducción del consumo energético y emisiones de anhídrido carbónico en edificios combinando enfriamiento evaporativo, enfriamiento gratuito y recuperación de energía en sistemas todo aire. (Tesis de Pos Grado). Universidad de Valladolid, Valladolid, España.

LAMAS. E. (2011). Análisis y propuesta de un nuevo método de simulación abreviado para la certificación energética en edificios residenciales. (Tesis de Pos Grado). Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España.

TALLA. E. (2015). Ahorro de energía eléctrica en una industria cervecera como estrategia de excelencia operativa. (Tesis de Pre Grado). Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.

ESQUERRA. P. (2010). Dispositivos y sistemas para el ahorro de energía. Barcelona, España: MARCOMBO

SANZ. F. (2014). Control de Refrigeración. Madrid, España: UNED

WHITMAN. W. (2006). Tecnología de la Refrigeración y Aire Acondicionado. Madrid, España: PARANINFO

BIBLIOGRAFÍA ELECTRONICA

- **CARACTERÍSTICA DE LOS CHILLERS**

<http://skychillers.com/>

- **EQUIPOS CHILLERS**

<http://www.ecochillers.com/>

- **SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO DE LA MARCA CARRIER**

<http://www.carriercca.com/>

ANEXOS

RUC. N° 20100057523

Fecha : 04/11/2016

Proforma: N° 1545-15-AAR

Cliente : **CORPORACION MG S.A LA ENCALADA**

Atención : Sr. Carlos García

Referencia : Servicio de suministro e instalación de paneles condensadores de fabricación nacional, Chiller n°2 - Circuito B

Material Local y Material Importado

<u>Ítem.</u>	<u>Cant.</u>	<u>Descripción</u>	<u>PRECIO US\$.</u>
--------------	--------------	--------------------	---------------------

CHILLER N°2 - CIRCUITO "B"

1.0	6.0	Suministro y fabricación de panel condensador Medidas 76" x 43" x 2 1/2" <u>Incluye:</u> <ul style="list-style-type: none">- Panal compuesto por 129 tubos de Cu con un diámetro de 3/8 "- Láminas de aluminio de 0.20 mm de espesor a razón de- 16 láminas por pulgada- Parrillas de acero galvanizado con embutidos de cobre- Aleros de acero galvanizado según muestra- Codos y espigas en tuberías de cobre de temple duro- 2 colectores en Tubería de cobre con un diámetro de 1/2" y 5/8"- Expansión electromecánica al interior de cada una de las tuberías de cobre- Unión de panel , codos y espigas con proceso de soldadura autógena- Prueba de hermeticidad a 500 psi- Adecuado embalaje para transporte	
		Costo Unitario US\$: 3,396.00	20,376.00
2.0	1.0	Servicio de cambio de paneles condensadores <u>Incluye:</u> <ul style="list-style-type: none">- Desmontaje de conectores y bridas de entrada y salida- Desmontaje del panel condensador averiado- Montaje del nuevo panel condensador- Montaje de conectores y uniones soldadas de entrada y salida- Trabajos de Soldadura- Montaje de tuberías de refrigeración- Reemplazo de filtro secador- Realización de vacío al sistema- Carga de gas refrigerante R-410A- Puesta en marcha y prueba de funcionamiento.	
		Costo Unitario US\$: 4,532.00	4,532.00
3.0	7.0	Suministro de gas refrigerante 410A (13.6 kg)	
		Costo Unitario US\$: 210.00	1,470.00
		Sub - Total US\$	26,378.00
		I.G.V. + 18%:	4,748.04
		TOTAL US\$:	31,126.04