

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y DE ENERGÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECÁNICA**



**“IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE VOLUMEN DE REFRIGERANTE  
VARIABLE DE AIRE ACONDICIONADO DE 328HP.  
HOTEL IBIS - REDUCTO MIRAFLORES”**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OBTENER EL  
TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO**

**AUTOR:**

**EDGAR MARCIAL CAYOTOPA NUÑEZ**

**ASESOR:**

**Dr. JUAN MANUEL PALOMINO CORREA**

**Callao, 2017**

**PERU**



## Document Information

---

Analyzed document	TSP__-___CAYOTOPA_NUÑEZ[1].docx (D176131312)
Submitted	2023-10-17 01:02:00
Submitted by	
Submitter email	investigacion.fime@unac.pe
Similarity	3%
Analysis address	investigacion.fime.unac@analysis.arkund.com

## Sources included in the report

---

<b>SA</b>	<b>13680-Rivera Ramos, Luis Arturo.pdf</b> Document 13680-Rivera Ramos, Luis Arturo.pdf (D54966293)		2
<b>W</b>	URL: <a href="https://www.climadesign.com.ar/novedad/que-es-la-tecnologia-inverter">https://www.climadesign.com.ar/novedad/que-es-la-tecnologia-inverter</a> Fetched: 2023-10-17 01:02:00		1
<b>SA</b>	<b>TESIS RAY COSME MONTAÑEZ.docx</b> Document TESIS RAY COSME MONTAÑEZ.docx (D55064344)		1
<b>SA</b>	<b>TRABAJO TITULACION MARCO FLORES-2017.docx</b> Document TRABAJO TITULACION MARCO FLORES-2017.docx (D25826883)		1
<b>SA</b>	<b>TRABAJO TITULACION MARCO FLORES -2017.docx</b> Document TRABAJO TITULACION MARCO FLORES -2017.docx (D25927628)		3
<b>W</b>	URL: <a href="https://s3.amazonaws.com/samsung-files/Tech_Files/DVM/DVM+S/Installation+Manuals/Outdoor+Units...">https://s3.amazonaws.com/samsung-files/Tech_Files/DVM/DVM+S/Installation+Manuals/Outdoor+Units...</a> Fetched: 2022-05-31 03:00:25		5
<b>SA</b>	<b>cabrera_tesis2_pdf.pdf</b> Document cabrera_tesis2_pdf.pdf (D48232870)		1

## Entire Document

---

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECANICA  
“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE VOLUMEN DE REFRIGERANTE VARIABLE DE AIRE ACONDICIONADO DE 328HP. HOTEL IBIS - REDUCTO MIRAFLORES”  
TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO  
EDGAR MARCIAL CAYOTOPA NUÑEZ

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA**

**I CURSO TALLER DE TITULACIÓN PROFESIONAL POR INFORME DE EXPERIENCIA LABORAL**

**ACTA DE EXPOSICIÓN DE INFORME FINAL DE EXPERIENCIA LABORAL**

Siendo, las 20:00 horas del día 08 de junio del 2017 en el Auditorio "Ausberto Rojas Saldaña" de la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía de la Universidad Nacional del Callao, se reunieron los miembros del Jurado Revisor y Evaluador de la Exposición de los Informes Finales de Experiencia Laboral del I Curso Taller de Titulación Profesional por Informe de Experiencia Laboral Designados por Resolución de Consejo de Facultad N° 084-2017-CF-FIME de fecha 23.05.17, conformado por los siguientes docentes:

**Presidente** : Dr. OSCAR TEODORO TACZA CASALLO  
**Secretario** : Ing. VICTORIANO SÁNCHEZ VALVERDE  
**Vocal** : Ing. EMILIANO LOAYZA HUAMÁN

Asimismo, contamos con la presencia de la Dra. Ana Mercedes León Zárate – Vicerrectora de Investigación de la Universidad Nacional del Callao (Supervisora General), Dr. José Hugo Tezén Campos – Decano de la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía (Supervisor de la Facultad), y el Lic. Rogelio Efrén Cerna Reyes - Miembro de la Comisión de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía (Representante de la Comisión de Grados y Títulos);

De acuerdo a lo señalado en el Capítulo X, numeral 10.1 de la "Directiva para la Titulación Profesional Modalidad por Informe de Experiencia Laboral con Curso Taller de la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía de la Universidad Nacional del Callao", aprobada por Resolución de Consejo de Facultad N° 025-2017-CF-FIME de fecha 19.01.17;

Se procede con el acto de exposición de Informe Final de Experiencia Laboral del I Curso Taller de Titulación Profesional por Informe de Experiencia Laboral, título: **"IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE VOLUMEN DE REFRIGERANTE VARIABLE DE AIRE ACONDICIONADO DE 328HP. HOTEL IBIS -REDUCTO MIRAFLORES"**, presentado por el Bachiller **CAYOTOPA NUÑEZ EDGAR MARCIAL**, contando el asesoramiento del **Dr. JUAN MANUEL PALOMINO CORREA**.

Luego de la exposición correspondiente y de absolver las preguntas formuladas por los miembros del Jurado de Exposición, se procede a la deliberación en privado respecto a la evaluación;

Este jurado acordó calificar al Sr. Bachiller **CAYOTOPA NUÑEZ EDGAR MARCIAL**, para optar el **Título Profesional de Ingeniero Mecánico** por la modalidad de Curso Taller de Titulación Profesional por Informe de Experiencia Laboral, según la puntuación cuantitativa y cualitativa que a continuación se detalla:

CALIFICACIÓN CUANTITATIVA	CALIFICACIÓN CUALITATIVA
<b>14 (CATORCE)</b>	<b>BUENO</b>

Con lo que se da por concluido el acto, siendo las 20:30 horas del día jueves 08 de junio del 2017

En señal de conformidad con lo actuado, firman la presente acta.

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO  
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA

  
\_\_\_\_\_  
Dr. OSCAR TEODORO TACZA CASALLO  
PRESIDENTE DE JURADO EVALUADOR

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO  
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA

  
\_\_\_\_\_  
Ing. VICTORIANO SANCHEZ VALVERDE  
SECRETARIO DE JURADO EVALUADOR

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO  
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA

  
\_\_\_\_\_  
Ing. EMILIANO LOAYZA HUAMÁN  
VOCAL DE JURADO EVALUADOR

## **DEDICATORIA**

A mi padre, a pesar de nuestra distancia física, siento que estás conmigo siempre y aunque nos faltaron muchas cosas por vivir juntos, sé que este momento hubiera sido tan especial para ti como lo es para mí.

## **AGRADECIMIENTOS**

Primero doy gracias a Dios por permitirme tener y disfrutar a mi familia, gracias a mi esposa por su apoyo y motivación para conseguir este objetivo, gracias a mi madre por haber apoyado en mi época de estudiante; gracias a mi familia por permitirme cumplir con excelencia en el desarrollo de mi informe de experiencia laboral.

No ha sido sencillo el camino hasta ahora, pero gracias a sus aportes, a su amor, a su inmensa bondad y apoyo, lo complicado de lograr esta meta se ha notado menos.

Gracias a mi universidad, por haberme permitido convertirme en el profesional en lo que tanto me apasiona, gracias a cada maestro que hizo parte de este proceso integral de formación.

## ÍNDICE

	<b>PÁG.</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>3</b>
<b>I. OBJETIVOS .....</b>	<b>6</b>
1.1 Objetivo General.....	6
1.2 Objetivo(s) Específico(s) .....	6
<b>II. ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA O INSTITUCIÓN .....</b>	<b>7</b>
2.1 Reseña histórica .....	7
2.2 Dirección estratégica .....	9
2.2.1 Misión .....	9
2.2.2 Visión .....	9
2.2.3 Valores.....	10
2.3 Organigrama general.....	12
<b>III. ACTIVIDADES DESARROLLADOS POR LA EMPRESA .....</b>	<b>13</b>
3.1 Actividades desarrolladas por la empresa .....	13
3.2 Proyectos de referencia .....	14
<b>IV. DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL PROYECTO DE INGENIERÍA...18</b>	
4.1 Descripción del Tema .....	18
4.2 Antecedentes .....	20
4.2.1 Nacionales.....	20
4.2.2 Internacionales.....	22
4.3 Planteamiento del problema .....	23
4.4 Justificación .....	23
4.4.1 Justificación económica .....	23
4.4.2 Justificación tecnológica.....	24
4.4.2 Justificación legal .....	26
4.5 Marco teórico.....	27
4.5.1 Sistema de aire acondicionado .....	27
4.5.2 Ciclo de refrigeración .....	29

4.5.3	Confort térmico .....	31
4.5.4	Tecnología inverter .....	33
4.5.5	Cargas térmicas.....	34
4.5.6	Calor sensible y latente .....	35
4.5.7	Conducción.....	36
4.5.8	Convección.....	36
4.5.9	Radiación.....	36
4.5.10	Clasificación de cargas térmicas .....	37
4.5.11	Operación a carga parcial .....	41
4.5.12	Sistema de volumen de refrigerante variable.....	43
4.6	Fases del proyecto .....	53
4.6.1	Inspeccionar la infraestructura del proyecto.....	53
4.6.2	Selección del sistema mediante el software de VRF .....	55
4.6.3	Desarrollar cronograma con actividades y procesos.....	59
4.6.4	Realizar control de calidad de materiales y procesos.....	62
4.6.5	Realizar protocolos y puesta en marcha del sistema .....	123
<b>V.</b>	<b>EVALUACIÓN TÉCNICO- ECONÓMICO.....</b>	<b>126</b>
<b>VI.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>129</b>
6.1	Conclusiones.....	129
6.2	Recomendaciones.....	130
<b>VII.</b>	<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>131</b>

## INTRODUCCION

Los sistemas de aire acondicionado, han llegado a ser una necesidad para la vida moderna, como es el caso de aplicaciones residenciales, comerciales, hoteleras, hospitales, industriales, oficinas, educación, etc. En efecto, los beneficios de la climatización en busca de confort y la salud, la conveniencia para la eficiencia del personal, como imagen de un negocio para el bienestar de sus clientes y como una necesidad para el mejoramiento de los procesos de fabricación de la industria. De esa forma, ya no se piensa en un proyecto constructivo sin contemplar el empleo de algún sistema de aire acondicionado de climatización.

Los sistemas de climatización apuestan por la eficiencia energética. Crece la utilización de los sistemas de volumen de refrigerante variable (VRF), aquel que entrega la cantidad adecuada de refrigerante para cada necesidad de temperatura sin que el circuito se encuentre operando permanente y al 100% de su capacidad.

La diferencia fundamental entre el VRF y el sistema convencional radica en la forma de transportar el frío o calor desde la generación hasta las zonas habitadas. El sistema convencional lo hace indirectamente mediante el agua, lo que involucra que todo el sistema cuente con muchos accesorios y sistemas complementarios, el VRF es un sistema de expansión directa,

no hay ningún circuito secundario, y el refrigerante a alta presión llega directamente a las zonas habitadas. Al no tener circuito secundario de agua, la instalación es más sencilla y por lo tanto más económica. El costo de operación es más económico debido a la diferencia de tecnologías; El sistema convencional necesita mínimo de una demanda de 30% del total de la capacidad para el arranque y consume por el 100% del sistema, mientras que el VRF gracias a la tecnología inverter de sus compresores no necesita capacidad mínima para el arranque y su consumo es en base a demanda. El costo de mantención es menor en el sistema VRF ya que solo se cuenta con unidades exteriores y unidades interiores.

La implementación del sistema de volumen de refrigerante variable de aire acondicionado referido en el informe, se inició en abril del año 2015 y se entregó en funcionamiento a fines del año 2016. Fue implementado para la cadena Accor Hotels y el grupo T&C, en el Hotel IBIS ubicado en Av. Reducto 1057 – Miraflores en la ciudad de Lima. El mismo que tiene como finalidad dar el confort dentro de las instalaciones del Hotel.

El sistema primero pasa por la viabilidad en el proyecto: sustento en costo de implementación, operación y mantención. Selección de los tipos de unidades internas y externas según aplicaciones y características eléctricas del proyecto (Mediante Software de VRF). Inicio de montaje de tuberías de refrigeración y accesorios según planos. Montaje de unidades

evaporadores (Unidades interiores) y unidades condensadoras (Unidades exteriores). Protocolo de Vacío y estanquidad. Arranque y puesta en marcha del sistema.

# I. OBJETIVOS

## 1.1 Objetivo General

Implementar un sistema de volumen de refrigerante variable de aire acondicionado para Brindar climatización y confort en las instalaciones del hotel IBIS Reducto en Miraflores.

## 1.2 Objetivos específicos

- Inspeccionar la infraestructura del proyecto para la implementación del sistema de volumen de refrigerante variable.
- Seleccionar el sistema de volumen de refrigerante variable mediante software de VRF.
- Desarrollar un cronograma de actividades y procesos a realizar en la implementación del sistema de volumen de refrigerante variable.
- Realizar un control de calidad de materiales y procesos para realizar una buena instalación del sistema de volumen de refrigerante variable.
- Realizar una inspección final de las instalaciones y protocolos finales, para realizar una adecuada puesta en marcha y funcionamiento del sistema.

## II. ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA O INSTITUCIÓN

### 2.1 Reseña histórica

Samsung Electronics fue fundada el 1 de noviembre de 1969 en Daegu, Corea del Sur, como Samsung Electric Industries, fabricando originalmente electrodomésticos como televisores, calculadoras, refrigeradores, aire acondicionado y lavavajillas. Hacia 1981, la compañía había fabricado más de diez millones de televisores blanco y negro. En 1988 se fusionó con otra subsidiaria de Samsung Group, Samsung Semiconductor & Communications.

Es de destacar que Samsung Electronics ha crecido a pasos agigantados en una industria que se caracteriza por tener fluctuaciones cíclicas. Fundada en 1938 como una empresa procesadora de alimentos y proveedora de textiles, la compañía madre entró recién en el negocio de la electrónica en 1969 cuando creó a su alero una subsidiaria de componentes electrónicos. Fue una decisión tomada luego de considerar la creciente demanda local por productos electrónicos.

En 1974 se expandió al negocio de los semiconductores al adquirir Korea Semiconductor, una de las primeras empresas fabricantes de chips electrónicos en el país en esa época. En 1980 se adquirió Korea Telecommunications, un fabricante de intercambiadores electrónicos.

En febrero de 1983, el fundador de Samsung, Lee Byung-chull hizo un anuncio que "hizo época", conocido como "la declaración de Tokio", afirmando que su compañía entraría en el negocio de la DRAM (*Dynamic Random Access Memory*). Sólo un año después de este anuncio, Samsung se transformó en la tercera compañía en el mundo en desarrollar el chip de memoria de 64 kb DRAM luego de sus predecesores estadounidenses y japoneses. El camino iniciado entonces ha seguido sin interrupciones hasta convertirse hoy en día en una compañía pionera en la industria de chips de memoria.

Aunque Samsung Electronics hacia 1990 era ya una de las compañías más grandes de Corea, es hoy en día con diferencia la más importante, con una influencia sin rival en la economía del país sobre la base de una gran red de proveedores y compañías asociadas, así como por su propia potencia como generadora de divisas. Desde el comienzo de la crisis financiera asiática de 1997, la compañía se ha hecho aún más poderosa: mientras otras compañías de alta tecnología fueron fuertemente golpeadas por problemas de flujo de caja a causa de la crisis, Samsung logró evitar problemas financieros por medio de reformas estructurales de magnitud.

## **2.2 Dirección estratégica**

### **2.2.1 Misión**

Inspirar al mundo con tecnologías, productos y diseños innovadores que enriquezcan la vida de las personas y que contribuyan a un futuro sostenible y socialmente responsable. Para lograrlo, Samsung da un alto valor a su gente y sus tecnologías.

### **2.2.2 Visión**

El principio de fondo que define nuestra visión sobre el futuro de Samsung Electronics es "Inspirar al mundo, crear el futuro". Esta visión se encuentra en el centro de nuestro compromiso por liderar la innovación en tecnología, productos y soluciones que inspiren a las comunidades de todo el mundo a unirse a nuestro deseo de crear un mundo mejor, lleno de experiencias digitales más ricas. Así como reconocemos nuestra responsabilidad como líder creativo en la sociedad global, también dedicamos nuestros esfuerzos y recursos a ofrecer nuevos valores a la industria y a los clientes, al mismo tiempo que respetamos los valores compartidos de nuestros empleados y socios. En Samsung Electronics, queremos crear un futuro que sea emocionante y prometedor para todos.

A modo de guía para el entendimiento mutuo y un objetivo medible, hemos incorporado un conjunto de metas específicas en nuestra visión. Para el año 2020, nuestra ambición es obtener ventas anuales de 400 mil millones

de dólares estadounidenses, al mismo tiempo que situamos el valor general de la marca Samsung Electronics entre las primeras cinco a nivel mundial. Tres pilares estratégicos fundamentales que ahora forman parte de nuestra cultura, operación empresarial y gestión, describen las iniciativas que nos rigen para lograr este fin: "Creatividad", "colaboración" y "excelentes personas".

Nos enorgullece entregar los mejores productos del mundo mediante excelencia operativa y capacidad de innovación. A medida que miramos al futuro para explorar nuevas áreas comerciales entre las que se incluyen la atención de salud y la biotecnología, nos entusiasman los nuevos desafíos y las oportunidades que nos esperan. Samsung Electronics continuará desarrollando además de sus logros actuales, nuevas capacidades y pericia para aumentar su competitividad y su historia de innovación.

### **2.2.3 Valores**

**Personal:** Valoramos a nuestro personal con la opinión que "Una compañía la compone su gente" y ofrecemos oportunidades para que saquen el máximo partido de su potencial.

**Excelencia:** Nos esforzamos al máximo con pasión infinita y espíritu desafiante para convertirnos en la mejor compañía del mundo en todos los sentidos.

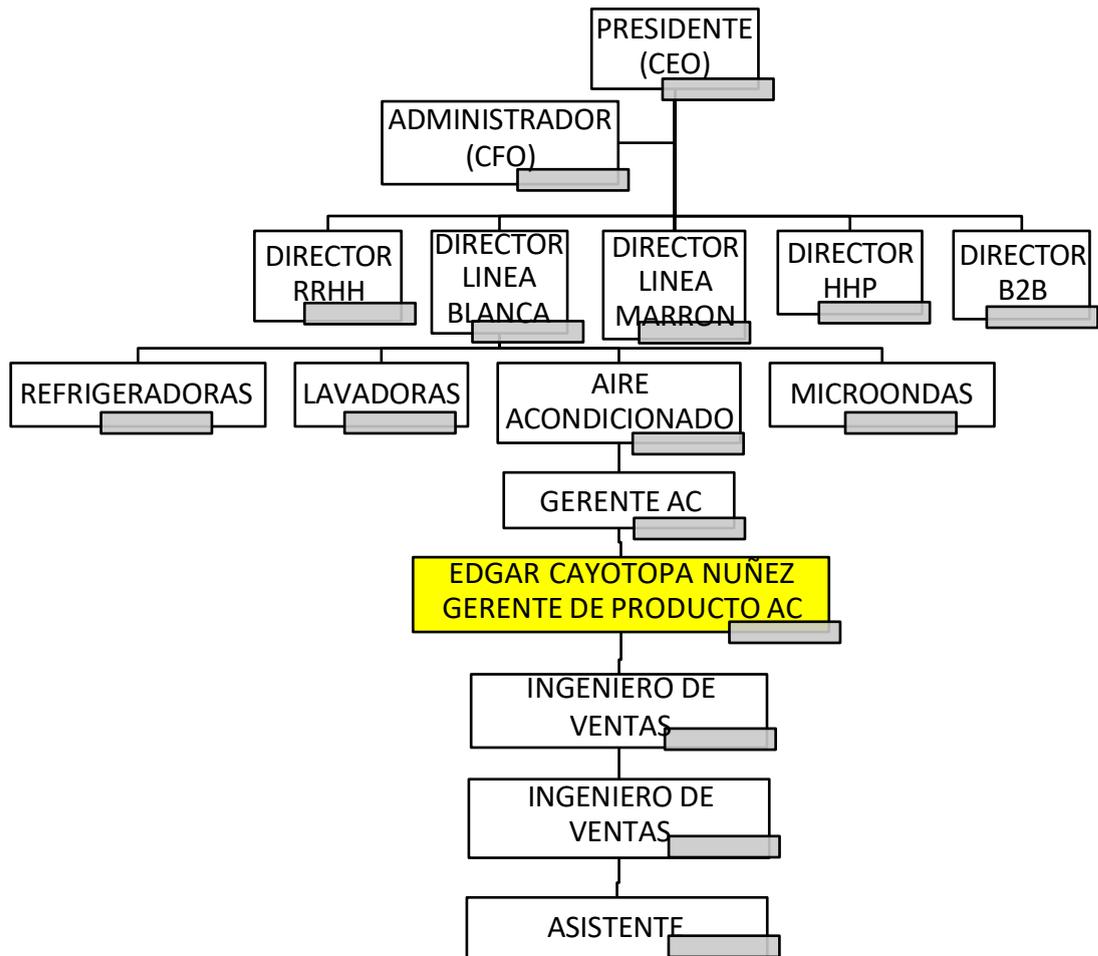
Cambio: Tomamos la iniciativa a la hora de realizar cambios e innovaciones, no podemos sobrevivir si no nos esforzamos constantemente en ser innovadores.

Integridad: Actuamos de forma ética y correcta en todos los sentidos, garantizando la imparcialidad con honor y gentileza.

Coprosperidad: Asumimos toda la responsabilidad como empresa para lograr la prosperidad mutua de nuestra comunidad, nación y sociedad en general.

## 2.3 Organigrama general

Figura 2.1 ORGANIGRAMA SAMSUNG ELECTRONICS PERU



Fuente: Elaboración propia.

### **III. ACTIVIDADES DESARROLLADAS POR LA EMPRESA**

#### **3.1 Actividades desarrolladas por la empresa**

Samsung Electronics se enfoca en 5 áreas: Medio Digital, semiconductores, Redes de Telecomunicaciones, comida en sectores financieros muy reconocidos, y aplicaciones de pantallas LCD.

El área de negocio sobre Medios digitales cubre dispositivos computacionales tales como ordenadores portátiles e impresoras láser, pantallas digitales como televisores, monitores de computador y dispositivos de electrónica de consumo tales como reproductores de DVD, reproductores de MP3 o videocámaras digitales, dispositivos para el hogar como refrigeradores, aire acondicionado, lavadoras, hornomicroondas y aspiradoras.

Samsung Electronics es un líder mundial en tecnología, abriendo nuevas posibilidades para personas de todo el mundo. A través de la incesante innovación y descubrimiento, estamos transformando el mundo de los televisores, teléfonos inteligentes, dispositivos portátiles, tabletas, cámaras, aparatos digitales, sistemas de red, dispositivos médicos, semiconductores y soluciones LED. Samsung también lidera el espacio de Internet de las Cosas a través, entre otras, de nuestras iniciativas de Hogar Inteligente y Salud.

### 3.2 Proyectos de referencia

Proyectos más representativos de aire acondicionado SAMSUNG en Perú:

Figura 3.1 RESTAURANT ASTRID & GASTON (CASA MOREYRA)



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.2 CEMENTOS PACASMAYO



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.3 CONDOMINIO LAS OLAS DE ANCON



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.4 SERVICIO DE INTELIGENCIA NACIONAL DINI



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.5 ASOCIACION CULTURAL PERUANO BRITANICA



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.6 UTP BARRIOS FUNCIONALES



Fuente: Elaboración propia.

## **IV. DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL PROYECTO DE INGENIERÍA**

### **4.1 Descripción del Tema**

Las actividades de los seres humanos están afectadas por factores externos, uno de ellos es el confort del lugar donde se desenvuelven. El objetivo de este proyecto es realizar el diseño e implementación de un sistema de aire acondicionado para el Hotel IBIS Reducto. Considerando el tamaño del edificio, la disminución de costos y la tecnología actual, se opta por un sistema VRF (Volumen de refrigerante variable, por sus siglas en inglés).

El proyecto inicia con una validación del mismo, comparando un sistema tradicional tipo chiller de agua helada y el sistema VRF. Luego de la viabilidad del sistema VRF, se procede a ingresar los datos de capacidades por ambientes y pisos según el proyecto al software de selección de sistema VRF de SAMSUNG, tanto internos como externos y en sus formas sensible y latente. A partir de este resultado, se puede obtener la carga total del edificio, lo que permite seleccionar los equipos necesarios para acondicionar el aire, además del control necesario para integrarlo a otros sistemas. Se realiza un estudio psicométrico para comprobar los resultados obtenidos. Finalmente se presenta un presupuesto referencial de la instalación del sistema y los planos del mismo.

El presente proyecto plantea el diseño e implementación de un sistema de climatización para un hotel, categoría cuatro-cinco estrellas, ubicado en Av. Reducto 1057 Miraflores en la ciudad de Lima. Dicho hotel posee diecisiete pisos y dos sótanos, dentro de él se encuentra ciento sesenta y tres habitaciones, un Lobby, Restaurant-bar, diecisiete halls de ascensores, recepción, consejería, mantenimiento y administración. Previamente al desarrollo del proyecto se establecen definiciones relacionadas con los sistemas de aire acondicionado, componentes y accesorios. A su vez se mencionan normas y recomendaciones a seguir para el diseño. El sistema de climatización planteado como solución brindará confort térmico a los huéspedes y personas que hagan uso de las áreas comunes y de servicio del hotel de acuerdo a las recomendaciones del manual ASHRAE HVAC APPLICATIONS 2007 Capítulo 5. Este proyecto contempla la instalación de un sistema VRF enfriado por aire de 328HP (262 Toneladas de refrigeración) con doble compresor inverter de tipo scroll, el cual es un sistema Heat Recovery (frio/calor simultáneo). De tal manera que se llega a cumplir con los requerimientos de confort para los distintos ambientes en el hotel y a la vez se comprueba el ahorro que pueda lograrse en el monto de inversión comparado con los sistemas convencionales que utilizan chillers (enfriadores de agua) tipo scroll refrigerados por aire.

El Sistema de Aire Acondicionado propuesta es el de Volumen de Refrigerante Variable (VRF), el cual permite un control de temperatura

independiente por cada ambiente sin afectar la temperatura de confort de los demás ambientes, que a su vez son controlados por sus propios termostatos de pared. Además, con este sistema se logra optimizar el consumo de la energía eléctrica de todo el sistema de aire acondicionado.

La interconexión frigorífica entre las Unidades Condensadoras y sus respectivas Unidades Evaporadoras será mediante tuberías de cobre (líneas de gas a baja presión, gas a alta presión y líquido), todas las líneas aisladas térmicamente, siguiendo las instrucciones técnicas del fabricante. Asimismo estarán interconectadas mediante un circuito de control empleando cable NH 80 de 1.5mm<sup>2</sup>.

## **4.2 Antecedentes**

### **4.2.1 Nacionales**

Implementación de sistema de volumen de refrigerante variable de 380HP Frio o Calor Marca Midea de 2° Generación (Compresor fijo + variable) en el Hotel Ibis Larco, ubicado en la Av. Larco 1140 Miraflores de la ciudad de Lima, implementación año 2010 por la constructora GyM e inaugurado en mayo 2011. Comentario: En comparación con los sistemas convencionales es más eficiente energéticamente, pero actualmente se cuenta con la 3° generación de volumen variable que es más eficiente.

Implementación de sistema convencional de agua helada (Chiller) de 300TR en 02 chiller de 150TR Marca York enfriada por aire + Bombas Primarias 200HP + Bombas secundarias de 150HP en el Hotel Novotel San Isidro, ubicado en la Av. Víctor Andrés Belaunde 198 San Isidro en la ciudad de Lima, implementación en 2008 por la constructora GyM e inaugurado en Noviembre 2009. Comentario: Mínima capacidad de arranque 75TR consumo por 150TR, alto costo de implementación (gran cantidad de equipos y accesorios), operación (Compresores scroll On/Off, tecnología antigua) y mantenimiento (gran cantidad de equipos y accesorios).

Daniel Gutiérrez Giraldo, **SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN PARA HOTEL CUATRO ESTRELLAS UBICADO EN LA CIUDAD DE LIMA**, Perú 2009:

El objetivo del sistema de climatización es brindar confort térmico a los huéspedes y personas que harán uso de las instalaciones del hotel; en este sentido el presente trabajo desarrolla paso a paso los cálculos, el diseño y la elaboración del presupuesto del sistema más apropiado que permita satisfacer los requerimientos de confort planteados para cada ambiente del hotel (Pag.1).

#### **4.2.2 Internacionales**

Handbook of air conditioning and refrigeration (2007): El aire acondicionado es un proceso combinado que realiza muchas funciones simultáneamente. Este acondiciona, transporta e introduce el aire al espacio a acondicionar, provee calefacción y enfriamiento de su planta central o unidades condensadoras ubicadas en la azotea. Este también controla y mantiene la temperatura, humedad, movimiento, pureza del aire, niveles de sonido y presión diferencial en un espacio predeterminado(Pág. 38).

Handbook ASHRAE (2007): Hace relativamente poco tiempo, se introdujo en el mercado una nueva tecnología que se ofrece como una alternativa de solución a la necesidad de implementar sistemas de aire acondicionado centralizados: los sistemas de VRF (Variable Refrigerant Flow, inglés para Flujo Variable de Refrigerante). La bandera principal de esta tecnología es su significativo ahorro energético en comparación con el tradicional sistema de agua helada. Sin embargo, a los fabricantes de VRF les ha costado calar en el mercado occidental, entre otras razones, porque hasta hace poco no era muy relevante la variable ambiental y no había incentivos de ningún tipo para hacer una inversión económica mucho mayor solamente por ahorrar energía, amén de la fuerza de la costumbre que alimentaba el escepticismo de los constructores e instaladores hacia esta nueva tecnología (Pág.24).

Raúl Eduardo Soriano Tovar, Ahorro de energía en hoteles de México, México 2011: En este ámbito los hoteles constituyen una pieza clave de la industria turística y como tal, demandan un enorme compromiso en implementar métodos que les permitan optimizar sus recursos y mantener sus instalaciones eficientes y de calidad. Entre otros recursos, los establecimientos hoteleros utilizan una notable cantidad de energía para mantener los servicios que brindan a sus clientes, es por ello que el control de la demanda y el ahorro de energía se convierten en compromisos que deben asumir (Pág. 3).

### **4.3 Planteamiento del problema**

¿Cuáles son las características en la implementación de un sistema de volumen de refrigerante variable de aire acondicionado que permita brindar confort en el hotel Ibis Reducto – Miraflores?

### **4.4 Justificación**

#### **4.4.1 Justificación económica**

Los sistemas VRF no cuentan con muchos accesorios para su instalación en comparación con los sistemas convencionales, lo que los hacen más económicos en su costo inicial de implementación, al tener menos equipos el costo de instalación también es menor en comparación de un sistema convencional. El sistema convencional necesita mínimo de una demanda

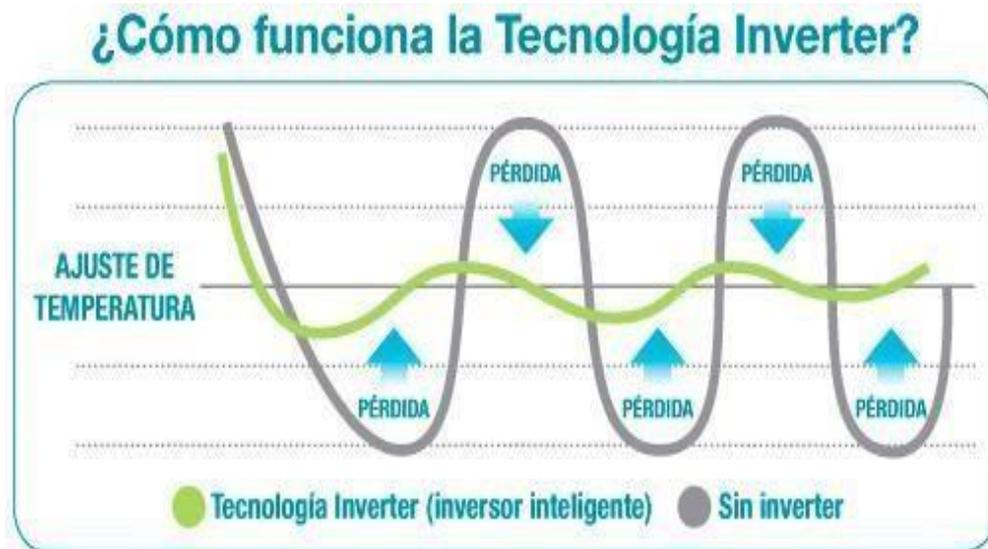
de 30% del total de la capacidad para el arranque y operación, pero el consumo es por el 100% del sistema en energía eléctrica, mientras que el VRF gracias a la tecnología inverter de sus compresores no necesita capacidad mínima para el arranque y su consumo es en base a demanda quiere decir que el gasto eléctrico es en base a la demanda. El costo de mantención es menor en el sistema VRF ya que solo se cuenta con unidades exteriores y unidades interiores, los sistemas convencionales cuentan con el chiler, bombas primarias, secundarias, variadores de frecuencia, unidades internas, torres de enfriamiento, tanque ablandador, bomba compensadora de caída de presión de agua, etc. El costo de mantenimiento al no contar con muchos equipos y accesorios también es más económico.

#### **4.4.2 Justificación tecnológica**

Básicamente, la tecnología inverter aplicada a los equipos de aire acondicionado depende del compresor. En los equipos inverter, se regula la velocidad del compresor para que trabaje a una velocidad constante y de forma más eficiente. La velocidad varía en función de la proximidad con la temperatura de consigna o la deseada. La tecnología inverter o compresor inverter permite que el equipo en vez de tener que funcionar a una capacidad fija pueda variar su frecuencia y regular el ciclo eléctrico del equipo de aire acondicionado. En otras palabras, permite que el equipo se adapte a las necesidades del ambiente en el momento, haciendo que usted

consume solamente la energía que realmente necesita y que también tenga un mayor confort ya que mantiene la temperatura del ambiente en un margen entre -0,5 y + 0,5 grados de lo configurado.

Figura 4.1 ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO DE TECNOLOGIA INVERTER



Fuente: <https://www.climadesign.com.ar/novedad/que-es-la-tecnologia-inverter>

Los principales beneficios de los sistemas inverter:

- **Ahorro energético:** el funcionamiento de los equipos inverter favorece un gran ahorro energético ya que la velocidad del compresor de disminuye progresivamente conforme la temperatura se acerca a la deseada. En función del equipo y de sus características, el ahorro oscila entre el 20-25% e incluso más del 50% en algunos casos.

- **Ahorro económico:** el punto anterior trae consigo un evidente ahorro económico ya que se reduce el consumo. Este ahorro varía mucho en función de la instalación o el equipo.
- **Confort térmico:** los sistemas inverter proporcionan una temperatura más estable, sin cambios bruscos y apenas perceptibles. Esto se traduce en una mayor y mejor sensación de confort para el usuario.
- **Mayor rendimiento:** el rendimiento a nivel energético de las unidades inverter actuales suele ser hasta casi del doble de aquellas que no usan esta tecnología.
- **Alargamiento de la vida útil del equipo:** al no trabajar en régimen de on/off o todo o nada, el compresor se resiente menos y se puede alargar el período activo de funcionamiento del equipo.

#### 4.4.3 Justificación legal

El principal propósito de los sistemas de aire acondicionado y ventilación es proveer confort térmico. Es por ello que antes de definir y diseñar dichos sistemas habrá que tener una idea clara de lo que implica el concepto de confort térmico. La Sociedad Americana de Ingenieros de Calefacción, Aire Acondicionado y Refrigeración (ASHRAE) indica que el confort térmico es la condición de la mente que expresa satisfacción con el ambiente térmico.

En general, el confort ocurre cuando las temperaturas del cuerpo son sostenidas dentro de rangos estrechos, la humedad de la piel es baja y el

esfuerzo fisiológico de la regulación se minimiza. El confort también depende del comportamiento, el cual es iniciado consciente o inconscientemente y es guiado por sensaciones térmicas y de humedad para reducir la incomodidad. Según el ASHRAE 55 y norma ISO/ EN 7730 la temperatura de confort es de 22-24°C.

Las unidades y accesorios son pequeñas y compactas lo que las hace fácilmente transportables hasta el lugar de su instalación, no necesitan de grandes espacios en la azotea para las unidades exteriores, las unidades internas son sumamente silenciosas para confort de los huéspedes.

## **4.5 Marco teórico**

### **4.5.1 Sistema de aire acondicionado**

“Con el termino aire acondicionado se define el control mecánico íntegro del ambiente interno de un local, con el objeto de mantener unas condiciones especificadas con un determinado propósito; así, el objetivo es garantizar una temperatura confortable, acompañada de una adecuada humedad, limpieza y frescura del aire para los usuarios en un espacio determinado” (Chadderton, 2000, pág. 17).

“El acondicionamiento de aire es un proceso que tiende al control simultaneo dentro de un ambiente delimitado de la pureza, temperatura y movimiento del aire. Como se indica en la definición, las acciones

importantes involucradas en la operación de un sistema de aire acondicionado son:

- Control de la temperatura (Calefacción, refrigeración)
- Control de la humedad (Humidificación o deshumidificación)
- Filtración, limpieza y purificación de aire.
- Circulación y movimiento de aire (Ventilación mecánica)”

(Peragallo, 1992, pág. 11).

“El concepto de aire acondicionado difiere de la ventilación mecánica por la incorporación de la refrigeración; Así, al añadir un equipo de refrigeración mecánica y un serpentín de refrigeración a un sistema de ventilación mecánica, se obtiene el aire acondicionado”. (Chadderton, 2000, pág. 19).

Los sistemas de acondicionamiento de aire consisten, básicamente, en un ciclo de refrigeración y son empleados para retirar calor de un ambiente con el fin de proveerlo de una atmósfera que sea adecuada para el uso de dicho espacio. La aplicación más común es mantener un nivel de confort aceptable para las personas que realizan una determinada actividad en el mencionado ambiente. El objetivo de enfriar un ambiente es permitir que las personas pierdan calor suficientemente rápido como para que el cuerpo pueda llevar a cabo sus procesos metabólicos con normalidad, pero no tan rápido como para que descienda la temperatura corporal. Otro factor determinante en el confort es la humedad que sienten los ocupantes del

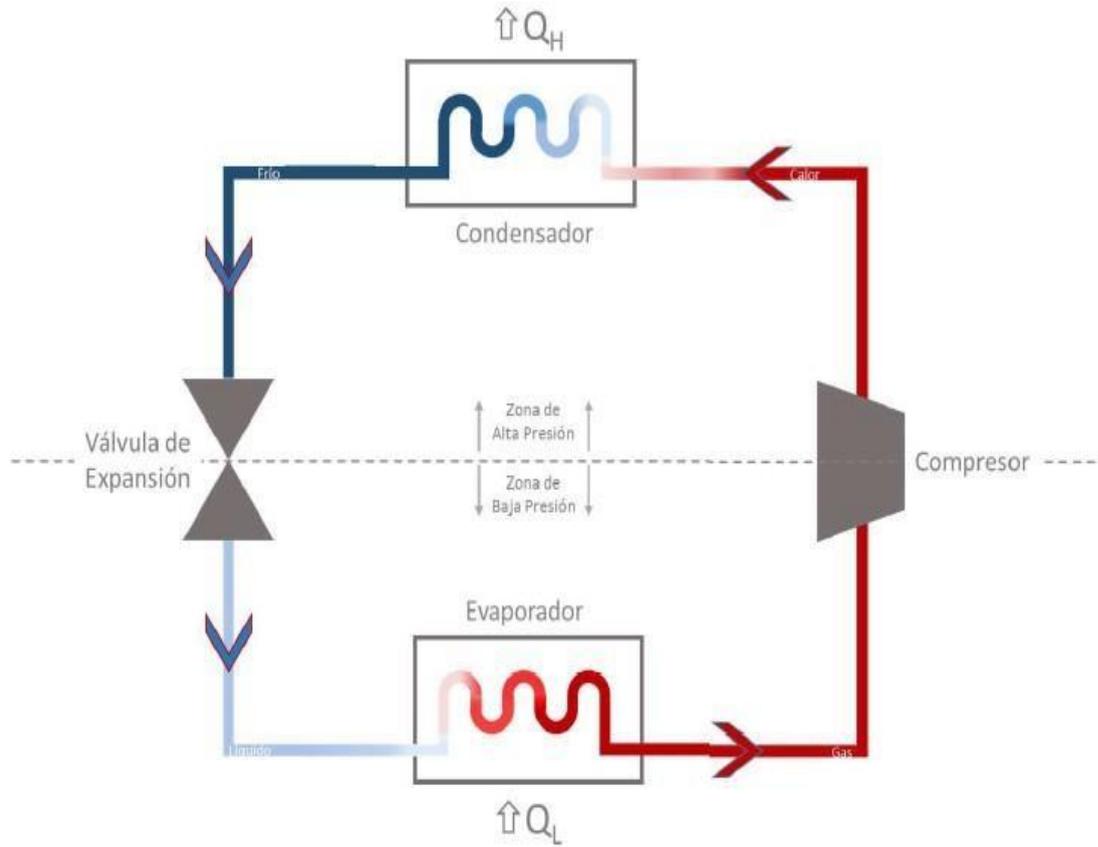
lugar (humedad relativa), por lo que el sistema de aire acondicionado juega un rol importante retirando o agregando humedad al aire, según sea necesario acorde a las condiciones del aire exterior y del aire retornado del ambiente interior.

#### **4.5.2 Ciclo de refrigeración**

El ciclo de refrigeración es el ciclo termodinámico que funge como principio de operación de las máquinas térmicas empleadas para retirar calor de espacios que se desean acondicionar o refrigerar. Consiste básicamente de cuatro elementos: el compresor, el condensador, la válvula de expansión y el evaporador. Su distribución y esquema de funcionamiento general puede observarse en la Figura 4.2. El evaporador y el condensador son intercambiadores de calor; el primero retira calor de donde se requiere mediante la evaporación del líquido refrigerante y el segundo disipa este calor hacia el ambiente externo mediante la condensación del gas refrigerante. El compresor es el encargado de aumentar la presión y la temperatura del gas refrigerante que sale del evaporador con el fin de optimizar el intercambio de calor con el ambiente que ocurre en el condensador.

Finalmente, la válvula es donde se expande el líquido refrigerante que sale del condensador, logrando disminuir su temperatura con la intención de incrementar la tasa de retiro de calor del espacio a acondicionar o refrigerar.

Figura 4.2 ESQUEMA DEL CICLO TERMODINAMICO DE REFRIGERACION



Fuente: Elaboración propia.

Si el intercambio de calor del refrigerante con el ambiente a acondicionar se realiza directamente en el evaporador, el sistema se conoce como aire acondicionado por expansión directa. Este nombre viene porque es la expansión del líquido refrigerante la que permite tener una temperatura suficientemente baja para favorecer el retiro de calor del aire que ingresará al ambiente a acondicionar. En otras palabras, el aire acondicionado

Propiamente dicho disminuye su temperatura gracias al intercambio de calor directamente con el refrigerante. Éste es el principio de funcionamiento de los sistemas tipo split, multi-split, unidades de ventana y unidades compactas. Si el intercambio de calor no se realiza directamente entre el aire a acondicionar y el refrigerante, sino que se realiza a través de un fluido intermediario, como agua fluyendo en un circuito de tuberías, entonces el sistema no es de expansión directa. En esta segunda categoría se ubican los sistemas de agua helada. Aquí, la expansión del refrigerante le retira calor al agua del circuito de agua helada y es ésta la que es bombeada hasta otro serpentín donde intercambia calor con el aire que será inyectado al ambiente acondicionado.

#### **4.5.3 Confort térmico**

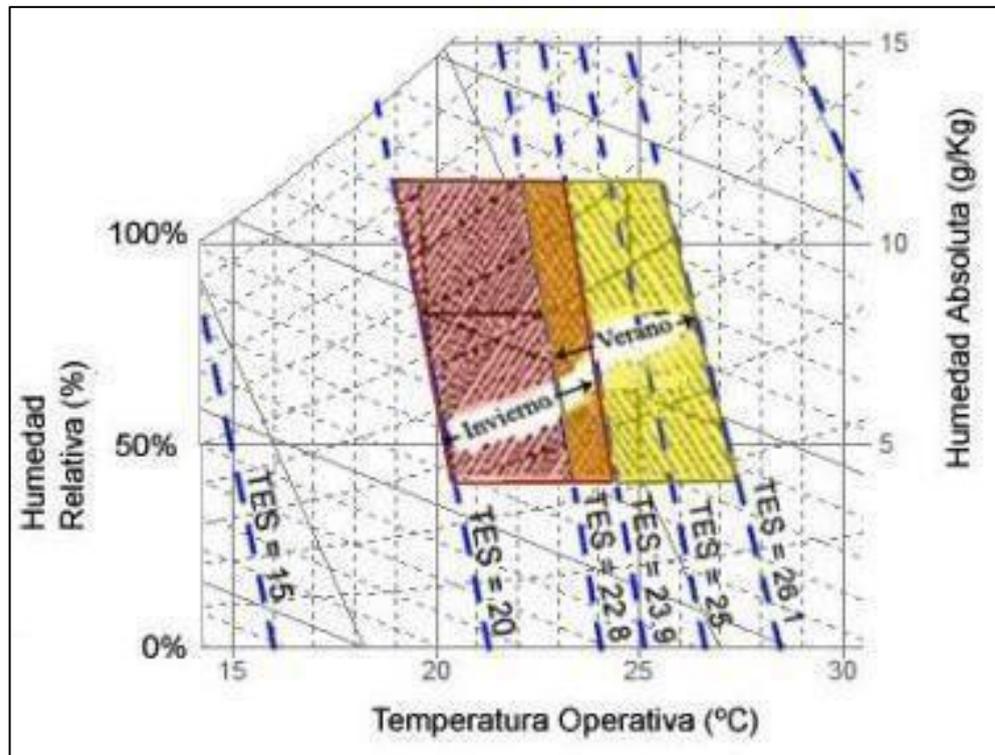
Las necesidades de confort térmico y calidad del aire interno, son exigencias en los sistemas de calefacción y aire acondicionado. Las condiciones de espacio que afectan el confort de los ocupantes, debido a que dañan el índice de pérdida de calor del cuerpo son:

- La temperatura del aire en el cuarto.- Afecta la capacidad de convección y evaporación de pérdida de calor del cuerpo. Por lo general el cuerpo se siente más confortable en un rango de temperatura entre 22 y 26 °C durante el invierno y de 22 - 24 °C durante el verano.

- El contenido de humedad.- Afecta el índice de pérdida de calor por evaporación del cuerpo, una alta humedad provoca que el aire circundante absorba menos calor del cuerpo, haciendo que se sienta más calor. En cambio una baja humedad conduce a que el aire absorba mayor cantidad de calor del cuerpo, provocando que se sienta más frío.
- La temperatura en las superficies que rodean la superficie del cuarto.- Afectan las pérdidas de calor por radiación del cuerpo.
- El índice de movimiento del aire. Afecta al calor transferido por el cuerpo por convección y evaporación, un incremento en el movimiento del aire aumenta el índice de evaporación del calor del cuerpo para ayudar a mantenerlo fresco.

Para determinar las zonas de confort deseable, se hacen experimentos que dan distintos rangos a las variables anteriores y se expresan en la figura 4.3.

Figura 4.3 ESQUEMA CONFORT TERMICO



Fuente: Fundamentals, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE).

#### 4.5.4 Tecnología inverter

El aire acondicionado Inverter responde a la evolución en el funcionamiento del aire acondicionado para conseguir la mayor eficiencia energética y un menor consumo. Un sistema Inverter regula el funcionamiento del compresor de los equipos de aire acondicionado de forma que trabajen a una velocidad más constante, lo que permite ahorros de energía de hasta el 40% con respecto a los equipos que no utilizan esta tecnología.

Los elementos de la tecnología inverter son los siguientes:

- Convertidor: componente del inverter cuya función específica es transformar la corriente alterna (CA) en corriente continua (CC).
- Inverter: el elemento fundamental del sistema es un dispositivo electrónico de control situado en la unidad exterior, y llamado inverter, que permite modificar la frecuencia de la corriente y, de este modo, la velocidad del compresor.
- Compresor: compresor especial de velocidad variable. Modula la capacidad para ajustarse a la demanda.

En el mercado actual se pueden encontrar sistemas que combinan compresores inverter con compresores fijos y sistemas que solo utilizan compresores inverter. Así mismo los compresores utilizados por los fabricantes son compresores scroll y rotativos.

#### **4.5.5 Cargas térmicas**

Las cargas térmicas de un espacio o ambiente en particular representan el calor que debe vencer la máquina de aire acondicionado instalada en ese ambiente. Estas cargas son consecuencia de aquellos elementos que aportan calor a dicho espacio; calor que debe ser retirado apropiadamente por el sistema de aire acondicionado. El equipo de aire acondicionado debe estar en capacidad de controlar la temperatura y la humedad y mantener esas propiedades en un rango aceptable para favorecer el confort. En base a estas premisas, se calcula la tasa de

retiro de calor sensible y latente que permitirá contrarrestar el efecto de incremento de temperatura y humedad provocado por las cargas térmicas. Se habla de un incremento porque se parte de la base que es un sistema para climas cálidos como es el caso de Venezuela; los sistemas de calefacción no son parte del alcance de este trabajo. La mencionada tasa de incremento que debe ser contrarrestada por el sistema de aire acondicionado es lo que se obtiene tras llevar a cabo la metodología de cálculo de cargas térmicas que se explicará brevemente a continuación.

#### **4.5.6 Calor sensible y latente**

El calor es energía en tránsito y ésta puede circular por diferencias de temperatura o de humedad. El tipo de calor del que comúnmente se habla es el calor sensible, que genera un cambio en la temperatura del ambiente al que ingresa o del que se extrae. El calor latente, por su parte, es el cambio de energía producido por una variación en la humedad presente a temperatura (de bulbo seco) constante. De aquí se derivan los conceptos de carga térmica sensible, aquella que cambia la temperatura del aire, y carga térmica latente, aquella que produce un cambio en la humedad del aire (Cohen, 1982). Esto permite manipular las condiciones psicrométricas del aire acondicionado para llevar al ambiente hacia el estado deseado. Se puede dedicar un capítulo completo al estudio de la psicrometría pero eso es un tema harto conocido y repasarlo escapa del alcance de este trabajo.

#### **4.5.7 Conducción**

La conducción es un mecanismo de transferencia de calor que se suscita esencialmente en los sólidos y consiste en la difusión de la energía a través de un elemento. En otras palabras, la energía se transporta desde las partículas con más energía hacia aquellas con menos energía (lo que se conoce como difusión) en una determinada sustancia (Incropera & DeWitt, 1999). Este tránsito energético ocurre por la interacción entre las partículas.

#### **4.5.8 Convección**

En este mecanismo de transferencia de calor no sólo se considera el movimiento de las partículas por difusión sino también el movimiento global de la sustancia (Incropera & DeWitt, 1999). Este fenómeno sucede principalmente debido al flujo de líquidos o gases sobre superficies sólidas.

#### **4.5.9 Radiación**

La radiación es la energía emitida por una superficie sólida que se encuentra a una determinada temperatura. La energía es transportada por ondas electromagnéticas y, por ende, a diferencia de los mecanismos de conducción y convección, la transferencia de calor por radiación no requiere de un medio material para llevarse a cabo (Incropera & DeWitt, 1999).

#### **4.5.10 Clasificación de cargas térmicas**

Las cargas térmicas, además de ser sensibles o latentes, pueden ser

internas o externas. Las cargas internas son representadas por el calor aportado al aire dentro del ambiente acondicionado y las cargas externas son los aportes de calor al aire que ocurren fuera del ambiente acondicionado (Cohen, 1982). La carga total es la suma de las cargas internas y externas, sensibles y latentes. Esto se representa matemáticamente en las ecuaciones a continuación, a heat load, inglés para carga térmica:

$$HL_{TOTAL} = HL_{interna_{TOTAL}} + HL_{externa_{TOTAL}}$$
$$HL_{TOTAL} = (HL_{interna_{sensible}} + HL_{interna_{latente}}) + (HL_{externa_{sensible}} + HL_{externa_{latente}})$$

Si bien el concepto de calor sensible y latente es algo tangible, la idea de cargas térmicas internas y externas no es tan trivial. Esto se entiende mejor cuando se estudian los elementos que conforman cada tipo de carga térmica. Las cargas internas están conformadas por (Cohen, 1982):

- La radiación solar que ingresa a través de las ventanas (carga sensible).
- La conducción, convección y radiación a través de los techos y paredes exteriores (carga sensible).
- La conducción y convección a través de las ventanas exteriores e interiores, así como por paredes, pisos y techos interiores (carga sensible). Esto aplica

para particiones (pared, piso, techo, etc.) del ambiente que estén en contacto con espacios contiguos que no estén acondicionados.

- La disipación de calor en las luces (carga sensible).
- La carga sensible (radiación y convección por la piel) y latente (respiración y sudoración) de los ocupantes.
- La carga sensible y latente emitida por equipos y motores que se encuentran en el ambiente. Por ejemplo, los motores disipan calor y, si son de combustión, vapor de agua (variación de humedad). Otro ejemplo serían las estufas, que disipan calor y, si se cocina con agua, también hay aporte de vapor de agua.
- La carga sensible y latente del aire que ingresa por infiltración. El aire exterior que ingresa al ambiente tiene carga sensible (porque está a una temperatura distinta a la interna) y latente (porque viene cargado con vapor de agua; tiene una cierta humedad distinta a la del ambiente acondicionado). Ya que los ambientes no suelen ser sellados herméticamente, el aire exterior ingresa por infiltración debido al viento o a una presión negativa en el ambiente interior. Este aire ingresa a través de las ranuras de las ventanas y puertas, y si la pared es porosa, también podría entrar por los poros. También ocurre infiltración por el constant

abrir y cerrar de las puertas que dan acceso al ambiente o por ventanas abiertas, a menos que se tenga una presión positiva considerable en el interior.

- Las ganancias de calor del propio sistema de aire acondicionado. Son considerados como cargas internas aquellos aportes de calor que suceden en el ducto de suministro, bien sea por fugas del aire o por atravesar un ambiente no acondicionado (o acondicionado a otra temperatura) sin el aislamiento adecuado. Por su parte, el calor disipado por el motor del ventilador es una carga interna si la configuración es de tiro inducido.

Por otro lado, son consideradas cargas externas los siguientes elementos (Cohen, 1982):

- ❖ La carga sensible y latente que representa el aire fresco inyectado al ambiente a través de la máquina. Como se dijo antes, es necesario renovar el aire en el espacio a acondicionar y para esto se circula aire tomado del exterior (con temperatura y humedad diferentes al aire interior) a través del serpentín. Si este aire fuese inyectado directamente al ambiente, sin ser tratado por la máquina, sería considerado una carga interna y se trataría exactamente igual que la infiltración. El gran inconveniente con hacerlo de esa forma (como carga interna) es que los caudales de aire de renovación son muchos mayores que los de aire infiltrado. Esto es un asunto que se

debe tratar con cuidado para no castigar a la máquina. Lo que se suele hacer es presurizar levemente los ambientes (caudal de aire inyectado mayor al de aire extraído) para que la presión positiva evite que se infiltre aire y no tener que lidiar con esa carga interna.

- ❖ La ganancia de calor en el ducto de retorno, por infiltraciones o por atravesar ambientes más calientes que el aire de retorno, y el calor disipado por el motor del ventilador si la configuración es del tipo tiro forzado.

Todas estas cargas térmicas se calculan siguiendo las leyes básicas de la transferencia de calor. La conductividad, el coeficiente de convección y la tasa de radiación suelen sintetizarse en el coeficiente global de transferencia de calor ( $U$ ) que tiene unidades de  $W/m^2 \cdot K$  en el Sistema Internacional y  $BTU/hr \cdot ft^2 \cdot ^\circ F$  en el sistema anglosajón. Son importantes las áreas de transferencia y las diferencias de humedad y de temperatura presentes.

La radiación solar a través de las ventanas y sobre las fachadas representa, en la mayoría de los casos, el mayor aporte de calor al ambiente acondicionado. La radiación puede ser directa o difusa y para determinar la tasa de calor, representada por la suma de ambas, es importante conocer la ubicación geográfica del ambiente (altitud y coordenadas), así como la

orientación de sus fachadas, para así poder conocer cómo inciden los rayos del sol sobre el ambiente en cuestión.

Esto cubre, de forma resumida, los fundamentos sobre cargas térmicas que deben manejarse para la adecuada realización de este trabajo.

#### **4.5.11 Operación a carga parcial**

Los equipos de aire acondicionado son diseñados para vencer la carga máxima. Sin embargo, el ambiente acondicionado está verdaderamente sometido a la carga térmica máxima durante sólo algunos días del año. El resto del tiempo, el sistema de aire acondicionado debe adaptarse a las fluctuaciones en la carga térmica y ser capaz de operar adecuadamente a carga parcial para poder mantener condiciones confortables en el ambiente, sin enfriarlo mucho ni dejar que se caliente demasiado. Las situaciones de carga parcial se suscitan por disminución en la carga interna sensible

y/o latente (luces apagadas, personas ausentes, etc.) o por un cambio en las condiciones del aire exterior (días poco cálidos o con mucho viento) (Carrier Air Conditioning Company, s.f.).

Evaluar el desempeño a carga parcial de un sistema de aire acondicionado es casi tan importante como su selección. Según el manual de Carrier (Carrier Air Conditioning Company, s.f.), existen seis (6) métodos para controlar las condiciones del ambiente acondicionado cuando se encuentra

sometido a carga térmica parcial: recalentamiento del aire de suministro, no circular todo el caudal de aire por el serpentín de enfriamiento (bypass), controlar el caudal de aire de suministro (con compuertas reguladoras), uso de controles ON-OFF en las evaporadoras o manejadoras de aire, uso de controles ON-OFF en la máquina de refrigeración (chiller o condensadora), y control de la capacidad de refrigeración. Estos métodos pueden emplearse por separado o pueden conjugarse para lograr unas condiciones más adecuadas en el ambiente.

Esto es importante a la hora de estudiar los sistemas de agua helada y los sistemas VRF. Los sistemas de agua helada suelen regularse con controles ON-OFF, bien sean aplicados a la UMA o al chiller, siendo este último el mecanismo más común. El sistema enfría el ambiente hasta alcanzar la temperatura de equilibrio (setpoint del termostato) y luego se apaga. Cuando la temperatura alcanza una cota superior (normalmente 1 ó 2°C más que el setpoint), el sistema vuelve a encenderse para volver a llevar al ambiente a su temperatura de equilibrio. Por su parte, los sistemas VRF se regulan controlando su capacidad de refrigeración. Esto lo hacen con variadores de frecuencia en sus compresores, adaptando el caudal de refrigerante enviado hacia cada unidad evaporadora acorde a la temperatura medida en tiempo real en el ambiente correspondiente. Esto requiere de un muy complejo sistema de control que involucra también a las válvulas electrónicas de expansión colocadas en cada unidad interna.

#### **4.5.12 Sistema de volumen de refrigerante variable**

Los sistemas de volumen de refrigerante variable son conocidos en el mercado con las iniciales en inglés VRF (Variable Refrigerant Flow). El parámetro o variable que se modifica en estos sistemas de climatización es el caudal o flujo de refrigerante, que se regula gracias a la tecnología inverter de los compresores y a las válvulas de expansión electrónicas (PMV – Pulse Motor Valve) o válvulas de modulación de impulsos, incorporadas en unidades interiores y exteriores, con el fin de ajustar la capacidad a la demanda. La idea no es otra que entregar a cada unidad interior el refrigerante (la potencia frigorífica) que demanda a la zona que climatiza. De esta manera se consigue algo que también caracteriza a estos sistemas y es que el consumo de los mismos no es el total del sistema, sino que es en función de la potencia que se entrega.

Se puede decir que los sistemas de volumen de refrigerante variable derivan de los llamados sistemas Multi-Split, utilizando la tecnología inverter y válvulas de expansión electrónicas para conseguir un control continuo del caudal de refrigerante en función de la demanda o necesidades de la instalación. El sistema VRF controla individualmente cada unidad reduciendo al mínimo los costos de funcionamiento gracias al compresor inverter y al sistema electrónico de control.

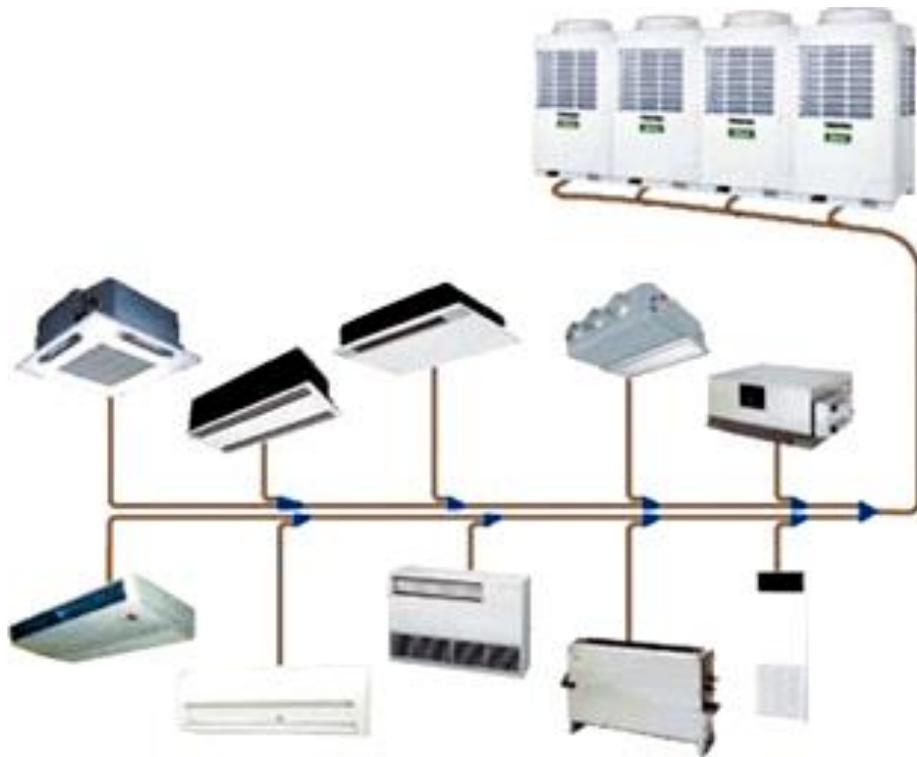
Frente a los sistemas convencionales que operan en corriente alterna y regulan la temperatura encendiendo o apagando el compresor, los

sistemas de tecnología inverter, como los sistemas de volumen de refrigerante variable, son capaces de variar la corriente en el compresor de alterna a continua para ajustar a las potencias frigoríficas a las demandas energéticas. Con la tecnología inverter se consiguen grandes ahorros energéticos, gracias a la gestión del régimen del compresor, reducidos niveles sonoros, alta fiabilidad (se reducen los ciclos marcha/paro), se alcanza antes la temperatura deseada y se reducen las fluctuaciones de temperatura (mayor confort).

Estos sistemas pueden conectar numerosas unidades interiores en el mismo sistema o en el mismo circuito de tuberías de cobre por donde circula el refrigerante, permiten disponer de una importante independencia climática. Por lo que una de las características principales de estos sistemas es la amplia zonificación que permiten en el diseño del sistema de climatización.

Los sistemas de volumen de refrigerante variable son ideales para aplicaciones de carga variable, ya que su diseño se basa en la tecnología inverter. El régimen del compresor inverter se adapta a la variabilidad de la carga térmica del edificio. Estos sistemas presentan múltiples aplicaciones, tales como oficinas, hoteles, comercios, residencias, viviendas unifamiliares, bloques de apartamentos, etc., y son muy empleados en reformas de edificios.

Figura 4.4 SISTEMA DE VOLUMEN DE REFRIGERANTE VARIABLE

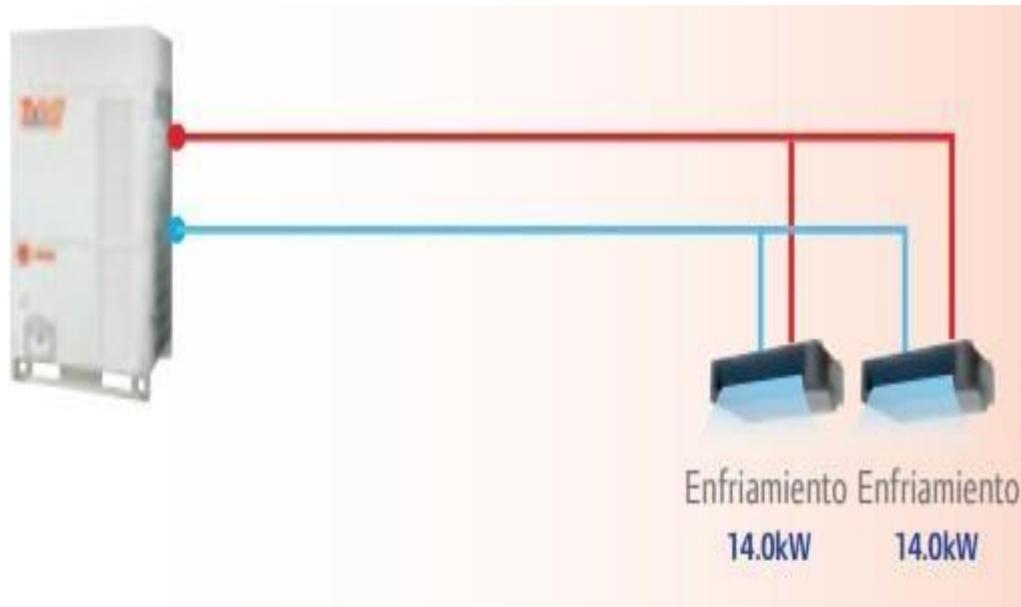


Fuente: <http://www.aireacondicionadoyclima.com/2013/01/sistemas-de-refrigerante-variable.html>

Existen en el mercado 3 tipos de sistemas dentro del volumen de refrigerante variable:

- Sólo Frío. La potencia que entrega es exclusivamente de refrigeración, sistema que trabaja con 2 tubos de refrigeración, tubería de líquido y tubería de gas (aspiración en frío y descarga en calor), figura 4.5.

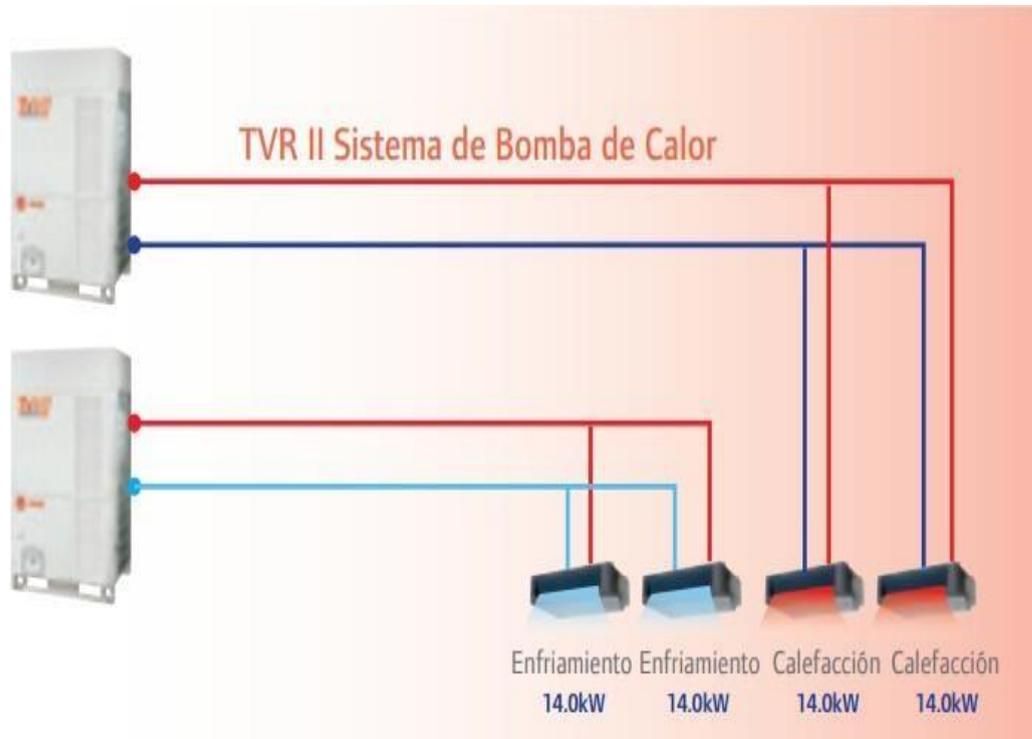
Figura 4.5 SISTEMA DE VOLUMEN DE REFRIGERANTE VARIABLE FRIO SOLO



Fuente: Manual Trane VR II

- Bomba de calor. Todas las unidades interiores funcionan en modo frío o en modo calor, sistema que trabaja con 2 tubos de refrigeración, tubería de líquido y tubería de gas (aspiración en frío y descarga en calor), figura 4.6.

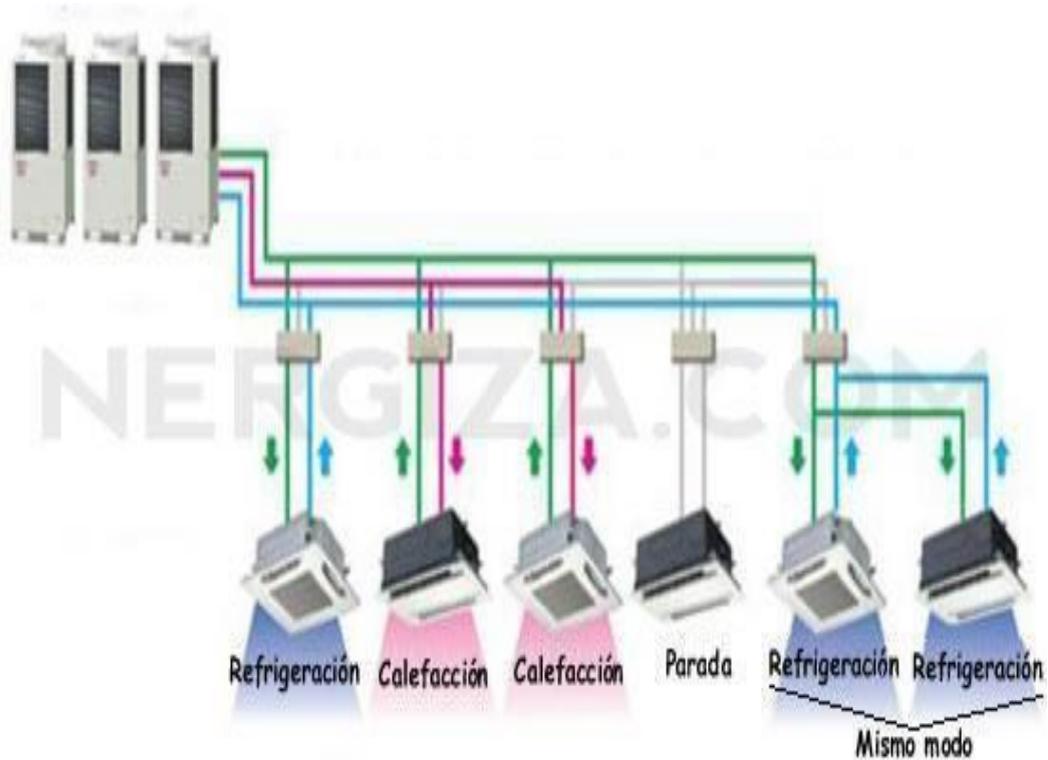
Figura 4.6 SISTEMA DE VOLUMEN DE REFRIGERANTE VARIABLE BOMBA DE CALOR



. Fuente: Manual Trane VR II

- Recuperación de calor. Proporciona refrigeración y calefacción simultáneamente, adecuándose a las necesidades de cada zona. Unas unidades interiores pueden estar aportando frío y otro calor al mismo tiempo, principalmente en épocas intermedias. Estos sistemas reducen los costes de operación, al transferir energía a través del edificio. Cuentan con tubería de líquido, tubería de aspiración de gas y tubería de descarga de gas, figura 4.7.

Figura 4.7 SISTEMA DE VOLUMEN DE REFRIGERANTE VARIABLE HEAT RECOVERY



Fuente: <https://nergiza.com/que-es-un-sistema-de-climatizacion-vrf/>

Por el tipo de transferencia de calor en la unidad exterior:

- Volumen de refrigerante variable con unidades exteriores enfriadas por aire, Figura 4.8.

Figura 4.8 UNIDADES EXTERIORES DE VOLUMEN DE REFRIGERANTE VARIABLE  
ENFRIADAS POR AIRE



Fuente: <http://arquiempresas.blogspot.pe/2016/03/trane-se-consolida-en-el-mercado-de.html>

- Volumen de refrigerante variable con unidades exteriores enfriadas por agua, Figura 4.9.

Figura 4.9 UNIDADES EXTERIORES DE VOLUMEN DE REFRIGERANTE VARIABLE  
ENFRIADAS POR AGUA



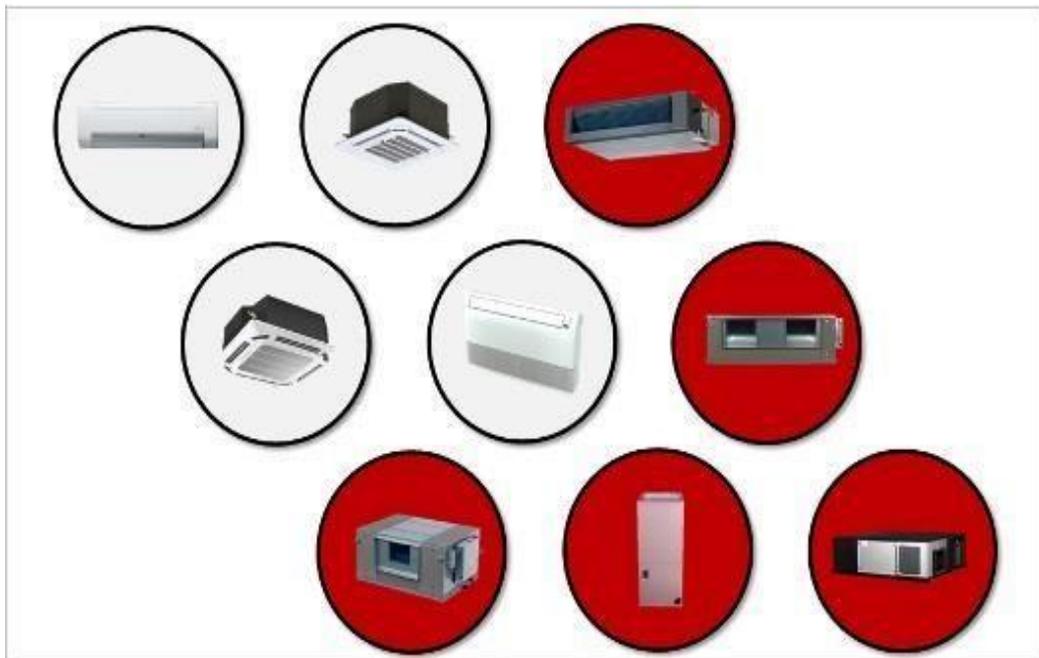
Fuente: <https://www.mundohvacr.com.mx/mundo/2016/07/sistemas-vrf-aplicaciones-especiales/>

En cuanto a las unidades de uso más corrientes que se utilizan para las magnitudes de los sistemas VRF son entre otras: KW, Btu/h, de uso común en climatización y también muy utilizados son los caballos equivalentes a potencia CV o en su versión inglesa HP. Esta última unidad de uso se utiliza mayoritariamente por los fabricantes para caracterizar a sus sistemas o unidades exteriores, Referencia 1.

Unidad interior ó unidad evaporadora, vienen en una amplia variedad de estilos y capacidades que se ajustan a distintas aplicaciones. Los estilos de unidades VRF interiores incluyen unidades sin ductos para montaje en pared o en techo. Los estilos con ductos son normalmente aires

acondicionados horizontales y verticales de estática media y alta, figura 4.10, Referencia 2.

Figura 4.10 TIPOS DE UNIDADES INTERIORES O EVAPORADORES DE SISTEMA VRF



Fuente:<http://www.acrlatinoamerica.com/201508055974/articulos/aire-acondicionado-y-ventilacion/el-abc-de-un-sistema-vrf-i.html>.

MCU ó unidad de cambio de modo, en los sistemas VRF de recuperación de calor se emplea una caja de selección de modo, también conocida como caja de recuperación de calor, para permitir el calentamiento y enfriamiento simultáneos. Esta caja se usa para configurar el modo de las unidades interiores ubicadas abajo de la caja de selección, figura 4.11, Referencia 2.

Figura 4.11 MCU O UNIDAD DE MODO DE CAMBIO



Fuente:<http://www.acrlatinoamerica.com/201508055974/articulos/aire-acondicionado-y-ventilacion/el-abc-de-un-sistema-vrf-i.html>

Los controles VRF, proporcionan realimentación al sistema VRF sobre los requerimientos de carga del espacio. Normalmente se trata de un sistema de comunicaciones de conexión en serie que permite el control del modo de una zona por separado (calefacción o enfriamiento) y el control de la temperatura. Mediante pasarelas o interfaces, el sistema de control VRF puede conectarse a los sistemas de gestión de edificios BACnet o LonWorks, figura 4.12, Referencia 2.

Figura 4.12 TIPOS DE CONTROLES DE SISTEMA VRF.



Fuente:<http://www.acrlatinoamerica.com/201508055974/articulos/aire-acondicionado-y-ventilacion/el-abc-de-un-sistema-vrf-i.html>

## 4.6 Fases del proyecto

### 4.6.1 Inspeccionar la infraestructura del proyecto

El proyecto contempla datos generales como las capacidades térmicas necesarias por los ambientes dentro del hotel, por lo mismo se deben de realizar primero la revisión de los planos para ver si los espacios tanto dentro de los ambientes y al exterior nos permitirá realizar la implementación del sistema de volumen de refrigerante variable, levantar planos iniciales del nuevo sistema.

Comprobar la viabilidad de la implementación, el análisis en base a los siguientes aspectos:

Luego de pasar por una exhaustiva revisión y aprobación, por el cliente final asesorado por la implementadora y la supervisión del proyecto, se procede a tener el proyecto inicial de implementación de sistema de volumen de refrigerante variable de 328Hp para el hotel Ibis Reducto.

Este proyecto debe ser compatibilizado con todos los sistemas y la construcción del hotel para evitar cruces con otras especialidades y así como solicitar los accesos, pases, requerimientos, etc. necesarios para la implementación del sistema de volumen de refrigerante variable.

#### 4.6.2 Selección del sistema mediante software de VRF

Con el plano inicial del proyecto de implementación se procede a realizar la selección del VRF mediante el software de SAMSUNG DVM Pro, figura 4.13.

Figura 4.13 SOFTWARE DVM PRO DE SAMSUNG PARA SELECCIÓN DE VRF



Fuente: Software DVM Pro de SAMSUNG

Se ingresan las cargas térmicas y los tipos de equipos según aplicación, de los ambientes a climatizar del hotel, pueden ser calor total o calor sensible de los ambientes, figura 4.14.

Figura 4.14 INGRESO DATOS INICIALES EN SOFTWARE DE VRF

The screenshot displays the DVM Pro software interface. On the left, there is a sidebar with 'Add ID units' and a list of equipment types: CASSETTE (1 WAY, 4 WAY, MINI 4 WAY), DUCT (MSP, HSP, SLIM), WALL MOUNTED (NEO FORTE, VIVACE), and CEILING. Below this is a 'Model' table with columns for Model name, Qty, and Status.

Room information			Indoor List										
Name	Required Capacity			Name	Model name	Nominal Capacity		Simulated Capacity					
	Cooling		Heating			Cooling	Heating	Cooling	Heating				
	TC(BTU/h)	SHC(BTU/h)	TC(BTU/h)			TC(BTU/h)	SHC(BTU/h)	TC(BTU/h)	SHC(BTU/h)	TC(BTU/h)			
Common Area				Common Area1	AVXDSH040CE	12000	9100	13500					
				Common Area2	AVXDSH040CE	12000	9100	13500					
				Common Area3	AVXDSH040CE	12000	9100	13500					
				Common Area4	AVXSH032CE	9500	6400	10500					
Conference Room	68000	50000	68000	Conference Room1	AVXCMH052CE	18000	13600	20000					
				Conference Room2	AVXCMH052CE	18000	13600	20000					
				Conference Room3	AVXCMH052CE	18000	13600	20000					
				Conference Room4	AVXCMH052CE	18000	13600	20000					
Zone 2	28500	23000	28500	Zone 2 CDU 1	AVXC4H100CE	30000	21000	34000					

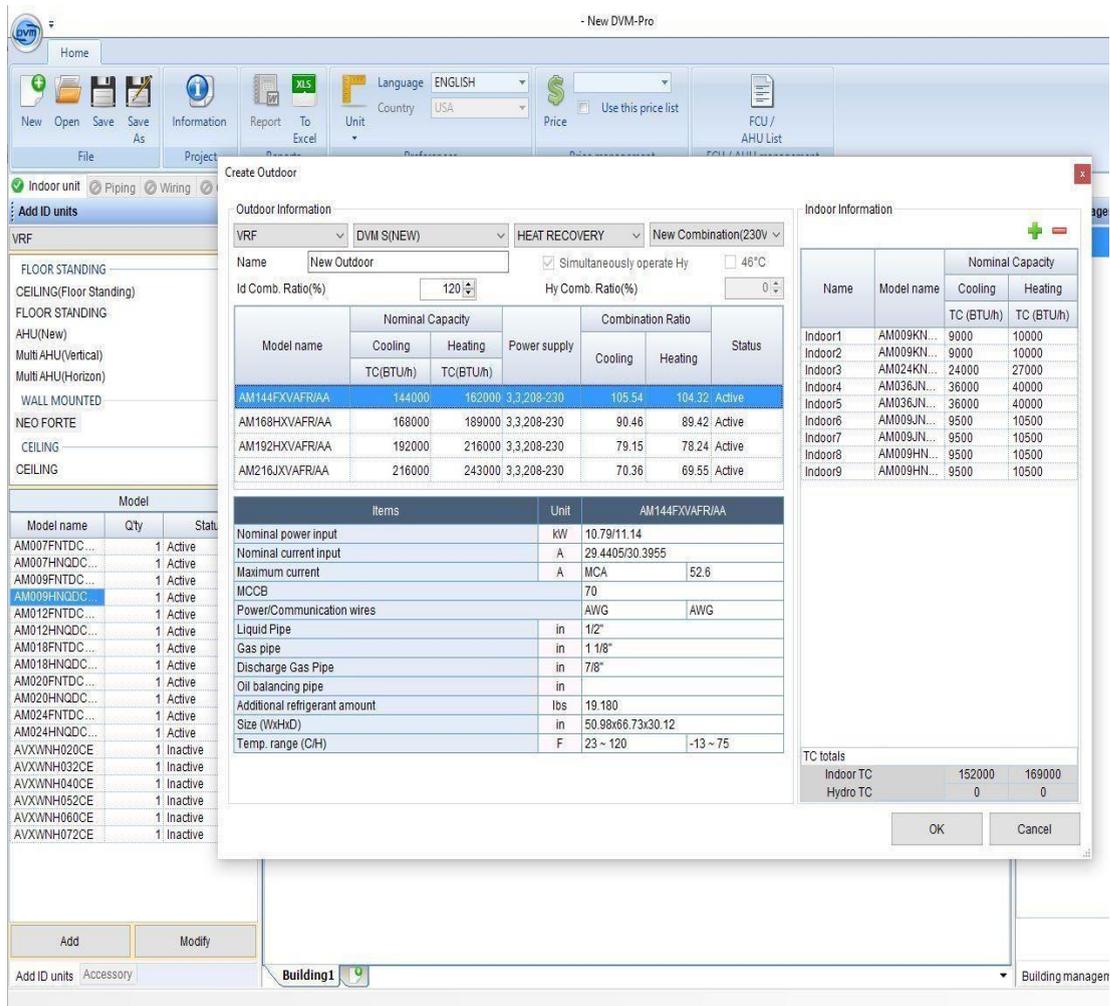
  

Outdoor List							
Name	Model name	Nominal Capacity		Simulated Capacity		Combination ratio	
		Cooling	Heating	Cooling	Heating	Cooling	Heating
		TC(BTU/h)	TC(BTU/h)	TC(BTU/h)	TC(BTU/h)	%	%
# New Outdoor	RD125VRXFA	120000	135000			122.92	122.22

Fuente: Software DVM Pro de SAMSUNG

Luego se selecciona según características eléctricas del proyecto la unidad exterior que abastecerá el sistema, figura 4.15.

Figura 4.15 INGRESO DATOS INICIALES EN SOFTWARE DE VRF



Fuente: Software DVM Pro de SAMSUNG

Luego según el layout del plano de implementación se ingresan las longitudes de los tramos de tubería de refrigeración y se hace un check del sistema, figura 4.16.

Figura 4.16 CHECK DEL SISTEMA EN SOFTWARE DE VRF

The screenshot displays the Samsung DVM-Pro software interface. The top menu bar includes options like 'Information', 'Report To Excel', 'Language', 'Country', 'Price', and 'FCU / AHU List'. The main workspace shows a schematic diagram of a VRF system with multiple indoor units connected to a central outdoor unit. On the right side, a detailed technical specification table is visible for the outdoor unit.

Description(Outdoor unit)		
Model	Model type	DVM S(NEW)
	Model name	AM144FXVAFR/AA
	Power supply	@# V,Hz 3,3,208-230,60Hz
Nominal capacity	Cooling	BTU/h 144000
	Heating	BTU/h 162000
Simulated capacity	Cooling	BTU/h -
	Heating	BTU/h -
Power Input	Cooling	kW 10.79
	Heating	kW 11.14
Current Input	Cooling	A 29.4405
	Heating	A 30.3955
Airflow	CFM	9535
Sound pressure	dB(A)	62
Piping	Liquid Pipe	in 1/2"
	Gas Pipe	in 1 1/8"
	H.P. Gas pipe	in 7/8"
Power cable	mm2	AWG
Communication cable	mm2	AWG
MCCB	A	70
Refrigerant	Type	R410A
	Refrigerant amount	lbs 19.180
Dimensions & Weight	Weight	lbs 672.410

Fuente: Software DVM Pro de SAMSUNG

Se emite el reporte del software para poder tener los esquemas eléctricos, configuración, materiales y equipamiento necesario para la implementación, véase reporte de software de selección de VRF, ver anexo 1.





Figura 4.20 CRONOGRAMA DE PROTOCOLO DE ESTANQUEIDAD 2016

## CRONOGRAMA DE OBRA HOTEL IBIS REDUCTO : IMPLEMENTACION

AÑO 2016																				
MES	ENERO					FEBRERO				MARZO					ABRIL					
SEMANAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
<b>PROTOCOLO DE ESTANQUEIDAD</b>																				
<b>MONTANTE 1</b>	■																			
Presurizacion con nitrogeno a 500Psi por 48Hrs.																				
<b>MONTANTE 2</b>		■																		
Presurizacion con nitrogeno a 500Psi por 48Hrs.																				
<b>MONTANTE 3</b>			■																	
Presurizacion con nitrogeno a 500Psi por 48Hrs.																				
<b>MONTANTE 4</b>				■																
Presurizacion con nitrogeno a 500Psi por 48Hrs.																				
<b>MONTANTE 5</b>					■															
Presurizacion con nitrogeno a 500Psi por 48Hrs.																				
<b>MONTANTE 6</b>						■														
Presurizacion con nitrogeno a 500Psi por 48Hrs.																				

Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.21 CRONOGRAMA DE PROTOCOLO DE VACIO Y CARGA DE REFRIGERANTE 2016

## CRONOGRAMA DE OBRA HOTEL IBIS REDUCTO : IMPLEMENTACION

AÑO 2016																							
MES	FEBRERO				MARZO					ABRIL				MAYO									
SEMANAS	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	
<b>PROCESO DE VACIO Y CARGA DE REFRIGERANTE</b>																							
<b>MONTANTE 1</b>			■																				
Proceso de vacio hasta llegar a 500uc y carga de refrigerante según reporte de software.																							
<b>MONTANTE 2</b>				■																			
Proceso de vacio hasta llegar a 500uc y carga de refrigerante según reporte de software.																							
<b>MONTANTE 3</b>					■																		
Proceso de vacio hasta llegar a 500uc y carga de refrigerante según reporte de software.																							
<b>MONTANTE 4</b>						■																	
Proceso de vacio hasta llegar a 500uc y carga de refrigerante según reporte de software.																							
<b>MONTANTE 5</b>							■																
Proceso de vacio hasta llegar a 500uc y carga de refrigerante según reporte de software.																							
<b>MONTANTE 6</b>									■														
Proceso de vacio hasta llegar a 500uc y carga de refrigerante según reporte de software.																							

Fuente: Elaboración propia.



Los materiales:

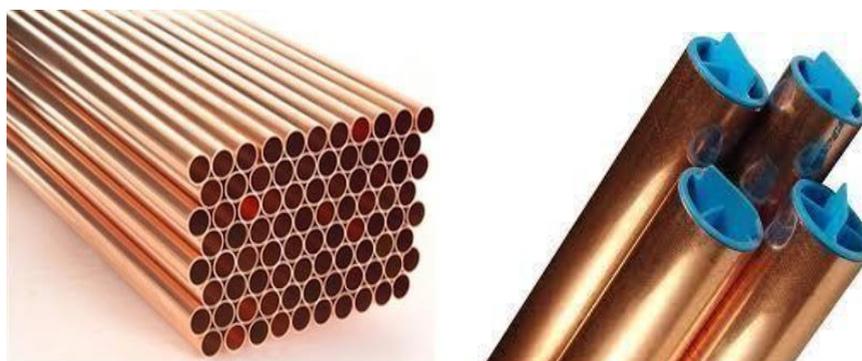
Tubería de cobre, según las presiones a las que se someterá el sistema se debe tener en consideración la figura 4.22.

Figura 4.23 DIAMETRO Y ESPESORES DE TUBERIAS DE COBRE PERMITIDOS

exterior diámetro	mínimo espesor	Temper grado
6.35	0.7	C1220T-O
9.52	0.7	
12.70	0.8	
15.88	1.0	
19.05	0.9	
22.23	0.9	C1220T-1/2H Or C1220T-H
25.40	1.0	
28.58	1.1	
31.75	1.1	
38.10	1.35	
44.45	1.6	
50.80	2.0	

Fuente: Manual de instalación DVM S SAMSUNG

Figura 4.24 IMAGEN GRAFICA DE LAS TUBERIAS DE COBRE RIGIDAS



Fuente: Elaboración propia.

La tubería de cobre que más se asemeja a lo solicitado es la de Tipo L, sus características en la figura 4.25.

Figura 4.25 CARACTERISTICAS DE LAS TUBERIAS DE COBRE TIPO L

Diámetro Nominal	Diámetro Exterior		Espesor de Pared	Espesor	Peso Teórico	Presión de Trabajo
	pulg.	mm				
1/4	3/8	9,52	0,032	0,81	0,199	1350
3/8	1/2	12,70	0,035	0,89	0,295	1195
1/2	5/8	15,87	0,040	1,02	0,424	1105
5/8	3/4	19,05	0,042	1,07	0,539	965
3/4	7/8	22,22	0,045	1,14	0,677	875
1	1 1/8	28,57	0,050	1,27	0,975	770
1 1/4	1 3/8	34,92	0,055	1,40	1,316	680
1 1/2	1 5/8	41,27	0,060	1,52	1,687	630
2	2 1/8	53,97	0,070	1,78	2,604	555
2 1/2	2 5/8	66,67	0,080	2,03	3,691	520
3	3 1/8	79,37	0,090	2,29	4,956	490
3 1/2	3 5/8	92,07	0,100	2,54	6,384	470
4	4 1/8	104,77	0,110	2,79	8,006	450

Fuente: Internet página F Eberhardt

El tipo de soldadura a usar es de plata con un porcentaje 5 - 15%, la marca más comercial y usada es la marca Harris, que viene grabada en la varilla el porcentaje de plata, figura 4.26.

Figura 4.26 VARILLA DE SOLDADURA DE PLATA MARCA HARRIS



Fuente: Elaboración propia.

El aislamiento debe ser de esponja elastómera para las tuberías de refrigeración, esta se debe dar con referencia al espesor del aislante para cada tamaño de tubería. La condición estándar es de 30°C menos de 85% de humedad.

El uso de aislamiento EPDM debe cumplir las condiciones de la figura 4.27.

Figura 4.27 CARACTERISTICAS DE AISLAMIENTO EPDM

Tubería	Tubería mm (pulgada)	Aislante (Cooling, Heating)		Nota	<EPDM SPEC>		
		Standard [30°C,85%]	High Humidity [30°C,over 85%]		Item	Unidad	estándar
		EPDM					
Líquido	Ø6.35~Ø9.52 (1/4~3/8)	9t	9t	Resistencia al calor temp más de 120°C	Densidad	g/cm <sup>3</sup>	0.048~0.096
	Ø12.70~Ø50.80 (1/2~2)	13t	13t		Cambio de dimensión por el calor	%	abajo -5
Gas	Ø6.35 (1/4)	13t	19t		Tasa de absorción de agua	g/cm <sup>3</sup>	abajo 0.005
	Ø9.52~Ø25.40 (3/8~1)	19t	25t		Conductividad térmica	Kcal/m·h·°C	abajo 0.037
	Ø28.58~Ø44.45 (1.1/8~1.3/4)		32t		Factor Humedad de la transpiración	ng/(m <sup>2</sup> ·s·Pa)	abajo 15
	Ø50.80 (2)	25t	38t		Grado de transpiración de humedad	g/(m <sup>2</sup> ·24h)	abajo 15
					Dispersión formaldehído	mg/L	No debería haber ninguno
					Tasa de Oxígeno	%	arriba 25

Fuente: Manual de instalación DVM S SAMSUNG.

Entonces tenemos que para la ciudad de Lima en sus condiciones de temperatura y humedad se usaran de la siguiente manera:

Tubería de cobre de 1/4" – 1" se usará 1/2" de espesor del aislamiento.

Tubería de cobre de 1 1/8" – 2" se usará 3/4" de espesor del aislamiento.

Para el drenaje se usará tubo PVC de agua pesado, con accesorios para colocar trampas a la salida de los evaporadores y uniones universales para facilitar revisión y mantenimiento.

#### 4.6.4.2 Proceso de corte, manipulación y montaje de tubería de cobre

Proceso de corte de tubería de cobre, se debe utilizar únicamente un cortador apropiado para los diámetros con los que se trabajaran, ver figura 4.28.

Figura 4.28 PROCESO DE CORTE DE TUBERIA DE COBRE



Fuente: Elaboración propia.

Luego de realizar el corte se debe quitar la rebaba que deja el proceso en el extremo de la tubería, esto es muy importante para eliminar cuerpos extraños que podrían ingresar al sistema y malograr los compresores, ver figura 4.29.

Figura 4.29 PROCESO DE REMOSION DE REBABA EN LA TUBERIA



Fuente: Elaboración propia.

Si no se usara la tubería manipulada, se deben tapar bien los extremos de la tubería para evitar el ingreso de polvo dentro de ellas y también el ingreso de humedad como se muestra en la figura 4.30.

Figura 4.30 TAMPADO DE LA TUBERIA DE COBRE



Fuente: Elaboración propia.

En el montaje de las troncales horizontales de refrigeración se debe seguir los siguientes pasos:

### Montaje

1) Instalación del tornillo de suspensión (u otros como bandeja de escalera).

Ø 12.7 o menos: 1,5 m o menos.

Ø 15.88 o menos: 2m o menos.

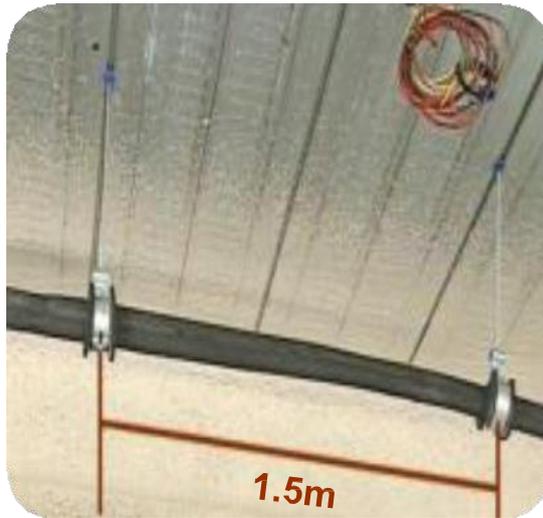
\* Si la distancia perno es más de 1.5 ~ 2m tubería podría hundió debido a su peso, figura 4.31 y 4.32.

Figura 4.31 ANCLAJE DE SOPORTE PARA TUBERIAS



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.32 ANCLAJE DE SOPORTE PARA TUBERIAS



Fuente: Elaboración propia.

2) El aislamiento de la tubería (Consulte Trabajos de aislamiento)

- Mantenga el final del tubo con cinta o tapa de cada lado, figura 4.33.

Figura 4.33 AISLAMIENTO DE TUBERIAS



Fuente: Elaboración propia.

### 3) Cómo colgar el tubo

- Cuelgue el tubo en la percha o soporte del sillín.
- Colocar la almohadilla de aislamiento entre el tubo y percha para evitar el aislamiento se pulsen, figura 4.34.

Figura 4.34 ANCLAJE DE SOPORTE PARA TUBERIAS Y MONTAJE



Fuente: Elaboración propia

- A causa de peso de la tubería podría estar deformada o flacidez de la tubería.

Para evitar estos problemas tubería vertical debe fijarse con forma de U Perno (banda Circular) y abajo del tapón.

1. Fijar el tubo vertical con forma de U perno o banda circular para cada planta.
2. Si la longitud del tubo es más de 15 m en vertical con arreglo Abajo Stopper cada 15m a más, ver figura 4.35 y 4.36.

Figura 4.35 ANCLAJE DE SOPORTE VERTICAL

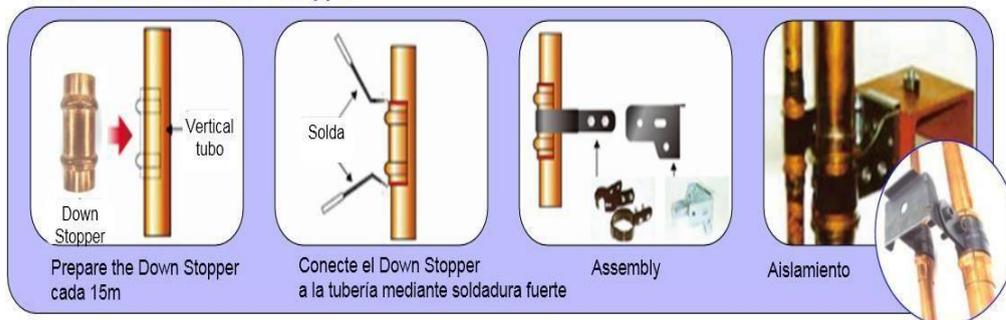


Fuente: Elaboración propia.

Longitud tubería	Intervalo de fijación	Observaciones
Menos de 15m	Fijación cada 5m(16.5ft)	La tubería debe fijarse en cada 5m independientemente de tapón hacia abajo.

Figura 4.36 ANCLAJE DE SOPORTE VERTICAL CON STOPPER

\* Cómo instalar el Down Stopper



Fuente: Elaboración propia

#### **4.6.4.3 Montaje y conexión de unidades evaporadoras**

La ubicación y la dirección de la unidad interior deben determinarse en base a la relación con otros equipos (Tal como el tubo de refrigerante, la tubería de desagüe y los cables de alimentación / comunicación). Y deben cumplir varios requisitos para otros recursos (instalaciones de extinción de incendios, etc.). ① Altura de instalación 2.7 ~ 3.5m

② 2m de distancia de proyección (señal de ruido)

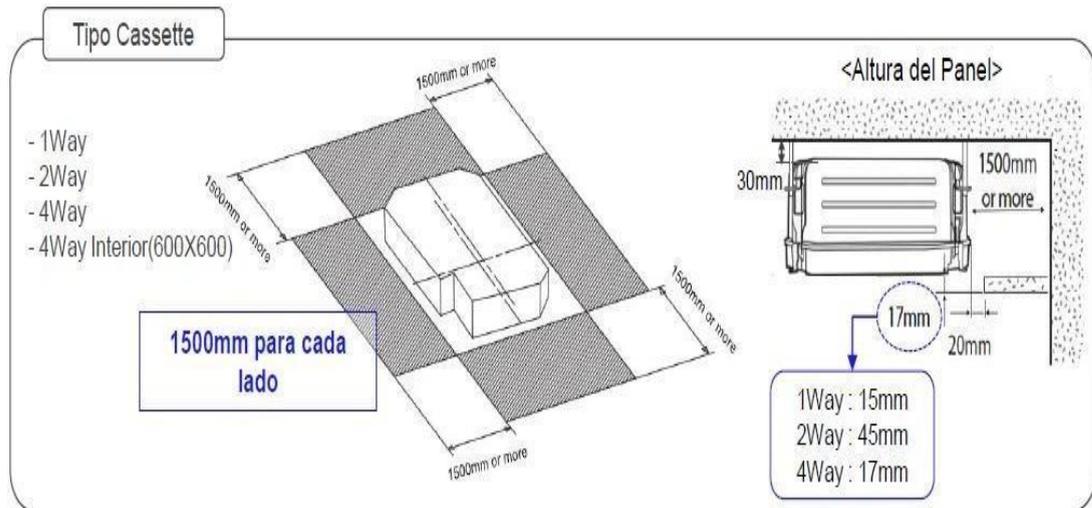
③ 1,5 m de distancia de detección de incendios (alarma incorrecta en modo calefacción) Excepción: si el detector de incendios detecta humo o el trabajo de más de 70 °C.

④ Agujero de inspección para el trabajo de servicio (tamaño mínimo 450X450mm).

⑤ Evite pared o pilar que puede bloquear el flujo de aire.

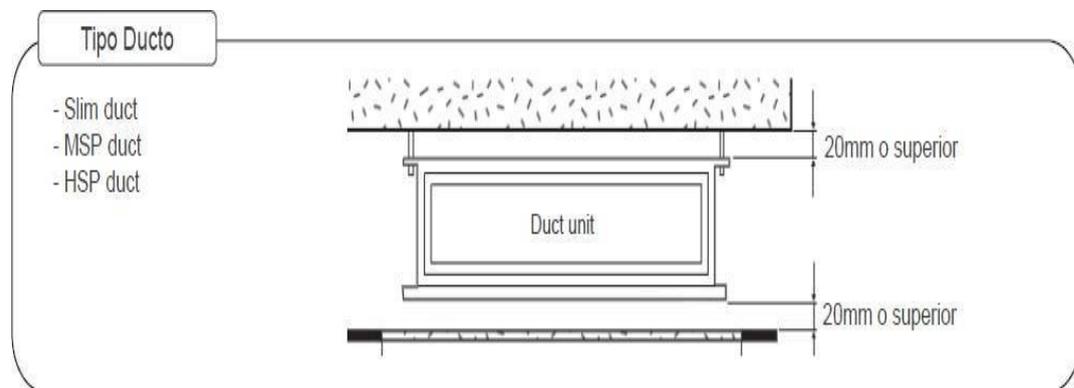
Asegure el espacio necesario para cada tipo de unidad interior (Consulte cada guía de instalación). Si el techo es de placa de yeso, todas las unidades interiores requieren Inspección de agujeros para el Servicio (450X450mm Tamaño mínimo), figura 4.37.

Figura 4.37 ESQUEMA DE ANCLAJE EVAPORADOR TIPO CASSETTE.



Fuente: Manual de instalación DVM S SAMSUNG.

Figura 4.38 ESQUEMA DE ANCLAJE EVAPORADOR TIPO DUCTO

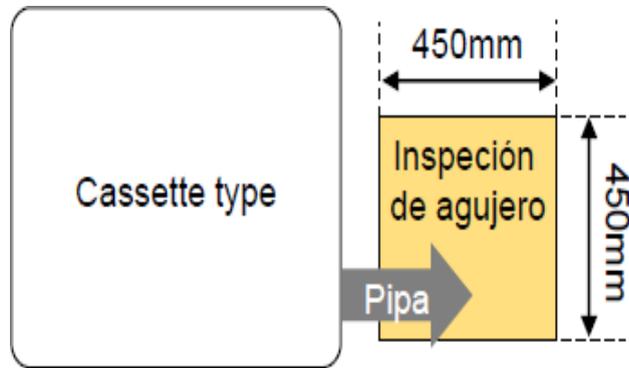


Fuente: Manual de instalación DVM S SAMSUNG.

- En el caso, el techo es textil, no necesita agujero de inspección.
- En el caso, el techo es de placa de yeso, agujero de inspección depende de la altura interior del techo.

- a. Tipo Cassette: 450mm x 450mm dirección de la tubería.

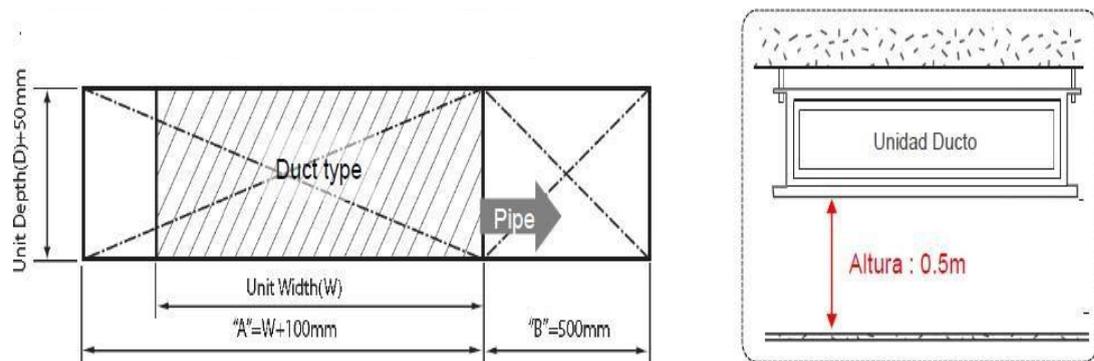
Figura 4.39 ESQUEMA DE ANCLAJE EVAPORADOR TIPO CASSETTE.



Fuente: Manual de instalación DVM S SAMSUNG

- b. Tipo Ducto
- La altura es superior que 0.5m: sólo “B” [Inspección para PBA] es aplicado.
  - La altura es menor que 0.5m: ambos “A” & “B” son aplicados.

Figura 4.40 ESQUEMA DE ANCLAJE EVAPORADOR TIPO DUCTO

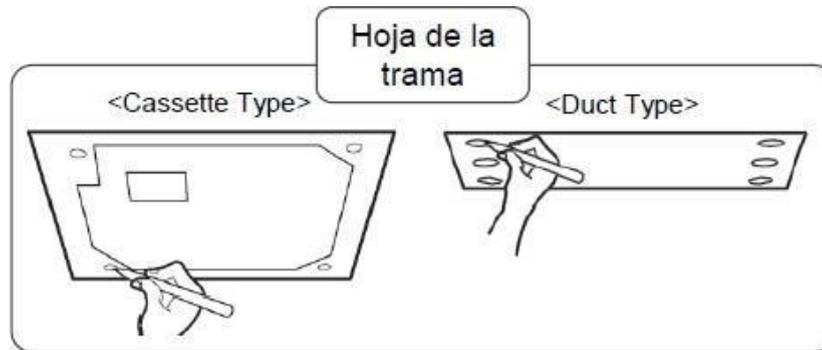


Fuente: Manual de instalación DVM S SAMSUNG

### Determine la posición de los tornillos

- Coloque la hoja de patente en el techo en el lugar donde desee instalar la unidad evaporadora, figura 4.41.

Figura 4.41 MARCADO CON LA PLACA GUIA DE LOS EQUIPOS



Fuente: Manual de instalación DVM S SAMSUNG

**Nota:**

Desde el diagrama está hecho de papel, puede encogerse o arrugarse ligeramente debido a la temperatura o la humedad. Por esta razón, antes de taladrar los orificios de mantener las dimensiones correctas entre las marcas.

**Instalar los soportes de tornillo**

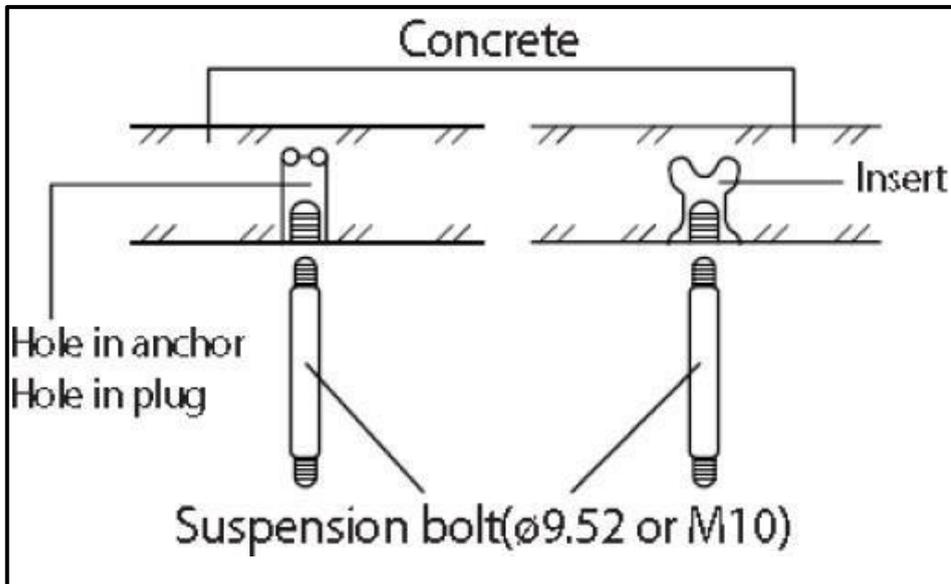
- Uso techo existente apoya o construir un soporte adecuado, como se muestra en la figura 4.42 y 4.43.

Figura 4.42 MARCADO CON LA PLACA GUIA DE LOS EQUIPOS



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.43 ESQUEMA DE ANCLAJE DE SOPORTES PARA EVAPORADOR

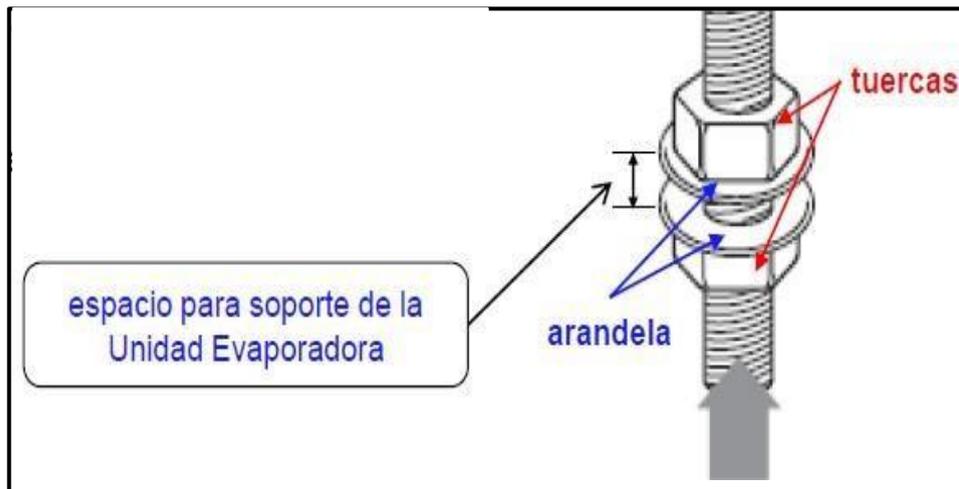


Fuente: Manual de instalación DVM S SAMSUNG

**Tornillo 2ea de tuercas y arandela a cada uno tornillos de suspensión espacio para colgar la unidad evaporadora.**

- Debe instalar todas las barras de suspensión para cada unidad interior ver figura 4.44.

Figura 4.44 BARRA DE SUSPENSION PARA ANCLAJE DE EVAPORADOR

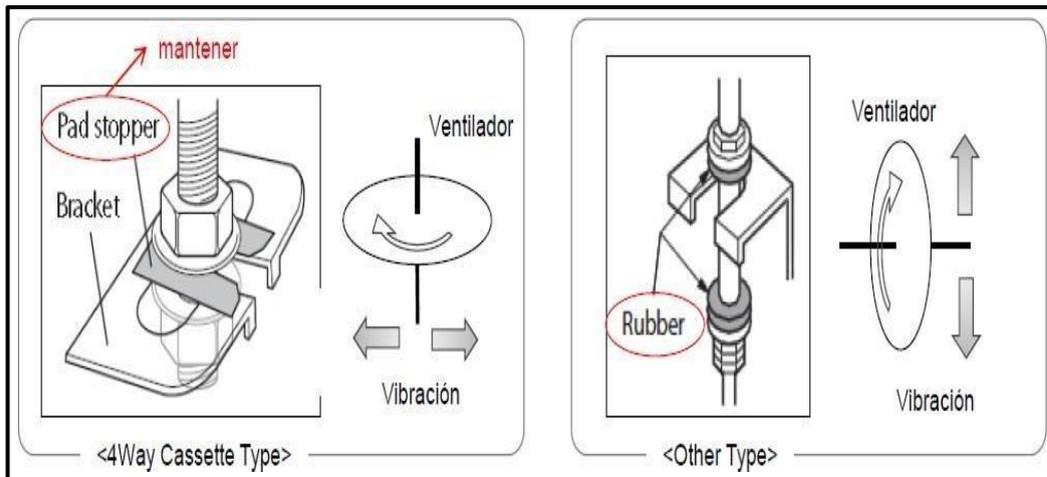


Fuente: Elaboración propia.

**Suspender la unidad evaporadora a los tornillos de suspensión entre dos tuercas.**

- Caucho (ojal) se debe insertar para evitar arriba / abajo vibración.
- Tipo Cassette 4 vías no necesita de goma debido a diferente sentido de rotación del ventilador, ver figura 4.45.

Figura 4.45 BARRA DE SUSPENSION PARA ANCLAJE DE EVAPORADOR

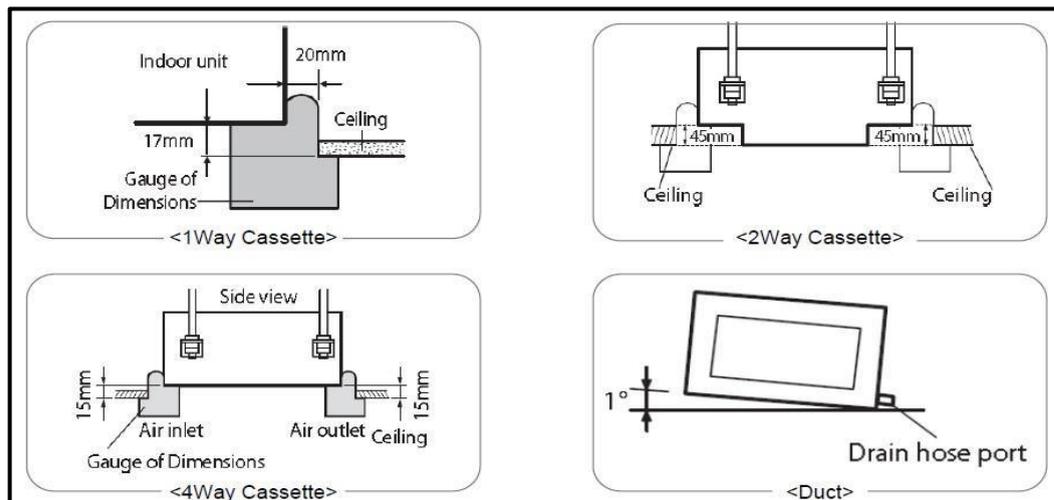


Fuente: Elaboración propia.

### Ajuste el nivel de la unidad evaporadora.

- **Tipo Cassette:** Use una hoja patrón para montar el panel frontal correctamente.
- **Otro tipo:** Uso placa de medición para el drenaje apropiado de condensado (dar una inclinación de 3 mm), figura 4.46

Figura 4.46 NIVELACIÓN DE UNIDADES EVAPORADORAS



Fuente: Manual de instalación DVM S SAMSUNG

## La purga de la unidad

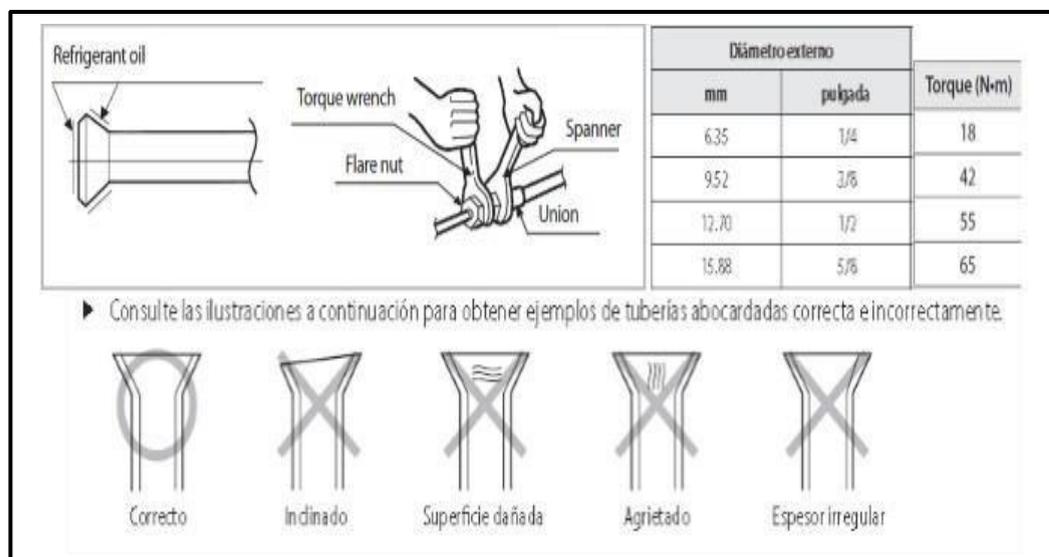
- La unidad interior se suministra con una pre-carga de gas nitrógeno (gas inerte).
- Purgar el gas nitrógeno antes de conectar el tubo de refrigerante.

## Conectar el tubo de refrigerante

- Una más pequeña para el refrigerante líquido.
- Una más grande para el refrigerante gas.
- El interior del tubo de cobre debe estar limpio y sin suciedad.

Ver figura 4.47.

Figura 4.47 CONEXIÓN DE TUBERIAS DE REFRIGERACION A UNIDAD EVAPORADORA



Fuente: Manual de instalación DVM S SAMSUNG

#### 4.6.4.4 Conexión de drenaje a unidades evaporadoras

\* El agua condensada: La capacidad de la Unidad Evaporadora 1kw = aprox 1.4 litros/hora.

- Selección de la tubería principal

ex) 10kw ' 5ea =  $10 * 5 * 1.4 * 1.5 = 105 \text{ liter/hr} \rightarrow \text{VP 40 for } 1/100$

(1.5 = Factor de Seguridad para la contaminación)

- Selección de la tubería secundaria: Seguir las especificaciones de cada unidad ex) AM045FN4DEH: VP25 (OD 32. ID25), según figura 4.48.

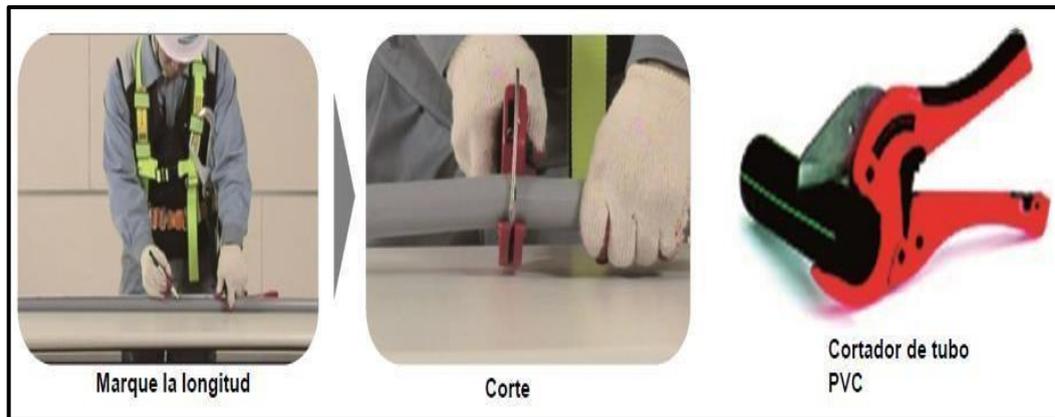
Figura 4.48 TABLA DE DIAMETROS DE DRENAJE SEGÚN VOLUMEN

Tubería de drenaje principal (Horizontal)			Tubería de drenaje (Vertical)	
Tubería Especificación	Cantidad de agua condensada [liter/hr] (inclinación of 1/50)	Cantidad de agua condensada [liter/hr] (inclinación of 1/100)	Tubería Especificación	Cantidad de agua condensada [liter/hr]
VP20	40	27	VP20	220
VP25	70	50	VP25	410
VP30	125	88	VP30	730
VP40	247	175	VP40	1140
VP50	473	334	VP50	2760
VP60	842	599	-	-
VP65	1093	778	VP65	5710
VP70	1398	996	-	-
VP75	1761	1256	VP75	8280
VP80	2190	1562		

Fuente: Manual de instalación DVM S SAMSUNG

- Cortar la tubería de drenaje como su dimensión y tamaño se muestran en el diagrama (Utilice un cortador especial para los tubos de PVC), figura 4.49.

Figura 4.49 PROCEDIMIENTO DE CORTE DE TUBERIA DE PVC PARA DRENAJE



Fuente: Elaboración propia.

- Aislar el tubo de drenaje que se corta (Los materiales de aislamiento desagüe deben ser no inflamable), figura 4.50.

Figura 4.50 PROCEDIMIENTO DE CORTE DE TUBERIA DE PVC PARA DRENAJE



Fuente: Elaboración propia.

✓ **Recomendación**

1. Espesor del aislamiento es de 5 ~ 10T o más
  2. Seleccione el espesor de aislamiento conveniente de acuerdo a la humedad / temperatura del techo.
- Montar un tubo horizontal en la percha (Distancia de lo soporte debe ser de 1,5 m o menos de lo contrario no se puede flacidez).
  - Realizar 1/100 o más de inclinación en el tubo horizontal en la dirección de la tubería vertical, según figura 4.51.

Figura 4.51 PENDIENTE PARA LA TRONCAL DE DRENAJE DE 1/100



Fuente: Elaboración propia

➤ **Conexión de la tubería de desagüe**

- Utilice una unión en T a hacer conexiones entre la tubería horizontal (tubería principal) y ramal (tubería secundaria) (T-Joint debe ser enfrentado hacia arriba)

- Espere 1 ~ 2 minutos hasta que el tubo de PVC son fijos (no se unen por debajo de -5 °C. puede causar daño o el retraso de tiempo de fijación) ver figura 4.52.

Figura 4.52 CONEXIÓN DEL DRENAJE A LA TUBERIA DE PVC



Fuente: Elaboración propia.

#### 1) Instalación individual con bomba de drenaje

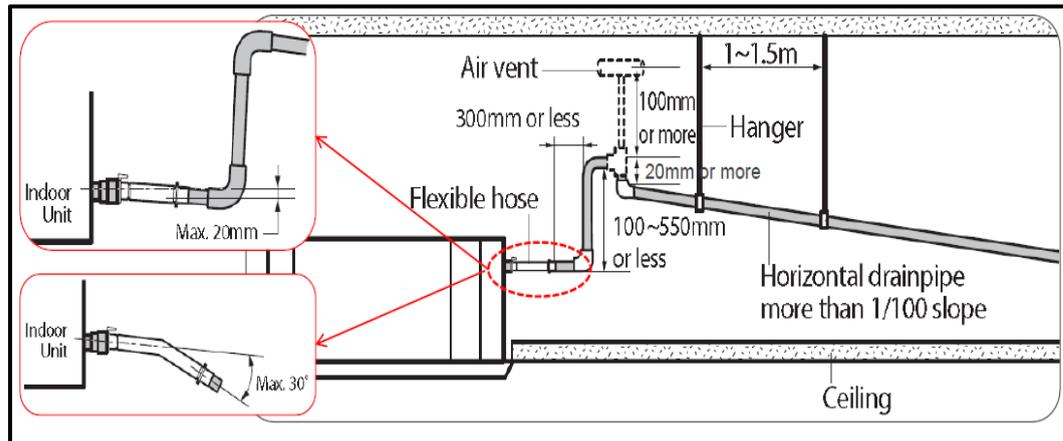
- Instalar tubería horizontal con una inclinación de 1/100 o más y arreglarlo por espacio de suspensión de 1 ~ 1.5m.
- Instale un respiradero de aire en la parte superior para evitar el flujo de agua de nuevo a la unidad interior.

Al final el aire de ventilación debe formar una T o 7 forma a evitar la entrada de polvo o sustancias extrañas.

- \* Es posible que no tenga que instalar aire de ventilación si había pendiente adecuada en el tubo de desagüe horizontal.

- La manguera flexible no debe instalarse posición hacia arriba, puede provocar un flujo de agua de vuelta a la unidad interior, figura 4.53.

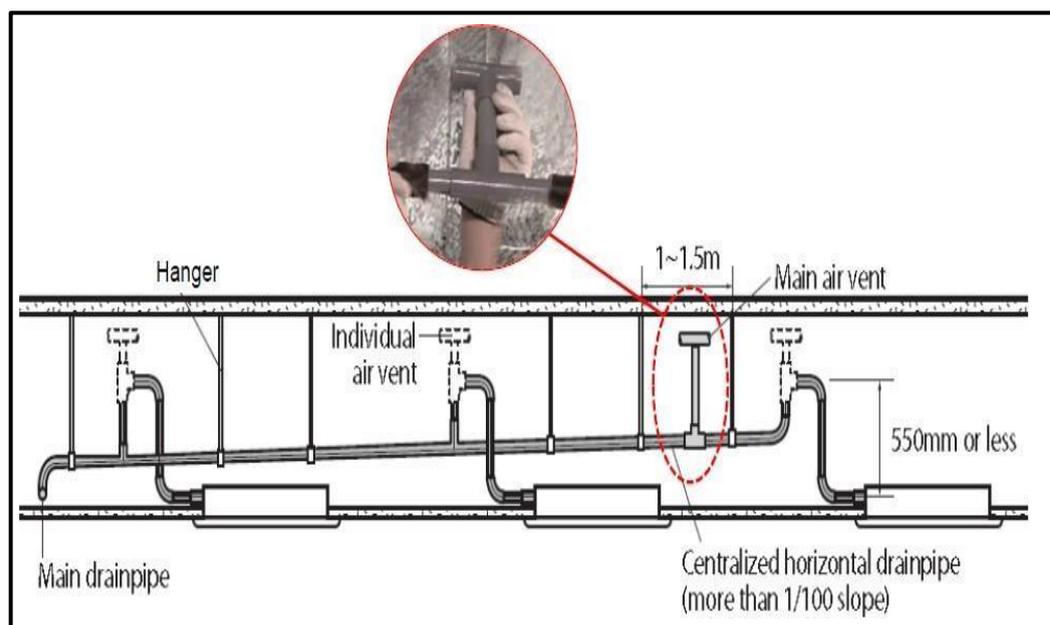
Figura 4.53 INSTALACION DE DRENAJE DE EQUIPOS CON BOMBA



Fuente: Manual de instalación DVM S SAMSUNG.

- Instale principal de aire de ventilación en la parte frontal de la unidad interior más alejada del drenaje principal cuando las unidades instaladas son más de 3.
- Instale la salida de aire individual para prevenir el flujo de agua hacia atrás en la parte superior de cada tubo de desagüe de la unidad interior
- Al final el aire de ventilación debe formar una T o 7 forma a evitar la entrada de polvo o sustancias extrañas.
- \* Es posible que no tenga que instalarlo si había pendiente adecuada en el tubo de desagüe horizontal.
- No conecte desagüe horizontal para tubería de desagüe vertical en ángulo recto para evitar el reflujo. Figura 4.54.

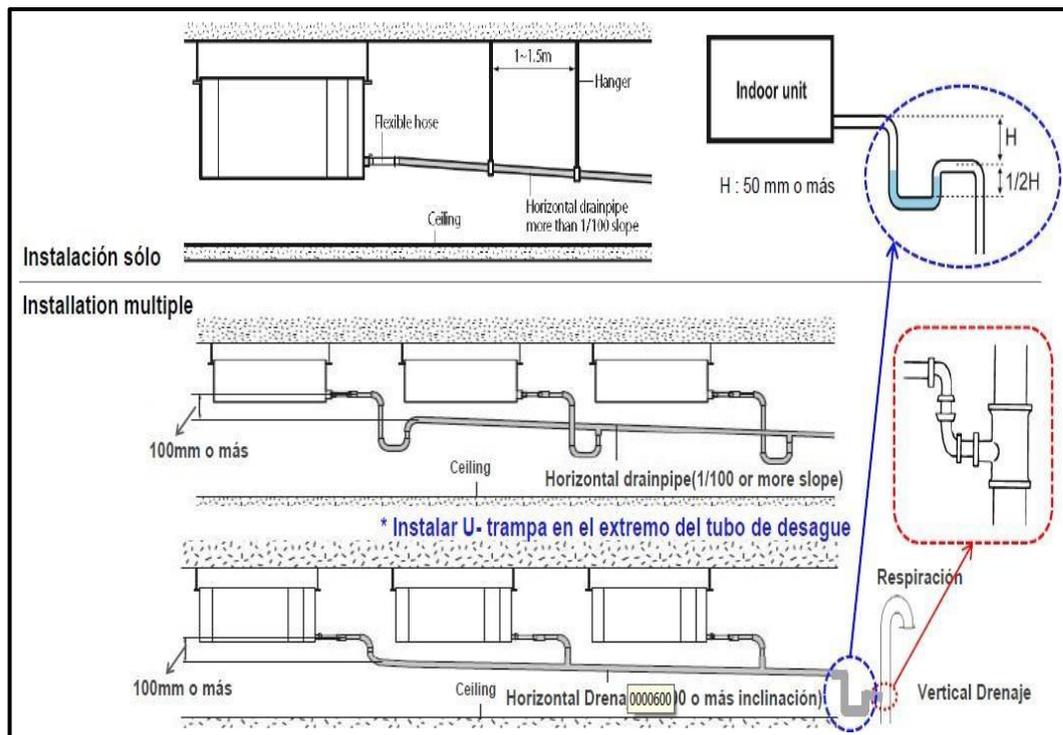
Figura 4.54 INSTALACION DE RESPIRADERO "T"



Fuente: Manual de instalación DVM S SAMSUNG.

- Instalar U-Trampa el extremo del tubo de desagüe para prevenir un olor desagradable o pequeño insecto para llegar a la unidad interior.
- Instale un respiradero de aire en la parte superior de la tubería de desagüe vertical. Debe estar ubicado más alto que la altura desagüe.
- No instale el aire de ventilación entre la unidad interior y T-trampa, ver figura 4.55.

Figura 4.55 INSTALACION DE TRAMPA DE DRENAJE



Fuente: Manual de instalación DVM S SAMSUNG.

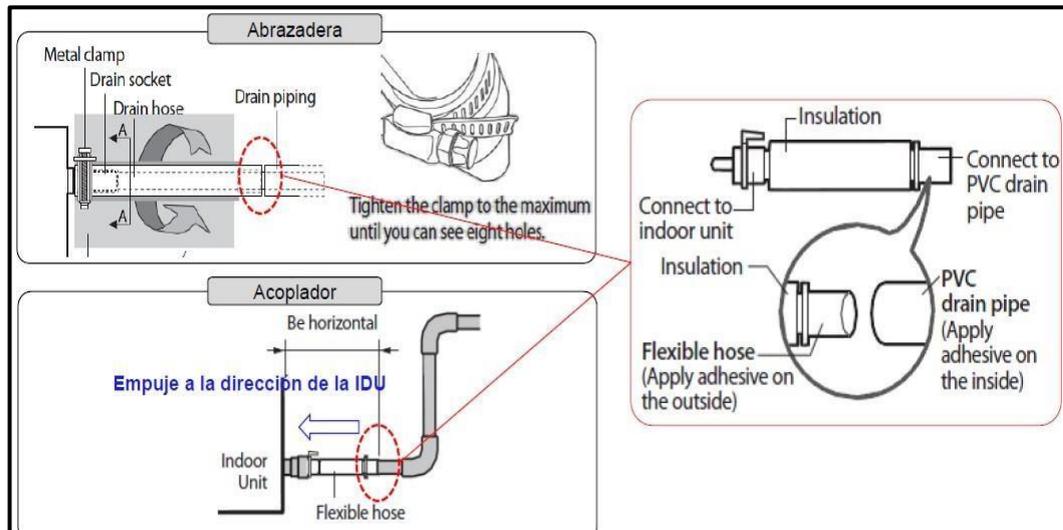
Empuje la manguera de drenaje suministrada (manguera flexible) en la medida de lo posible a través de la toma de drenaje.

- El tubo de tipo acoplador hará "clic" cuando se ha conectado correctamente.

Apriete la abrazadera de metal como se muestra en la imagen. (No para el tipo de acoplador).

Conecte la manguera de desagüe a desagüe con bonos PVC. Aislar donde está expuesta la tubería de desagüe. Ver figura 4.56.

Figura 4.56 CONEXIÓN DE MANGUERA FLEXIBLE DE DRENAJE DE EVAPORADOR



Fuente: Manual de instalación DVM S SAMSUNG.

Vierta el agua a través de la tubería de drenaje superior o una salida de aire para comprobar si el agua fluye suavemente.

Durante veinticuatro horas, se realizará la prueba de inmersión de agua para comprobar fugas.

\* En el invierno, utilice anticongelante líquido en lugar de agua.

\* Si la descarga de agua no es suave, compruebe la pendiente de la tubería de desagüe. Como se sigue los pasos de la figura 4.57.

Figura 4.57 PROCEDIMIENTO DE PRUEBA DE DRENAJE



Fuente: Elaboración propia.

#### 4.6.4.5 Montaje y conexión de unidades condensadoras

Las unidades condensadoras deben ser llevadas mediante maniobra con grúa desde los exteriores del hotel hasta la azotea y en su base metálica en su posición final. Ver figura 4.58.

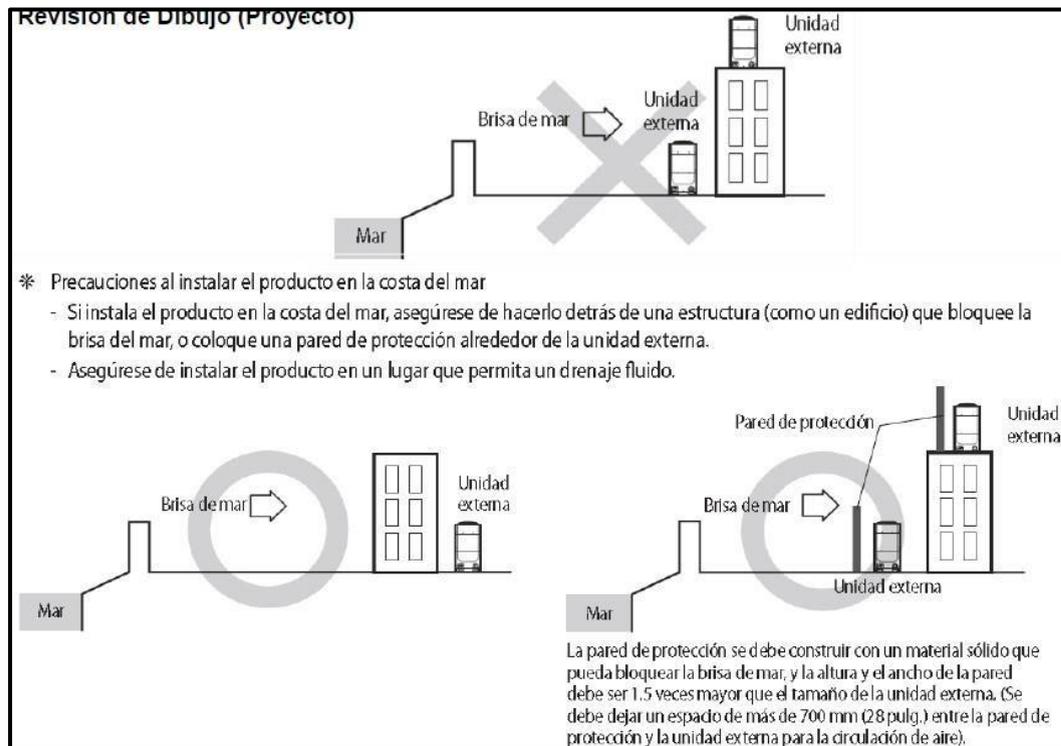
Figura 4.58 MANIOBRA DE IZAJE DE CONDENSADORAS CON GRUA



Fuente: Elaboración propia.

Se debe tomar en cuenta ciertas restricciones para la posición y ubicación de las unidades condensadoras o exteriores como se ve en la figura 4.59.

Figura 4.59 RECOMENDACIONES DE UBICACIÓN Y POSICION DE  
CONDENSADORAS

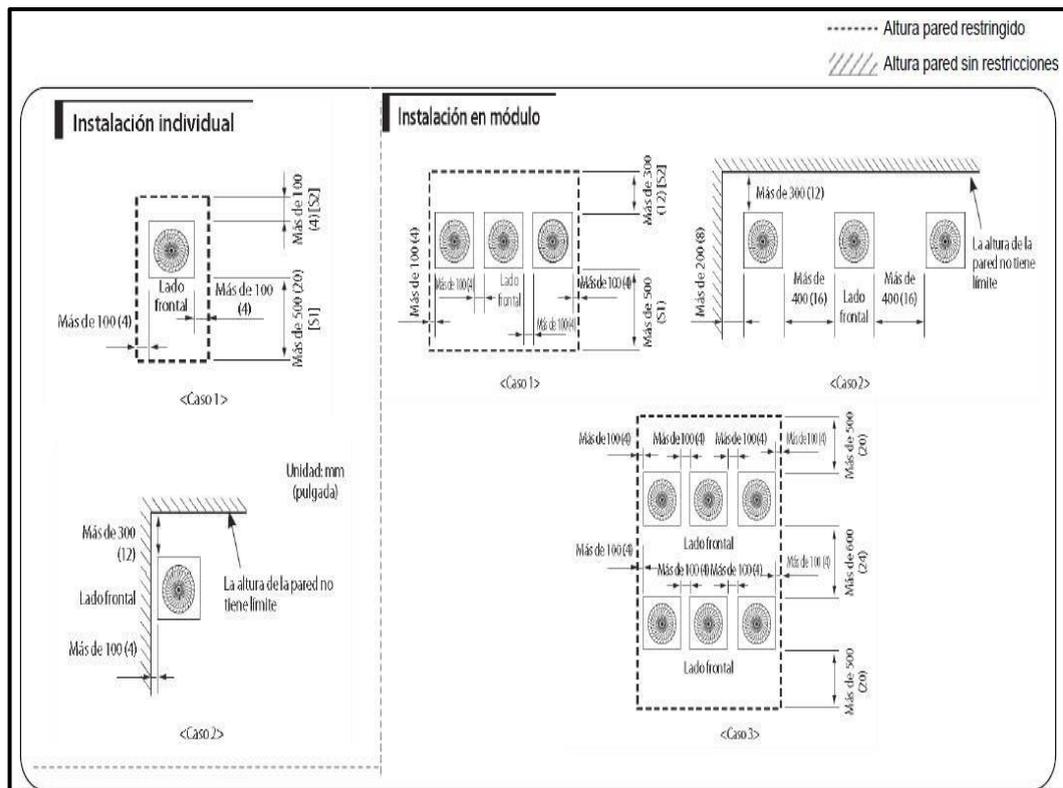


Fuente: Manual de instalación DVM S SAMSUNG.

## REQUISITOS DE ESPACIO

A continuación, se muestra el espacio de instalación mínimo basado en condiciones de funcionamiento de temperatura exterior de 35°C. (Si el estado operativo de la temperatura exterior es superior a 35°C. tratar de tener más espacio), ver figura 4.60.

Figura 4.60 REQUISITOS DE ESPACIO

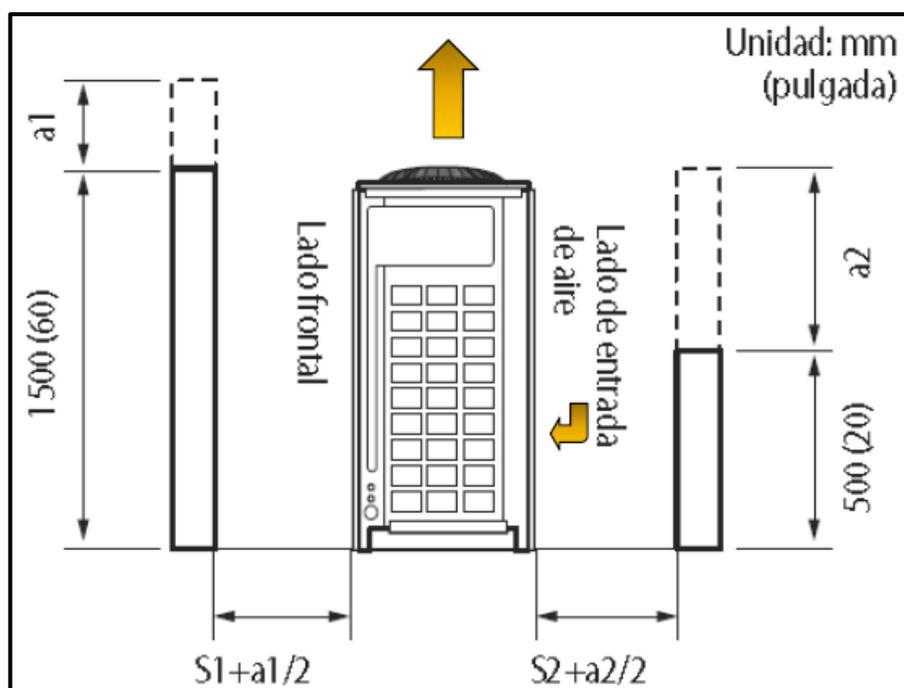


Fuente: Manual de instalación DVM S SAMSUNG.

### En caso de "Caso 1" y "Caso 3"

- \* La altura de La pared del lado frontal no debe superar los 1500 mm (60 pulg.)
- \* La altura de la pared del lado de la entrada de aire no debe superar los 500 mm (20 pulg.)
- \* La altura de la pared lateral no tiene límite.
- \* Si la altura de la pared es superior por un determinado valor (a1, a2), se debe agregar espacio libre [(a1)/2. (a2)/2: La mitad de la distancia excedida] al espacio de servicio (S1), (S2). Ver figura 4.61.

Figura 4.61 EXPLICACION CASO 1 Y 3

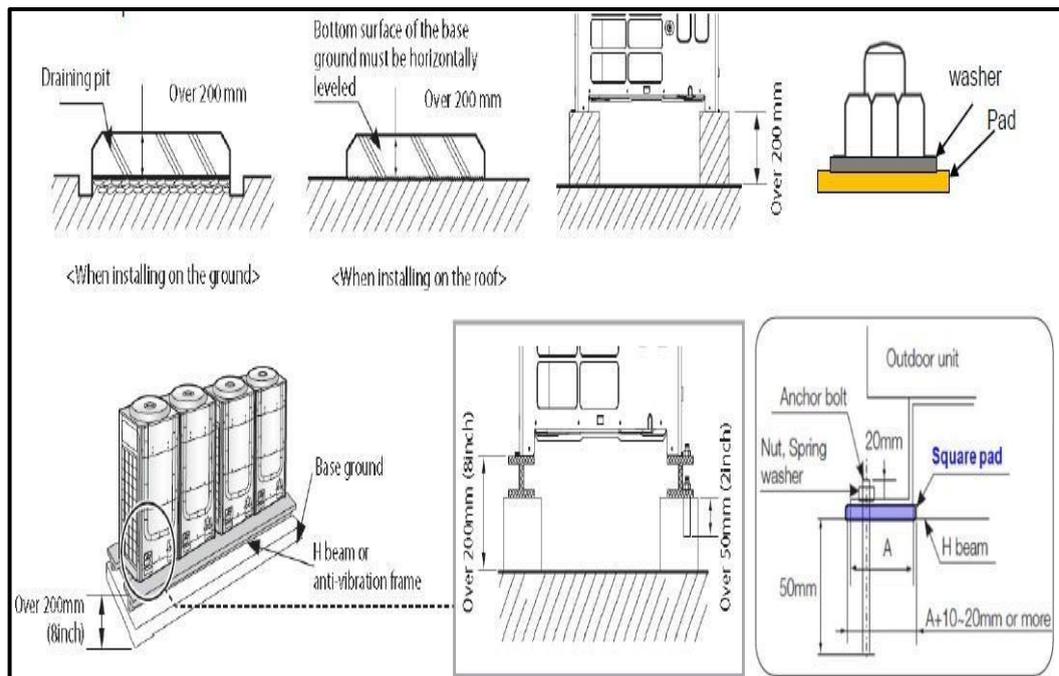


Fuente: Manual de instalación DVM S SAMSUNG.

### Base de construcción e instalación

- La altura de la planta base debe ser de 200 mm o superior para proteger la ODU del agua de lluvia u otras condiciones externas.
- Instale un cojín anti-vibración ( $t = 20\text{mm} / 0.78\text{inch}$  o más) para evitar la vibración de la unidad exterior entregar a la superficie de base.
- Fije la unidad exterior con pernos de anclaje y arandela de goma y tuerca
- Para evitar que el agua de descongelación se estanque o la congelación, la construcción de un drenaje con más de 1/50 pendiente. Ver figura 4.62.

Figura 4.62 CARACTERISTICAS DE BASES DE CONDENSADORAS



Fuente: Manual de instalación DVM S SAMSUNG.

### Unidad Condensadora - conexión de tubería principal

- Retire la cubierta de la unidad.
- Separar el agujero ciego de usar.

Si el agujero está abierto animales pequeños como ardillas y ratas pueden entrar en la unidad a través del agujero y la unidad puede estar dañada.

- Fije la cubierta del tubo de lado inferior y fijar la cubierta de los tubos de la parte superior a partir de entonces.

Ver figura 4.63 Y 4.64, para conocer los puntos de conexión de tubería de refrigeración y las direcciones que por las que se puede conectar.

Figura 4.63 DIRECCIONES DE CONEXIÓN DE LA REFRIGERACION



Fuente: Manual de instalación DVM S SAMSUNG.

Figura 4.64 CANTIDAD DE CONEXIONES POR TIPO DE VRF

H/P	<p>Tubería del lado del gas Tubería del lado del líquido</p>	<p>Tubería del lado del gas Tubería del lado del líquido</p>
H/R	<p>Tubería de gas de baja presión Tubería del lado del líquido Tubería de gas de alta presión</p>	<p>Tubería de gas de baja presión Tubería del lado del líquido Tubería de gas de alta presión</p>

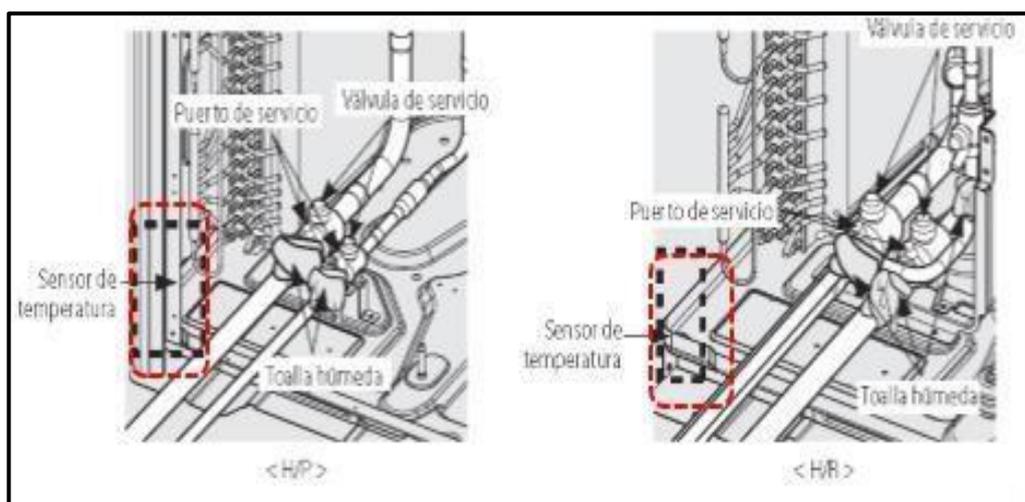
Fuente: Manual de instalación DVM S SAMSUNG.

### Precaución para la conexión de la tubería

- Utilice un paño a prueba de llama para proteger la unidad de fuego o una llama de soldadura, de lo contrario la unidad puede ser dañada por las llamas.
- Asegúrese de no dañar el sensor de temperatura ambiente se encuentra en el lado izquierdo.
- Envuelva la tubería antes de la válvula de servicio con un paño húmedo y soldarlo como se muestra a continuación.
- Para evitar que la junta tórica y el embalaje de teflón dentro de la válvula de servicio dañados por un incendio de soldadura.
- Los tubos de conexión del lado del líquido y del lado de gas no deben ponerse en contacto entre sí.
- La vibración puede causar un daño a las tuberías.

Ver figura 4.65.

Figura 4.65 PRECAUCION CON SENSORES EN PROCESO DE SOLDADURA

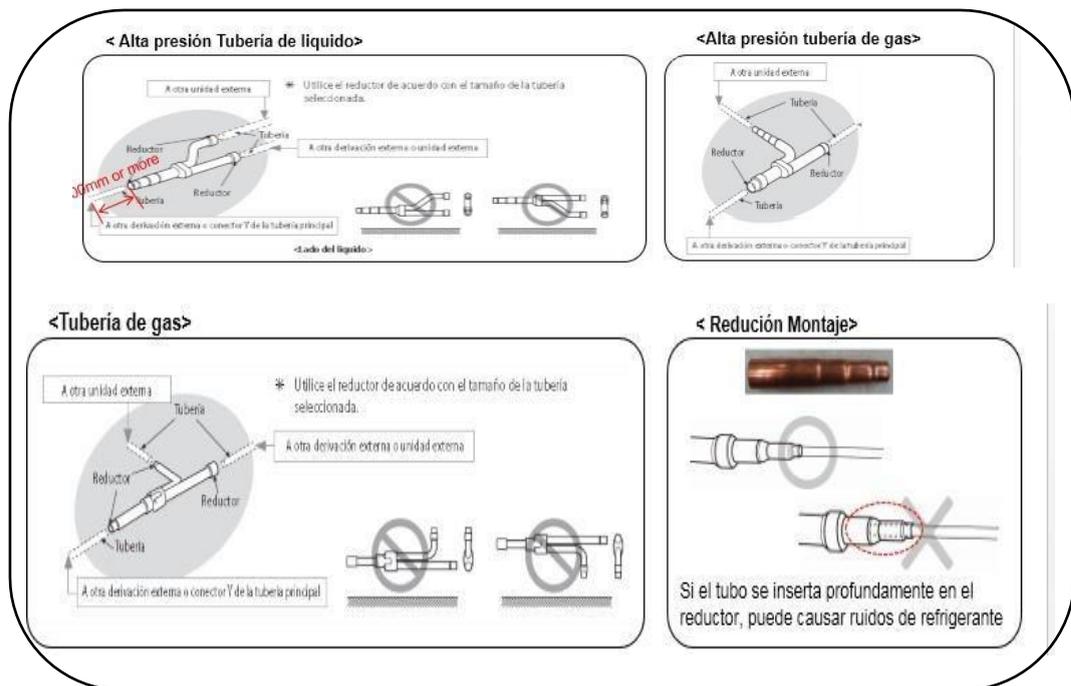


Fuente: Manual de instalación DVM S SAMSUNG.

Utilice el reductor colocado correctamente de acuerdo con el tamaño de la tubería seleccionada.

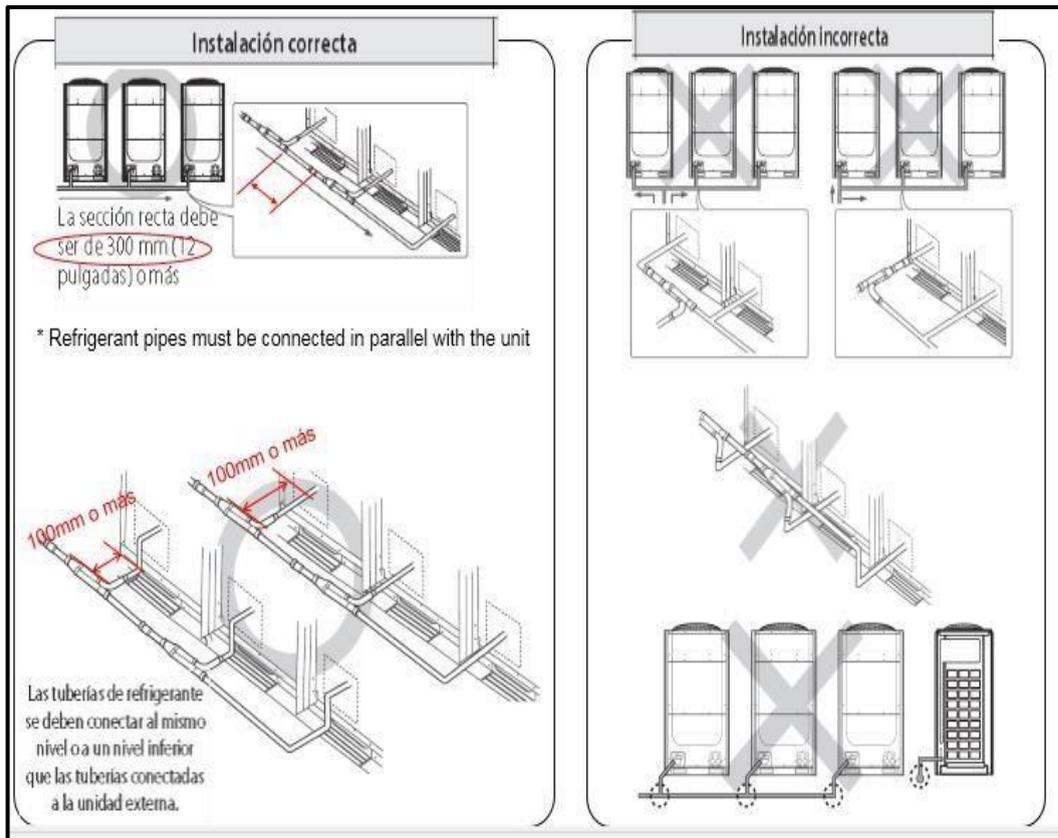
\* Tubería rama de la tubería de gas y la tubería de líquido tiene una forma diferente, ver figura 4.66.

Figura 4.66 DISTRIBUIDORES TIPO T PARA CONDENSADORAS



Fuente: Manual de instalación DVM S SAMSUNG.

Figura 4.67 INSTALACION CORRECTA E INCORRECTA DE CONDENSADORA

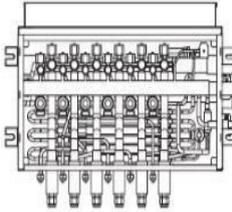
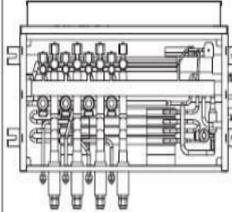
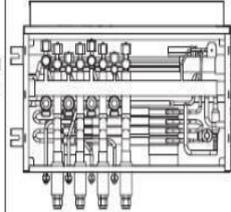


Fuente: Manual de instalación DVM S SAMSUNG.

#### 4.6.4.6 Montaje y conexión de MCUs

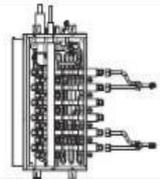
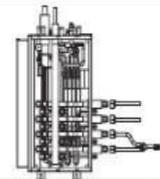
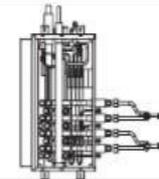
Los MCU (Mode Change Unit) que significa unidad de modo de cambio, es la que se encarga del control de cambio de ciclo que sufrirá un evaporador de volumen de refrigerante variable del tipo Heat Recovery ó frío y calor simultaneo, las especificaciones de los MCU están en la figura 4.68.

Figura 4.68 ESPECIFICACIONES DE LOS MCU

Modelo	MCU-S6NEE1N	MCU-S4NEE1N	MCU-S4NEE2N
Exterior del MCU			
Cantidad de unidades internas conectables	Hasta 6 unidades	Hasta 4 unidades	Hasta 2 unidades * Consulte la información detallada sobre la instalación
Capacidad máxima de las unidades internas conectables	198MBH	198MBH	198MBH

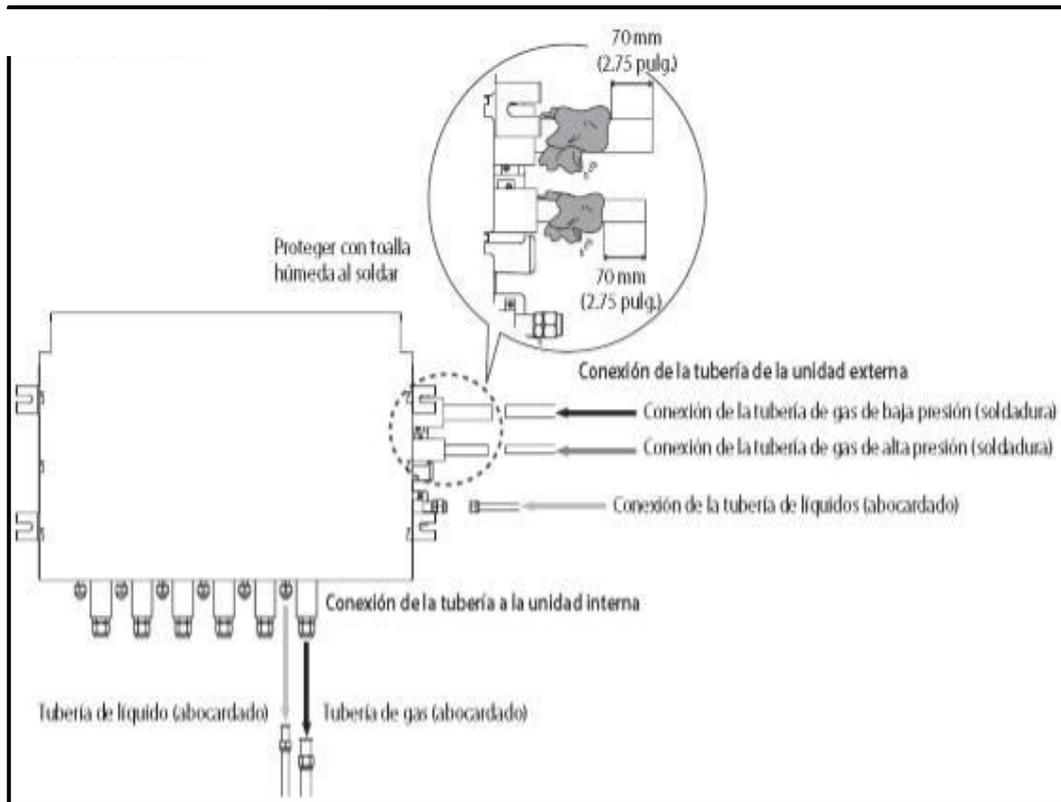
Fuente: Manual de instalación DVM S SAMSUNG.

Figura 4.69 INSTALACION MCU-EVAPORADORES

Modelo	MCU-S6NEE1N	MCU-S4NEE1N	MCU-S4NEE2N
Ejemplo de instalación			
Instalación de unidades internas	<p>La unidad interna con una capacidad inferior a 48 MBH se puede conectar al MCU. No conecte una unidad interna cuya capacidad supere los 48 MBH.</p> <p><b>Rango de capacidad individual inferior a 36 MBH</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Conecte la tubería de líquido y de gas de la unidad interna a cada puerto del MCU.</li> </ul> <p><b>Rango de capacidad individual entre 36 MBH y 48 MBH</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Una dos puertos del MCU con conector Y (líquido, gas), luego conecte la unidad interna como se indica arriba.</li> </ul> <p>* Referencia de enfriamiento continuo. Para el enfriamiento continuo en condiciones ambientales de -15 °C (5 °F), una dos puertos del MCU con conector Y, luego conecte la unidad interna aunque su capacidad sea inferior a 36 MBH. Se deben configurar los interruptores de opción y las teclas de función. Para obtener información detallada, consulte las páginas 79 a 81.</p>		<p>Las unidades internas con una capacidad superior o igual a 36 MBH se pueden conectar al MCU. No conecte una unidad interna cuya capacidad no supere los 36 MBH.</p> <p><b>Rango de capacidad individual entre 36 MBH y 96 MBH.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Una dos puertos del MCU con conector Y (líquido, gas), luego conecte la unidad interna como se indica arriba.</li> </ul>

Fuente: Manual de instalación DVM S SAMSUNG.

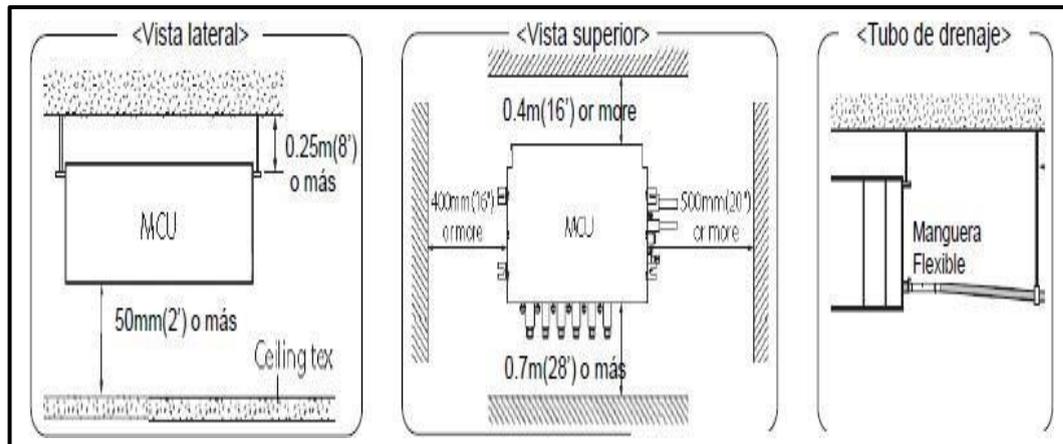
Figura 4.70 COMO CONECTAR LAS TUBERIAS AL MCU



Fuente: Manual de instalación DVM S SAMSUNG.

- ❖ Al instalar el MCU, utilice la hoja de patrón para la instalación que se suministra con el producto.
- ❖ Al soldar la tubería de gas de alta/baja presión, proteja el producto con material no inflamable.

Figura 4.71 ESPACIO PARA EL MCU



Fuente: Manual de instalación DVM S SAMSUNG.

#### ✓ Ubicación de Instalación

- El lugar donde está instalado MCU y las paredes interiores deben tener una alta capacidad a prueba de sonido. (Ladrillos, hormigones. Cemento).
- El techo donde está instalado MCU debe ser recubierto con una calidad que tiene una buena función insonorizada.

#### 4.6.4.7 Proceso de soldadura

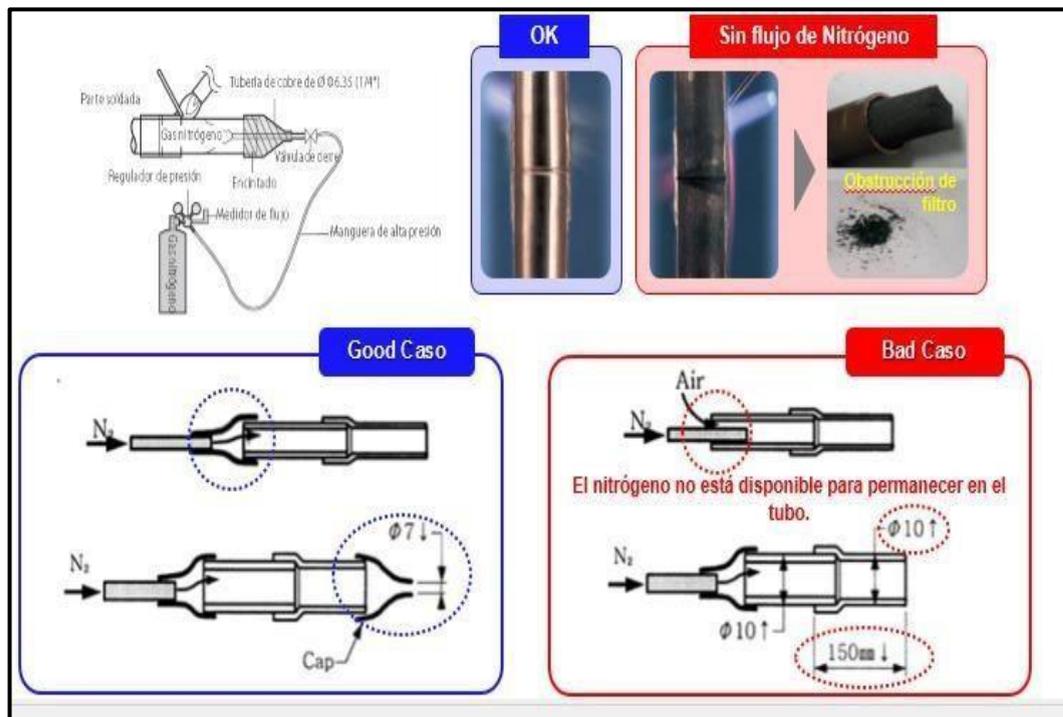
##### ➤ Soldadura

- Para evitar que el óxido se forme mientras se realiza la soldadura fuerte, debe llevar a cabo la sustitución de nitrógeno por el oxígeno:

- \* El óxido puede formar dentro de la tubería. Puede causar el daño del compresor, válvulas, etc.
- \* Ajuste de la velocidad de flujo del gas nitrógeno con un regulador de presión para mantener 0.05m<sup>3</sup> / h o menos.

Ver figura 4.72.

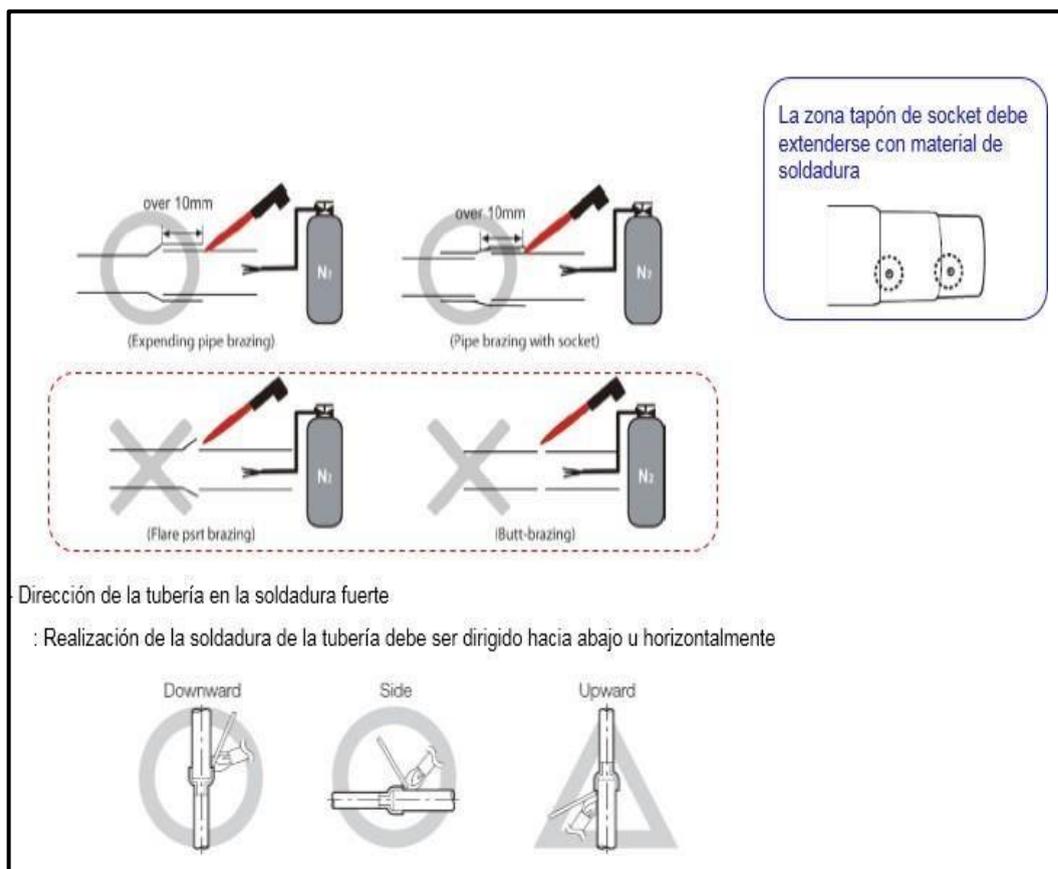
Figura 4.72 ESPACIO PARA EL MCU



Fuente: Elaboración propia.

- Asegúrese de que no hay humedad en el interior del tubo.
- Asegúrese de que no hay materiales extraños e impurezas en la tubería.
- Uso del reductor de diámetro para conectar tuberías de diferentes diámetros.

Figura 4.73 PROCESO DE SOLDADURA CON INYECCION DE NITROGENO



Fuente: Manual de instalación DVM S SAMSUNG.

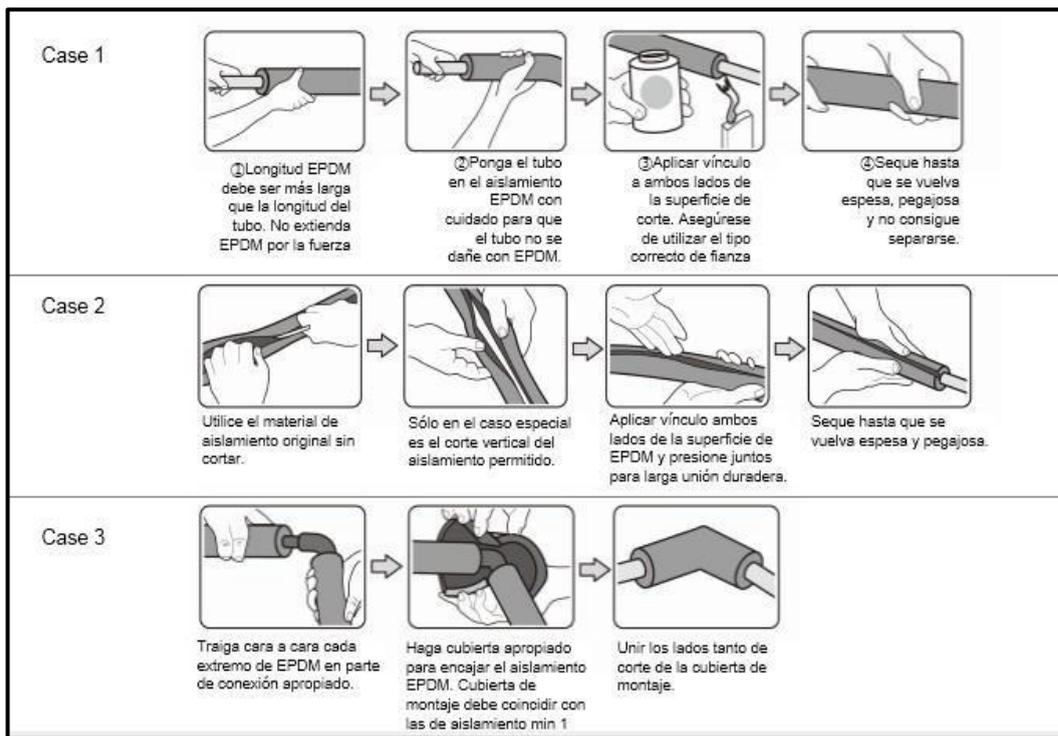
Prueba de estanqueidad parcial por tramos, para asegurar que los tramos no tengan fuga y sean herméticos. Se inyecta dentro de los tramos de refrigeración entre 250 a 300Psi de nitrógeno por lapsos de 8 horas.

#### 4.6.4.8 Aislamiento de tuberías de refrigeración, Branch y drenaje.

➤ Aislamiento de la tubería

- Toda la tubería de refrigerante y tubería de drenaje deben estar aislados para prevenir rociada sobre la tubería, ver figura 4.74.

Figura 4.74 CASOS DE PROCESO DE AISLAMIENTO DE TUBERIA



Fuente: Manual de instalación DVM S SAMSUNG.

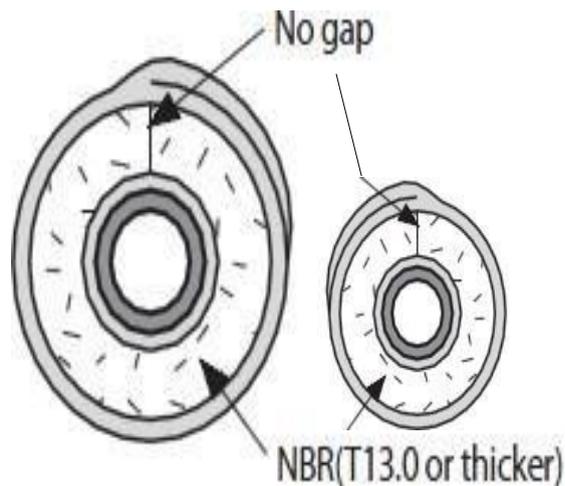
➤ **Aislamiento de la tubería**

- **Tubo de refrigerante antes de Kit EEV y MCU o sin Kit EEV y MCU**

Puede ponerse en contacto con el lado del gas y tuberías líquidos, pero las tuberías no deben ser presionada.

Al comunicarse con la tubería lateral del lado del gas y el gas, usar aislante 1 grado más grueso, figura 4.75.

Figura 4.75 TUBERIAS DE REFRIGERACION CON AISLAMIENTO



Fuente: Manual de instalación DVM S SAMSUNG.

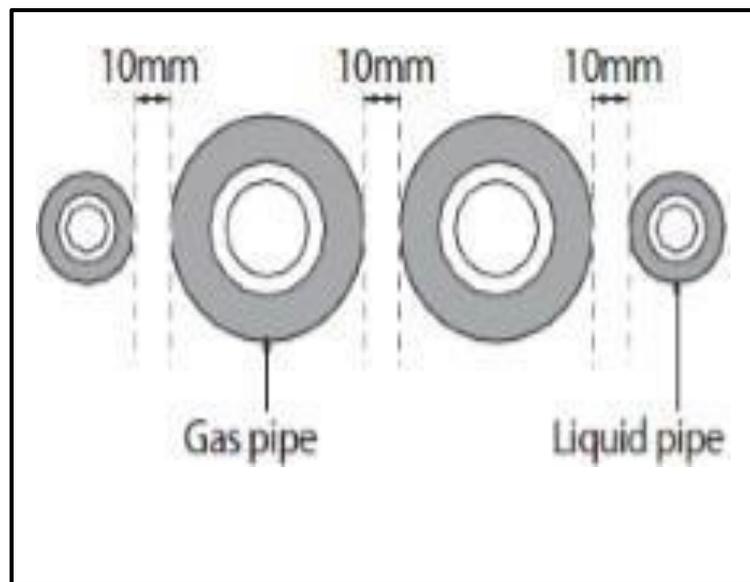
- **Tubo de refrigerante después de Kit EEV y MCU**

Después de Kit EEV o MCU, el refrigerante cargado a resultados para el enfriamiento o gas caliente para la calefacción fluirá a través

del tubo de refrigerante. Para evitar la pérdida de energía, licencia del espacio con 10mm entre el gas y la tubería de líquido.

Al comunicarse con el lado del gas y la tubería lateral de líquido, utilice aislante 1 grado más grueso, figura 4.76.

Figura 4.76 ESPACIAMIENTO ENTRE TUBERIAS DE REFRIGERACION



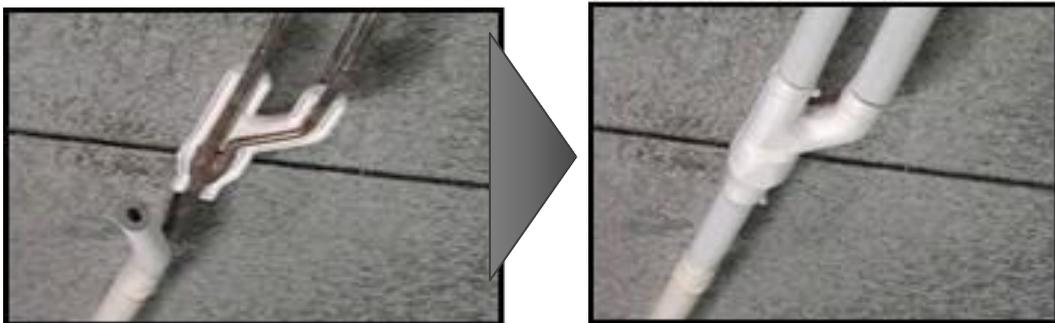
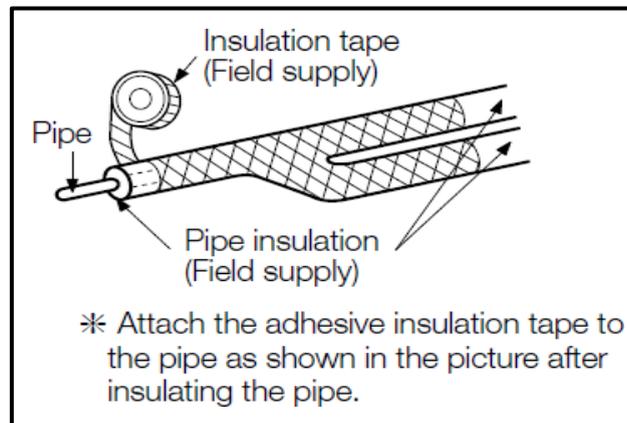
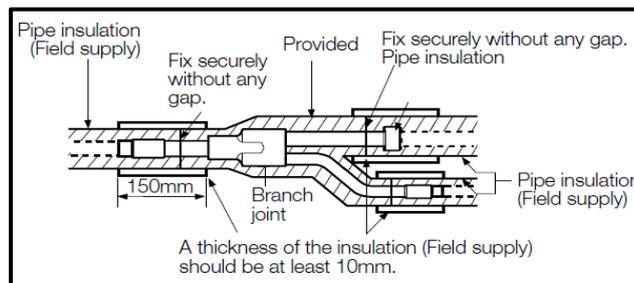
Fuente: Manual de instalación DVM S SAMSUNG.

Para el aislamiento de los Branch ó distribuidores de cobre se debe realizar los siguientes pasos, figura 4.77:

- Conecte el aislamiento proporcionado con una junta al Branch.
- Envuelva la parte conectada con un aislamiento (comprado en el mercado) de un espesor mínimo de 10 mm.
- Utilice un aislamiento que debe ser capaz de manejar la temperatura interior más de 120 ° C.

- Ajustar la articulación de la rama con un aislamiento de un espesor de al menos 10 mm.

Figura 4.77 AISLAMIENTO DE DISTRIBUIDORES DE COBRE BRANCH

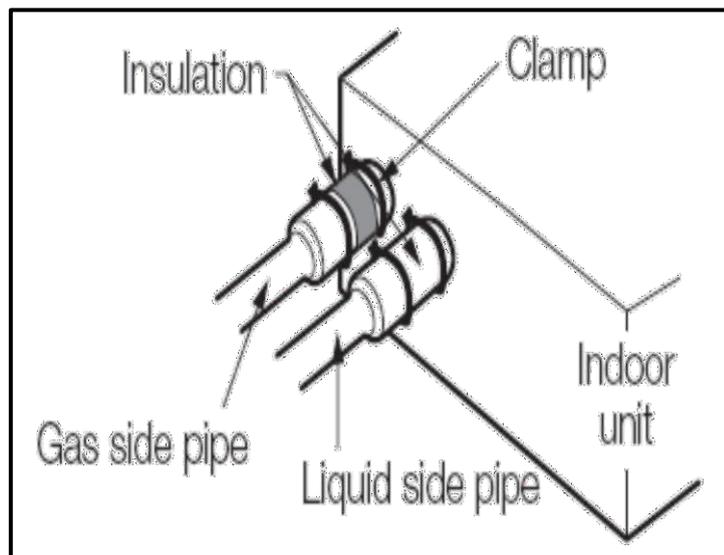


Fuente: Elaboracion propia.

Una vez verificado que no hay fugas se procede al aislamiento en las conexiones abocardadas de las unidades evaporadoras. Se debe seguir el siguiente procedimiento:

- Una vez que haya verificado que no hay fugas en el sistema, puede aislar la tubería y la manguera de drenaje.
- Para evitar problemas de condensación, coloque T13,0 o más grueso caucho acrilonitrilo-butadieno por separado a la tubería de líquido y gas.
- Colocar cinta de vinilo alrededor de los tubos de aislamiento y la manguera de drenaje evitando comprimir el aislamiento demasiado, figura 4.78.

Figura 4.78 AISLAMIENTO DE LLEGADAS A LOS EQUIPOS



Fuente: Manual de instalacion DVM S SAMSUNG.

#### 4.6.4.9 Cableado de alimentación y comunicación

- ✓ Instalación del conducto para los cables de alimentación y de la comunicación por separado.
- \* El trabajo de conducto puede ser diferente en el cumplimiento de las leyes locales, figura 4.79.

Figura 4.79 TIPOS DE CABLEADO



Fuente: Elaboración propia.

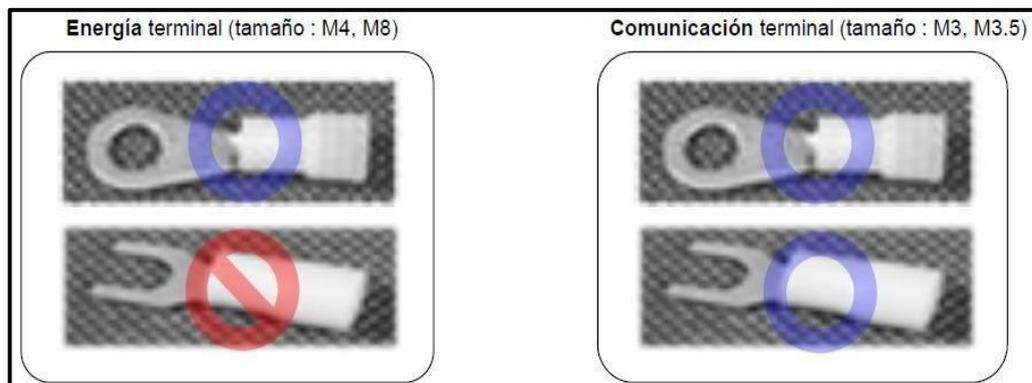
Figura 4.80 TIPOS DE CABLEADO

Nombre	Grado Temper	Condiciones aplicables
Conducto flexible PVC	PVC	Tubo está instalado en interiores y no expuesto al exterior Ej.: se encaja en la estructura de concreto
Clase 1 conducto flexible	Conducto de acero galvanizado	Tubo está instalado en interiores, pero expuesto al exterior por lo que hay riesgo de daños en el tubo de protección
Clase 1 PVC conducto flexible recubierto	Chapa de acero galvanizado y compuesto de PVC blando	Tubo está instalado al aire libre y expuesto al exterior por lo que hay riesgo de daños en el tubo de protección y prueba de agua adicional que se necesita

Fuente: Elaboración propia.

- Seleccione un terminal de anillo sin soldadura de un cable de alimentación de conexión en base a una medida nominal de cable.
- Aplique una capa aislante en la parte de conexión de la terminal de anillo sin soldadura y el cable de alimentación.
- \* No utilizar en forma de Y para el cable de alimentación, ver figura 4.81.

Figura 4.81 SELECCIÓN DE TERMINAL PARA CABLE DE ALIMENTACION



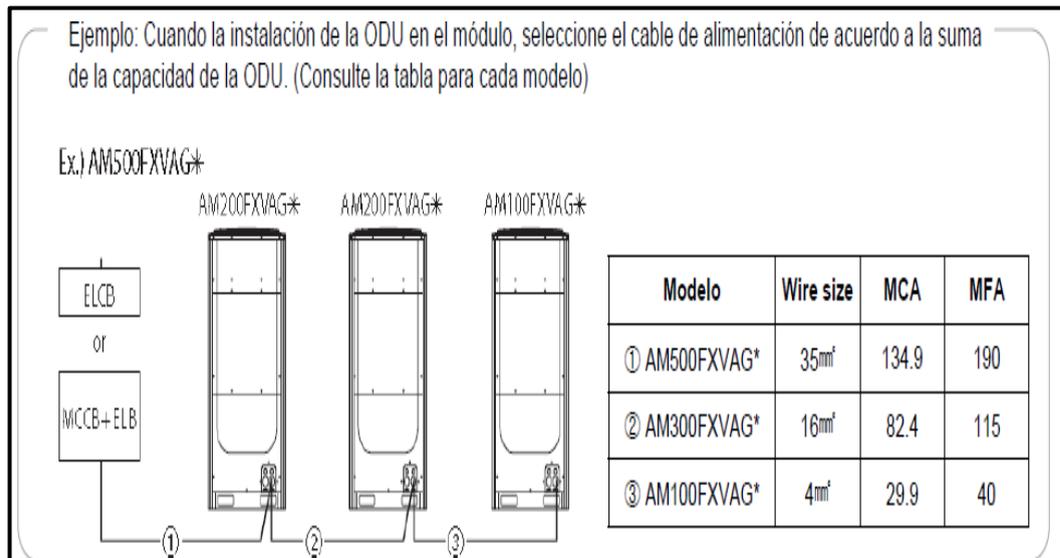
Fuente: Elaboración propia.

### Unidad Condensadora - circuito de protección

- Instale ELCB adecuada (o MCCB y ELB).
- Instale el tamaño adecuado de cable de alimentación.
- \* Seleccione el cable ELCB y potencia de acuerdo con las regulaciones locales y nacionales pertinentes.
  - RLA: Carga nominal en amperios
  - FLA: Amperios de carga completa
  - MOP: Máximo sobre el dispositivo de protección de corriente
  - MCA: Amperios de circuitos máximos
  - AMF: Máximo amperios fusible

- ELCB: Interruptor de pérdida a tierra
- MCCB: Caja moldeada disyuntor
- ELB: Fuga a tierra del interruptor fusible

Figura 4.82 EJEMPLO DE INSTALACION DE CABLEADO DE BATERIA ODU



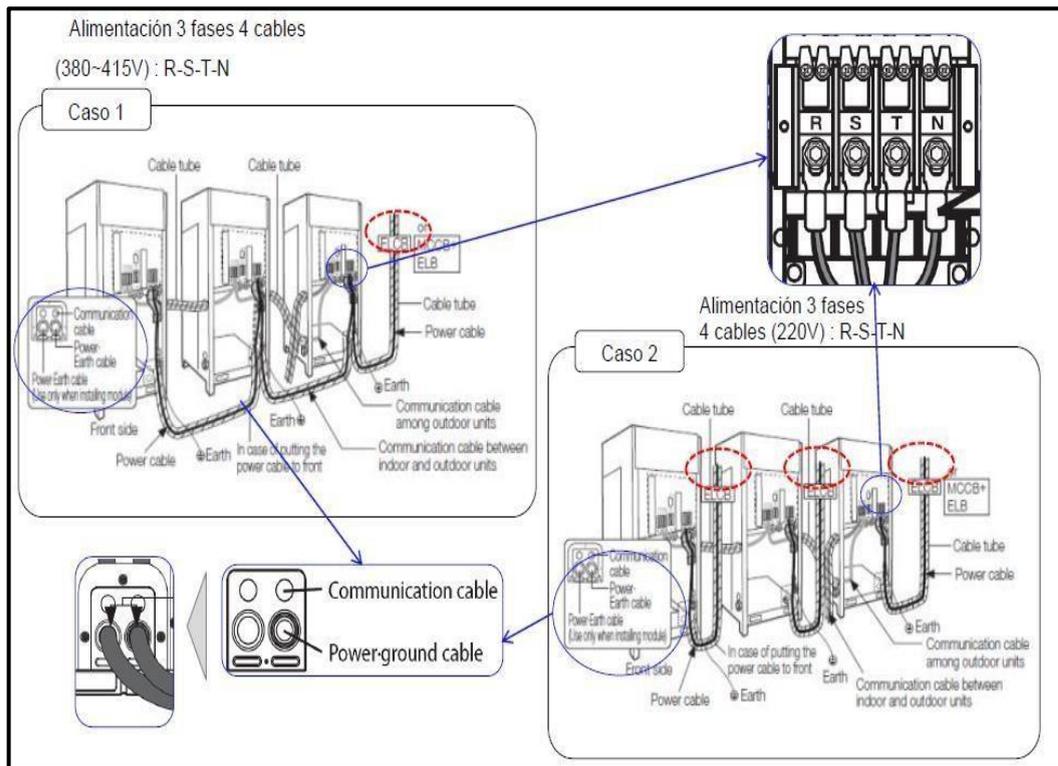
Fuente: Manual de instalación DVM S SAMSUNG.

### Unidad Condensadora – Alimentación Eléctrica

Conectar el disyuntor ELCB (o MCCB+ELB) para cada unidad modulo en acuerdo con ley local, ver figura 4.83.

\* Seleccione el cable ELCB y potencia de acuerdo con las regulaciones locales y nacionales pertinentes.

Figura 4.84 CONEXIÓN DE ALIMENTACION ELECTRICA

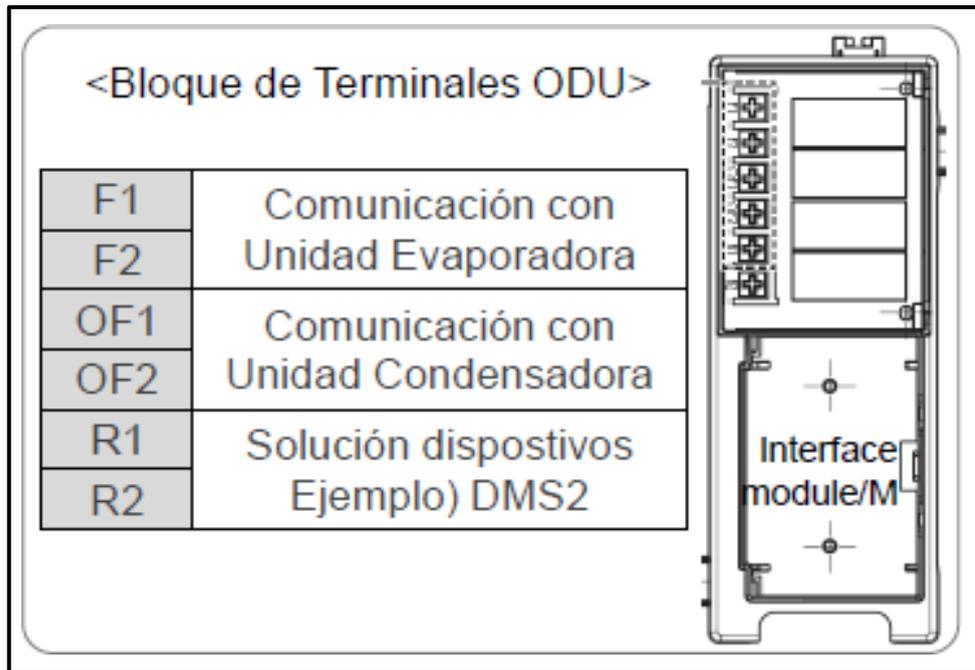


Fuente: Manual de instalación DVM S SAMSUNG.

### Unidad Condensadora - Cable de comunicación

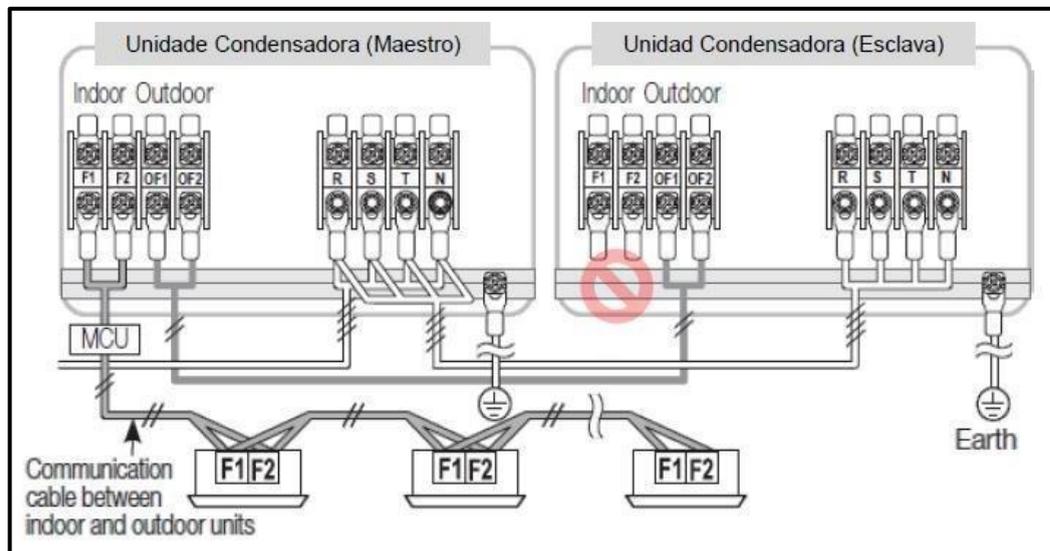
- Conexión de la alimentación y el cable de comunicación entre las unidades exteriores, ver figura 4.85.
  - Conectar el cable de comunicación a la unidad interior o MCU (kit EEV).
- \* El cable de comunicación entre la unidad exterior y unidad interior no tiene polaridad.

Figura 4.85 BLOQUE DE TERMINALES DE CONEXIÓN -CONDENSADORA



Fuente: Manual de instalación DVM S SAMSUNG.

Figura 4.86 CONEXIÓN ENTRE CONDENSADORA MAESTRA Y ESCLAVAS



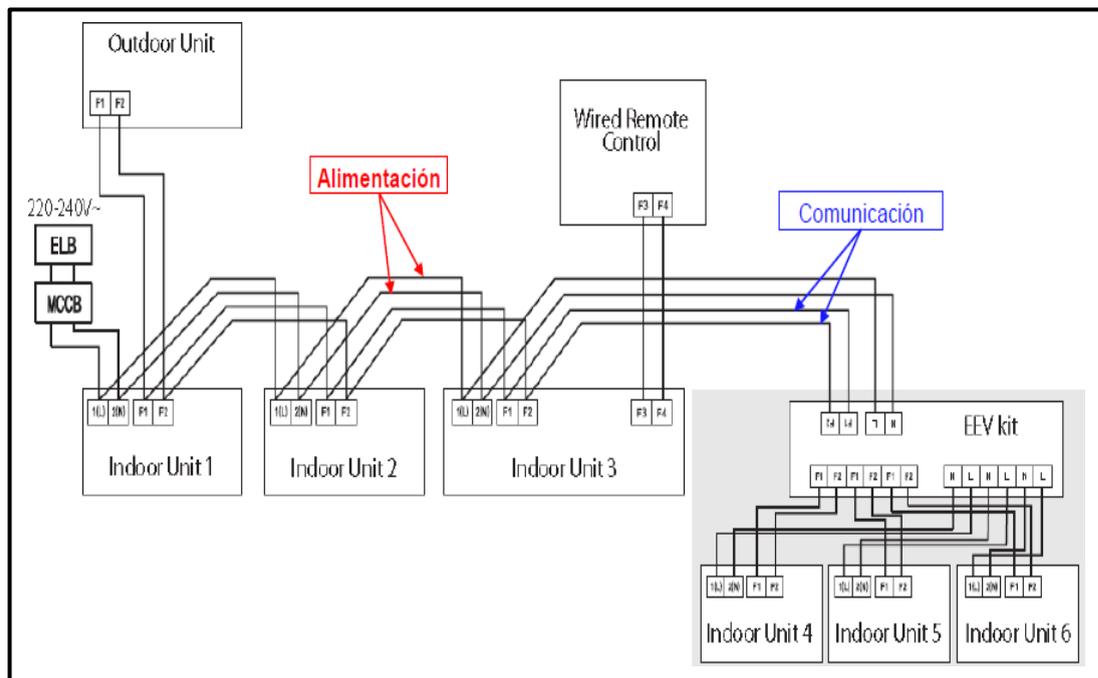
Fuente: Manual de instalación DVM S SAMSUNG.

## Unidad Evaporadora – Cableado

- Apague todas las fuentes de alimentación antes de trabajos de montaje eléctrico.
- Conecte el cable de alimentación [1(L), 2(N)] & el cable de comunicación [ F1, F2 ]
- \* El cable de comunicación entre la Unidad Condensadora y Unidad Evaporadora no tiene polaridad.
- \* La longitud máxima del cableado entre la Unidad Condensadora y la Unidad Evaporadora más alejada es 1000m.

Ver figura 4.87.

Figura 4.87 ESQUEMA DE CONEXIÓN CABLE DE CONTROL



Fuente: Manual de instalación DVM S SAMSUNG.

## Unidad Evaporadora - selección de cableado

Alimentación	MCCB	ELB	Cable	Cable tierra	Cable de comunicación
Max: 242V Min :198V	XA	XA 30mA 0.1S	2.5mm <sup>2</sup>	2.5mm <sup>2</sup>	0.75~1.5 mm <sup>2</sup>

- Decide la llave térmica ELB y MCCB de protección eléctrica.

$$\text{La capacidad de ELB, MCCB X [A]} = 1.25 \times 1.1 \times \sum A_i$$

\* X: Capacidad de ELB, MCCB

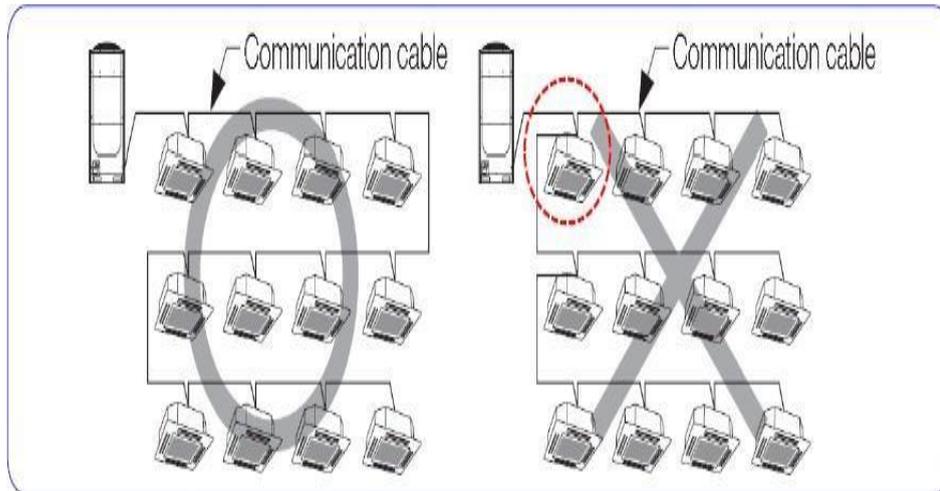
\*  $\sum A_i$ : Sumatoria de las intensidades nominales de los evaporadores.

\* Consulte cada manual de instalación acerca de la corriente nominal de la unidad interior.

Corriente Nominal de tipos de evaporador:

UNIDAD	MODELO	CORRIENTE NOMINAL (A)
M***FN1DEH* Cassette 1via	**022**	0.20
	**028**	0.23
	**036**	0.25
AM***FN2DEH* cassette	**056**	0.38
	**071**	0.40
AM***FN4DEH*	**045**	0.22
	**056**	0.22
	**071**	0.31
	**090**	0.43
	**112**	0.55
	**128**	0.51
	**140**	0.62

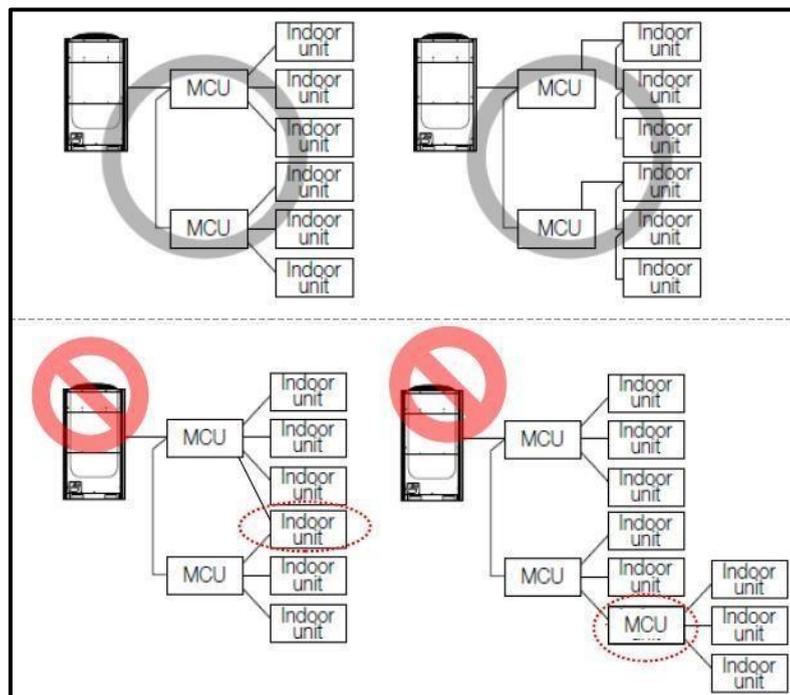
Figura 4.88 ESQUEMA DE CABLEADO DE COMUNICACION



Fuente: Manual de instalación DVM S SAMSUNG.

### MCU – Unidad Condensadora hacia MCU

Figura 4.89 ESQUEMA DE CABLEADO DE COMUNICACION

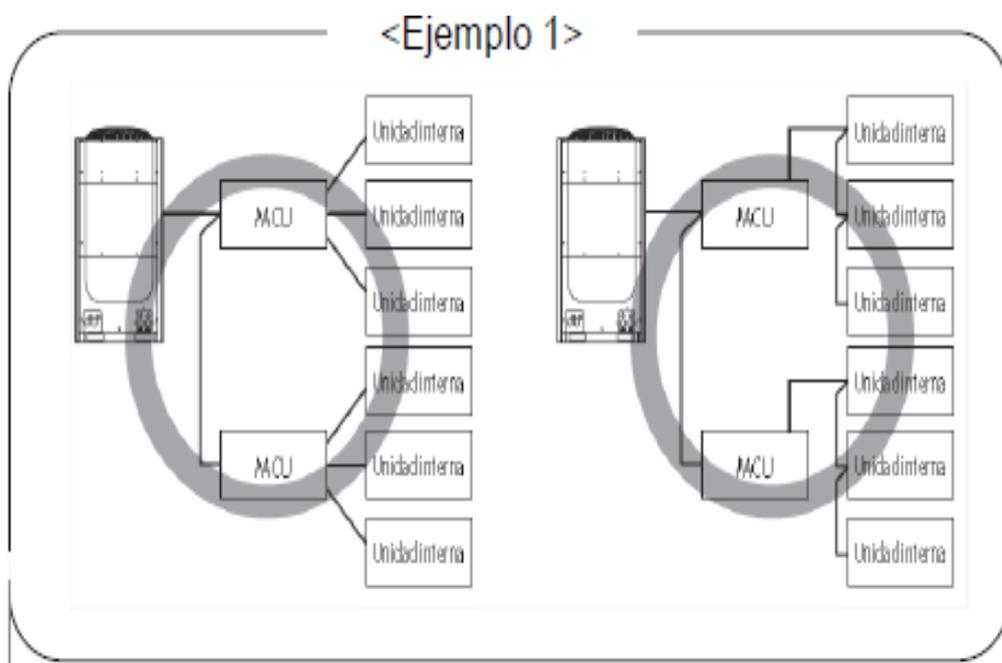


Fuente: Manual de instalación DVM S SAMSUNG.

## MCU - Conexión del MCU hacia Unidad Evaporadora

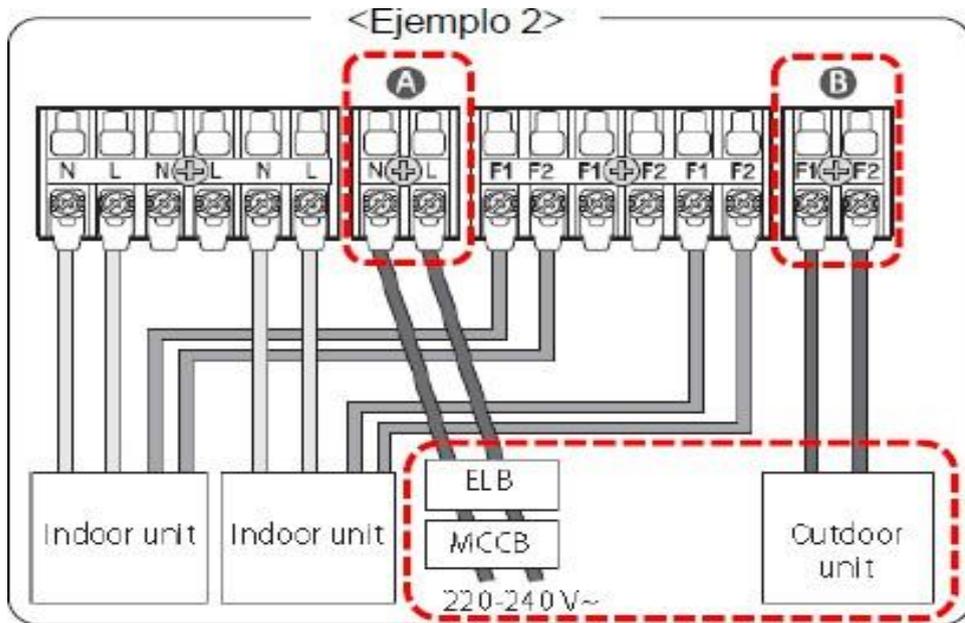
- Máximo 6 IDU (Evaporadores) pueden ser conectadas a cada MCU.
- Conectar alimentación principal & Cable de comunicación para "A" & "B"
- Conectar cada IDU los bloques de terminales.
- Terminales de alimentación: 3ea of N/L (Jump conexión).
- Terminales de comunicación: 3ea of F1/ F2 (Jump conexión).

Figura 4.90 EJEMPLO 1 DE CONEXIÓN DE MCU



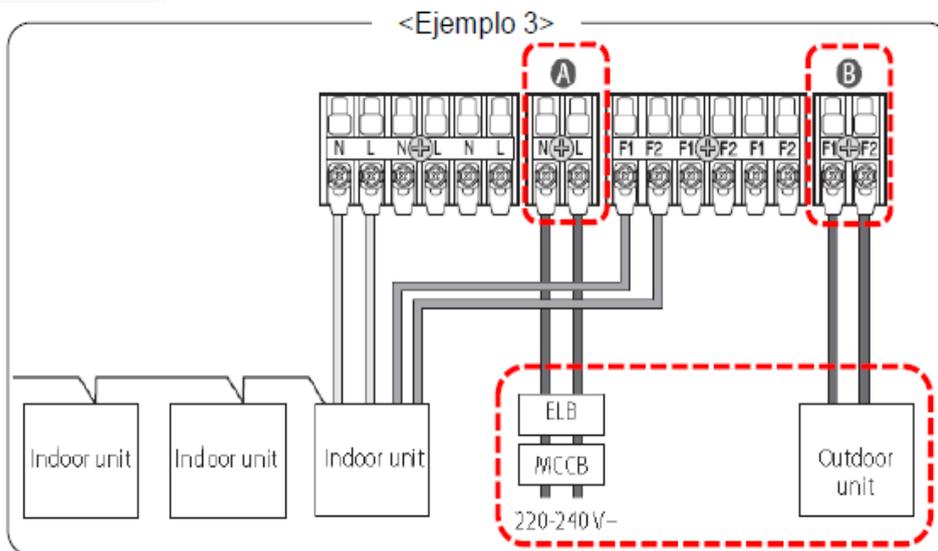
Fuente: Manual de instalación DVM S SAMSUNG.

Figura 4.91 EJEMPLO 2 DE CONEXIÓN DE MCU



Fuente: Manual de instalación DVM S SAMSUNG.

Figura 4.92 EJEMPLO 2 DE CONEXIÓN DE MCU



Fuente: Manual de instalación DVM S SAMSUNG.

#### **4.6.4.10 Proceso de estanqueidad, hermeticidad y carga de refrigerante**

Se realizó la prueba de presión para verificar posibles fugas con gas Nitrógeno en las tuberías de refrigeración.

Procedimiento:

Final de cada tubo → Conectar la manguera → Presurización con Nitrógeno  
→ Prueba por 24 horas, si no se mantienen buscar la fuga, figura 4.93.

Prueba Presión

R- 410A:  $42.1 \text{ Kg/cm}^2 = 4.13 \text{ Mpa} = 600 \text{ PSI}$

Correlación entre la presión y la temperatura:

**Temp, 1°C creciente → Presión 0.1 Kg/cm<sup>2</sup> (1.4 PSI) subiendo**

**Temp, 1°C caída → Presión 0.1 Kg/cm<sup>2</sup> (1.4 PSI) bajando**

Ejemplo: Al recibir la presión, esa condición fue  $41 \text{ Kg/cm}^2$  (583 PSI) a 25°C.

Después de 24 horas más tarde, muestra  $40.5 \text{ Kg/cm}^2$  (578 PSI) a 20°C, entonces podemos decir que no hay fuga en el sistema.

Figura 4.93 PROCESO DE ESTANQUEIDAD CON NITROGENO

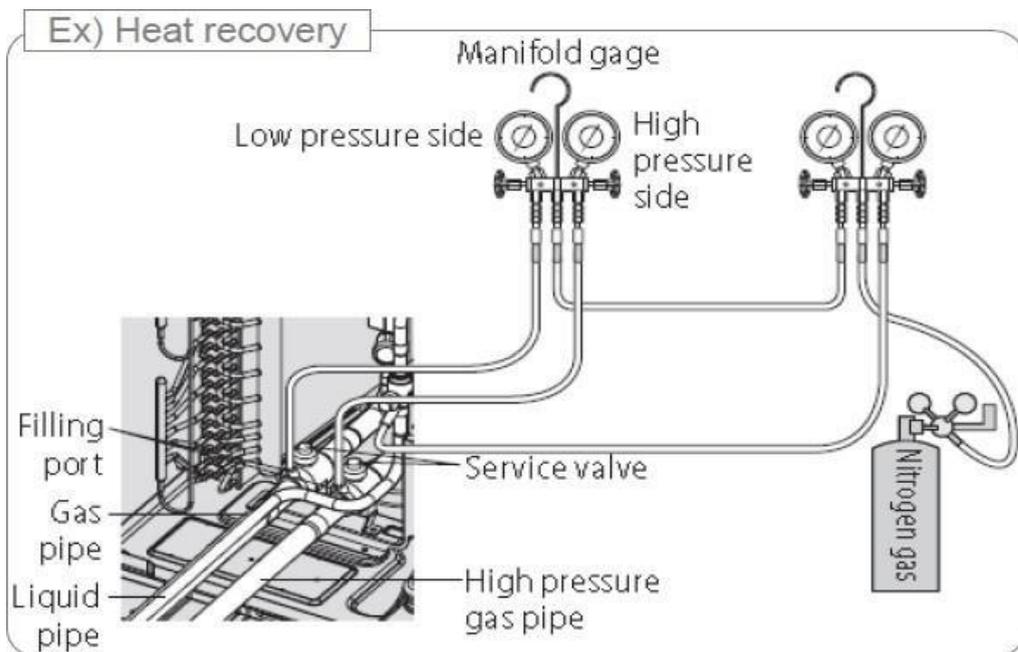
### Presurización con Nitrógeno

1. Mantiene 4.1MPa durante 24 horas. Si no hay fugas, entonces presionar a 1 MPa.
2. Si hay una caída de presión y luego encontrar el punto de fuga y
3. Mantener 1 MPa (145 psi) hasta enlazar las unidades interiores / exteriores para evitar la corrosión en los tubos de cobre.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.94 CIRCUITO DE CONEXION PARA PROCESO DE ESTANQUIDAD

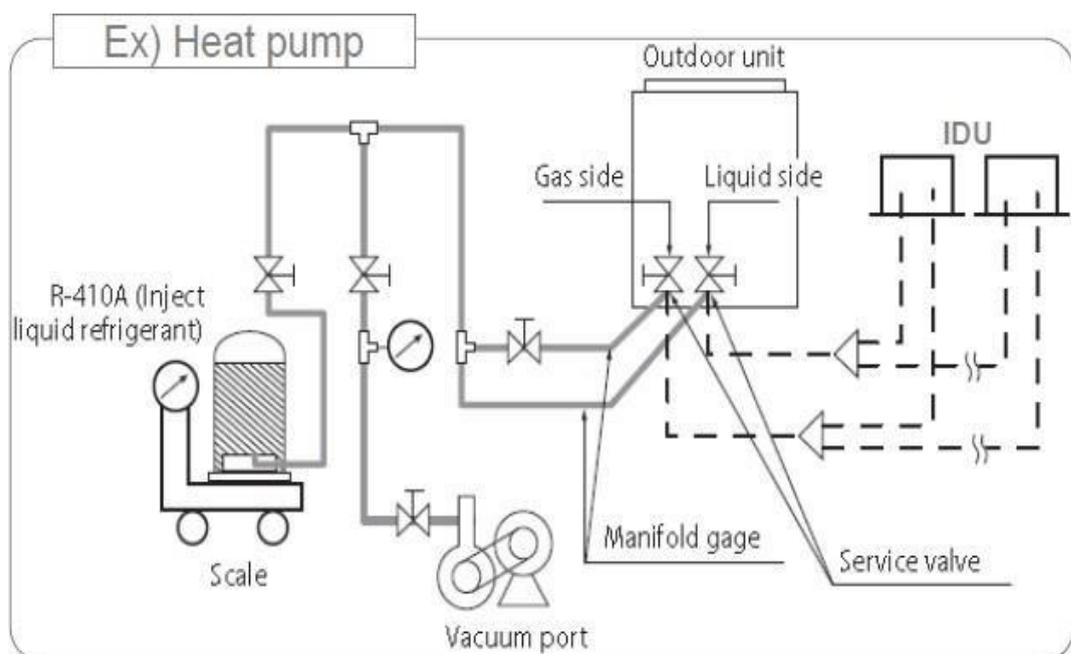


Fuente: Manual de instalación DVM S SAMSUNG.

Luego de confirmar la hermeticidad del sistema, se procede a realizar el vacío del sistema con una bomba de vacío, manómetro de refrigerante R410A y un vacuometro digital, ver figura 4.95.

Se conecta la bomba de vacío a cada válvula de servicio de la unidad condensadora, Aspirar el sistema hasta que el vacuometro marque 500micrones luego detener la bomba, compruebe si el vacío en el sistema se mantiene o no.

Figura 4.95 CIRCUITO DE CONEXION PARA PROCESO DE VACIO



Fuente: Manual de instalación DVM S SAMSUNG.

Luego de verificar el correcto procedimiento de estanqueidad y vacío se procede a realizar la recarga de gas refrigerante R410A al sistema, la cantidad adicional de refrigerante por unidad condensadora se encuentra

en el reporte del software DVM Pro de selección de sistema de volumen de refrigerante variable.

Para realizar la recarga de refrigerante adicional se necesita de una balanza electrónica que cuente con función tara, conectamos la manguera de servicio del manómetro al balón de refrigerante luego abrimos la llave del balón de refrigerante y luego realizamos una purga para evitar introducir humedad al sistema, se afloja la manguera de servicio en el acople que va al manómetro hasta que bote un poco de refrigerante a presión, luego se invierte el balón de refrigerante para poder cargar el refrigerante en fase líquida por la línea de líquido del manómetro, se coloca el balón invertido en la balanza electrónica y se aplica tara a cero, se procede a abrir la válvula de la línea de líquido del manómetro para cargar refrigerante en fase líquida y en la balanza indica el peso que ingresa al sistema en negativo ese peso debe llegar hasta la cantidad necesaria para el sistema según el reporte del software DVM pro, ver figura 4.96 y 4.97.

Figura 4.96 BALANZA ELECTRONICA Y BALON DE REFRIGERANTE R410A



Fuente: Internet, [www.climasmonterrey.com](http://www.climasmonterrey.com)

Figura 4.97 PROCESO DE CARGA DE REFRIGERANTE



Fuente: Elaboración propia.

#### 4.6.5 Realizar protocolos y puesta en marcha del sistema

Figura 4.98 PROTOCOLO DE ESTANQUEIDAD

<p><b>SAMSUNG</b></p> <p><b>PROTOCOLO DE ESTANQUEIDAD</b></p> <p>Fecha: Cliente: Instalador:</p> <p>Presurización de sistema con nitrógeno a 600Psi por 24hrs. Inicio: Hora/día/mes/año Foto</p> <p>Fin: Hora/día/mes/año Foto</p> <p>Se cumplió satisfactoriamente: Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/></p> <p>Observaciones:</p>
--

Fuente: Manual de instalación DVM S SAMSUNG.

Figura 4.98 PROTOCOLO DE ESTANQUEIDAD

**SAMSUNG**

**PROTOCOLO DE VACIO**

Fecha:  
Cliente:  
Instalador:

Proceso de vacio con vacuometro hasta llegar a 500 micrones, luego se debe mantener por un periodo de 30min.  
Inicio: Hora/dia/mes/año  
Foto

Fin: Hora/dia/mes/año  
Foto

Se cumplio satisfactoriamente:  
Si   
No

Observaciones:

Fuente: Manual de instalacion DVM S SAMSUNG.

Luego de verificar que los protocolos de estanqueidad y vacío se realizaran satisfactoriamente sin observaciones, se procede a realizar el autotest que es una prueba que realiza el sistema probando tanto la parte mecánica, eléctrica, electrónica y carga de refrigerante, esta autoinspección que realiza la máquina puede durar de 45min a 1 hora, si la máquina al finalizar la autoinspección no emite ningún código de error nos da la seguridad y visto bueno del funcionamiento del sistema de volumen de refrigerante variable. Este procedimiento se debe realizar por cada sistema, si no se realiza la autoinspección el sistema tendrá bloqueados los equipos y no se puede poner en operación el sistema de volumen de refrigerante variable.

## V. EVALUACIÓN TÉCNICO- ECONÓMICO

En el quinto capítulo se muestra el presupuesto que implica implementar un proyecto de esta magnitud, así como las bondades y alcances de la implementación del sistema de volumen de refrigerante variable para el hotel Ibis Reducto, desde el punto de vista económico y de conveniencia del propietario quien eligió la siguiente propuesta:

N°	ITEM	UNID.	CANT.	PRECIO UNITARIO (USD)	PRECIO TOTAL(USD)
1	Condensadora DVMS 8 HP Heat Recovery( 380V, 60hz, 3F) AM080FXVAGR/EU	Unid.	3	6,900.00	20,700.00
2	Condensadora DVMS 12 HP Heat Recovery ( 380V, 60hz, 3F) AM120FXVAGR/EU	Unid.	3	8,800.00	26,400.00
3	Condensadora DVMS 14 HP Heat Recovery ( 380V, 60hz, 3F) AM140FXVAGR/EU	Unid.	3	10,500.00	31,500.00
4	Condensadora DVMS 16 HP Heat Recovery ( 380V, 60hz, 3F) AM160FXVAGR/EU	Unid.	3	10,900.00	32,700.00
5	Condensadora DVMS 18 HP Heat Recovery ( 380V, 60hz, 3F) AM180FXVAGR/EU	Unid.	9	11,900.00	107,100.00
6	Condensadora DVMS 22 HP Heat Recovery ( 380V, 60hz, 3F) AM220FXVAGR/EU	Unid.	1	14,100.00	14,100.00
7	Evaporador Cassete de 4 vías 24 k BTU AM024FN4DCH/AA	Unid.	28	520.00	14,560.00
8	Evaporador Split modelo Neo Forte de18 k BTU AM018FNTDCH/AA	Unid.	47	420.00	19,740.00
9	Evaporador Split modelo Neo Forte de24 k BTU AM024FNTDCH/AA	Unid.	2	520.00	1,040.00
10	Evaporador Ducto MSP de 24 k BTU AM024FNMDCH/AA	Unid.	1	600.00	600.00
11	Evaporador Split modelo Neo Forte de20 k BTU AM020FNTDCH/AA	Unid.	110	490.00	53,900.00
12	MCU KIT - 6ROOM H/R ONLY - MCU-S6NEE1N	Unid.	20	1,580.00	31,600.00
13	MCU KIT - 4ROOM H/R ONLY - MCU-S4NEE1N	Unid.	18	1,263.75	22,747.50

N°	ITEM	UNID.	CANT.	PRECIO UNITARIO (USD)	PRECIOTOTAL (USD)
14	Control individual SYSTEM CONTROLLER MWR-WE10N	Unid.	1	80.00	80.00
15	Panel decorativo del evaporador Cassette PC4NUSKFN	Unid.	28	173.75	4,865.00
16	Control Remoto inalámbrico - MR-DH00	Unid.	190	25.00	4,750.00
17	Branch ó distribuidor de cobre	Unid.	173	190.00	32,870.00
18	Instalación de unidad Evaporadora	Unid.	188	80.00	15,040.00
19	Instalación de caja Recuperadora	Unid.	38	100.00	3,800.00
20	Instalación de unidad Condensadora	Unid.	22	140.00	3,080.00
21	Instalación de Termostatos	Unid.	1	40.00	40.00
22	Tubería de refrigeración de 3/8"	ml	900	3.00	2,700.00
23	Tubería de refrigeración de 1/2"	ml	300	4.50	1,350.00
24	Tubería de refrigeración de 5/8"	ml	900	6.00	5,400.00
25	Tubería de refrigeración de 3/4"	ml	500	8.00	4,000.00
26	Tubería de refrigeración de 7/8"	ml	400	9.50	3,800.00
27	Tubería de refrigeración de 1"	ml	300	11.50	3,450.00
28	Tubería de refrigeración de 1 1/8"	ml	350	13.00	4,550.00
29	Tubería de refrigeración de 1 3/8"	ml	350	15.00	5,250.00
30	Tubería de refrigeración de 1 1/2"	ml	500	16.00	8,000.00
31	Tubería de refrigeración de 1 5/8"	ml	500	19.00	9,500.00
32	Gas refrigerante R410 A	Balón	40	120.00	4,800.00
33	Cableado de control incluye cable NH80 (cero halógeno) y entubado con tubo conduit rígido de 1/2" de espesor, accesorios.	Global	1	14,000.00	14,000.00
34	Instalación de tuberías de refrigeración incluye nitrógeno, equipo de soldar oxi - acetileno, accesorios de cobre y varillas de cobre de 5-10% de plata.	Global	1	80,000.00	80,000.00
35	Instalación mecánica y eléctrica, incluyendo lo siguiente: izaje, montaje "in situ", presurización del sistema con refrigerante, aislamiento térmico para la tubería de cobre, instalación de tubería de refrigeración, instalación de accesorios, pruebaspre operacionales y puesta en marcha. El cliente suministrará el punto de acometida eléctrica.	Unid.	22	140.00	3,080.00

N°	ITEM	UNIDAD	CANT.	PRECIO UNITARIO (USD)	PRECIOTOTAL (USD)
36	Suministro e instalación de ductos del sistema de aire acondicionado a instalarse en ambiente de la tienda todos fabricado en plancha de acero galvanizado y diseñados según planos suministrados.	Global	1	500.00	500.00
37	Suministro e instalación de Ductos Flexibles de 8" de diámetro.	Global	1	40.00	40.00
38	Suministro e instalación de Ductos Flexibles de 10" de diámetro.	Global	1	80.00	80.00
39	Suministro e instalación de aislamiento térmico para los ductos de aire acondicionado, fabricado en colchoneta de lana de vidrio de 1 1/2" de espesor (Densidad=16kg/m3). Exteriormente llevará una lámina de foil de aluminio como barrera de vapor.	Global	1	24,000.00	24,000.00
40	Suministro e instalación de Difusores, todos fabricado en plancha galvanizada pintado con base zincromato y pintura de acabado del color a definir por el propietario.	Global	1	200.00	200.00
41	Suministro e instalación de Rejillas de retorno, todos fabricado en plancha galvanizada pintado con base zincromato y pintura de acabado del color a definir por el propietario.	Global	1	180.00	180.00
42	Maniobra de izaje de unidades condensadoras hasta la azotea con grúa telescópica.	Global	1	6,000.00	6,000.00
43	Supervisión, residente en obra, prevencionista, seguros contra todo riesgo, transporte de materiales y herramientas, gastos administrativos.	Global	1	4,000.00	4,000.00
				<b>Sub Total</b>	<b>626,092.50</b>
				<b>IGV 18%</b>	<b>112,696.65</b>
				<b>Total</b>	<b>738,789.15</b>

## **VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **6.1 Conclusiones**

Se implementó el sistema de volumen de refrigerante variable en el hotel Ibis reducto en Miraflores, logrando climatizar todas sus áreas y obteniendo el confort deseado para las habitaciones, áreas comunes, lobby, etc. A su vez la satisfacción de los huéspedes y los empleados del hotel.

Se inspecciono la infraestructura del proyecto, se realizó las coordinaciones necesarias para tener los accesos necesarios para la implementación del sistema de volumen de refrigerante variable, también se coordinó con las otras especialidades logrando una instalación sin cruces y modificaciones.

Se seleccionó gracias a la ayuda del software DVM Pro de SAMSUNG, se logró una correcta selección del sistema de volumen de refrigerante variable para el hotel Ibis.

Gracias al desarrollo de los cronogramas de actividades y procesos, se pudo llevar un orden y cumplir con las fechas establecidas del proyecto.

Se realizó un exhaustivo control de calidad de materiales y procesos, cumpliendo así con todos los pasos y procesos establecidos por el

fabricante, el mismo que realizó una inspección de toda la instalación y dio su conformidad de buena instalación.

Se realizó en conjunto con el área de servicios del fabricante, las revisiones finales a la instalación con protocolos pre arranque y luego con el auto test de arranque del sistema, se realizaron los protocolos de pruebas de arranque y funcionamiento y el fabricante emitió el certificado correspondiente de garantía por el sistema de volumen de refrigerante variable.

## **6.2 Recomendaciones**

Se recomienda realizar mantenimientos periódicos al sistema de volumen de refrigerante variable con el fin de alargar su vida útil. El mismo debería darse en una frecuencia trimestral.

Se recomienda instalar un control centralizado que pueda monitorear todas las unidades y poder saber el estatus del sistema sin necesidad de ir hasta la azotea y revisar sistema por sistema. Con este monitoreo mediante un control centralizado se puede saber si los equipos se encuentran en funcionamiento, apagado, alarmados o si algún huésped se retiró y dejó prendido el equipo se puede apagar desde el control centralizado, además de contar con historial de errores y configuración personalizada por áreas y nombres. También se puede lograr un monitoreo desde un Smartphone que cuente con la aplicación.

## VII. REFERENCIAS

1. NERGIZA. **¿Qué es un sistema de climatización VRF?**  
Disponible en: <https://nergiza.com/que-es-un-sistema-de-climatizacion-vrf/>. Consultada el 4 de abril del 2017.
2. ACR LATINOAMERICA. **El ABC de un sistema VRF.** *Sistemas VRF y su impacto en Latinoamérica*. Vol. 8: Agosto 2015.
3. GUTIERREZ GIRALDO, Daniel. **SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN PARA HOTEL CUATRO ESTRELLAS UBICADO EN LA CIUDAD DE LIMA.** Tesis Título de Ingeniero Mecánico. Lima. Pontificia Universidad Católica del Perú. Facultad de ciencias e ingeniería. 2009.
4. SORIANO TOVAR, Raúl Eduardo. **AHORRO DE ENERGIA EN HOTELES DE MEXICO.** Tesis Título de Ingeniero Mecatronico, México D.F. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de ingeniería. 2011.
5. OCAMPO SANCHEZ, Isaías. **PROYECTO DE UN SISTEMA DE ACONDICIONAMIENTO DE AIRE COMPLETO QUE SERVIRA PARA ACONDICIONAR OFICINAS EN POZA RICA, VERACRUZ.** Tesis Título de Ingeniero Mecánico, México D.F. Instituto Politécnico Nacional. Escuela superior de ingeniería mecánica y eléctrica. 2015.
6. PINTO LEGUIZAMON, Edgar. **PROPUESTA PARA INTEGRAR EL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO DEL EDIFICIO DE ADMINISTRACION II, AL SISTEMA DE MONITOREO DEL CENTRO DE CONTROL DEL CENTIC.** Tesis Título de Ingeniero Electrónico, Bucaramanga. Universidad Industrial de Santander. Facultad de ingenierías físico – mecánicas. 2011.

7. PERAZA GARCIA, Jesús. **COMPARACIÓN TÉCNICO-ECONÓMICA ENTRE LOS SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO DE AGUA HELADA Y VRF.** Tesis Título de Ingeniero Mecánico, Sartenejas. Universidad Simón Bolívar. Facultad de Ingeniería Mecánica. 2016.
  8. NARANJO CORDOVA, José y GUALOTUÑA GUALOTUÑA, Milton. **DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO TIPO VRV PARA EL LABORATORIO DE TRANSFERENCIA DE CALOR.** Tesis Título de Ingeniero Mecánico, Quito. Universidad Politécnica Salesiana. Facultad de Ingeniería Mecánica. 2014.
- ▮ CATALOGO SYSTEM AIR CONDITONING DVM S SAMSUNG 2016.
  - ▮ MANUAL DE INSTALACION DVM S SAMSUNG 2013.
  - ▮ ASHRAE HANDBOOK, FUNDAMENTALS, 2007.