

**SELECCIÓN Y ADQUISICIÓN DE TRANSDUCTORES DE TEMPERATURA
PARA EL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO DEL LABORATORIO DE
REFRIGERACION DE LA IUPB.**

**DIEGO ALEXANDER ZULUAGA GALLEGO
GERMAN ANDRES MARIN LONDOÑO
GUSTAVO HUMBERTO URIBE MARIN**

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO
FACULTAD DE INGENIERÍA
TECNOLOGÍA ELECTROMECAÁNICA
MEDELLÍN
2013**

**SELECCIÓN Y ADQUISICIÓN DE TRANSDUCTORES DE TEMPERATURA
PARA EL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO.**

**DIEGO ALEXANDER ZULUAGA GALLEGO
GERMAN ANDRES MARIN LONDOÑO
GUSTAVO HUMBERTO URIBE MARIN**

**Trabajo de Grado para Optar por el Título de Tecnólogo
en Electromecánica.**

**Asesor
ARLEY SALAZAR HINCAPIE
Ingeniero Mecánico**

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO
FACULTAD DE INGENIERÍA
TECNOLOGÍA ELECTROMECAÁNICA
MEDELLÍN
2013**

NOTAS DE ACEPTACIÓN

Presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Medellín, Octubre de 2013.

AGRADECIMIENTOS

A Dios quien hace posible todo lo que hemos logrado con el don de vida que nos ha regalado.

A nuestros padres que con su apoyo y motivación nos han forjado como profesionales íntegros.

A la institución universitaria Pascual Bravo y todos los docentes que han formado parte de nuestra educación universitaria.

A Arley Salazar Hincapié, asesor y líder del proyecto por su tiempo, dedicación y empeño en la construcción del laboratorio de refrigeración.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	13
1. EL PROBLEMA	14
2. JUSTIFICACIÓN	15
3. OBJETIVOS	16
3.1.OBJETIVO GENERAL	16
3.2.OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
4. REFERENTES TEORICOS	17
4.1 OBJETIVOS DEL CONTROL Y MONITOREO EN SISETMAS DE AIRE ACONDICIONADO.	17
4.1.1 Control De Temperatura En Sistemas De Aire Acondicionado	17
4.2 SENSORES DE TEMPERATURA	19
4.2.1 Detectores De Temperatura De Resistencia (RTD)	22
4.2.1.1 Detectores De Temperatura De Resistencia (RTD); Material BALCO	23
4.2.1.2 Detectores De Temperatura De Resistencia (RTD); Material PLATINO	23
4.2.1.3 Clasificación De Los Los Detectores De Temperatura De Resistencia (RTD)	24
4.2.1.4 Fuentes De Error De Los Detectores De Temperatura de Resistencia (RTD)	25
4.2.2 Termistores	25
4.2.3 Termopares	26
4.2.3.1 Tipos De Termopares	27
4.3 TIPOS DE CONTROL POR TEMPERATURA	30
4.3.1 Control Por Acción Directa	30

4.3.2. Control Por Acción Inversa	31
4.4 MEDICION DE TEMPERATURAS EN SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONANDO	31
4.4.1 Medición De Temperaturas Circuito De Refrigeración	32
5. METODOLOGIA	34
5.1. TIPO DE ESTUDIO.	34
5.2. MÉTODO.	34
5.3. POBLACIÓN.	34
5.4 TÉCNICAS PARA RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN	34
5.4.1 Fuentes primarias.	34
5.4.2 Fuentes secundarias.	34
5.5. PROCEDIMIENTO.	35
6. RESULTADOS DEL PROYECTO	36
6.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO INSTALADO EN EL LABORATORIO.	36
6.2 DEFINICIÓN DE LOS PUNTOS DE MEDICIÓN DE TEMPERATURA EN EL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO DEL LABORATORIO DE REFRIGERACIÓN.	37
6.2.1 Medición de Temperatura de Refrigerante en las líneas de refrigeración	37
6.2.2 Medición De Temperatura De Aire De Condensación; Succión De Aire Y Descarga De Aire.	38
6.2.3 Medición De Temperatura De Aire En La Descarga y Retoro De La Unidad Manejadora (UMA).	38
6.3 SELECCIÓN DE TRANSDUCTORES DE TEMPERATURA	39
6.3.1 Selección de Transductores para medición de temperatura de refrigerante	39

6.3.1.1 Características técnicas del termistor S2-15, 10K Type II.	40
6.3.2 Selección de Transductores para medición de temperatura de aire de condensación.	41
6.3.2.1 Especificaciones Técnicas.	42
6.3.3 Selección de Transductores para medición de temperatura de aire suministro y retorno en la unidad manejadora de aire (UMA).	43
6.3.4 Selección de equipos para medición Temperatura de aire en la Zona Acondicionada (termostato).	43
6.4 INSTRUCTIVO DE INSTALACIÓN DE TRANSDUCTORES DE TEMPERATURA ASOCIADOS AL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO	45
6.4.1 Procedimiento de Instalación de del termistor S2-15, 10K Type II.	45
6.4.2 Procedimiento de Instalación Transmisor de temperatura TE-DFG-E0844-00	46
6.4.3 Procedimiento de Instalación termóstato de zona Honeywell Focus PRO® TH6000.	46
7. CONCLUSIONES	51
8. RECOMENDACIONES	52
9. BIBLIOGRAFIA	53

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Termómetros y Sensores de Temperatura.	19
Tabla 2. Transductores de temperatura	21
Tabla 3. Características de los elementos más utilizados como RTD	23
Tabla 4. Tolerancias de un sensor RTD para un valor nominal de 100 ohmios.	24
Tabla 5. Tipos de termopares	28
Tabla 6. Comparación entre elementos de medida de temperatura	29
Tabla 7. Selección de Termistor para medición de temperatura sobre Superficie	40
Tabla 8. Selección del transductor de temperatura para aire de condensación	41

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Diagrama Humedad Relativa (HR) / temperatura (T) basados en zona de confort según ASHRAE 55-1992.	18
Figura 2. Tipos de Sensores de Temperatura	20
Figura 3. Detectores de temperatura de resistencia (RTD)	22
Figura 4. Termistor Topo NTC	26
Figura 5. Tipos de juntas de un termopar	27
Figura 6. Comparación de variación de voltaje o resistencia contra Temperatura	29
Figura 7. Control por Acción Directa.	30
Figura 8. Control Por Acción Inversa	31
Figura 9. Componentes de un ciclo de refrigeración por compresión de vapor.	32
Figura 10. Sistema de Aire Acondicionado Tipo Split.	33
Figura 11. Sistema de Aire acondicionado Laboratorio Pascual Bravo.	36
Figura 12. Ubicación de los puntos para medir temperatura de Refrigerante	37
Figura 13. Ubicación de los puntos para medir temperatura de aire de condensación.	38
Figura 14. Medición de temperatura de aire en la descarga y retorno de la unidad manejadora (UMA).	39
Figura 15. Dimensiones del Termistor S2-15	40
Figura 16. Transmisor de temperatura TE-DFG-E0844-00	42
Figura 17. Dimensiones del Termistor TE-DFG-E0844-00	42

Figura 18. Termostato Honeywell Seleccionado	45
Figura 19. Sujeción del bulbo sensor en la tubería de refrigeración	46
Figura 20. Aislamiento de bulbo sensor en un termistor	46
Figura 21. Instalación Sensor TE-DFG-E0844-00	47
Figura 22. Instalación de Termostato Focus PRO® TH6000 Paso 1	48
Figura 23. Instalación de Termostato Focus PRO® TH6000 Paso 2	48
Figura 24. Instalación de baterías Termostato Focus PRO® TH6000.	49
Figura 25. Conexión Eléctrica Termostato Focus PRO® TH6000.	49

RESUMEN

Este trabajo de grado consiste en la selección de unos transductores de temperatura para integrarlos a un sistema de automatización. El laboratorio de la institución Universitaria Pascual Bravo cuenta con un sistema de aire acondicionado el cual está en su fase de automatización, fase en la cual se espera tener como resultado un sistema monitoreado y controlado desde una central, para este control es necesario realizar la instalación de equipos que permitan la medición de temperatura en la zona y otros puntos del sistema, permitiendo así ejercer un control de acción directa por temperatura de confort en la zona y también una protección de los diferentes componentes del sistema frente a valores altos de temperatura que puedan desencadenar en fallas por recalentamiento de estos.

Para tales fines se ha realizado una fundamentación teórica con el fin de seleccionar los equipos adecuados que garanticen el mínimo error y los cuales cuenten con las características y exigencias del sistema de control y monitoreo de aire acondicionado en el Laboratorio de Refrigeración de la institución.

ABSTRACT

This work consists of the selection grade of temperature transducers for integration into an automation system. The laboratory of the Pascual Bravo has an air conditioning system which is in its phase of automation , phase which is expected to result in a monitored and controlled from a central control is needed for this installation equipment to enable the temperature measurement in the area and other parts of the system , thereby allowing to exert a direct action control comfort temperature area and also protection of the different components of the system to high values of temperature which can overheating trigger these failures.

To this end there has been a theoretical foundation in order to select the appropriate equipment to ensure minimum errors and which have the characteristics and requirements of the control and monitoring system for air conditioning in the laboratory of the institution.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo es una descripción del método de selección e instalación de transductores de temperatura usados en el campo del aire acondicionado y la refrigeración. En el cual se detallan los procedimientos para su selección en función de las temperaturas de trabajo de un ciclo de refrigeración por compresión de vapor en aplicaciones de confort y refrigeración de alimentos.

Con la selección de los transductores se diseñaran guías prácticas que serán de apoyo para la evaluación de los parámetros de operación del ciclo, lo que permitirá un diagnóstico en tiempo real del funcionamiento del sistema. Así mismo estos transductores serán enlazados al sistema de monitoreo y control centralizado a través de un controlador, al cual llegaran las señales puntuales de cada transductor que podrán apreciarse en una interfaz gráfica.

1. EL PROBLEMA

El laboratorio de refrigeración y aire acondicionado de la Institución Universitaria Pascual Bravo cuenta con un sistema Split de 5 TR, con el objetivo de realizar un diagnóstico en tiempo real de las variables de funcionamiento, se ha decidido controlar y monitorear de manera centralizada toda su operación, para tal fin es necesario contar con elementos como transductores de presión, humedad, temperatura, que permitan a través de una lógica de programación ejercer control para el ahorro energético y un monitoreo en las condiciones de operación del sistema.

La selección e instalación correcta de los transductores de temperatura permitirán monitorear temperaturas de confort en el espacio acondicionado, temperatura de aire de suministro, temperatura de aire de retorno, temperatura de aire de succión para condensación, temperatura de aire de descarga de condensación y temperaturas de succión y descarga de líquido refrigerante. Con estas variables se tendrá una etapa de caracterización del ciclo de refrigeración a través del controlador.

2. JUSTIFICACIÓN

Actualmente el mercado del aire acondicionado y la refrigeración están tomando un rumbo distinto al que este solía tener. El ahorro energético ha tocado las puertas de todos los campos de acción, con lo que se requieren sistemas más eficientes energéticamente, que conlleve a consumos acordes a las condiciones reales del entorno en cuestión.

A través de la implementación de un sistema de control y monitoreo de temperaturas, es posible realizar la operación de los equipos de manera que las condiciones térmicas permitan variaciones lógicas en el modo de funcionamiento de las unidades de condensación, evaporación y sus horarios de operación para obtener ahorros en consumo de energía eléctrica.

El Instituto Tecnológico Pascual se cuenta con un sistema split de aire acondicionado de 5 TR el cual es de volumen de aire variable, el monitoreo de la temperatura en los puntos relevantes del sistema permitirá la caracterización y será un punto de partida para determinar las condiciones que conllevarán a un ahorro energético en el sistema.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Seleccionar y adquirir los transductores de temperatura para el sistema de aire acondicionado del laboratorio de refrigeración de la IUPB, con el fin de establecer los diferentes puntos de medición en el ciclo de refrigeración.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar los transductores para el monitoreo de Temperaturas de aire de suministro y retorno en la unidad manejadora de aire acondicionado.
- Seleccionar los transductores para el monitoreo de temperaturas de aire de condensación en la unidad Condensadora.
- Estandarizar un instructivo de Instalación de todos los transductores de temperatura asociados al sistema de aire acondicionado.

4. REFERENTES TEÓRICOS

Con el fin de dar un mayor entendimiento y realizar una correcta selección de los transductores de temperatura se realizara una fundamentación teórica la cual consiste en una investigación de los equipos usados en la industria actual para el monitoreo y control de sistemas de aire acondicionado desde el punto de vista de las diferentes temperaturas involucradas en el ciclo de refrigeración por compresión de vapor.

4.1 OBJETIVOS DEL CONTROL Y MONITOREO EN SISETMAS DE AIRE ACONDICIONADO.

El control en sistemas de aire acondicionado se inicia con una comprensión de la construcción y el uso de los espacios acondicionados y controlados. Todo el sistema de control opera de acuerdo con unos principios básicos. La capacidad del sistema de aire acondicionado está diseñada típicamente para las condiciones extremas. La mayoría de la carga termina durante el funcionamiento se debe a variables tales como cargas solares, ocupación, las temperaturas ambiente, equipos y las cargas de iluminación las cuales van cambiando a través del día. Estas variaciones durante el día con respecto al diseño darán lugar a desequilibrio con respecto a la capacidad de diseño la cual en ocasiones será mayor que la carga real en la mayoría de los escenarios de operación. Sin un sistema de control, el sistema se volverá inestable y se tendrán algunas zonas con temperaturas de sobrecalentamiento o subenfriamientos

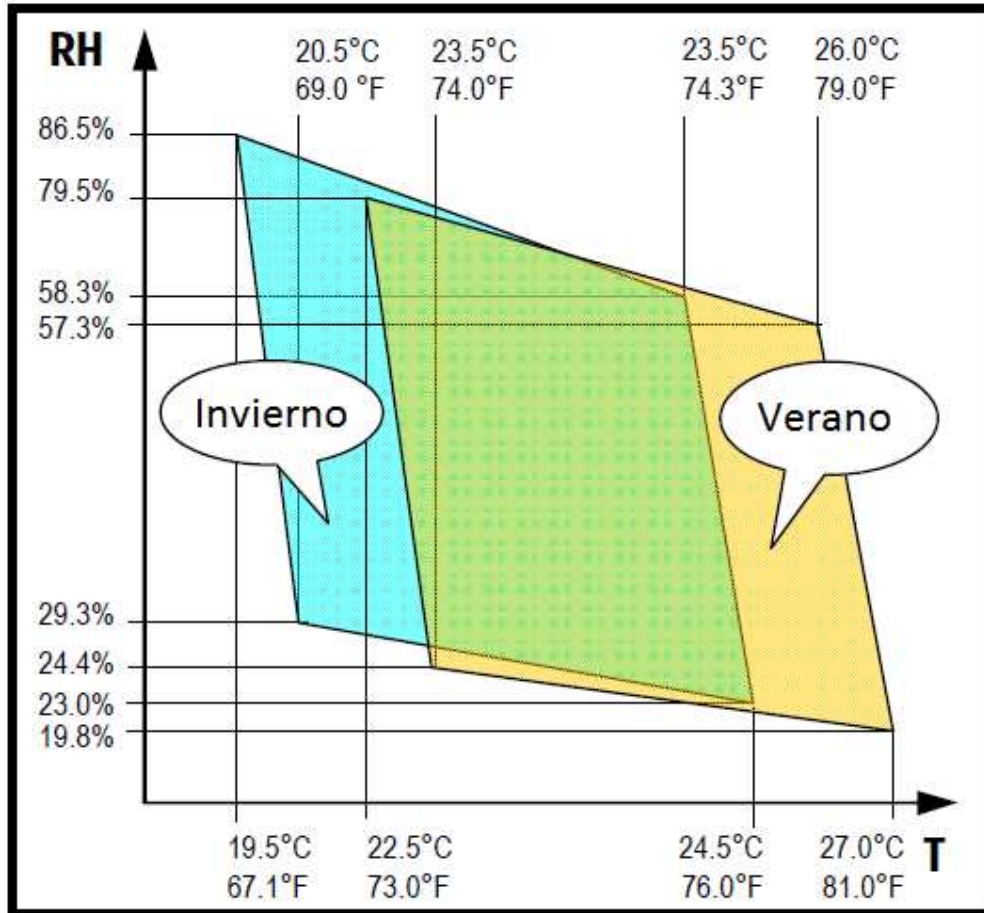
El control es esencial para el funcionamiento seguro y eficiente de un edificio moderno. El sistema de control más que mantener el interior de un edificio en condiciones de confort para el ocupantes, mantiene el sistema de aire acondicionado bajo parámetros operativos manera eficiente, para asegurar que toda la planta opere de manera segura en el caso de cualquier imprevisto

El énfasis actual en la conservación de la energía y la reducción desde las emisiones de gases de efecto invernadero ha aumentado la importancia de los controles en este tipo de sistemas.

4.1.1 Control De Temperatura En Sistemas De Aire Acondicionado

Un entorno adecuado se describe con cuatro variables: temperatura, humedad, presión y ventilación. el código ASHRAE 55-1992 sugiere los siguientes rangos de temperatura de confort térmico en general los cuales se describe en la figura 1.

Figura 1. Diagrama Humedad Relativa (HR) / temperatura (T) basados en zona de confort según ASHRAE 55-1992.



Fuente: Conditions Of Thermal Comfort Influence of humidity and temperature on personal well-being, 2010. P1.

Estos valores tienen un impacto en los sistemas de control del sistema de aire acondicionado: Se puede ahorrar energía cuando los espacios interiores se controlan tanto la humedad y la temperatura, ya que por ejemplo, cuando la humedad es baja, una temperatura más alta es aceptable y la refrigeración no es necesario. En un sistema que sólo es controlada por la temperatura, calentamiento o enfriamiento innecesario se pueden hacer incluso si las condiciones están aún dentro de la zona de confort

4.2 SENSORES DE TEMPERATURA

Los sensores miden el medio controlado y proporcionar información un controlador con condiciones relativas de una manera exacta y repetible. Las variables comunes HVAC son temperatura, presión, velocidad de flujo y la humedad relativa. La ubicación de los sensores es fundamental para lograr un buen control. En la detección de las condiciones de espacio, el dispositivo no debe estar en la trayectoria de la radiación solar directa ya que daría una falsa lectura. En las tuberías o conductos, los sensores deben estar dispuestos de manera que la parte activa del dispositivo se sumerja completamente en el líquido y que la posición detecte la condición media.

La temperatura es la variable más ampliamente medido en los sistemas de aire acondicionado, existen varios tipos de sensores. Los dispositivos mecánicos son, en general, baratos y fiables. La salida es un desplazamiento físico que se utiliza para directamente operar un interruptor; el ejemplo más común es el termostato de ambiente. El punto de ajuste se puede variar de manera física.

En la tabla 1 siguiente se indican algunos tipos de termómetros y sensores de temperatura usuales junto a algunas de sus características más notables.

Tabla 1. Termómetros y Sensores de Temperatura.

Tipo de termómetro	Rango Nominal [°C]	Costo	Linealidad	Características Notables
Termómetro de mercurio	-10 a 300	Bajo	Buena	Simple, lento y de lectura manual.
Termorresistencia (Pt, Ni, etc.) RTD (Resistance Temperature Detectors)	-150 a 600	Medio	Alta	Exactitud
Termocupla	-150 a 1500	Bajo	Alta	Requiere referencia de temperatura.
Termistor	-15 a 115	Medio	No lineal	Muy sensible.
Integrado Lineal		Medio	Muy alta	Fácil conexión a sistemas de toma de datos.
Gas	-20 a 100	Medio	Buena	No muy versátil
Diodos	-200 a 50	Bajo	Alta	Bajo costo

Fuente: Interfacing sensors to the IBM PC, W. J. Topkins and J. G. Webster, Prentice Hall, N.J. (1988). P89.

El principio de funcionamiento de un sensor de temperatura implica la expansión térmica del metal o de gas y un cambio en las características eléctrica. A continuación en la figura 2 se presentan los tipos comunes de sensores de temperatura.

Figura 2. Tipos de Sensores de Temperatura.



Fuente: Interfacing sensors to the IBM PC, W. J. Topkins and J. G. Webster, Prentice Hall, N.J. (1988). P92.

Entre los transductores de temperatura usados en la adquisición de datos, tenemos los detectores de temperatura de resistencia (RTD), termistores, sensores de IC y termopares.

La selección de estos transductores de temperatura adecuados y su correcta utilización puede marcar la diferencia entre unos resultados equívocos en el proceso de caracterización térmica en un sistema de aire acondicionado.

Los transductores eléctricos de temperatura se basan en fenómenos que son afectados por la temperatura, entre los cuales tenemos:

- Variación de resistencia en un conductor (sondas de resistencia).
- Variación de resistencia de un semiconductor (termistores).
- Fem creada en la unión de dos metales distintos (termopares).
- Intensidad de la radiación total emitida por el cuerpo (pirómetros de radiación).
- Otros fenómenos utilizados en laboratorio (velocidad del sonido en un gas, frecuencia de resonancia de un cristal, etc.)

Los metales puros tienen un coeficiente de resistencia de temperatura positivo bastante constante. El coeficiente de resistencia de temperatura, es la razón de cambio de resistencia al cambio de temperatura. Un coeficiente positivo significa que la resistencia aumenta a medida que aumenta la temperatura. Si el coeficiente es constante, significa que el factor de proporcionalidad entre la resistencia y la temperatura es constante y que la resistencia y la temperatura se graficarán en una línea recta. (Moreno, 2002)

Cuando se usa un alambre de metal puro para la medición de temperatura, se le refiere como detector resistivo de temperatura o RTD. Cuando se usan óxidos metálicos para la medición de temperatura, el material de óxido metálicos conformado en forma que se asemejan a pequeños bulbos o pequeños capacitores. El dispositivo formado así se llama Termistor. Los termistores tienen coeficientes de temperatura negativos grandes que no son constantes. En otras palabras, el cambio de resistencia por unidad de cambio de temperatura es mucho mayor que para el metal puro, pero el cambio es en la otra dirección: la resistencia disminuye a medida que se aumenta la temperatura

El hecho de que el coeficiente no sea constante significa que el cambio en la resistencia por unidad de cambio de temperatura es diferentes a diferentes temperaturas. La linealidad extrema de los termistores los hace poco apropiados para la medición de temperatura a través de rangos amplios. Sin embargo, para la medición de temperaturas dentro de bandas angostas, están muy bien dotados pues dan una gran respuesta a un cambio de temperatura pequeño. Como regla general, los termistores son preferibles cuando la banda de temperaturas esperada es angosta, mientras que los RTD son preferibles cuando la banda de temperatura esperada es amplia. Ningún transductor es el mejor en todas las situaciones de medida, por lo que se tiene que saber cuándo debe utilizarse cada uno de ellos. (Moreno, 2002). Como se puede observar, en la Tabla 2, refleja los factores que deben tenerse en cuenta: prestaciones, alcance efectivo, precio y comodidad, de los transductores.

Tabla 2. Transductores de Temperatura

	RTD	Termistor	Sensor de IC	Termopar
Ventajas	Más estable. Más preciso. Más lineal que los Termopares.	Alto rendimiento Rápido Medida de dos hilos	El más lineal El de más alto rendimiento Económico	Autoalimentado Robusto Económico Amplia variedad formas físicas Amplia gama de temperaturas
Desventajas	Caro. Lento. Precisa fuente de alimentación. Pequeño cambio de resistencia. Medida de 4 hilos Autocalentable	No lineal. Rango de Temperaturas limitado. Fragil. Precisa fuente de alimentación. Autocalentable	Limitado a < 250 °C Precisa fuente de alimentación Lento Autocalentable Configuraciones limitadas	Lineal Baja tensión Precisa referencia El menos estable El menos sensible

Fuente: Diseño construcción y operación de un prototipo de sistema “hvac” aplicación al control de flujo y temperatura. 2002. P51.

4.2.1 Detectores De Temperatura De Resistencia (RTD)

Los detectores de temperatura de resistencia (RTD) operan bajo el principio de cambios de la resistencia eléctrica de un metal son predecibles y se comporta de una manera esencialmente lineal y repetible con cambios en la temperatura. Los detectores de temperatura de resistencia tiene un coeficiente de temperatura positivo (resistencia aumenta con la temperatura). La resistencia del elemento a una temperatura base es proporcional a la longitud del elemento y la inversa de la área de la sección transversal. Los materiales comunes utilizados en el sensor RTD son de alambre BALCO, cobre, platino, Termistores 10K y Termistores 30K.

La figura 3 ilustra la forma de este tipo de detectores de temperatura.

Figura 3. Detectores de temperatura de resistencia (RTD)



Fuente: Fundamentals of HVAC Controls, 2008. P14

Las características principales de los elementos utilizados como detectores de resistencia, están listados en la tabla 3

Tabla 3. Características de los elementos más utilizados como RTD

<i>Material</i>	<i>Coficiente de Temperatura (a) entre 0° y 100 °C Ohms/Ohms °C</i>	<i>Resistividad a 0°C μOhms cm.</i>	<i>Rango útil de Temperatura °C</i>
Platino (Pt)	0,00392	9,81	-220 ~ +850
Cobre (Cu)	0,0043	1,529	- 70 ~ +150
Niquel (Ni)	0,00681	5,91	-100 ~ +300

Fuente: Diseño construcción y operación de un prototipo de sistema “hvac” aplicación al control de flujo y temperatura. 2002. P55.

4.2.1.1 Detectores De Temperatura De Resistencia (RTD); Material BALCO

Un sensor construido con un cable de BALCO, es una aleación de material resistivo recocido con una composición nominal de 70 por ciento de níquel y el 30 por ciento de hierro. Este tipo de resistor BALCO tienen una resistencia de 500 ohmios lo que proporciona una variación de la resistencia relativamente lineal -40 a 250 °F. El sensor es un dispositivo de baja densidad y responde rápidamente a los cambios en la temperatura. Cuando se mide 1.000 ohmios a través del elemento BALCO, la temperatura es de aproximadamente 70 °F. A medida que la temperatura aumenta, la resistencia cambia 2,2 ohmios por 1 °C. Esto se llama un coeficiente de temperatura de Curva de resistencia (TCR Curva). En un BALCO, ya que la resistencia tiene una relación directa es decir, a medida que aumenta la temperatura, la resistencia aumenta proporcionalmente. El rango de medición de temperatura con un detector BALCO es de -40 °a 240 °F.

4.2.1.2 Detectores De Temperatura De Resistencia (RTD); Material PLATINO.

Los sensores RTD – PLATINO, usan como material el platino el cual da una respuesta lineal y estable en el tiempo. En algunas aplicaciones una corta longitud de alambre se utiliza para proporcionar una resistencia nominal de 100 ohmios. Sin embargo, con un valor bajo de resistencia, el elemento de calentamiento espontáneo y cable del sensor de la resistencia del cable puede Efectuar la indicación de la temperatura. Con una pequeña cantidad de cambio de la resistencia del elemento. El sensor es relativamente inmune al calentamiento espontáneo y responde rápidamente a los cambios en temperatura.

Ventajas: Resistencia lineal con la temperatura, buena estabilidad, amplia gama de temperatura de funcionamiento Intercambiable en un amplio rango de temperaturas

Desventajas: el cambio pequeño de resistencia con la temperatura, las respuestas pueden ser más lentos , con sujeción a la libre calefacción, transmisor o tres para cuatro hilos se necesita un conducto de compensación de la resistencia de plomo, externa, requiere de alimentación del circuito.

4.2.1.3 Clasificación De Los Los Detectores De Temperatura De Resistencia (RTD)

En los EE.UU., la especificación ASTM E1137 "Especificación de Normas para termómetros de resistencia de platino Industriales" da muchos detalles y especificaciones para ellos en el rango de -200 °C a 650 °C.

Se definen dos grados de RTD, A y B, con una relación resistencia-temperatura que tiene las siguientes tolerancias:

- Grado A Tolerancia = $\pm [0.13 + 0.0017 * |t|] \text{ } ^\circ\text{C}$
- Grado B tolerancia = $\pm [0.25 + 0.0042 * |t|] \text{ } ^\circ\text{C}$

donde $|t|$ es el valor absoluto de la temperatura de la RTD en °C.

A continuación se presentan ejemplos de estas tolerancias para un valor nominal de 100 ohmios (a 0 °C) para material Platino en sensores tipo RTD.

Tabla 4. Tolerancias de un sensor RTD para un valor nominal de 100 ohmios.

Decremento Temperatura °C	Límites del Grado B		Límites del Grado A	
	Ohms	°C	°C	Ohms
-200	0.47	0.20	1.1	0.47
0	0.13	0.05	0.25	0.10
100	0.30	0.11	0.67	0.25
400	0.81	0.28	1.9	0.66
650	1.24	0.40	3.0	0.94

Fuente: Fuente: *Interfacing sensors to the IBM PC*, W. J. Topkins and J. G. Webster, Prentice Hall, N.J. (1988). P102.

4.2.1.4 Fuentes De Error De Los Detectores De Temperatura De Resistencia (RTD)

Los cables que conectan el sensor en una lectura puede contribuir a su error de medición, sobre todo cuando una gran longitud involucrada, como sucede a menudo en lugares remotos de medición de temperatura. Esos cálculos son muy sencillos y no existen diseños de 3 hilos y 4 hilos para ayudar a minimizar o limitar este tipo de errores, cuando sea necesario. Con frecuencia la causa principal puede ser minimizada mediante el uso de un transmisor de temperatura montado cerca del RTD. Los transmisores convierten la medición de la resistencia a una señal digital actual o en serie analógica que puede ser enviado largas distancias por hilo o sistema de control y / o indicador. Los sensores tipo RTD, trabajan en un dominio de temperatura relativamente pequeña, en comparación con termopares, típicamente de aproximadamente -200 °C a un máximo práctico de alrededor de 650 hasta 700 °C. Algunos fabricantes afirman rangos más amplios y algunos diseños de construcción se limitan a sólo una pequeña parte de la gama habitual. Resistencia de aislamiento es siempre una función de la temperatura y a temperatura relativamente alta la resistencia de derivación del aislador introduce errores en la medición. Una vez más, las estimaciones de error, son muy sencillas, siempre que uno tiene una buena estimación de las propiedades térmicas del aislante. Materiales de aislamiento tales como el polvo de magnesio (MgO), alúmina (Al₂O₃) y compuestos similares se secan cuidadosamente y se sella cuando se encapsula en sondas a lo largo con un elemento RTD.

4.2.2 Termistores

Los termistores son semiconductores sensibles a la temperatura que muestran un gran cambio en la resistencia a lo largo de un rango relativamente pequeño de la temperatura. Hay dos tipos principales de sondas térmicas, coeficiente de temperatura positiva (PTC) y el coeficiente de temperatura negativo (NTC).

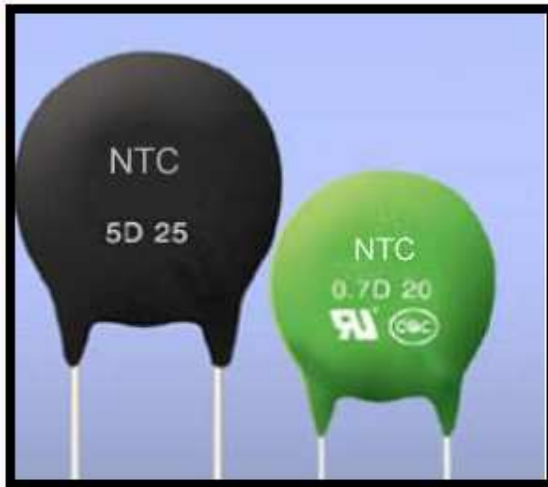
Los termistores NTC exhiben la característica de la caída de resistencia a la baja al aumentar la temperatura. Estos son los más utilizados para la medición de la temperatura.

A diferencia de RTD, la característica de temperatura de resistencia de un termistor no es lineal, y no puede ser caracterizado por un único coeficiente.

Los fabricantes suelen proporcionar datos de resistencia-temperatura en curvas, tablas o expresiones polinómicas. La linearización de la correlación resistencia-temperatura puede ser lograda con circuitos analógicos, o por la aplicación de las matemáticas utilizando computación digital

En la Figura 4 se puede apreciar un termistor tipo NTC.

Figura 4. Termistor Tipo NTC



Fuente: Fuente: Interfacing sensors to the IBM PC, W. J. Topkins and J. G. Webster, Prentice Hall, N.J. (1988). P104

Ventajas: el cambio grande resistencia con la temperatura, tiempo de respuesta rápido, buena estabilidad, alta resistencia elimina las dificultades causadas por la resistencia del conductor, de bajo coste y permutables.

Desventajas: El rango de temperatura de funcionamiento no lineal, limitado, pueden ser sometidos a la inexactitud debido a un sobrecalentamiento fuente, corriente requerida.

4.2.3 Termopares

Los Termopares tienen dos alambres de metales diferentes unidos en un extremo. Las diferencias de temperatura en las uniones 'hace que un voltaje', en el rango de mili - voltios puede ser medido por los circuitos de entrada de un controlador electrónico. La salida es una tensión proporcional a la diferencia de temperatura entre las conexiones y los extremos libres. Con la celebración de una unión a una temperatura conocida (la unión de referencia) y la medición de la tensión, la temperatura en la unión de detección se puede deducir. El voltaje generado es directamente proporcional a la diferencia de temperatura. A temperaturas de las habitaciones de las aplicaciones típicas del aire acondicionado, estos niveles de tensión son a menudo demasiado pequeños como para ser utilizado, pero son más utilizables a temperaturas más altas de 200 a 1600 ° F. En consecuencia, los termopares son más comunes en aplicaciones de proceso de alta temperatura.

Ventajas: rango de operación más amplio, simple, de bajo costo y no requiere alimentación externa

Desventajas: no lineal, baja estabilidad en comparación con otros tipos, Temperatura de referencia de la unión compensación requerida.

4.2.3.1 Tipos De Termopares

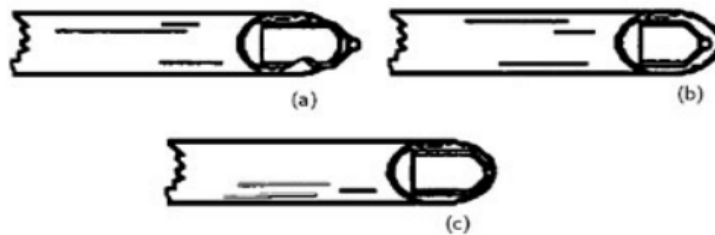
La tabla 5 muestra los tipos de termopares comúnmente más utilizados en la industria de procesos. El rango indicado en la tabla se refiere al rango recomendable. Es decir, el rango sobre el cual existe una relación aproximadamente lineal entre la temperatura y la Fem. generada. Los materiales constituyentes de cada tipo de termopar también se indican en la tabla 2. Los cables de los termopares han sido codificados con colores para evitar errores en las conexiones. La tabla 5 muestra la codificación de colores para cables de termopares recomendados por la Instrument Society of América (ISA) (ANSI C96-1 -1964). El cable negativo siempre es de color rojo. Otra forma de clasificar los termopares es según el tipo de junta. La junta de un termopar, figura 5 puede ser:

Expuesta (a)

Sin aterrar (b)

Aterrada (c)

Figura 5. Tipos de juntas de un termopar



Fuente: Fuente: Interfacing sensors to the IBM PC, W. J. Topkins and J. G. Webster, Prentice Hall, N.J. (1988). P107

Tabla5. Tipos de termopares

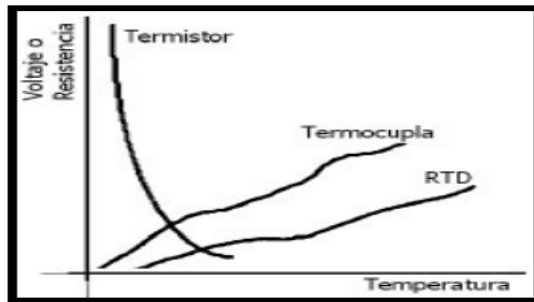
<i>Tipos de termocuplas</i>	<i>Metales</i>	<i>Cable de termocupla Color del aislante</i>	<i>Rango en °C</i>
E	Chromel (+) Constantan (-)	Morado Rojo	-100~1000
J	Hierro (+) Constantan (-)	Blanco Rojo	0~760
K	Chromel (+) Alumel (-)	Amarillo Rojo	0~1360
R	Platino-13% Radio (+) Platino (-)	Negro Rojo	0~1000
S	Platino-10% Radio (+) Platino (-)	Negro Rojo	0~1750
T	Cobre (+) Constantan (-)	Azul Rojo	-160~400

Fuente: Interfacing sensors to the IBM PC, W. J. Topkins and J. G. Webster, Prentice Hall, N.J. (1988). P108.

- **Junta Expuesta:** un termopar con junta expuesta es aquel en la cual la junta de medición está expuesta al medio cuya temperatura se quiere medir. Este tipo de junta es recomendable para medir temperaturas de gases no corrosivos, donde se requiere una respuesta rápida. La junta se extiende fuera de la protección metálica para dar una respuesta rápida. La protección metálica se sella en el punto donde se extiende la junta, para evitar la penetración de humedad o gas que puedan producir error.
- **Junta sin aterrado:** un termopar con junta sin aterrado es aquel en la cual la junta de medición está aislada eléctricamente de la protección metálica. Esto es recomendable cuando se mide temperatura en áreas donde existe ruido eléctrico. El protector metálico debe estar aterrado eléctricamente.
- **Junta Aterrada:** la junta aterrada combina las ventajas de un tiempo de respuesta excelente con la protección que le brinda un protector sellado. Este tipo de junta se recomienda para medición de temperaturas de gases y líquidos y para aplicaciones de alta presión. La junta de un termopar aterrada está soldada al protector metálico, permitiendo una respuesta más rápida que en el caso de la junta sin aterrado. (Tecnofrio, 2010).

En la figura 6 muestra la variación del voltaje o la resistencia en función de la temperatura para termopares, RTD y Termistores. En esta figura puede notarse que mientras el termopar y el RTD exhiben una respuesta más o menos lineal, los Termistores producen una respuesta no lineal .

Figura 6. Comparación de variación de voltaje o resistencia contra temperatura



Fuente: *Interfacing sensors to the IBM PC*, W. J. Topkins and J. G. Webster, Prentice Hall, N.J. (1988). P105

En tabla 6 podemos ver detalladamente las ventajas y desventajas entre cada uno de los elementos de medida de temperatura.

Tabla 6. Comparación entre elementos de medida de temperatura

INSTRUMENTO	TERMOCUPLA	RTD	TERMISTOR
VENTAJAS	Simple	Mas exacta	Señal de salida alta
	Robusta	Más estable	Rápido
	Económica	Mas lineal que las termocuplas	Medición a dos hilos
	Diferentes formas		Mas sensible
	Rangos altos de temperatura		
	No requiere fuente de poder		
DESVENTAJAS	No lineal	Costosa	No lineal
	Bajo voltaje (señal)	Lenta	Temperatura limitada
	Requiere referencia	Requiere fuente de poder	Frágil
	Menos estable	Poca variación en la resistencia	Requiere fuente de poder
	Menos sensible	Resistencia absoluta baja	Auto calentamiento
		Auto calentamiento	

Fuente: *Modificada de Fundamentals of HVAC Controls*, 2008. P19

4.3 TIPOS DE CONTROL POR TEMPERATURA

El controlador recibe señales desde el sensor, compara las entradas con conjunto de instrucciones tales como punto de referencia, el rango de estrangulación, se aplica la lógica de control y que produce una señal de salida.

La señal de salidas puede transmitir ya sea para el dispositivo controlado o para otras funciones de control lógicas.

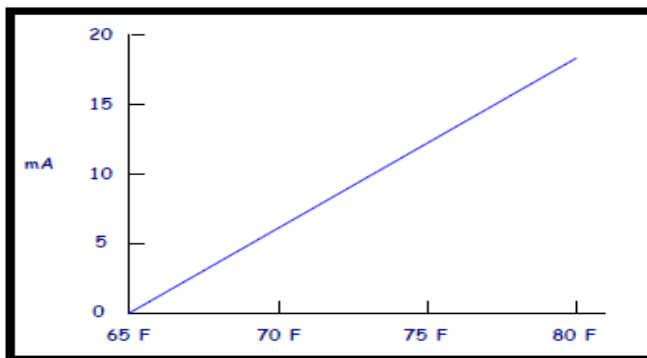
Los tipos de señales de los controladores puede ser eléctrico, electrónico, neumático o digital. Las señales electrónicas, o bien podría ser salidas de tensión o corriente. Salidas de tensión puede ser de 0 a 10 Vcc, 2 a 15 Vdc, u otros rangos dependiendo del controlador. Las salidas de tensión tienen la desventaja, en comparación con las señales actuales, las señales de voltaje que son más susceptibles a la distorsión sobre largas distancias de cableado. Las salidas de Corriente modulan de 4 a 20 mA. Tienen la ventaja de producir poca distorsión de la señal a distancias más de cableado

Pueden ser de Acción Directa" o "Acción inversa".

4.3.1 Control Por Acción Directa

Acción directa significa que la salida del controlador aumenta a medida que aumenta la entrada del sensor. Por ejemplo, como la temperatura ambiente (la variable) cambia de 70 °F a 71 °F, el controlador cambia su salida del 10 a 12 mA. Como se muestra a continuación en la figura 6 como el sensor lee una entrada cada vez mayor (temperatura), el controlador responde mediante el aumento de su salida (presión) a la válvula, el cierre de la válvula normalmente abierto y la reducción del flujo de agua caliente.

Figura 7. Control por Acción Directa.

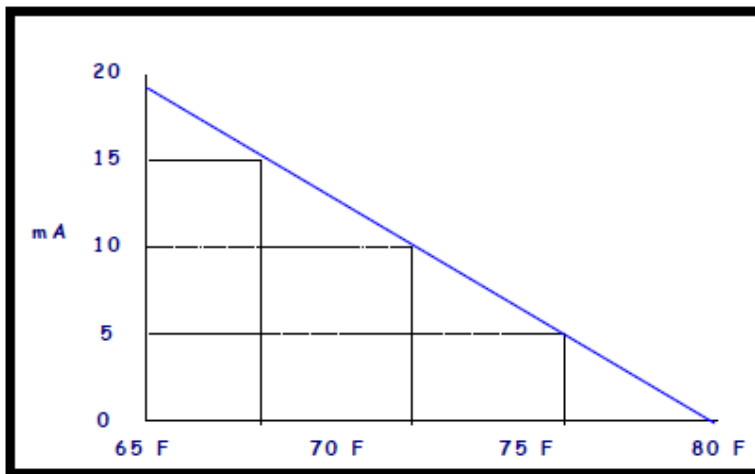


Fuente: *Fundamentals of HVAC Controls*, Carrier, Ed Macondo, 2008. P25

4.3.2. Control Por Acción Inversa

Acción inversa significa que a medida que aumenta variables (por ejemplo, temperatura), la salida del controlador salida disminuye. Por ejemplo, como la temperatura ambiente se eleva 70 a 71 °F, la salida del controlador disminuye 8,1 a 7,3 mA. En el ejemplo de abajo, como el sensor lee un aumento de la temperatura, el controlador responde al disminuir su salida (presión) a la válvula, el cierre de la normalmente cerrada de la válvula y la reducción de la cantidad de calefacción. Esta relación se muestra en la figura 8 de la siguiente manera

Figura 8. Control Por Acción Inversa



Fuente: *Fundamentals of HVAC Controls*, Carrier, Ed Macondo 2008. P26

La acción del controlador debe coincidir con la aplicación de climatización adecuada. Normalmente, las válvulas de calefacción abiertas siempre utilizan controladores de acción directa. Si un controlador de acción inversa eran para ser colocado en una válvula de la calefacción normalmente abierta, la válvula de calefacción se abre al aumentar la temperatura. Un controlador de acción inversa no controla correctamente una válvula de calefacción normalmente abierto.

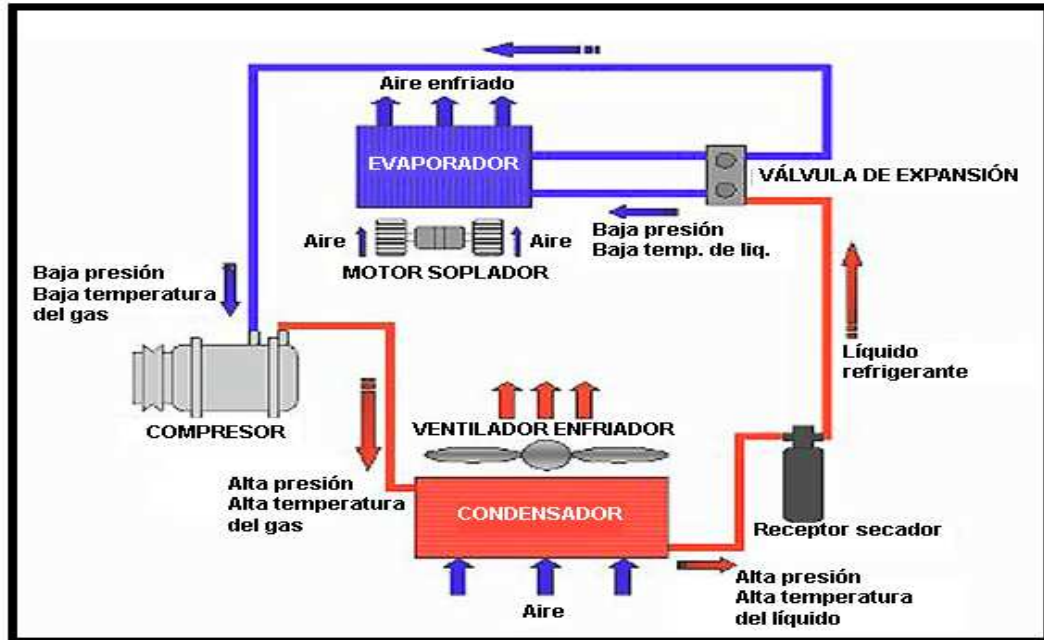
4.4 MEDICION DE TEMPERATURAS EN SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONANDO.

En esta sección se definirá los puntos más comunes de medición de temperaturas en un sistema de aire acondicionado con el fin de fundamentar el diseño del sistema de medición de temperaturas en el laboratorio de refrigeración de la Institución Universitaria Pascual Bravo.

4.4.1 Medición De Temperaturas Circuito De Refrigeración

A groso modo un sistema de refrigeración por compresión de vapor, el cual es usado como elemento para el enfriamiento del aire en un recinto esta compuesto por los siguientes elementos como se puede observar en la figura 9.

Figura 9. Componentes de un ciclo de refrigeración por compresión de vapor.



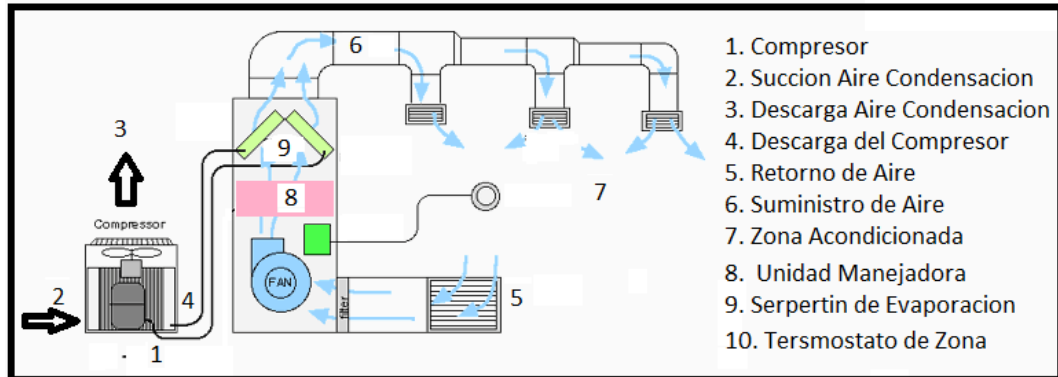
Fuente: Modificado de HVAC Handbook 1998. P56

Para caracterizar la operación de un sistema de refrigeración por compresión de vapor en función de sus temperaturas de operación es necesaria la medición de estos valores en los siguientes puntos

- Temperatura de gas refrigerante en la succión del compresor.
- Temperatura de gas refrigerante en la descarga del compresor.
- Temperatura de aire en la succión del condensador
- Temperatura de aire en la descarga del condensador.
- Temperatura de aire de retorno en la unidad Evaporadora
- Temperatura de aire en la descarga de la unidad evaporadora
- Temperatura Ambiente en la zona de climatización.

En la figura 10 se observa con claridad un sistema similar al instalado en el laboratorio de refrigeración y aire acondicionado en el Pascual Bravo.

Figura 10. Sistema de Aire Acondicionado Tipo Split.



Fuente: *Fundamentals of HVAC, 1995. P45*

Dados estos conceptos estamos en capacidad de diseñar un sistema de medición de temperaturas aplicado al sistema de aire acondicionado instalado en el Laboratorio de Refrigeración y Aire acondicionado del Pascual Bravo.

5. METODOLOGÍA.

5.1. TIPO DE ESTUDIO.

El proyecto es de tipo práctico, en el cual se implementará el diseño de un sistema para la medición de temperaturas en el ciclo de refrigeración del laboratorio en el Pascual Bravo, para tal diseño se debe de realizar un análisis del medio industria en relación con la medición de temperaturas en ciclos de refrigeración por compresión de vapor, y así realizar un procedimiento descriptivo – explicativo que fundamente el diseño objeto de este trabajo.

5.2. MÉTODO.

El método de investigación para cumplir con los objetivos se basa en la observación, análisis y síntesis de los procedimientos en relación con la industria moderna, lo que permitirá replicar procedimientos industriales desde la academia.

5.3. POBLACIÓN.

El sistema de medición de temperaturas está enfocado a satisfacer la demanda dentro del proceso de automatización del pascual bravo, el cual requiere como uno de sus elementos principales para la operación lógica un sistema integrado de adquisición de valores de temperatura para ejercer control sobre los diferentes equipos que intervienen en el ciclo de refrigeración. Lo cual permitirá que la población estudiantil de la institución pueda realizar prácticas afines a la optimización de procesos en sistemas de aire acondicionado.

5.4 TÉCNICAS PARA RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

5.4.1 Fuentes primarias.

La recopilación de la información para el diseño del sistema se realizará en fuentes académicas relacionadas con el control y monitoreo de sistemas de aire acondicionado, en donde de manera general se espera encontrar las definiciones de sensores de temperatura, aplicaciones según su tipo, rangos de operación y procedimientos de instalación.

5.4.2 Fuentes secundarias.

En vista de que el trabajo está relacionado con los avances tecnológicos que han revolucionado el campo del aire acondicionado, libros técnicos de fabricantes

como CARRIER y TRANE, serán las fuentes usadas para el diseño de nuestro sistema de medición de temperaturas.

5.5. PROCEDIMIENTO.

Para nuestro diseño se seguirán las siguientes fases para cumplir los objetivos del trabajo.

Fase 1. Recopilación de información de transductores de temperatura.

En esta fase se debe de recopilar toda la información necesaria para la selección de los transductores de temperatura a usarse en el sistema de refrigeración del Pascual Bravo.

Fase 2. Descripción del sistema de aire acondicionado instalado en el laboratorio.

Se debe de realizar un levantamiento y plasmar en un plano el sistema de aire acondicionado del laboratorio para definir así los puntos en donde se han de realizar las medidas y posteriormente la selección de los equipos que se han de usar para tal fin.

Fase 3. Definición de puntos y procedimientos de instalación para medición de temperaturas del diseño real.

En esta fase se definirán los puntos en donde se realizarán las mediciones y se establecerán los procedimientos de instalación de los equipos seleccionados.

6. RESULTADOS DEL PROYECTO.

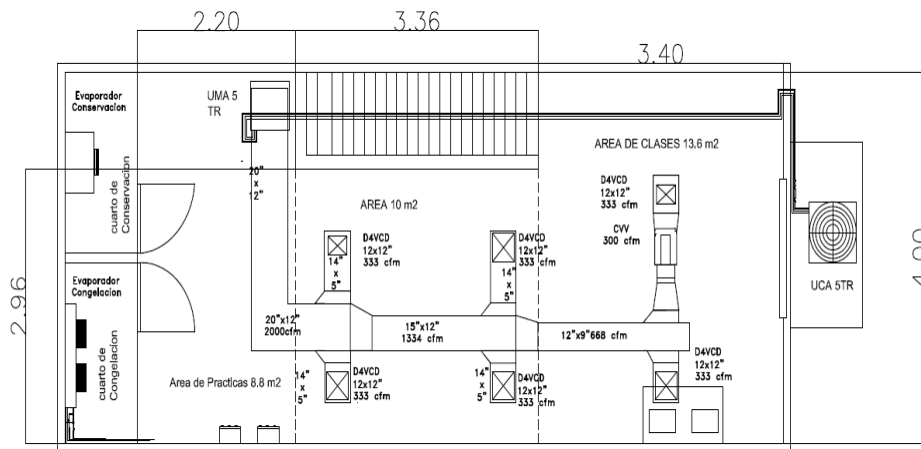
6.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO INSTALADO EN EL LABORATORIO.

El sistema de aire acondicionado instalado en el Laboratorio de Refrigeración del Pascual Bravo esta compuesto por los siguientes elementos, los cuales se pueden apreciar en el plano de levantamiento realizado como actividad de este trabajo de grado.

Componentes:

- Unidad Condensadora 5 TR
- Unidad Manejadora 5 TR, 2000 CFM
- Línea de succión de Refrigerante
- Línea de descarga de Refrigerante
- Sistema de Ductos
- Caja de Volumen variable para 300 CFM.
- Difusores 12" x 12" , 4 vías con dámper

Figura 11. Sistema de Aire acondicionado Laboratorio Pascual Bravo.



Fuente: Plano de diseño Laboratorio de Refrigeración Pascual Bravo

6.2 DEFINICIÓN DE LOS PUNTOS DE MEDICIÓN DE TEMPERATURA EN EL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO DEL LABORATORIO DE REFRIGERACIÓN.

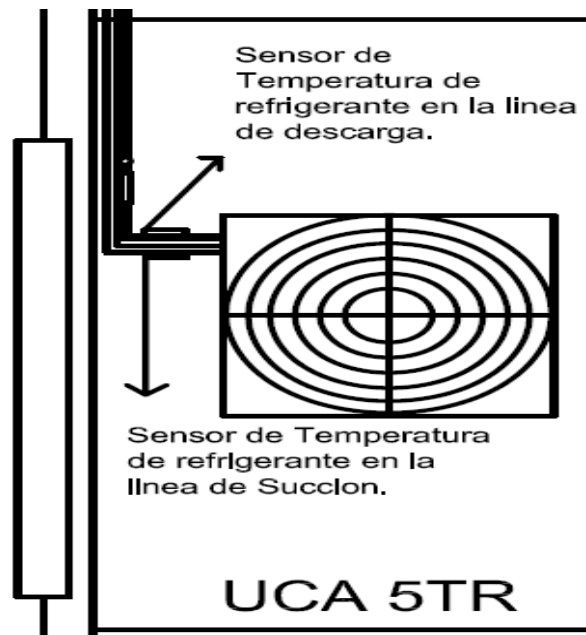
A continuación se definen los puntos en donde se realizarán las mediciones de temperatura en el sistema de aire acondicionado, esta sección solo contempla

la ubicación de los puntos mas no los equipos a utilizar, estos se definirán en la siguiente fase del diseño.

6.2.1 Medición de Temperatura de Refrigerante en las líneas de refrigeración.

Con el fin de determinar las condiciones de operación de la unidad condensadora, la unidad evaporadora y la calidad del refrigerante en condiciones de entrada y salida de estas unidades se deben de medir los valores de temperaturas en la línea de succión y de descarga del sistema. Los puntos donde se han de medir serán en la succión de la unidad condensadora y en la descarga de esta, como se ilustra en la figura 12.

Figura 12. Ubicación de los puntos para medir temperatura de Refrigerante.

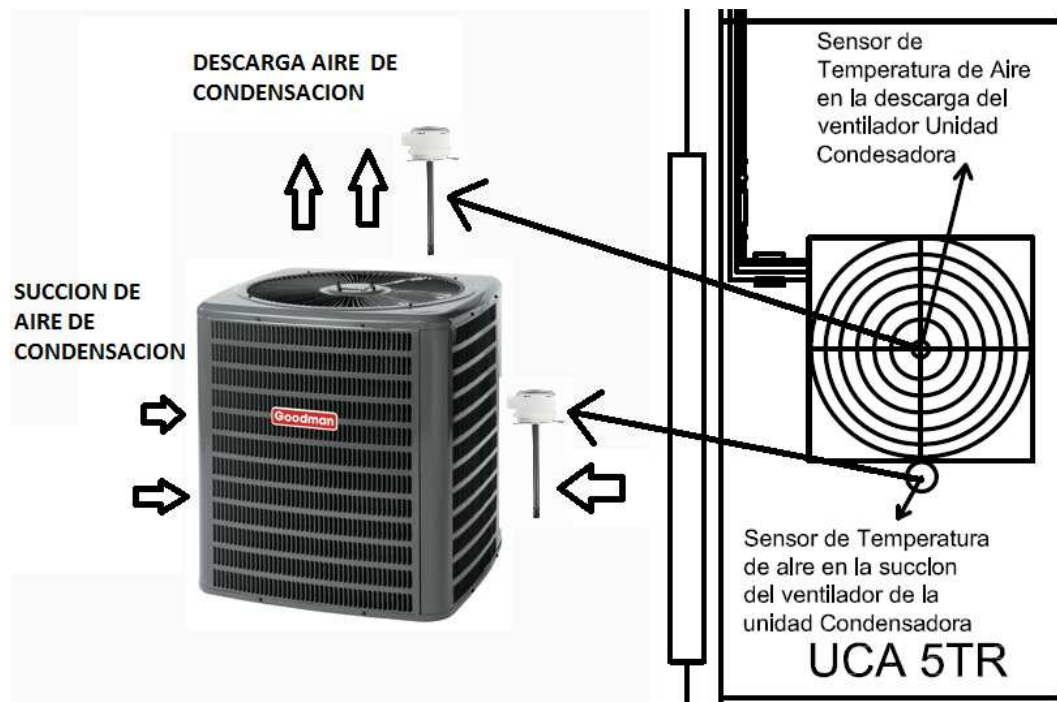


Fuente: Plano de diseño Laboratorio de Refrigeración Pascual Bravo

6.2.2 Medición De Temperatura De Aire De Condensación; Succión De Aire Y Descarga De Aire.

En esta sección se detallan los puntos para la medición de las condiciones del aire de condensación, para el cual se debe determinar la temperatura a la cual la unidad condensadora lo aspira y la temperatura a la cual la condensadora lo expulsa al medio ambiente. La figura 13 ilustra la ubicación de estos dos puntos.

Figura 13. Ubicación de los puntos para medir temperatura de aire de condensación.

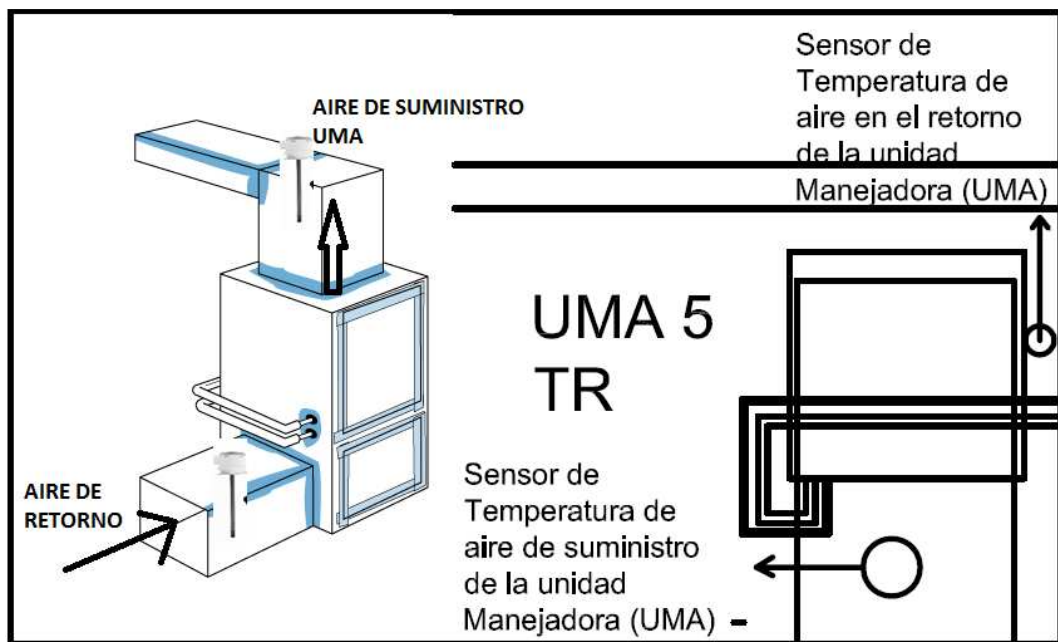


Fuente: Plano de diseño Laboratorio de Refrigeración Pascual Bravo

6.2.3 Medición De Temperatura De Aire En La Descarga Y Retoro De La Unidad Manejadora (UMA).

Con el fin de verificar las condiciones del aire en el suministro y retorno de la unidad manejadora se ha de monitorear la temperatura de este en los puntos de suministro y retorno como se aprecia en la figura 14.

Figura 14. Medición de temperatura de aire en la descarga y retorno de la unidad manejadora (UMA).



Fuente: Plano de diseño Laboratorio de Refrigeración Pascual Bravo

6.3 SELECCIÓN DE TRANSDUCTORES DE TEMPERATURA

Los transductores de temperatura a instalar en el sistema de aire acondicionado del laboratorio se han de seleccionar según el tipo de aplicación deseada, para lo cual tendremos como referencia 3 tipos de medidas según el diseño anterior.

- Medición de temperatura de refrigerante.
- Medición de temperatura de aire de condensación.
- Medición de temperaturas de aire de climatización.
- Medición de Temperatura de aire en la Zona Acondicionada.

6.3.1 Selección de Transductores para medición de temperatura de refrigerante

La medida de esta temperatura puede hacerse de manera superficial, las tuberías del ciclo de refrigeración por compresión de vapor son de cobre, el cual es muy conductivo, lo que nos permite realizar una medida sobre la superficie de este para determinar la temperatura del fluido transportado (refrigerante).

Según la premisa anterior y la fundamentación teórica podemos usar un sensor de superficie tipo termistor el cual muy conveniente para la medición de las

temperaturas superficiales en tanques, tuberías, motores, rodamientos y otras aplicaciones de montaje en superficie. Su facilidad de instalación lo hace muy rentable para mediciones de temperatura.

Según la tabla 7. se seleccionó el termistor Marca Dwyer, S2-15 10K Type II.

Tabla 7. Selección de Termistor para medición de temperatura sobre superficie.

Model	Sensor Type
S2-11	Pt 100Ω RTD
S2-12	Pt 1000Ω RTD
S2-13	Ni 1000Ω RTD
S2-14	1000Ω Balco® RTD
S2-15	10 kΩ Type II Thermistor
S2-16	3 kΩ NTC Thermistor
S2-17	5 kΩ NTC Thermistor
S2-18	100 kΩ NTC Thermistor
S2-19	20 kΩ NTC Thermistor
S2-1A	2252Ω NTC Thermistor
S2-1B	10KΩ Type III NTC Thermistor

Fuente: *Dwyer Instruments International Catalog, Dwyer Instruments, Inc. (2013). P303.*

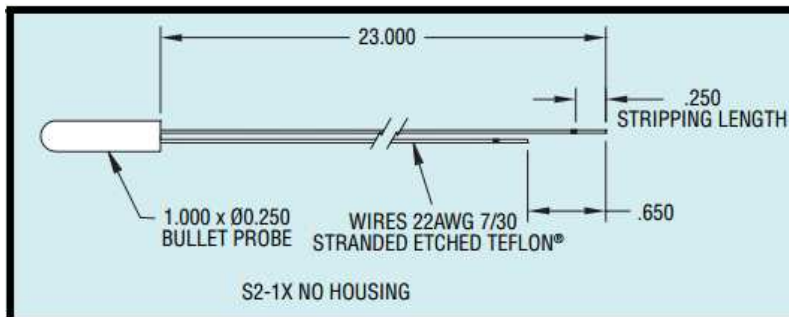
6.3.1.1 Características técnicas del termistor S2-15, 10K Type II.

A continuación se detallan las características técnicas, dimensiones, rangos de temperatura, material de fabricación del equipo seleccionado.

- Dimensiones

En la figura 15 se aprecian las dimensiones del termistor seleccionado.

Figura 15. Dimensiones del Termistor S2-15



Fuente: *Dwyer Instruments International Catalog, Dwyer Instruments, Inc. (2013). P303.*

- Especificaciones Técnicas

A continuación se detallan los rangos de operación del termistor

Temperaturas de Operación: -40 a 250°F (-40 a 125°C).

Diámetro del Bulbo: 1/4" (6.3 mm).

Longitud del Bulbo: 1" (25 mm).

Material del Bulbo: Acero Inoxidable 304

6.3.2 Selección de Transductores para medición de temperatura de aire de condensación.

Se seleccionara un transductor para medición de temperatura del aire de condensación, el modelo seleccionado aplicara para la medición de temperatura de aire en la succión del ventilador como también en la descarga del ventilador.

El sensor de temperatura debe de ser de inmersión, el cual podrá utilizarse para monitorear la temperatura del aire en la descarga de la unidad condensadora, este sensor debe de ser del tipo resistencia térmica o salida RTD al controlador digital del sistema de automatización. Según lo anterior y la de acuerdo a la disponibilidad del fabricante DWYER, se seleccionó un transductor de Temperatura marca DWYER modelo, TE – DFG-E0844-00 según la tabla 8.

Tabla 8. Selección del Transductor de Temperatura para aire de condensacion.

Example	TE	-DFN	-A	04	4	8	-00	TE-DFN-A0448-00
Series	TE							Temperature Sensor
Mounting Configuration		DFN DFG IBN IBG						Duct Mount Probe Only Duct Mount in Housing Immersion Probe Only Immersion Probe in Housing
Sensor Type			A B C D E F					10K Ohm Type III Thermistor 10K Ohm Type II Thermistor 3K Ohm Thermistor Pt100 Ohm RTD Pt1000 Ohm RTD 20K Ohm Thermistor
Probe Length				25 04 06 08 12 18				2.5" 4" 6" 8" 12" 18" (DFN/DFG Only)
Probe Diameter					4			1/4"
Termination						4 8		4" leads 8' Plenum Rated Cable
Thermowell Connection							00 12 14	Probe only 1/2" NPT Compression Fitting 1/4" NPT Compression Fitting

Fuente: Dwyer Instruments International Catalog, Dwyer Instruments, Inc. (2013). P298.

6.3.2.1 Especificaciones Tecnicas.

La figura 16. Ilustra el transmisor de temperatura seleccionado.

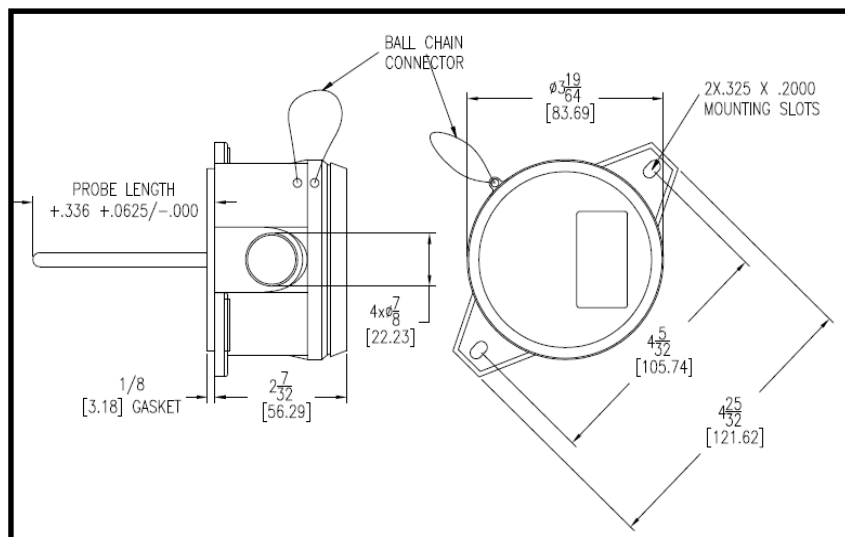
Figura 16. Transmisor de temperatura TE-DFG-E0844-00



Fuente: Dwyer Instruments International Catalog, Dwyer Instruments, Inc. (2013). P298.

En la figura 17 podemos apreciar las las dimensines y caracteristicas geometricas del transmisor de temperatura seleccionado.

Figura 17. Dimensiones del Termistor TE-DFG-E0844-00



Fuente: Dwyer Instruments International TE-Sensors DD Drawings, Dwyer Instruments, Inc. (2013). P1.

Las características técnicas del termistor se resumen como sigue:

Exactitud: Sensor de temperatura de termistor: $\pm 0,22$ °C a 25 °C ($\pm 0,4$ °F a 77 °F);
sensor de temperatura RTD, DIN clase B: $\pm 0,3$ °C a 0 °C ($\pm 0,54$ °F a 32 °F).

Límites de temperatura: Operación: -40 a 302 °F (-40 a 150 °C).

Curvas de sensor: Vea la página de catálogo (segunda página).

Material del gabinete: Plástico de policarbonato UL, 94 V-O.

Peso: 5,3 oz (150,3 g).

6.3.3 Selección de Transductores para medición de temperatura de aire suministro y retorno en la unidad manejadora de aire (UMA).

Las condiciones del aire en los ductos de suministro y retorno de la unidad manejadora de manera aproximada son 12 °C y 23 °C respectivamente, por lo que los transductores seleccionados para medir temperatura de aire de condensación también son aptos para la medición en la unidad manejadora ya que el rango de operación de los transductores TE-DFG-E0844-00 tiene los siguientes límites de temperatura de operación: -40 a 302 °F (-40 a 150 °C).

6.3.4 Selección de equipos para medición Temperatura de aire en la Zona Acondicionada (termostato).

Con el fin de establecer un lazo de control entre el funcionamiento de los equipos de aire acondicionado instalado en el Laboratorio y la temperatura de confort en la zona acondicionada se debe seleccionar un termostato que permita realizar esta operación de manera eficiente. Para lo cual se deben seguir los siguientes parámetros en función de las características de los equipos instalados:

- Sistema de Refrigeración por compresión de Vapor de 1 Etapa.
- Modo : Solo Frio
- Capacidad 5 Toneladas de Refrigeración – Expansión Directa
- Temperaturas de confort alcanzadas durante la operación 18 – 23 °C.
- Modo Impulsión del Aire climatizado: Grupo Motor Ventilador – Serpentin
- Modo de Condensación: Ventilación – Aire
-

Según lo anterior el termostato seleccionado debe ser de 1 Etapa, solo frio, y tener la capacidad de ejercer control sobre el sistema mediante el encendido de la unidad Manejadora y la unidad Condensadora de manera temporizada para evitar altos picos de corriente que causen daños sobre el sistema.

El fabricante Honeywell ofrece una amplia gama de termostatos que se adaptan a las necesidades técnicas del laboratorio de refrigeración en el Pascual Bravo, entre los cuales tenemos los siguientes:

Referencias disponibles:

TH6110D: 1 Etapa Calificación/1 Etapa de Enfriamiento

TH6220D: 2 Etapas Calificación /2 Etapas de Enfriamiento

TH6320U: 3 Etapas Calificación /2 Etapas de Enfriamiento

Se selecciona el termostato modelo TH6110D: 1 Etapa Calificación/1 Etapa de Enfriamiento, el cual cumple con las exigencias técnicas del sistema en el laboratorio de acuerdo a las siguientes especificaciones:

Aplicaciones, tipos de sistemas:

- Sistema de calefacción de gas, de aceite o eléctrico con aire acondicionado
- Calefacción de aire, agua caliente, sistemas de calefacción de alta efectividad, bombas de calor, vapor, gravedad
- Sólo calor: sistemas de 2 cables, válvulas de separación de tres cables (serie 20) y válvulas de separación normalmente abiertas
- Sólo calor con ventilador
- Sólo frío
- Sistemas de calefacción de 750 mV

Horario del Programación

Se puede programar cuatro períodos por día, con diferentes configuraciones para los días laborables y fines de semana. Estos horarios pueden reducir los consumos de refrigeración hasta en un 33%.

Protección del compresor

Una falla en el compresor puede ocurrir si este vuelve a encenderse inmediatamente después de apagarse, el termostato TH6110D posee una función de retardo al compresor lo que hace que este deba esperar unos minutos antes de reiniciar.

La figura 18 ilustra claramente el termostato seleccionado

Figura 18. Termostato Honeywell Seleccionado



Fuente: Honeywell Installation Guide Focus PRO® TH6000 Series, Honeywell (2013). P1.

Temperaturas de Operacion: Frío: De 50 °F a 99 °F (de 10 °C a 37 °C).

6.4 INSTRUCTIVO DE INSTALACIÓN DE TRANSDUCTORES DE TEMPERATURA ASOCIADOS AL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO.

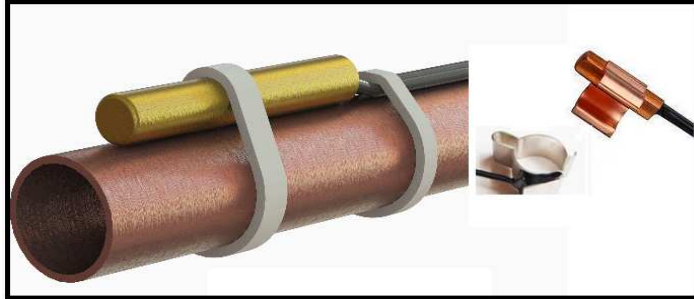
A continuacion se describen cuales deben de ser los procedimientos para realizar una correcta instalacion de cada uno de los tipos de transductores seleccionados, teniendo en cuenat que tal instalacion debe de realizarse para evitar lecturas falsas de tempetura que desencadenen en un error del sistema de aire acondicioando.

6.4.1 Procedimiento de Instalacion de del termistor S2-15, 10K Type II.

Este tipo de termistor debe ser instalado por sujeción de los extremos de los cables, en cualquier posición. El cuerpo puede ser insertado, pegado o unido con cinta adhesiva a una superficie,tubo o agujero de montaje. No está diseñado para que el líquido sumergidoaplicaciones.

Se debe de utilizar un elemento de sujecion del sensor en la tuberia para asegurar su fijacion en la superficie como se observa en la figura 19.

Figura 19. Sujecion del bulbo sensor en la tuberia de refrigeracion.



Fuente: Dwyer Installation Guide, Dwyer Instruments, Inc. (2011). P33.

Para evitar lecturas falsas debido a entorno que rodea el sensor, tal como aire recirculado, radiacion solar, se debe de aislar el bulbo con un material que minimize la transferencia de calor del medio hacia el sensor como se obserba en la figura 20.

Figura 20. Aislamiento de bulbo sensor en un termistor



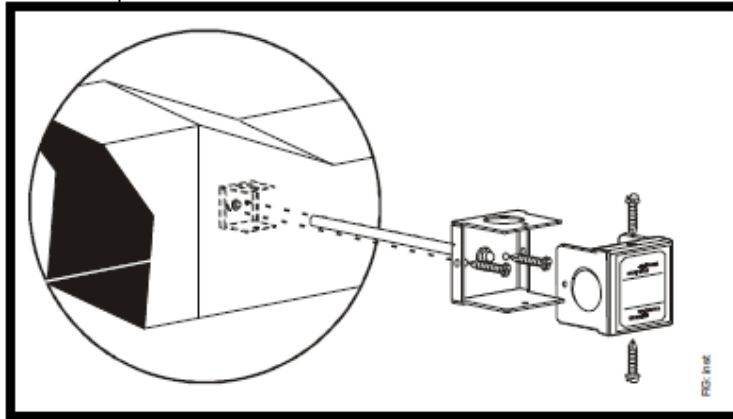
Fuente: Dwyer Installation Guide, Dwyer Instruments, Inc. (2011). P34.

6.4.2 Procedimiento de Instalacion Transmisor de temperatura TE-DFG-E0844-00

En esta seccion se describe el procedimiento para la instalacion del sensor de temperatura de aire modelo TE-DFG-E0844-00, el cual aplica para la medicion de tempeatura de aire de condensacion y aire de climatizacion.

Ver Figura 21 e instalar el sensor de temperatura como sigue a continuacion:

Figura 21. Instalacion Sesnor TE-DFG-E0844-00



Fuente: *Dwyer Installation Guide, Dwyer Instruments, Inc. (2011). P 54.*

1. Taladre un agujero de 3/8 pulgadas (10 mm) de diámetro en el ducto donde se realizara el montaje.
2. Insertar la sonda en el conducto y montar la sonda con los dos tornillos auto perforantes incluidos con el equipo.
3. Conecte el sensor al controlador.
4. Vuelva a colocar la tapa y apriete con los tornillos.

Alambrado

Para sensores de temperatura de 1k ohm a base de níquel, la resistencia del alambre puede causar aproximadamente 1F °(0,56 °C) de error, por cada 250 pies (76 m) se debe de instalar cable en calibre 18 AWG y por cada 100 pies (31 m) se debe instalar cable en calibre 22 AWG.

Para minimizar el error debido al cableado, limitar el total de la resistencia de todo el cableado del sensor de temperatura de níquel a 3 ohms, y todo el cableado del sensor de temperatura de platino a 2 ohms.

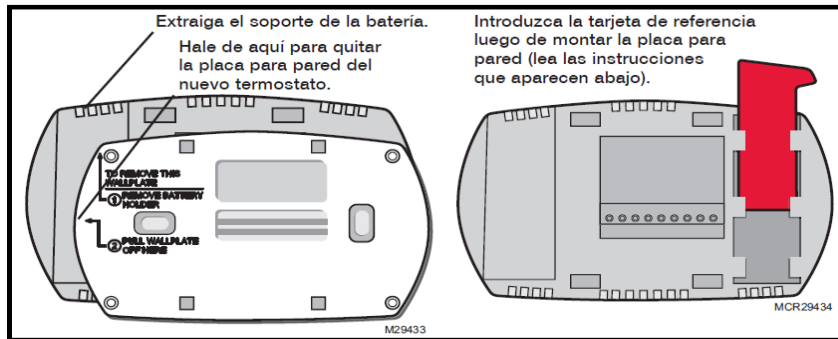
6.4.3 Procedimiento de Instalacion termsostato de zona Honeywell Focus PRO® TH6000.

A continuación se describe el procedimiento para la instalación del termostato de zona.

Los pasos para realizar una correcta instalación son los siguientes:

- Quite la placa para pared del termostato.
- Monte la placa para pared como muestra la figura 22.

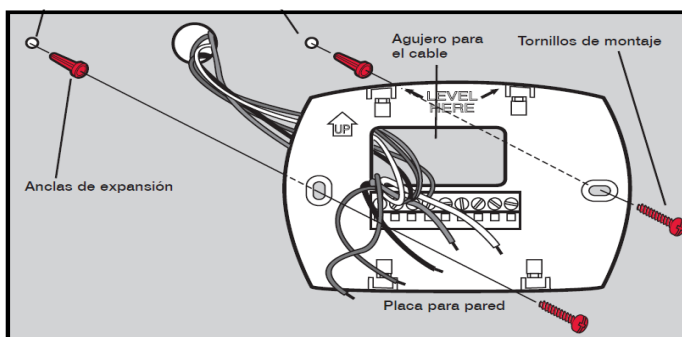
Figura 22. Instalación de Termostato Focus PRO® TH6000 Paso 1



Fuente: *Howeywell Focus PRO® TH6000 Instalation Guide*, Honeywell Internacional Inc., 2009. P2

En muro de concreto, realice agujeros de 3/16". En yeso, realice agujeros de 7/32". Como indica la figura 23.

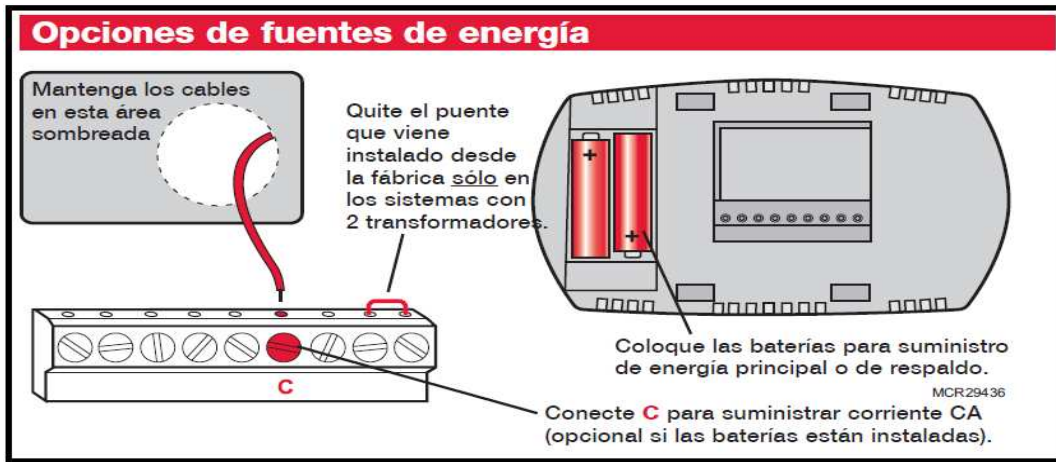
Figura 23. Instalación de Termostato Focus PRO® TH6000 Paso 2.



Fuente: *Howeywell Focus PRO® TH6000 Instalation Guide*, Honeywell Internacional Inc., 2009. P3

La alimentación eléctrica del termostato se puede realizar mediante el uso de baterías o mediante alimentación a 24V desde una fuente de corriente alterna como se puede apreciar en la figura 24.

Figura 24. Instalación de baterías Termostato Focus PRO® TH6000.

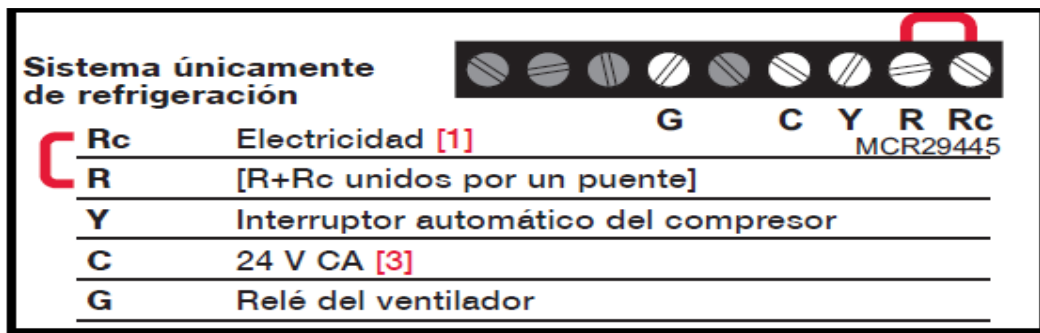


Fuente: *Howeywell Focus PRO® TH6000 Instalation Guide*, Honeywell Internacional Inc., 2009. P4

Guía de cableado

Las conexiones eléctricas para sistemas solo frio se deben de realizar como se muestra a continuación en la figura 25.

Figura 25. Conexión Eléctrica Termostato Focus PRO® TH6000.



Fuente: *Howeywell Focus PRO® TH6000 Instalation Guide*, 2009, Honeywell Internacional Inc.P20

De donde tenemos la siguiente convención:

- **Rc** 24 V CA desde el transformador del sistema de refrigeración

- **R** 24 V CA desde el transformador del sistema de calefacción
- **W** Relé de calor (etapa 1)
- **W2** Relé de calor (etapa 2)
- **Y** Interruptor automático del compresor (etapa 1)
- **Y2** Interruptor automático del compresor (etapa 2)
- **G** Relé del ventilador
- **C** 24 V CA. Para los sistemas de 2 transformadores, utilice cables comunes desde el transformador de la refrigeración.

Use cable para termostato de calibre 18 a 22. No se requiere cable blindado.

7. CONCLUSIONES

Los sensores de temperatura del tipo resistivo son los mas adecuados para la medicion de temperatura en superficien tubulares que conducen fluidos.

La temperatura es la variable más ampliamente medido en los sistemas de aire acondicionado, los sensores para medición se basan en el principio que implica la expansión térmica del metal o de gas y un cambio en las características eléctrica.

La selección de estos transductores de temperatura adecuados y su correcta utilización puede marcar la diferencia entre unos resultados equívocos en el proceso de caracterización térmica en un sistema de aire acondicionado

Para caracterizar la operación de un sistema de refrigeración por compresión de vapor en función de sus temperaturas de operación es necesaria la medición de los valores de temperatura en todos los puntos antes y después de cualquier dispositivo dentro del ciclo que pueda causar una caída de este valor como en los evaporadores, válvulas de expansión, suministro y retorno de aire.

8. RECOMENDACIONES.

Para la medición de temperatura en la superficie de las tuberías de refrigeración y con el fin de evitar lecturas falsas debido a entorno que rodea el sensor, tal como aire recirculado, radiación solar, se debe aislar el bulbo con un material que minimice la transferencia de calor.

Para sensores de temperatura de 1k ohm a base de níquel, la resistencia del alambre puede causar aproximadamente $1F^{\circ}$ ($0,56^{\circ}C$) de error, por cada 250 pies (76 m) se debe instalar cable en calibre 18 AWG y por cada 100 pies (31 m) se debe instalar cable en calibre 22 AWG

Se debe utilizar un elemento de sujeción del sensor en la tubería para asegurar su fijación en la superficie

Para la alimentación y control del termostato de zona usar cable para termostato de calibre 18 a 22.

9. BIBLIOGRAFÍA

TOPKINS, Interfacing sensors to the IBM PC, W. J., Prentice Hall, N.J. (1988).

CEBRIÁN, Diseño construcción y operación de un prototipo de sistema "HVAC" aplicación al control de flujo y temperatura. 2002.

MIRANDA Ángel Luis; JUTGLAR Banyeras Luis, técnicas de refrigeración, Marcombo, S.A. 1ª ed. 2009.

WILLIAM C. Johnson, Tecnología de la refrigeración y aire acondicionado 4 España. 1ª ed. 2004.

