

**SELECCIÓN DE TRANSDUCTORES DE TEMPERATURA PARA EL SISTEMA  
DE AIRE ACONDICIONADO PARA EL LABORATORIO DE REFRIGERACIÓN**

**CRISTIAN GUERRA RENTERIA  
MIGUEL ANGEL MONSALVE  
LEYDHER RENTERÍA CORDOBA.**

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO – IUPB  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA  
MEDELLÍN  
2014**

**SELECCIÓN DE TRANSDUCTORES DE TEMPERATURA PARA EL SISTEMA  
DE AIRE ACONDICIONADO PARA EL LABORATORIO DE REFRIGERACIÓN**

**CRISTIAN GUERRA RENTERIA  
MIGUEL ANGEL MONSALVE  
LEYDHER RENTARÍA CORDOBA.**

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE TECNÓLOGO  
ELECTROMECAÁNICO**

**ASESOR  
ASESOR ARLEY SALAZAR HINCAPIE  
INGENIERO MECANICO**

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO – IUPB  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA  
MEDELLÍN**

**2014**

## NOTAS DE ACEPTACIÓN

---

---

---

---

---

---

---

---

**Presidente del jurado**

---

**Firma del jurado**

---

**Firma del jurado**

**Medellín, junio de 2014.**

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar a DIOS por habernos dado la sabiduría y salud.

A nuestros profesores que hoy pueden ver el reflejo del conocimiento que nos han entregado.

A nuestro asesor y guía Ing. Arley Salazar Hincapié por toda su orientación y dedicación en la ejecución de esta tesis.

A la administración, funcionarios y a todo los que integran la Institución Universitaria Pascual Bravo.

A nuestros compañeros de clase, por haber compartido todo este tiempo con nosotros.

A cada uno de nosotros que formamos parte de esta tesis por la entrega y dedicación en su ejecución.

Y todas aquellas personas que de una forma directa o indirectamente aportaron para la realización de esta tesis.

## CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	13
1- EL PROBLEMA	14
2- JUSTIFICACIÓN	15
3- OBJETIVOS	18
3.1 OBJETIVO GENERAL	18
3.2 OBJETIVO ESPECÍFICOS	18
4.- REFERENTES TEÓRICOS	19
4.1 MEDICIÓN DE TEMPERATURA	19
4.2 TEMPERATURA	20
4.2.1 Escalas de temperatura absolutas.	20
4.2.2 Escalas de temperatura relativas	20
4.3 TRANSDUCTORES DE TEMPERATURA.	22
4.3.1 Termómetros de resistencia	22
4.3.2 Características que deben tener los materiales empleados son:	23
4.3.3 Características cualitativas	23
4.4 SISTEMAS PARA LA DETECCIÓN DE TEMPERATURA	25
4.4.1 Termistores	28
4.4.2 Aplicaciones.	31
4.4.3 Aplicación de Medición de nivel	31
4.4.4 Altímetros	32
4.4.5 Medición de potencia en cd. y altas frecuencia	33
4.4.6 Termopares	33
4.4.7 Operación de un termopar.	34
4.4.8 Selectividad.	38
4.4.9 Esquema para medición de temperatura con termopares	41

	Pág.	
5	METODOLOGÍA	43
5.1	TIPO DE ESTUDIO	43
5.2	MÉTODO	43
5.3	POBLACIÓN	43
5.3.1	Fuentes primarias	44
5.3.2	Fuentes secundarias	44
6.	RESULTADOS DEL PROYECTO	45
6.1	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	45
6.2	CONDICIONES DE DISEÑO	45
6.3	CONDICIONES AMBIENTALES	46
6.4	SONDA DE TEMPERATURA SUPERFICIAL MARCA LUTRON	47
6.5	SONDA DE TEMPERATURA MARCA LUTRON (MODELO TP 03)	49
6.6	SONDA DE TEMPERATURA MARCA LUTRON (MODELO TP 04)	49
7	CONCLUSIÓN	56
8	RECOMENDACIONES	57
9	CIBERGRAFÍA	58

## LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Puntos de calibración para las diferentes escalas de temperatura.	22
Tabla 2. Análisis cuantitativo de tres metales diferentes usados como RTD's.	25

## LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura. 1 circuito de detección de temperatura con rtd's	26
Figura.2 Circuito para detección de temperatura con RTD's	27
Figura 3. Circuito de detección de temperatura usando capacitores	28
Figura 4. Relación resistencia, temperatura para un termistor.	29
Figura 5. Curva porcentaje de aumento de la temperatura – tiempo	30
Figura 6. Aplicación	31
Figura 7. Medición y control de nivel usando un termistor	32
Figura 8. Esquema de un altímetro utilizando un termistor	32
Figura 9. Medición de potencia en altas frecuencias utilizando un termistor	33
Figura 10. Símbolo del termopar	34
Figura 11. Ejemplificación de la primera ley de los termopares	34
Figura 12. Ejemplificación de la segunda ley de los termopares	35
Figura 13. Ejemplificación de la tercera ley de los termopares	36
Figura 14. Ejemplificación de la cuarta ley de los termopares.	37
Figura.15 Rango de temperaturas aplicable a los diferentes tipos de termopar	38
Figura 16 Curva temperatura-voltaje para los diferentes tipos de termopares.	39
Figura 17. Efecto de las puntas	40
Figura 18. Acondicionamiento de la señal	40
Figura 19 de compensación de termopares	41
Figura.20 Termopila	42
Figura. 21 Promediador de temperatura	42
Figura 22. Anemómetro de referencia dwyer 9671 (marca lutron).	47
Figura 23. Conector estándar y universal	49
Figura 24. Sonda de temperatura marca lutron (modelo TP 03)	49
Figura 25. Especificación: TP-04: -50 a 400 oC	50
Figura 26. Termocupla referencia tp03	50



	pág.
Figura 27. Termocupla tp04	51
Figura 28. Bwyer model pit ref 34	52
Figura 29. Termocuplatp-02a ref 35	53
Figura 30. Termometro	54
Figura 31. Model dkt-1 termocupla ref 36	55

## LISTA DE ANEXOS

Anexo A: Pagos al Contratista	pág. 55
-------------------------------	------------

## RESUMEN

El proyecto se trata de la selección de transductores de temperatura para el sistema de aire acondicionado en el laboratorio de investigación, de la Institución Universitaria Pascual Bravo.

Inicialmente lo que se realizó fue una investigación de los implementos que se necesitaban, todo esto gracias a las asesorías brindadas por el profesor Arley Salazar que fue nuestro asesor, con la ayuda de él y de investigaciones pertinentes se realizó la compra de materiales los cuales son muy importantes para tener mejores resultados en el trabajo y en el laboratorio, los implementos son sondas de temperaturas tipo k, transductores de temperatura, display que sirven para leer las medidas que nos dan las sondas de temperaturas al conectarlas..

Los resultados que se obtienen son muy positivos ya que gracias a toda la recopilación y los implementos que se utilizaron, nos llevan a saber trabajar teniendo en cuenta rango de temperaturas más precisos, y mediciones más exactas, ya que al trabajar en el laboratorio es muy importante tener en cuenta todos estos detalles, ya que las temperaturas varían mucho.

## **ABSTRACT**

The project is the selection of transducers of temperature for the conditioned air system in the research laboratory, of the University Institution Paschal Bravo.

Initially what I am made was an investigation of the implementos that were needed, all this thanks to the consultant's offices offered by the professor Arley Salazar to that was our adviser, with the aid of him and of pertinent investigations I am made the purchase of materials which are very important to have better results in the work and the laboratory, the implementos are soundings of temperatures type k, transducers of temperature, display that serve to read the measures that give the soundings us of temperatures when connecting them.

The results that are obtained are very positive since thanks to all the compilation and the implementos that were used, take to us that is to say to work considering rank of more precise temperatures, and exact measurements but, since when working in the laboratory it is very important to consider all these details, since the temperatures vary much.

## INTRODUCCIÓN

La extensión del periodo de conservación para frutas y verduras, con pérdidas mínimas, a largo plazo, está muy ligada con la tasa de los procesos metabólicos que ocurren en los productos y la tasa de desarrollo de microorganismos patógenos y enfermedades fisiológicas.

En el uso de almacenamiento en frío, con control relativo de la humedad del aire en el almacenamiento, conduce a la reducción de la tasa de respiración y transpiración, así como del desarrollo de algunas enfermedades.

Es fácil realizar medidas de la temperatura con un sistema de adquisición de datos, pero la realización de medidas de temperatura *exactas y repetibles* no es tan fácil.

“La temperatura es un factor de medida engañoso debido a su simplicidad. A menudo pensamos en ella como un simple número, pero en realidad es una estructura estadística cuya exactitud y repetitividad pueden verse afectadas por la masa térmica, el tiempo de medida, el ruido eléctrico y los algoritmos de medida. Esta dificultad se puso claramente de manifiesto en el año 1990, cuando el comité encargado de revisar la Escala Práctica Internacional de Temperaturas ajustó la definición de una temperatura de referencia casi una décima de grado centígrado. (Imaginemos lo que ocurriría si descubriéramos que a toda medida que obtenemos normalmente le falta una décima de amperio)”<sup>1</sup>

Dicho de otra forma, la temperatura es difícil de medir con exactitud aún en circunstancias óptimas, y en las condiciones de prueba en entornos reales es aún más difícil. Entendiendo las ventajas y los inconvenientes de los diversos enfoques

---

<sup>1</sup>[https://docs.google.com/document/d/1LPPRPHn9VFW02HoxWkBB\\_RWBV6roPXUpUUXTeAJ7MCM/edit?hl=es](https://docs.google.com/document/d/1LPPRPHn9VFW02HoxWkBB_RWBV6roPXUpUUXTeAJ7MCM/edit?hl=es)

que existen para medir la temperatura, resultará más fácil evitar los problemas y obtener mejores resultados.

En el siguiente informe se comparan los cuatro tipos más corrientes de transductores de temperatura que se usan en los sistemas de adquisición de datos: detectores de temperatura de resistencia (RTD), termistores, sensores de IC y termopares. La elección de los transductores de temperatura adecuados y su correcta utilización puede marcar la diferencia entre unos resultados equívocos y unas cifras fiables. Los termopares son los sensores más utilizados pero normalmente se usan mal. Por eso vamos a dedicar una atención especial a estos dispositivos.

Una vez conocido la forma en que operan cada tipo de transductor de temperatura se analizarán las especificaciones técnicas de los mismos (de manera comercial) para determinar cuáles son los factores más importantes a considerar para la elección de los mismos.

## 1. EL PROBLEMA

Actualmente en la Institución Universitaria Pascual Bravo sede Medellín se está en proceso de construcción el laboratorio de refrigeración y aire acondicionado, en el cual se va a incluir un módulo referente a los sistemas de conservación a través de atmosferas controladas.

Para poder seguir en el desarrollo de este laboratorio se debe proseguir primero con los componentes de medición de temperatura como son los transductores.

El proyecto consiste en el montaje de los transductores de temperatura para poder monitorear las temperaturas del aire acondicionado en el laboratorio y tener un ambiente controlado y adecuado para las diversas actividades que se realizaran en este cuarto.

Encargados de regular la temperatura de este cuarto, puesto que de 24 a 27 grados celsius es para el confort de la persona, de cero a 15 grados celsius es la temperatura ideal de la conservación y de 0 a -30 grados celsius es la temperatura de congelación.

Se debe poder conseguir las temperaturas deseadas para poder trabajar en este ambiente o el trabajo de muchos compañeros que han invertido su tiempo en este proyecto sería en vano.

## 2- JUSTIFICACIÓN

Los cambios en el estilo de vida en los países industrializados han impulsado la aparición de nuevas tendencias en el consumo de alimentos. En la actualidad existe un gran interés por los productos frescos y “naturales”, es decir, con un contenido menor de aditivos o libres de ellos y que conservan sus propiedades nutritivas y organolépticas tras el procesado.

Así mismo, se ha incrementado de forma considerable la demanda de productos de preparación sencilla y rápida como los platos precocinados, los productos de IV y V gama y otros alimentos “listos para consumir”. Parte de esta demanda procede de la hostelería, la restauración y las cadenas de comida rápida, sectores que requieren volúmenes cada vez mayores de estos productos.

En respuesta a los nuevos hábitos de consumo la industria agroalimentaria ha implementado paulatinamente tecnologías de producción y conservación que garantizan la calidad higiénica de los alimentos y prolongan su vida útil minimizando las alteraciones en los mismos. En este grupo se incluyen los sistemas de almacenamiento bajo atmósferas controladas.

En el departamento de electromecánica se cuenta con un área física aprovechable, donde se identificó un espacio disponible en el cual se puede construir el laboratorio de refrigeración y aire acondicionado. La idea partió del curso de refrigeración donde se acordó entre varios compañeros y el profesor la idea de construir una cava en la que se incluyera la técnica de conservación por Atmosfera Controlada.

Este proyecto es pionero dentro de la institución, ya que dentro de la Institución Universitaria Pascual Bravo no se cuenta con dicho espacio para realizar prácticas ligadas con el campo de la refrigeración. Es muy necesario desde muchos puntos



de vista la ejecución de este proyecto y más porque se les da la oportunidad a los alumnos de la institución por medio de la asignatura de Proyecto de Grado, ejecutar su construcción, lo cual es muy beneficioso, tanto para los alumnos, como para la institución pues es aplicable al área del conocimiento referente a la asignatura de refrigeración y aire acondicionado.

## **3-OBJETIVOS**

### **3.1 OBJETIVO GENERAL**

Seleccionar los transductores de temperatura de acuerdo a los diferentes puntos de medición establecidos en el ciclo.

### **3.2 OBJETIVO ESPECÍFICOS**

Describir el estado del arte de los transductores de Temperatura

Realizar una descripción del método de selección e instalación del equipo.

Realizar el procedimiento de instalación y configuración de las señales de estos equipos en un controlador o PLC

## 4. REFERENTES TEÓRICOS

Para la realización de un correcto trabajo de este proyecto debemos tener en cuenta algo muy importante, como lo son los referentes teóricos, el cual lo vamos a plantear en este trabajo teórico, por eso vamos a profundizar y a explicar en nuestro caso específico el cual corresponde a los transductores de temperaturas para el sistema de aire acondicionado para el laboratorio de refrigeración en la institución universitaria pascual bravo, el cual es el que corresponde a nuestro proyecto.

### 4.1 MEDICIÓN DE TEMPERATURA

La temperatura es uno de los fenómenos físicos que con mayor frecuencia se mide en los procesos industriales. Esta se mide básicamente a partir de cambios en las propiedades de diversos materiales al ser influidos por la temperatura entre los cuales se puede contar:

- a) Variaciones en el volumen o en el estado de los cuerpos (sólidos, líquidos o gases).
- b) Variaciones en la resistencia de algún conductor (sondas de resistencias).
- c) Variación en la resistencia de algún semiconductor (termistores).
- d) Fuerza electromotriz generada en la unión de dos metales distintos (termopares).
- e) Intensidad de la radiación emitida por un cuerpo (pirómetros de radiación).
- e) Fenómenos utilizados en el laboratorio (velocidad del sonido de un gas, frecuencia de resonancia de un cristal, entre otros).

## 4.2 TEMPERATURA

La temperatura está definida como la energía promedio por molecular de un material. Existen cuatro tipos de unidades para la medición de temperatura que primordialmente definen escalas de temperatura. Para definir las escalas de temperatura se utilizan diferentes puntos de calibración. Para cada una de las escalas, la energía promedio por molécula se define a partir de condiciones existentes entre los estados o fases sólida, líquida y gaseosa de algunos materiales puros. Se considera un estado de equilibrio de un material puro cuando el cambio de fase sólido-líquido, líquido-sólido del material ocurre a la misma temperatura en ambas direcciones.

### 4.2.1 Escalas de temperatura absolutas.

Se define como cualquier escala de temperatura cuyo cero se corresponde con el cero absoluto. Es aquella donde no existe energía térmica. Las dos unidades para medición de temperatura absoluta son el Kelvin y el Rankine, y difieren entre sí sólo por la cantidad de energía representada por una unidad de medición. La relación entre ambos sistemas es

$$T(K) = \frac{5}{9} + (R)$$

### 4.2.2 Escalas de temperatura relativas.

Son aquellas donde el cero de la escala no equivale a cero energías térmicas. Existen dos unidades de este tipo denominadas escalas Celsius y Fahrenheit respectivamente con unidades en grados centígrados (°C) y grados Fahrenheit (°F) relacionadas con las escalas Kelvin y Rankine respectivamente a partir de las relaciones:

$$T(^{\circ}\text{C}) = T(K) - 273.15$$

$$T(^{\circ}\text{F}) = T(K) - 456.60$$

La transformación de las unidades Celsius a Farenheit está dada por:

$$T(^{\circ}\text{F}) = T(K) + 32$$

La tabla 1 muestra los valores en cada una de las escalas en los puntos de calibración mencionados anteriormente.

“Es posible relacionar la temperatura a energía térmica en Joules usando la constante de Boltzman que aunque no da resultados exactos para la totalidad de los casos, representa una aproximación aceptable para la declaración de que la energía de una molécula puede ser expresada en función de la temperatura en grados Kelvin por medio de la relación:”<sup>2</sup>

$$W_{TH} = \frac{3}{2} K \cdot 1(K) = \frac{1}{2} M V_{TH}^2$$

Donde  $K = 1.38 \times 10^{-23}$  J/ok es la constante de Boltzman, y el último término representa la energía cinética siendo  $V_{TH}$  la velocidad térmica promedio de la molécula de un gas.

---

<sup>2</sup> <http://www.buenastareas.com/ensayos/Escalas-De-Temperaturas/2054519.html>

Tabla 1. Puntos de calibración para las diferentes escalas de temperatura.

Punto de calibración	Temperatura			
	K	°R	°C	°F
Cero energía térmica	0	0	-273.15	-456.6
Eq. oxígeno líquido / gas	90.18	162.3	-182.97	-297.3
Eq. agua sólido / líquido	273.15	491.6	0	32
Eq. agua líquido / gas	373.15	671.6	100	212
Eq. oro sólido / líquido	1336.15	2405	1063	1945.5

Fuente: <http://www.desi.iteso.mx/elec/instru/cap4.pdf>

### 4.3 TRANSDUCTORES DE TEMPERATURA.

Los transductores electrónicos para medición de temperatura se clasifican en:

1. Termómetros de Resistencia.
2. Termistores.
3. Termopares.
4. Termómetros de unión PN.
5. Circuitos integrados sensores de temperatura.
6. Circuitos de conversión de temperatura a frecuencia.

#### 4.3.1 Termómetros de resistencia.

Los conductores generalmente muestran un incremento en su resistencia con la temperatura, que se rige por la siguiente expresión:

$$R_t = R_o(1 + a_1T + a_2T^2 + a_3T^3 + a_nT^n)$$

El número de términos ahí depende del material, el rango de temperatura y la exactitud requerida.

Los materiales más comunes para la fabricación de RTD's son el platino, el níquel y el cobre y en algunas aplicaciones a bajas temperaturas (alrededor de los 20°K ) el Rodio.

#### 4.3.2 Características de los materiales de fabricación para transductores

- a) Alto coeficiente de temperatura de la resistencia (sensibilidad).
- b) Alta resistividad, ya que cuanto mayor sea la temperatura mayor será la variación por grado.
- c) Relación lineal temperatura-resistencia.
- d) Rigidez y ductilidad.
- e) Estabilidad de las características en la vida útil.

#### 4.3.3 características cualitativas más importantes de los metales empleados para la construcción de RDT's .

Estos metales se tabulan a continuación:

<u>MATERIAL</u>	<u>CARACTERISTICAS</u>
Platino	a). Preciso. b). Estable. c). Alto costo.
Níquel	a). Resistencia más elevada.

	b). Poca linealidad.
	c). Varían su coeficiente.
Cobre	a). Variación de resistencia uniforme.
b). Estable	c). barato.
	d). Baja resistividad.

---

Una desventaja del uso de RTD's, es que se deben emplear corrientes que circulen a través de ellos lo suficientemente pequeñas para evitar el auto calentamiento.

Un dato técnico importante es el llamado constante de disipación que indica la potencia requerida para elevar la temperatura un grado (cualquier escala).

Una constante de disipación de 25 mW / °C muestra que la pérdida de potencia en un RTD igual a 25 mW y el RTD se calentará 1°C.

El auto calentamiento se calcula a partir de la expresión,  $T, P, P_D$

Donde:

$T$  = diferencia de temperatura (autocalentamiento)

$P$  = potencia disipada en el RTD en Watts.

$P_D$  = Constante de disipación en W/ °C.



Tabla 2. Análisis cuantitativo de tres metales diferentes usados como RTD's.

Metal	Resistividad	Coef. de temp.	Rango útil	Costo	Resistencia sonda a 0°C	Precisión
Platino	9.83	0.00392	-200 - 900	Alto	25, 100, 150	0.01
Níquel	6.38	0.0063 - 0.0066	-150 - 300	Medio	100	0.5
Cobre	1.56	0.00425	-200 - 120	Bajo	10	0.1

Fuente: <http://www.desi.iteso.mx/elec/instru/cap4.pdf>

#### 4.4 SISTEMAS PARA LA DETECCIÓN DE TEMPERATURA USANDO RTD'S

Dado que los RTD's son resistencias, la mejor opción para detectar sus variaciones debidas al efecto de la temperatura es conectarlos a un circuito puente en una de las ramas del puente se coloca el RTD y se denomina la malla de medición y en la otra se colocan una relación de resistencias que actúan como malla de referencia. La figura 4.1 muestra un circuito puente para detección de temperatura con RTD denominado sistema de dos hilos que tiene una condición de equilibrio:

$$R_1, R_2, R_1, R_x$$

Para cero voltajes a la salida del amplificador diferencial. Esta condición se logra ajustando el valor  $R_3$  a la temperatura de referencia. El amplificador diferencial detecta la diferencia entre  $V_2$  y  $V_1$  cuando  $R_x$  varía con la temperatura.

Los voltajes  $v_2$  y  $v_3$  estarán dados por:

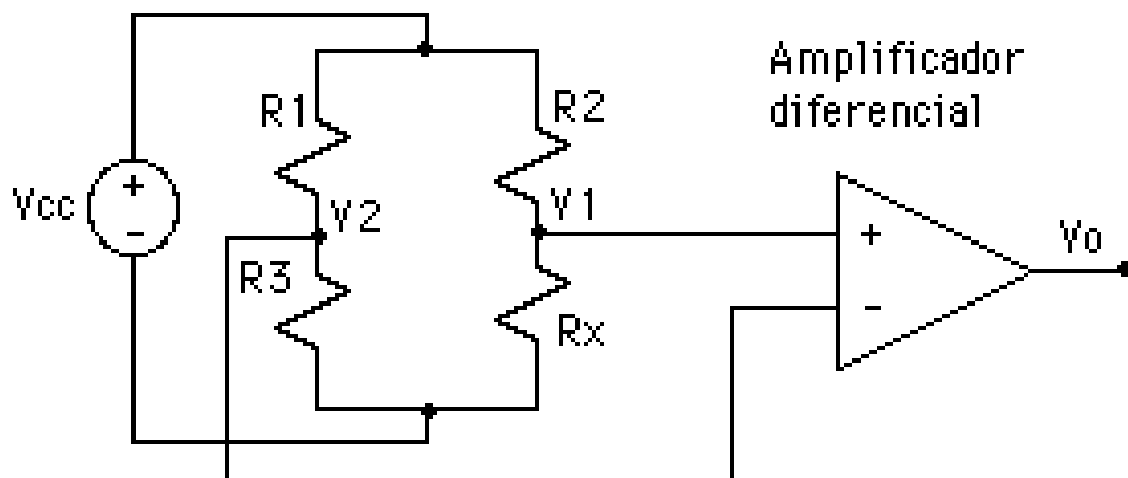
$$V_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_3} V_{cc}$$

$$V_2 = \frac{R_x}{R_x + R_2} V_{cc}$$

Y la salida del amplificador diferencial será:

$$V_0 \left( \frac{R_3}{R_1 + R_3} - \frac{R_x}{R_x + R_2} \right) V_{cc}$$

Figura. 1 circuito de detección de temperatura con rtd's sin compensación.

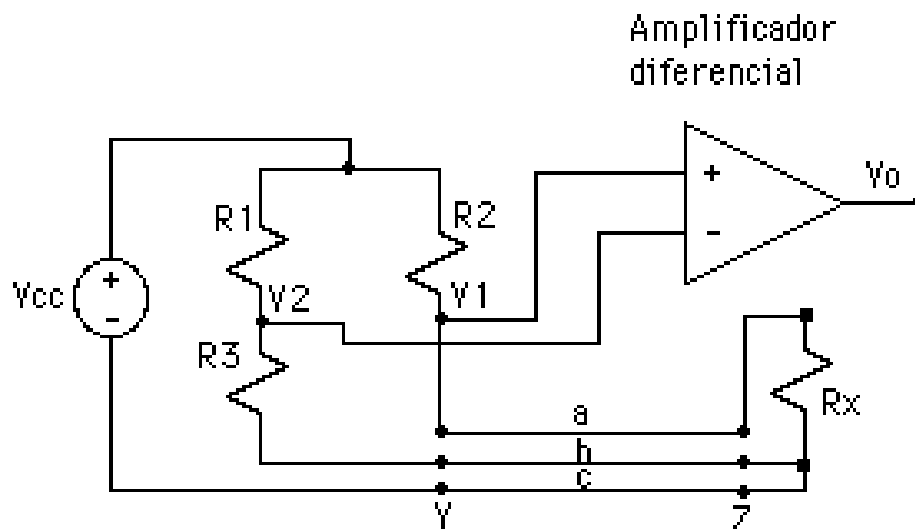


Fuente: <http://www.desi.iteso.mx/elec/instru/cap4.pdf>

Esta configuración tiene la desventaja de que no considera la resistencia asociada con los cables que conectan al RTD cuya resistencia también se ve afectada por la temperatura sobre todo cuando existen distancias significativas entre el RTD y el circuito de detección. En los circuitos de dos hilos la resistencia del cable actúa también como un sensor de temperatura por lo que la lectura a la salida del puente será errónea.

Otra posibilidad para el circuito tipo puente es aquella en que se derivan los cables de conexión desde el puente hasta el punto donde se efectúa la medición de manera que los efectos de la temperatura actúen por igual tanto en la rama de medición como en la de referencia. Esta configuración conocida como circuito de tres hilos se muestra en la figura 2

Figura.2 Circuito para detección de temperatura con RTD's



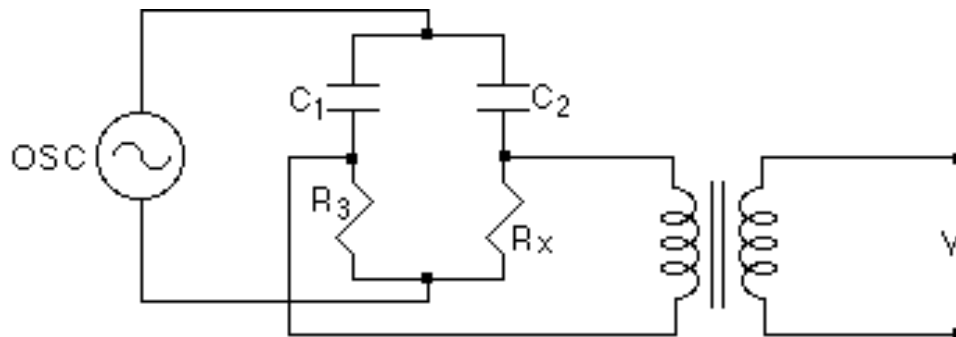
Fuente: <http://www.desi.iteso.mx/elec/instru/cap4.pdf>

Este circuito considera la resistencia asociada con los conductores que conectan al RTD. La ecuación de equilibrio es:

$$\frac{R_1}{R_3 + b} = \frac{R_2}{R_x + a}$$

Dónde: \$a\$, \$b\$ son la longitud de los conductores y es la resistividad del conductor. Podemos, también, cambiar la fuente por un oscilador controlado estable y cambiar las Resistencias \$R\_1\$ y \$R\_2\$ por capacitores; el circuito sería el siguiente:

Figura 3. Circuito de detección de temperatura usando capacitores y un oscilador controlado estable.



Fuente: <http://www.desi.iteso.mx/elec/instru/cap4.pdf>

#### 4.4.1 Termistores.

Los termistores son dispositivos semiconductores cuya relación voltaje entre corriente permanece constante cuando la temperatura es constante. Estos dispositivos presentan grandes coeficientes de temperatura negativos (NTC), es decir, que su resistencia disminuye cuando la temperatura aumenta. Los materiales con que se fabrican pueden ser mezclas sintetizadas de sulfatos, selenio, óxidos de níquel, manganeso, hierro, cobalto, cobre, magnesio, titanio, uranio, y otros metales. Existen también termistores con coeficiente térmico positivo (PTC) fabricados de bario sintetizado y mezclas de estroncio y titanio.

La ecuación que domina el cambio de resistencia de un termistor respecto a la temperatura está dada por:

$$R_t = R_o e^{B(1/T_t - 1/T_o)}$$

Donde:

$R_t$  = Resistencia del termistor.

$R_o$  = Resistencia inicial.

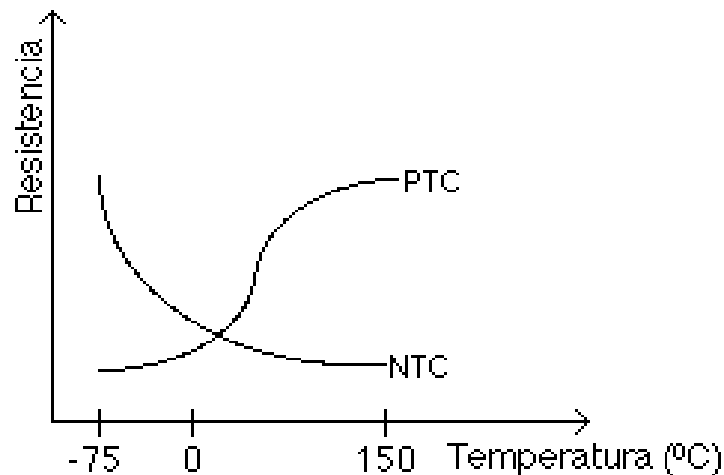
$b$  = Coeficiente térmico.

$T_t$  = Temperatura de trabajo en Kelvin.

$T_o$  = Temperatura de referencia.

Por tratarse de material semiconductor, los termistores tienen un rango limitado que va de  $-20^{\circ}\text{C}$  a  $150^{\circ}\text{C}$ , y como se puede apreciar en la ecuación anterior, su respuesta es no lineal por el término exponencial, además son dispositivos que presentan el fenómeno de envejecimiento. Las curvas de cambio de resistencia en función de la temperatura para termistores con NTC y PTC.

Figura 4. Relación resistencia, temperatura para un termistor.

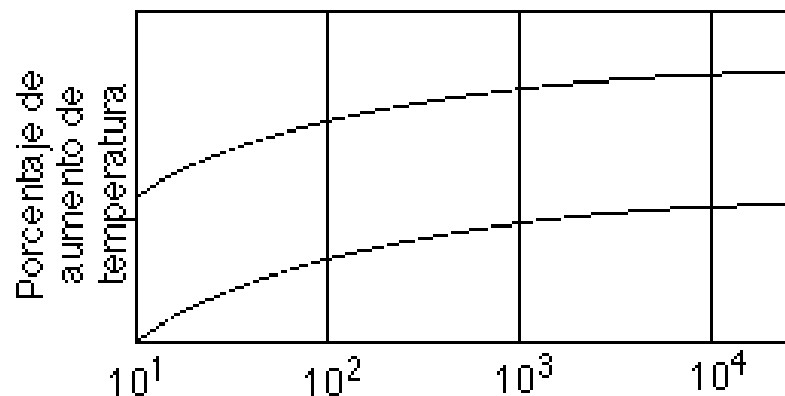


Fuente: <http://www.desi.iteso.mx/elec/instru/cap4.pdf>

Los termistores al igual que cualquier dispositivo construido en base a semiconductores tienen algunos parámetros que deben ser considerados para su elección. Los términos que con mayor frecuencia se emplean son:

1. Resistencia a potencia cero. Resistencia del termistor cuando no existe efecto de auto calentamiento.
2. Variación de la resistencia con la temperatura. Sensitividad; típicamente de  $4W/^\circ C$ .
3. Constante de disipación de potencia: Potencia requerida para que el termistor aumente su temperatura en un grado Celsius respecto al medio que lo circunda.
4. Estabilidad: Capacidad de un termistor para mantener sus características dentro del rango  $0.03\ ^\circ C/año$  en un periodo de 12 años.

Figura 5. Curva porcentaje de aumento de la temperatura – tiempo



Fuente: <http://www.desi.iteso.mx/elec/instru/cap4.pdf>

5. Auto calentamiento: Potencia disipada en el termistor.
6. Temperatura de operación máxima: Temperatura máxima en la cual el termistor conservará su operación con características de estabilidad aceptables ( $-50^\circ C - 150^\circ C$ ).

A continuación a manera de resumen se dan algunas de las características más importantes de los termistores:

1. Alta sensibilidad.
2. Alto coeficiente térmico.

3. Envejecen.
4. Tienen un tiempo de respuesta variable.
5. Sufren de auto calentamiento.
6. No son lineales.
7. Son de tamaño reducido.
8. Son susceptibles a contaminación.

Los encapsulados de los termistores requieren de materiales que conduzcan muy bien la temperatura como son: vidrios, resinas epóxicas, entre otros. Dentro de los tipos de encapsulados podemos encontrar las siguientes formas:

1. Forma de gota.
2. Forma de rodillo.
3. Forma de disco.
4. Forma de arandela.

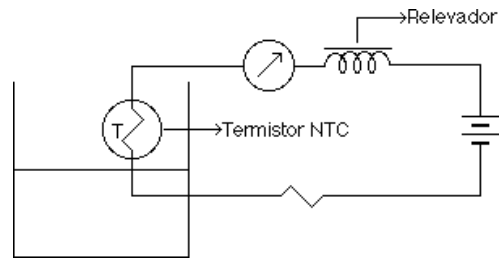
#### 4.4.2 Aplicaciones.

A continuación se muestran algunos esquemas de aplicación típicos para termistores:

#### 4.4.3 Aplicación de Medición de nivel.

En este caso cuando el termistor se encuentra fuera del líquido su resistencia se decrementa permitiendo que se tenga el suficiente flujo de corriente en el circuito para activar el relevador que controla el encendido y apagado de una moto bomba.

Figura 7. Medición y control de nivel usando un termistor

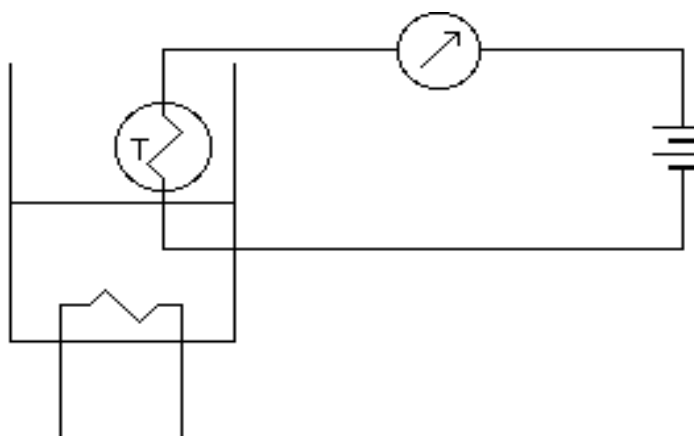


Fuente: <http://www.desi.iteso.mx/elec/instru/cap4.pdf>

#### 4.4.4 Altímetros.

Es posible lograr altímetros de gran sensibilidad colocando un termistor en la superficie de algún líquido dentro de un recipiente y aplicando calor hasta que el líquido hierva. La resistencia del termistor depende del punto de ebullición del líquido el cual a su vez depende de la presión atmosférica en el lugar de la medición. Como la presión atmosférica una función de la altitud, el arreglo nos dará información de la altitud haciendo medición de temperatura y acondicionando los resultados adecuadamente.

Figura 8. Esquema de un altímetro utilizando un termistor



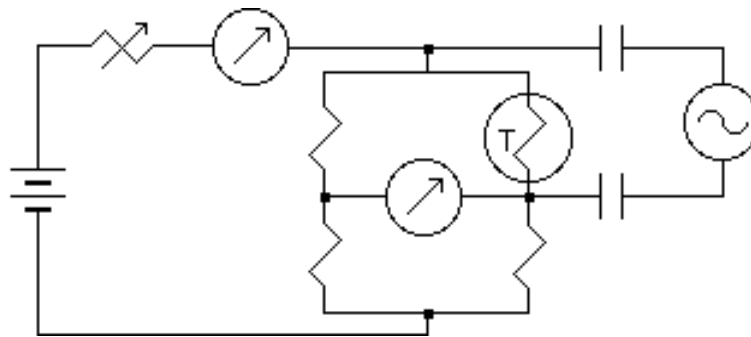
Fuente: <http://www.desi.iteso.mx/elec/instru/cap4.pdf>



#### 4.4.5 Medición de potencia en c.d. y altas frecuencias.

En un circuito puente cuyas resistencias fijas son del orden de 200 Ohms se coloca un termistor de 2K Ohms. A través de la resistencia variable en serie se incrementa el suministro del puente hasta que la resistencia del termistor se reduce a 200 Ohms al aumentar su temperatura balanceando el puente. En este punto se calcula la potencia en CD. Después se alimenta el termistor con una fuente de CA a través de los dos capacitores logrando un aumento adicional en la temperatura del termistor desbalanceando el puente. En ese momento se reduce la alimentación de Dc hasta que se balancee nuevamente el puente dando una nueva potencia en DC. La diferencia entre ambas potencias es la potencia suministrada por la fuente de CA.

Figura 9. Medición de potencia en altas frecuencias utilizando un termistor



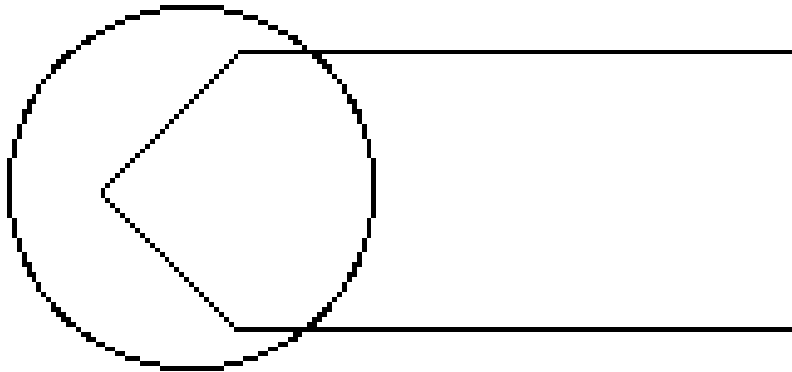
Fuente: <http://www.desi.iteso.mx/elec/instru/cap4.pdf>

#### 4.4.6 Termopares.

Los termopares son elementos de medición de temperatura activos, esto es, que generan una señal eléctrica proporcional a la temperatura a la que están sometidos. Los termopares se componen de dos conductores de diferente coeficiente térmico unidos en sus extremos. El símbolo del termopar se muestra en la figura 10<sup>3</sup>

<sup>3</sup> <http://deeea.urv.cat/public/PROPOSTES/pub/pdf/1515pub.pdf>

Figura 10. Símbolo del termopar



## Símbolo del termopar

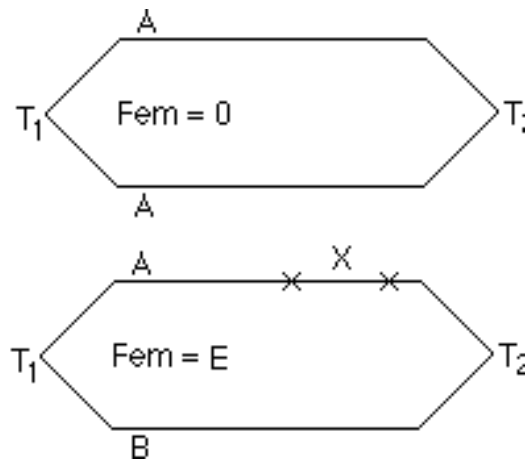
Fuente: <http://deeea.urv.cat/public/PROPOSTES/pub/pdf/1515pub.pdf>

### 4.4.7 Operación de un termopar.

Se rige por cuatro leyes que se exponen continuación.

1. Ley de la temperatura externa. Una corriente eléctrica no se puede mantener en un circuito compuesto por un sólo metal homogéneo al aplicar calor en los extremos. Ahora, si dos metales, A y B, son sometidos a temperaturas  $T_1$  y  $T_2$  en sus uniones entonces, existirá una fuerza electromotriz generada en los extremos.

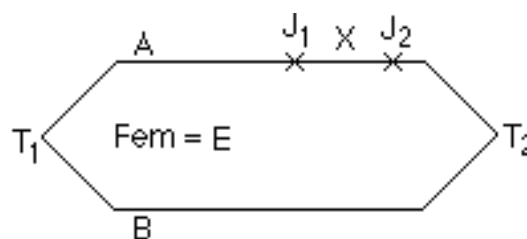
Figura 11. Ejemplificación de la primera ley de los termopares



Fuente: <http://www.desi.iteso.mx/elec/instru/cap4.pdf>

2. Ley del metal intermedio. Dos metales homogéneos A y B tienen sus uniones a temperaturas  $T_1$  y  $T_2$ . Si un tercer metal X se conecta en un corte del metal A formando uniones  $J_1$  y  $J_2$  y la temperatura a la que está sometido el metal X es uniforme en toda su longitud entonces, la fem generada en el arreglo será igual a aquella sin el conductor X.

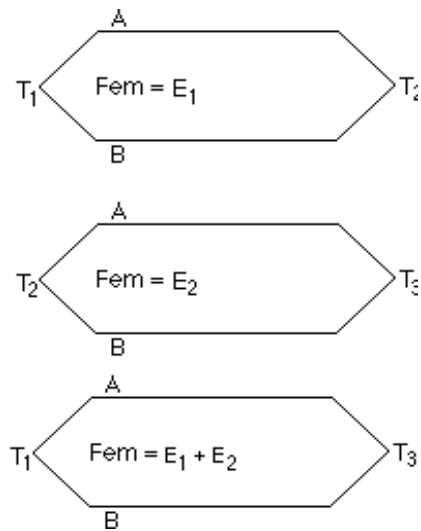
Figura 12. Ejemplificación de la segunda ley de los termopares



Fuente: <http://www.desi.iteso.mx/elec/instru/cap4.pdf>

3. Ley de la temperatura intermedia. Si dos metales homogéneos A y B están sometidos a temperaturas  $T_1$  y  $T_2$  en sus uniones generando una fem  $E_1$  y se efectúa un cambio en las temperaturas  $T_2$  y  $T_3$  en sus extremos generando una fem  $E_2$ , entonces si las uniones se sometieran a temperaturas  $T_1$  y  $T_3$  la fem térmica generada será igual a  $E_1 + E_2$ .

Figura 13. Ejemplificación de la tercera ley de los termopares



Fuente: <http://www.desi.iteso.mx/elec/instru/cap4.pdf>

4. Ley de la fem aditiva. Si dos metales A y R son sometidos a temperaturas  $T_1$  y  $T_2$  en sus uniones, la fem generada será  $E_{ar}$ . Al unir dos metales R y B y someterlos a temperaturas  $T_1$  y  $T_2$  en sus uniones, la fem generada será  $E_{rb}$ . Entonces si se utilizan los metales A y B bajo las mismas condiciones de operación entonces la fem generada será  $E_{ab}$ .

Los termopares se construyen de metales que presenten características de alta sensibilidad a la temperatura, lo que ha dado origen a diferentes aleaciones materiales para lograr operaciones dentro de rangos de operación muy variados. La composición de los materiales usados en la construcción de termopares se muestra a continuación:

Material

Hierro

Constantán

Platino/Rodio(13%)

Platino/Rodio(10%)

Composición

99.5% de hierro

45% de Níquel y 55% de Cobre.  
y 95% de Níquel

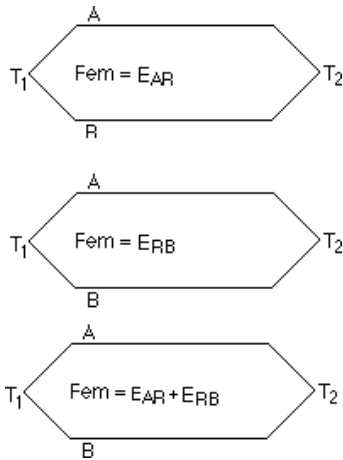
87% de Platino y 13% de Rodio.

90% de Platino y 10% de Rodio. Cobre  
100% de Cobre.

Cromel

10% de Cromo y 90% de Cobre.

Figura 14. Ejemplificación de la cuarta ley de los termopares.



Fuente: <http://www.desi.iteso.mx/elec/instru/cap4.pdf>

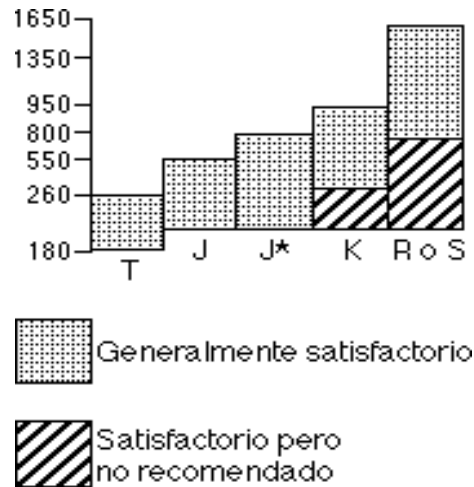
De acuerdo al rango de operación y a la combinación de aleaciones que los componen los termopares se clasifican dentro de los siguientes tipos:

<u>Tipo</u>	<u>Materiales</u>
J	Hierro-Constantán
(Galga 14). T 20).	Cobre-Constantán (Galga
K	Cromel-Alumel (Galga 14).
R	Platino/Rodio(13%)-Platino.
S	Platino/Rodio(13%)-Platino.
J*	Hierro-Constantán (Galga 8).

En la figura 15 se ven los rangos usuales de los distintos tipos de termopares indicando además su comportamiento. La característica más importante de los termopares. Termopares para su utilización como sensores

de temperatura es que son dispositivos que presentan gran linealidad (fig 15) dentro de su rango de operación y su costo es reducido.

Figura.15 Rango de temperaturas aplicable a los diferentes tipos de termopares.



Fuente: <http://www.desi.iteso.mx/elec/instru/cap4.pdf>

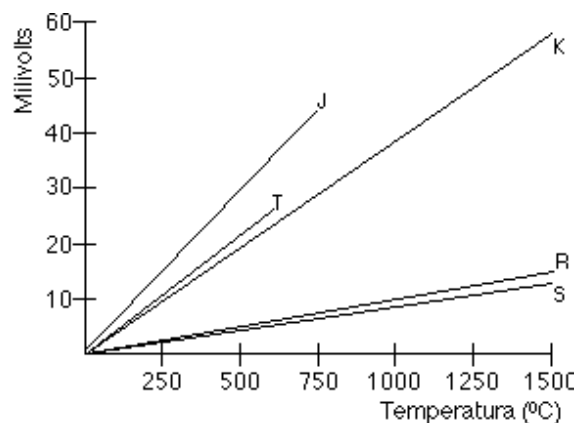
#### 4.4.8 Selectividad.

La elección de un termopar para una aplicación industrial, depende en términos generales del rango de operación al que será sometido, a la exactitud requerida y al costo del mismo. A bajas temperaturas (200-600 °C) son recomendables los tipos J, K y T. El tipo J es el más barato, pero tiene que tomarse la precaución de no usarse en ambientes sulfatados. El tipo K aunque más caro es el más lineal. El comentario anterior sobre ambientes sulfatados se deriva del hecho que al tratarse de la unión de dos metales, un termopar es susceptible al ataque químico de agentes oxidantes, por lo que deben estar debidamente protegidos en cubiertas llamadas termo pozos usadas también para la instalación de RTD's y termistores.

Los termopares a pesar de ser sensores lineales no están exentos de desventajas que limitan su uso. En primer lugar es necesario apuntar que tienen una relación

señal a ruido (SNR) muy baja, es decir, son muy susceptibles a sufrir alteraciones por ruido. Esto es una consecuencia lógica, ya que al tratarse de dos conductores, cuando están instalados cerca de campos magnéticos fuertes tendrán voltajes inducidos cuando su longitud sea larga. Es por ello que requieren de un acondicionador que incluya filtros que eliminen los voltajes inducidos de altas frecuencias con un transmisor adecuado cerca del lugar de medición. Otra de los efectos indeseados es cuando se tienen voltajes parásitos debido a la unión de las terminales del termopar con otros conductores a diferente temperatura que aquella en la unión de medición. Este fenómeno se denomina "efecto de punta fría" y se presenta como una consecuencia de una violación a las leyes de la temperatura intermedia y del metal intermedio. Una forma de evitar este efecto indeseado es aprovechar otra de las leyes -la del metal intermedio- para compensar los voltajes de las uniones en la punta fría.

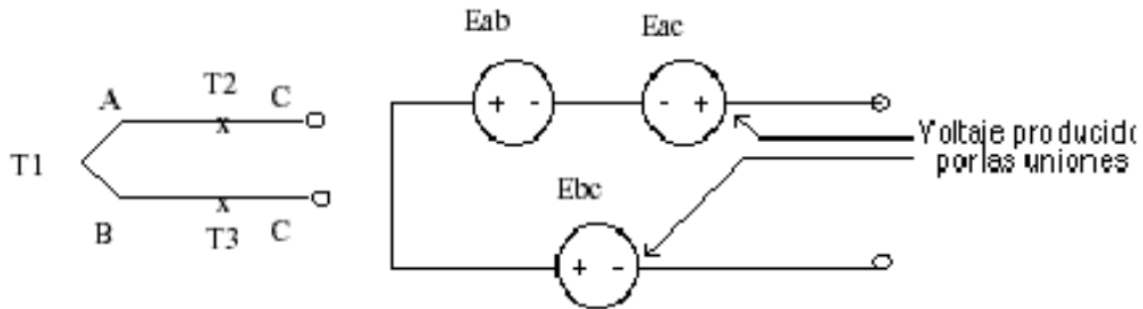
Figura 16 Curva temperatura-voltaje para los diferentes tipos de termopares.



Fuente: <http://www.desi.iteso.mx/elec/instru/cap4.pdf>

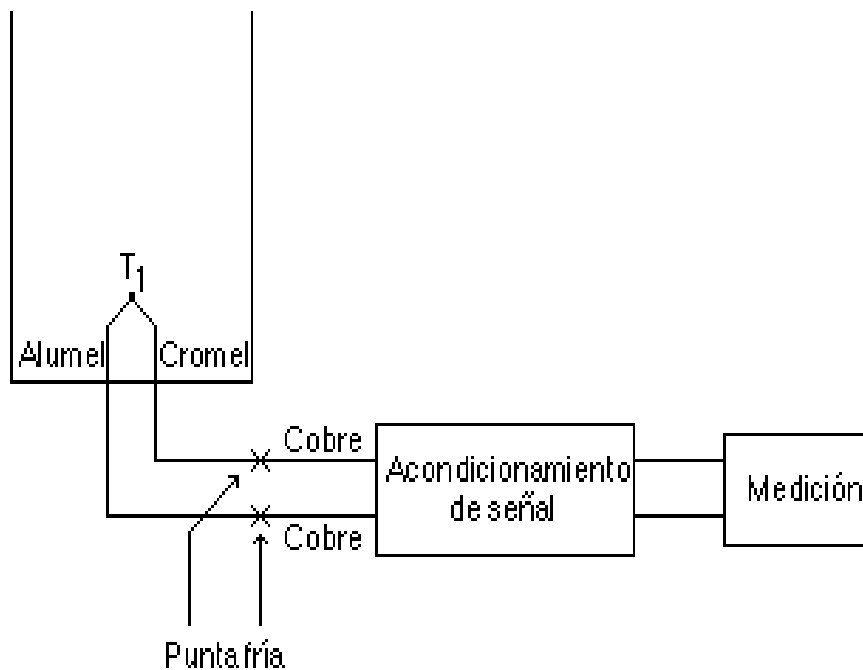
En la figura 17 se observa el efecto de las puntas fría sobre el voltaje de interés en la unión de los metales A y B sometido a temperatura T1. El acondicionamiento de la señal debe hacerse con compensación de punta fría.

Figura 17. Efecto de las puntas



Fuente: <http://www.desi.iteso.mx/elec/instru/cap4.pdf>

Figura 18. Acondicionamiento de la señal



Fuente: <http://www.desi.iteso.mx/elec/instru/cap4.pdf>

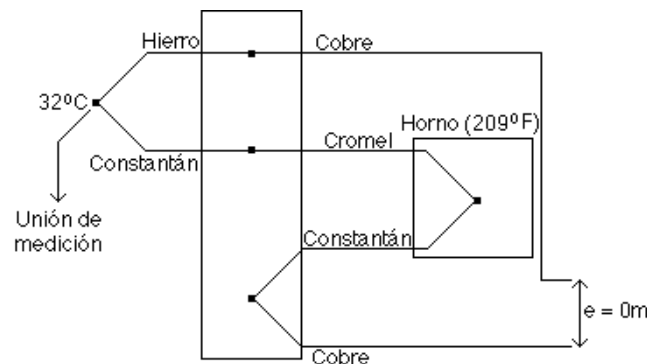
#### 4.4.9 Esquema para medición de temperatura con termopares.

La compensación de punta fría puede hacerse mediante varias técnicas. La primera y cuyo uso está ampliamente difundido en la industria consiste en conectar en serie diferentes tipos de termopares instalados puntos del proceso



con temperaturas casi constantes o que sufran variaciones que contra resten los efectos de la punta fría del termopar principal. Otro método empleado es la utilización de circuitos integrados que realizan directamente la compensación. Estos CI en su mayoría son fabricados por la compañía Analog Devices y los hay para los distintos tipos de termopares.

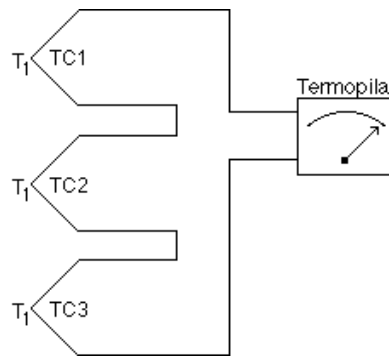
Figura 19 de compensación de termopares



Fuente: <http://www.desi.iteso.mx/elec/instru/cap4.pdf>

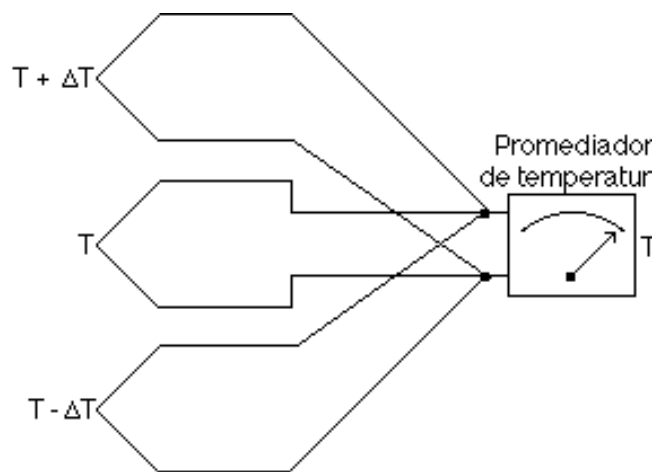
Ejemplos de compensación en el uso de termopares. Es común encontrar arreglos de termopares ideados para obtener mejores respuestas en cuanto a la magnitud generada en la unión. Cuando la señal de salida por el termopar es baja y su relación señal a ruido debe ser mejorada entonces en el concepto de termopila que se logra al conectar en serie varios termopares como se aprecia en la figura. Otro arreglo común es el promediador de temperatura que es se aplica en procesos donde es importante obtener la temperatura media como puede ser una columna, una torre entre otros., esta configuración se muestra en la figura 20

Figura.20 Termopila



Fuente: <http://www.desi.iteso.mx/elec/instru/cap4.pdf>

Figura. 21 Promediador de temperatura



Fuente: <http://www.desi.iteso.mx/elec/instru/cap4.pdf>

## **5 .METODOLOGÍA**

### **5.1 TIPO DE ESTUDIO**

Para desarrollar el montaje adecuado se utilizaron métodos de ayuda como la informática para la selección de software, y de selección de herramientas manuales de programas para una realización del diseño acorde a lo que se va a realizar y mirando la capacidad del sistema.

### **5.2 MÉTODO**

La metodología utilizada se basa en la investigación para crear diseños óptimos en la instalación de los transductores de temperatura para el sistema de aire acondicionado en el laboratorio de refrigeración, se hizo también con la colaboración de personal con amplio recorrido en el campo de la refrigeración y aire acondicionado, por lo cual el método directo fue basado en muchos conocimientos propios por el personal de apoyo.

### **5.3 POBLACIÓN**

Este montaje está diseñado bajo la supervisión de personal calificado y vigilado por ingeniero experto en asesorías consultorías en transductores de temperatura y refrigeración mientras que la instalación será realizada por nosotros estudiantes de la institución universitaria pascual bravo en compañía de técnicos capacitados para dicha instalación, el trabajo de montaje será realizado bajo las normas y lecturas de planos para garantizar un buen funcionamiento del mismo.

### 5.3.1 Fuentes primarias.

En las fuentes primarias la información tomada fue necesaria para organizar el diseño de diversos manuales universales que rigen en la ingeniería de la refrigeración y aire acondicionándolos cuales han sido planteados teniendo en cuenta que los diseños hay que seguir unos alineamientos de ingeniería demostrados y sustentados matemáticamente que permiten corroborar los cálculos rápidos.

### 5.3.2 Fuentes secundarias.

Se ha recopilado las biografías propias de cada fabricante las cuales tienen establecidas sus diferentes métodos para los cálculos, fabricación e instalación según estándares establecidos por expertos de la materia

## **6. RESULTADOS DEL PROYECTO**

Teniendo en cuenta la recopilación e investigación técnicos, informes de avances reunión de equipo de trabajo, y asesorías del proyecto y elaboración de informe final, entrega del ante proyecto y posterior mente del proyecto de grado acompañado de un artículo, gracias a los implementos utilizados como lo fueron , las sondas, transductores tp01- tp03, tp04, un display dwyer modelo dkt-1 y otro modelo TM-936 los cuales al armarlos y conectarlos sirvieron para la realización de medición de la temperatura, para determinar con mas plenitud el rango a trabajar , para realizar un buen montaje y tener mayor exactitud y poder llegar a una conclusión más clara y precisa en las mediciones.

### **6.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO**

En esta parte se plantea las necesidades, y detallaremos las condiciones, características, requisitos y procedimientos del laboratorio de refrigeración en cuanto a las necesidades de aire acondicionado de acuerdo a la carga térmica de refrigeración mediante los transductores de temperatura, y las sondas de temperatura utilizadas.

### **6.2 CONDICIONES DE DISEÑO**

Las condiciones de diseño de las áreas se definen en los siguientes parámetros:

Ambiente acondicionado.

- Temperatura Ambiente 82,4 F- 88 °F
- Temperatura de Diseño 73,4°F
- Humedad relativa (general) 75 F- 55%
- Ambiente Tropical Latitud: 6.21
- Carga Térmica del espacio: 5 TR
- Caudal de Aire: 2000 CFM

Criterios generales

Criterio de ruido 35 - 15 NC

- Velocidad de difusores 400 - 500 FPM
- Velocidad de rejillas 400 - 500 FPM
- Velocidad máxima en Conductos principales 1500 – 2000 FPM
- Velocidad máxima en Conductos secundarios 1000 – 1500 FPM

### 6.3 CONDICIONES AMBIENTALES

- Temperatura media anual Medellin : 22.1°C 365 dias
- Temperatura máxima media anual: 29.2°C 365 dias

Figura 22. Anemómetro de referencia dwyer 9671 (marca lutron).



Fuente: Elaboración propia del autor

Anemómetro de referencia dwyer 9671 (marca lutron). Se utilizó este sensor de temperatura porque son equipos fáciles de utilizar, y equipos que tienen multifunciones el cual al trabajar se facilita, también se utilizan por que el proveedor es muy reconocido y localidad es muy buena (técnicos andina)

#### **6.4 SONDA DE TEMPERATURA SUPERFICIAL MARCA LUTRON MODELO (TP 01).**

Esta sonda esta adecuada para muchas aplicaciones de uso general, tiene un cable termopar con un mini conector, que tiene las siguientes especificaciones.

- 1-metro de largo de cable y una camisa en material de fibra de vidrio
- Temperatura de trabajo de 300°C a +600°C

Gracias a su conector estándar y universal pueden conectarse a todos los termopares tipo k, y aparte son muy útil gracias a su alto grado de medida +600°C y de su fácil manipulación y es muy fino y liviano fácil de usar, transportar.

Figura 23. Conector estándar y universal



Fuente: Elaboración propia del autor

### **6.5 SONDA DE TEMPERATURA MARCA LUTRON (MODELO TP 03)**

Especificaciones: -50°C 1200°C

Dimensión: 10cm día, 3.2mm tubo



Características, penetración aplicación de inmersión. Se utiliza más que todo para temperaturas muy altas el cual facilita en muchos casos los procesos para refrigerar, lo cual conlleva a temperaturas superiores.

Figura 24. Sonda de temperatura marca lutron (modelo TP 03)



Fuente: Elaboración propia del autor

#### **6.6 SONDA DE TEMPERATURA MARCA LUTRON (MODELO TP 04)**

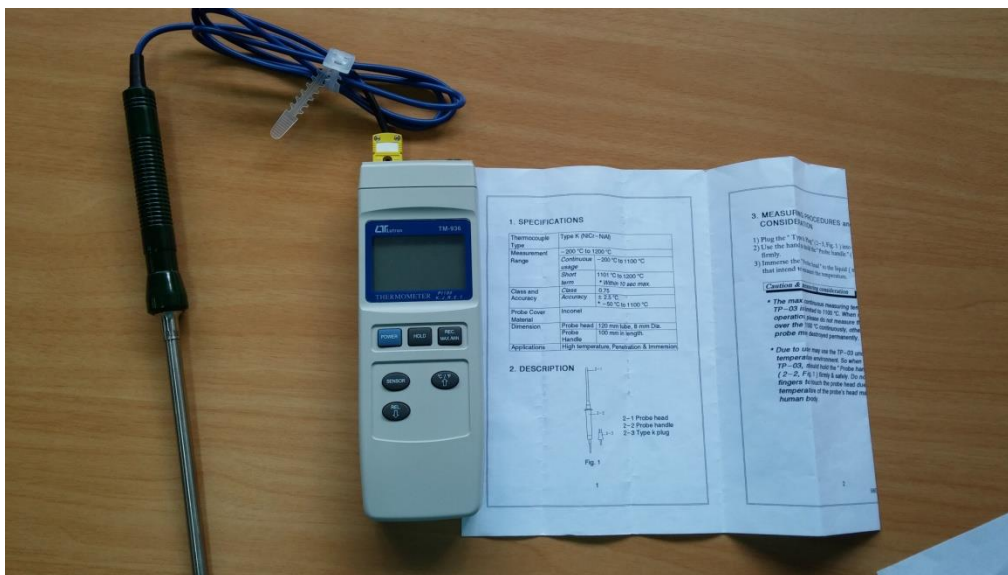
Especificación: TP-04: -50 a 400°C. Al igual que los anteriores esta sonda de temperatura es muy utilizable en procesos de refrigeración, es muy comercial y de muy fácil su uso, y transporte.

Figura 25. Especificación: TP-04: -50 a 400°C



Fuente: Elaboración propia del autor

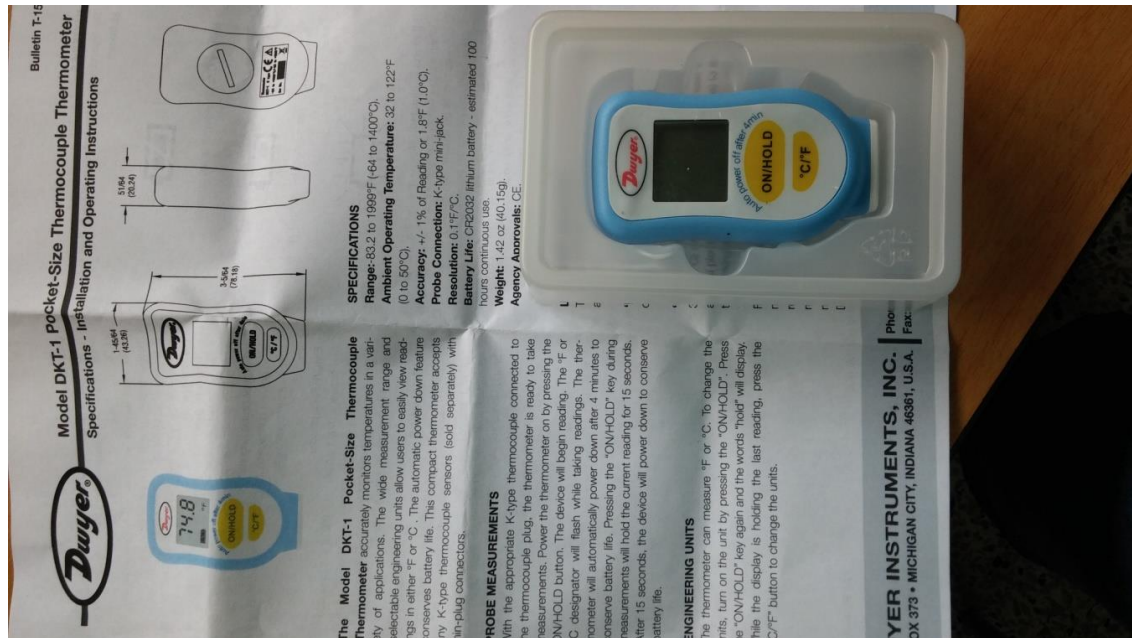
Figura 26. Termocupla referencia tp03



Fuente: Elaboración propia del autor

Tiene las siguientes especificaciones las cuales son. Termocupla, alta temperatura de inmersión, penetración. rango de medición -200°C, a 1100°C en un uso continuo a corto plazo, tiene una precisión aproximada de,  $0.75 \pm 2.5^\circ\text{C}$   $^* -50^\circ\text{C}$   $1100^\circ\text{C}$

Figura 27. Dwyer model pit ref 34



Fuente: Elaboración propia del autor

Marca DWYER

Especificaciones: Rango;-83.2 o 1999F (-640 o 1400°C), ambiente de operación de temperatura: 32 o 122F(0 - 50°C), precisión; más o menos es de 1% o 1.8F(1.0), una batería de litio que puede trabajar hasta 100 horas de continuo trabajo, peso es de 40.15 g y como se observa en la imagen tiene un display para hacer diferentes lecturas de medición.

Figura 28. Cable termopar con un mini conector



Fuente: Elaboración propia del autor

Esta es una sonda de temperatura tipo k, cable termopar con un mini conector, mide 1 metro de larga y es encamisada, con un material de fibra de vidrio, temperatura de trabajo es de  $-30^{\circ}\text{C}$  a  $+600^{\circ}\text{C}$

Figura 29. Termocuplatp-02a ref 35



Fuente: Elaboración propia del autor

Esta sonda de temperatura Tiene un conector que es estándar y es muy fácil de usar es tipo k y se puede conectar muy fácil a los display de dwyer para tener lectura, tiene una varilla de acero inoxidable (105mm).

Especificaciones.

1 metro de larga y encamisada en material de pvc

Temperatura de trabajo: de -30°C a +400°C

Figura 30. Termometro

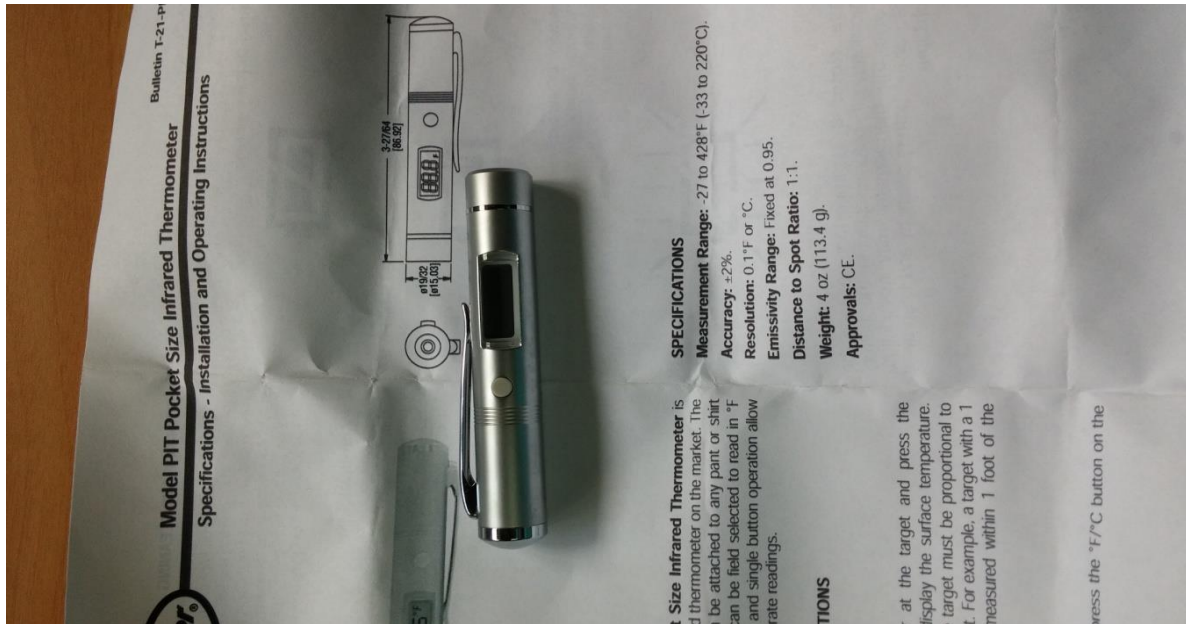


Fuente: Elaboración propia del autor

TERMÓMETRO, 2 en 1, Modelo: TM-936, Tipo K / J / E / T: -100 a 1300°C, máx. 0,1°C / o °F 0.1. \* Tipo R: 0-1700°C, 1°C / o °F 1, \* PT 100 ohmios: -200 a 800 °C, máx.



Figura 31. Modelo dkt-1 termocupa ref 36



Fuente: Elaboración propia del autor

Sus especificaciones son: rango de medición:-27 a 428°F(-33° 220C), precisión de: +- 2%, resolución de: 0.1°F o °C, peso:(113.4g)

## 7 CONCLUSIÓN

Se puede empezar hablando que la conclusión de este proyecto por la buena selección del material de los transductores de temperatura y sondas de temperatura facilitan el procedimiento y montaje, por lo cual es mucho más rápido el proceso.

Por otro lado el uso de tabla, imágenes, facilitó los procedimientos , ya que se hicieron tomas de medidas, y de organización, las cuales fueron muy útiles porque al realizar los cálculos dieron una mayor exactitud de los resultados, el cual nos sirvió para hacer su respectivo montaje.

Finalmente se logró realizar el procedimiento de instalación y configuración de las señales de estos equipos en un controlador o PLC, vale resaltar que gracias a los esfuerzos de investigación, organización, planificación del trabajo se logró obtener los resultados en el menor tiempo posible, partiendo de la responsabilidad que se tiene con la institución universitaria pascual bravo, para realizar el aula de refrigeración, se logró hacer un aporte interesante para colaborar para que esta aula sea una realidad y futuras generaciones puedan prepararse de una mejor manera.



## **8 RECOMENDACIONES**

La operación de los equipos debe de ser con mucha responsabilidad, ya que estos equipos son delicados y algunos hay que conectarlos a otros para obtener un buen uso de ellos, y sacarles el máximo provecho.

Lo que no se debe de hacer con ellos es, mojarlos, darles golpes, jugar, manipular con las manos llenas de grasas o aceites, no dejarlos caer, no exponerlos al fuego, no manipularlos si no saben.

## 9 CIBERGRAFÍA

[WWW.LUTRON.COM/TP/01](http://WWW.LUTRON.COM/TP/01)

[WWW.WECLONLINE.COM](http://WWW.WECLONLINE.COM)

<http://www.dagatron.es/accesorios-medicion/128-sonda-temperatura-tp01a.html>

<http://www.desi.iteso.mx/elec/instru/cap4.pdf>

<http://deeea.urv.cat/public/PROPOSTES/pub/pdf/1515pub.pdf>