

DISEÑO DE UN BANCO PARA LA MEDICIÓN DE
TEMPERATURA EN EL LABORATORIO DE INSTRUMENTACIÓN DE
LA UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA.

HERRERA SÁNCHEZ ANDRÉS FERNANDO
QUINTERO HERRERA TITO JOSÉ



UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
BUCARAMANGA
2013

DISEÑO DE UN BANCO PARA LA MEDICIÓN DE
TEMPERATURA EN EL LABORATORIO DE INSTRUMENTACIÓN DE
LA UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA.

HERRERA SÁNCHEZ ANDRÉS FERNANDO
QUINTERO HERRERA TITO JOSÉ

PROYECTO DE GRADO

JUAN CARLOS MANTILLA SAAVEDRA
DIRECTOR DEL PROYECTO

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
BUCARAMANGA
2013

Nota de aceptación

Firma del Presidente del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

BUCARAMANGA, Julio del 2013

A Dios por regalarme la vida y guiarme, acompañarme y protegerme cada día de mi vida, por la salud y por la familia que me regalo. Además por la oportunidad que me brindó de estudiar esta carrera y desarrollar este proyecto.

A la Virgen del Rosario por las bendiciones y por ser mi protectora en todo momento.

A mi mamá Yira Herrera, quien me dio la vida y con mucho esfuerzo y dedicación me educó y me ayudó a luchar por mis sueños y mis metas, me brindó su apoyo, colaboración, protección y Amor. Gracias a ella soy lo que soy hasta este punto.

A mi papá Tarcicio Orlando Ramírez por su apoyo incondicional, por estar siempre cuando necesite una voz de aliento y por darme todo sin esperar nada a cambio, por ser la persona que me guía y me brinda, valor, fuerza, comprensión, amor y sobre todo por enseñarme a luchar por mis ideales.

A mi tía Nury Stella Herrera por el apoyo, cariño, protección, consejos, amor y por ser esa persona que me impulsa a seguir mis sueños, a cumplir mis metas y por ser mi guía espiritual.

A mis tíos, primos y demás familiares por el cariño, la comprensión y el apoyo brindado, por confiar en mí.

A papá Justo y mamá Ema que a pesar de no estar aquí para compartir con ellos este logro, gracias a ellos soy lo que soy y sé que desde el cielo me cuidan y guían siempre y se sienten orgullosos de la persona que soy y de este logro.

Al ingeniero Juan Carlos Mantilla Saavedra por su apoyo incondicional, dedicación, paciencia durante este proceso este proceso, por permitirme trabajar con él.

A mis amigos por su amistad incondicional y compañeros de estudio quienes me brindaron su amistad, tolerancia, respeto, apoyo y momentos inolvidables durante todos estos años de vida.

Andrés Fernando Herrera Sánchez

A Dios por haberme brindado la oportunidad de vivir, por acompañarme y señalarme el camino a seguir. Por su bendición que me alienta y fortalece cada día.

A mi madre Carola Julia Herrera Arias, que siempre ha estado presente en todos los momentos de mi vida, guiándome y enriqueciéndome como persona, aportando sus concejos y conocimientos, ayudándome a ser una persona íntegra, capaz de forjar grandes ideales en mi vida.

A mi padre Miguel Ángel Quintero Meza, quien siempre me ha inculcado la responsabilidad y la seriedad, con el fin de instaurar en mí un aspecto diferenciador tanto en lo personal como el no profesional.

A mi hermana Juliana Quintero Herrera, por aconsejarme y guiarme en los momentos de dificultad, por estar presente en los momentos de alegría, por brindarme todo su cariño y aprecio, con el único fin de buscar todo lo mejor para mí.

A mi hermano Miguel Ángel Quintero Herrera, que siempre ha estado pendiente de mí, constantemente buscando resolver y solucionar cualquier necesidad que se me presente; siempre buscando una sonrisa en mi vida para dejar atrás todas las dificultades y problemas.

A mi tía Luisa Herrera Arias, por apoyarme en todos mis proyectos, dando siempre la mejor opinión de todas mis ideas y pensamientos, siempre con la actitud de alerta ante cualquier tropiezo que se me presente para poder así reforzar mi pensamiento con palabras bonitas que orienten de nuevo mi camino.

Al Ingeniero Juan Carlos Mantilla Saavedra por apoyarnos y aportarnos todos sus conocimientos, enriqueciendo nuestro aprendizaje con sus sabios concejos y opinión.

A todos mis compañeros de estudio, por brindarme sus conocimientos y en especial su amistad, por tomar esa actitud de no defraudar a nadie y de estar siempre unidos como una familia.

Tito José Quintero Herrera.

AGRADECIMIENTOS.

Al Ingeniero Juan Carlos Mantilla Saavedra por la orientación y el acompañamiento durante el desarrollo del proyecto, así mismo por la cordialidad, la amistad y la disposición con la que nos apoyó y guió para lograr desarrollar este proyecto y dar un gran paso en nuestras vidas.

Al Cuerpo Docente de la Facultad de Ingeniería Electrónica, por el conocimiento brindado y las experiencias de vida que nos ayudaron a formarnos como profesionales íntegros.

A la ingeniera Leidy Johanna Olarte Silva por su colaboración, tiempo y apoyo.

A los ingenieros que nos colaboraron y personal de mantenimiento que nos orientaron y aconsejaron en todos los aspectos necesarios en el desarrollo del proyecto.

Al ingeniero Gerardo Porras director del INM y al ingeniero William Cortés del ICP por permitirnos visitar sus instalaciones y brindarnos apoyo e información valiosa para el desarrollo del proyecto.

TABLA DE CONTENIDO.

INTRODUCCIÓN.....	1
1. TEMPERATURA	2
1.1. DEFINICIÓN	2
1.2. ESCALAS.....	3
1.2.1. Escalas en Uso.	4
1.2.1.1. Escala Fahrenheit.	4
1.2.1.2. Escala Celsius.....	4
1.2.1.3. Escala Kelvin.....	4
1.2.2. Escalas en Desuso.....	5
1.2.2.1. Escala Réaumur.....	5
1.2.2.2. Escala Rømer.....	5
1.2.2.3. Escala Delisle.....	5
1.2.2.4. Escala Newton.	5
1.2.2.5. Escala Leiden.....	6
1.2.3. Conversión de Unidades.	6
1.3. MEDICIÓN DE TEMPERATURA POR CONTACTO.....	7
1.3.1. Instrumentos Mecánicos.	7
1.3.1.1. Termómetro de Vidrio.....	7
1.3.1.2. Termómetro de Bulbo y Capilar.	8
1.3.1.3. Termómetro Bimetálico	9
1.3.2. Instrumentos Resistivos.	10
1.3.2.1. Detector Resistivo de Temperatura (RTD).	12
1.3.2.2. Termistores.	16
1.3.3. Instrumentos de tensión.	19
1.3.3.1. LM35/335.	19
1.3.3.2. Termocuplas o Termopares.	22
1.3.4. TERMOPOZO	27
1.4. MEDICIÓN DE TEMPERATURA POR NO CONTACTO.	28

1.4.1.	Pirómetro de Radiación.....	29
1.4.2.	Pirómetro Óptico	31
1.4.3.	Pirómetro Infrarrojo.	32
1.4.4.	Termografía.....	32
1.5.	NORMAS, ESTÁNDARES Y METROLOGÍA.	34
1.5.1.	Norma.	34
1.5.1.1.	Tipos de Norma.....	34
1.5.1.2.	Normas Aplicadas en el Diseño del Banco.	35
1.5.2.	Normalización.....	38
1.5.2.1.	Organismos Internacionales de Normalización y Estandarización.	39
1.5.2.2.	Organismos Regionales de Normalización y Estandarización.	39
1.5.2.3.	Organizaciones Privadas de Normalización y Estandarización.....	39
1.5.2.4.	Organismo Nacional de Normalización y Estandarización.	40
1.5.3.	Estandarización.....	40
1.5.4.	Acreditación.	40
1.5.4.1.	Organismos Internacionales de Acreditación.	41
1.5.4.2.	Organismo Nacional de Acreditación.	41
1.5.5.	Certificación.	42
1.5.6.	Metrología.	43
1.5.6.1.	Metrología Legal.....	43
1.5.6.2.	Metrología Industrial.....	43
1.5.6.3.	Metrología Científica.	43
1.5.7.	Verificar.	44
1.5.8.	Ajustar.	44
1.5.9.	Calibrar.....	45
1.5.9.1.	Equipos para realizar calibración.	45
1.5.9.2.	Patrones de calibración.....	55
1.5.10.	Repetibilidad.	55
1.5.11.	Incertidumbre.	56
1.5.12.	Trazabilidad.....	57

2.	DISEÑO	59
2.1.	ESPECIFICACIONES DE DISEÑO.....	59
2.2.	ZONA DE TRABAJO.....	59
2.2.1.	Selección del Horno en Baño Seco.....	61
2.2.2.	Selección de Sensores.....	62
2.2.3.	Cámara Termográfica.	64
2.3.	DISEÑO DEL BANCO DE TRABAJO.	64
2.4.	ZONA DE ALMACENAMIENTO.....	72
2.5.	SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS.....	74
2.5.1.	Sistema Integrado del laboratorio.....	74
2.5.2.	Software del horno.	78
2.5.2.1.	Instalación del software.....	78
2.5.2.2.	Interface.	83
2.5.2.3.	Uso del software.....	84
3.	PRÁCTICAS DE LABORATORIO.....	89
3.1.	MANUAL	89
3.1.1.	Introducción.....	89
3.1.2.	Advertencias Y Precauciones.	90
3.1.3.	Precauciones en Sondas e Insertos.....	91
3.1.4.	Símbolos usados.....	92
3.1.5.	Piezas y controles.	93
3.1.6.	Operaciones básicas.....	96
3.2.	GUÍAS.....	102
3.2.1.	Verificación de una RTD	102
3.2.2.	Termocupla.	106
3.2.3.	Pirómetro infrarrojo.....	110
3.2.4.	Termografía.....	111
3.2.5.	Pruebas isotérmicas de los insertos del horno de metrología.	113
3.2.5.1.	Homogeneidad radial del horno de metrología.	113
3.2.5.2.	Homogeneidad axial del horno de metrología.....	115

RECOMENDACIONES.	119
CONCLUSIONES.....	121
BIBLIOGRAFÍA.....	123

LISTA DE TABLAS.

Tabla 1. Conversión de unidades de temperatura.	6
Tabla 2. Márgenes de trabajo de los principales fluidos utilizados para medir temperatura.	8
Tabla 3. Características de las sondas de resistencia.	12
Tabla 4. Equivalencia de la temperatura en grados Celsius y Kelvin.....	19
Tabla 5. Características de los termopares.....	23
Tabla 6. Sensores.....	63
Tabla 7. Símbolos usados en el manual.	92
Tabla 8. Valores de resistencia según la temperatura para Pt100.....	104
Tabla 9. Datos de la práctica.....	105
Tabla 10. Datos de la práctica.....	109
Tabla 11. Datos de la práctica.....	111
Tabla 12. Datos de la práctica.....	115
Tabla 13. Datos de la práctica.....	117

LISTA DE GRÁFICAS.

Gráfica 1. Fenómenos de transferencia de calor.	3
Gráfica 2. Escalas de Temperatura.	4
Gráfica 3. Termómetro de vidrio.	7
Gráfica 4. Termómetros tipo Bulbo y capilar.	9
Gráfica 5. Termómetro bimetálico.	10
Gráfica 6. Curva de resistencia relativa de varios metales en función de la temperatura.	11
Gráfica 7. RTD y RTD con cabezal y transmisor.	13
Gráfica 8. Conexión a dos hilos.	13
Gráfica 9. Conexión a tres hilos.	14
Gráfica 10. Conexión a cuatro hilos.	14
Gráfica 11. Partes de la RTD.	15
Gráfica 12. Gráfica característica de la Pt100	16
Gráfica 13. Curvas características de los termistores.	17
Gráfica 14. Termistor tipo perla y tipo disco.	18
Gráfica 15. Termistor chip y axial	18
Gráfica 16. Diagrama de conexión del LM35.	20
Gráfica 17. Sensor de temperatura básico (+2 °C a 150 °C)	20
Gráfica 18. Sensor de temperatura con rango completo	21
Gráfica 19. Sensor de temperatura con alimentación simple y rango completo (-55 °C a 150 °C)	21
Gráfica 20. Convertidor de temperatura digital salida serie (hasta +128 °C)	21
Gráfica 21. Termómetro Fahrenheit.	22
Gráfica 22. Termocupla.	23
Gráfica 23. Curvas características de los termopares.	25
Gráfica 24. Termopar.	26
Gráfica 25. Código de colores de las termocuplas.	26

Gráfica 26. Termocupla Multipunto.....	27
Gráfica 27. Termopozos.	28
Gráfica 28. Espectro electromagnético.....	29
Gráfica 29. Pirómetro de radiación.	30
Gráfica 30. Pirómetro óptico.	31
Gráfica 31. Pirómetro infrarrojo y principio de funcionamiento.	32
Gráfica 32. Cámara termográfica.....	33
Gráfica 33. Punto de hielo.	45
Gráfica 34. Diagrama de fases del punto triple del agua.	46
Gráfica 35. Punto triple del agua para realizar calibraciones.....	47
Gráfica 36. Rango de temperatura de los líquidos utilizados en los baños líquidos.	47
Gráfica 37. Baño líquido.	48
Gráfica 38. Baño de sales.	49
Gráfica 39. Horno de pozo seco.	50
Gráfica 40. Rango de temperatura del horno de pozo seco dependiendo del material.....	50
Gráfica 41. Radiación en un horno de cuerpo negro.	51
Gráfica 42. Horno de cuerpo negro.	52
Gráfica 43. Conexión de dos hilos.....	52
Gráfica 44. Conexión de tres hilos.....	54
Gráfica 45. Conexión de cuatro hilos.....	55
Gráfica 46. Exactitud y precisión.	57
Gráfica 47. Banco de trabajo en SolidWorks. Diseño básico y Renderizado.	65
Gráfica 48. Baño Líquido en SolidWorks. Diseño básico y Renderizado.	66
Gráfica 49. Horno de metrología en SolidWorks. Diseño básico y Renderizado.	66
Gráfica 50. Dimensiones inserto tipo A.....	67

Gráfica 51. Inserto tipo A. en SolidWorks. Diseño básico y Renderizado.	67
Gráfica 52. Dimensiones inserto tipo B.....	68
Gráfica 53. Inserto tipo B en SolidWorks. Diseño básico y Renderizado.	68
Gráfica 54. Dimensiones inserto tipo E.....	69
Gráfica 55. Inserto tipo E en SolidWorks. Diseño básico y Renderizado.	69
Gráfica 56. Protector del inserto en SolidWorks. Diseño básico y Renderizado.	70
Gráfica 57. Base Universal en SolidWorks. Diseño básico y Renderizado.	70
Gráfica 58. Pirómetro óptico en SolidWorks. Diseño básico y Renderizado.	71
Gráfica 59. Cámara termográfica en SolidWorks. Diseño básico y Renderizado.	72
Gráfica 60. Caja camaratermografica.....	73
Gráfica 61. Almacenamiento de los insertos.....	73
Gráfica 62. Estante de almacenamiento.....	74
Gráfica 63. NI 9203.....	75
Gráfica 64. NI cDAQ-9174.....	76
Gráfica 65. NI USB-TC01.	76
Gráfica 66. Sistema NI CompactDAQ de Adquisición de Datos Inalámbrica.....	77
Gráfica 67. Conexión sistema de adquisición de datos.	78
Gráfica 68. Menú del CD de instalación del cable convertidor.	78
Gráfica 69. Proceso de instalación del cable convertidor.	79
Gráfica 70. Proceso de instalación del cable convertidor.	79
Gráfica 71. Confirmación de reconocimiento del cable convertidor.....	80
Gráfica 72. Interface FLUKE Calibration Software.....	80

Gráfica 73. Como finalizar instalación de Interface-it.....	81
Gráfica 74. Interface-it Setup.....	81
Gráfica 75. Selección de drivers del horno.....	82
Gráfica 76. Ajustes para realizar la comunicación.....	82
Gráfica 77. Comunicación establecida.....	83
Gráfica 78. Interface del software.....	84
Gráfica 79. Barra de menú.....	84
Gráfica 80. Menú Set.....	85
Gráfica 81. Menú Read.....	85
Gráfica 82. Ventana para guardar datos recolectados.....	86
Gráfica 83. Menú Collect.....	86
Gráfica 84. Menú Temperature.....	87
Gráfica 85. Ventana para configurar la rejilla de gráficas.....	87
Gráfica 86. Menú Graph.....	88
Gráfica 87. Horno de metrología de campo y laboratorio.....	90
Gráfica 88. Panel de pantalla y teclas.....	93
Gráfica 89. Pantalla.....	94
Gráfica 90. Panel de alimentación.....	95
Gráfica 91. Pasos para la selección del idioma.....	96
Gráfica 92. Menú y sus submenús.....	98
Gráfica 93. Partes del horno.....	102
Gráfica 94. Inserto, pinzas y protector.....	103
Gráfica 95. Histéresis y Rpetibilidad.....	104
Gráfica 96. Termómetro digital FLUKE 51-II.....	106
Gráfica 97. Histéresis y Repetibilidad.....	107
Gráfica 98. Pirómetro infrarrojo.....	110
Gráfica 99. Cámara termográfica.....	112
Gráfica 100. Disposición de los sensores.....	114
Gráfica 101. Disposición de los sensores.....	117

LISTA DE ANEXOS.

Anexo A. Interface-it Software User's Guide.

Anexo B. Serie 914X, Horno de metrología de campo. Guía del usuario.

Anexo C. Norma Técnica Colombiana ISO 17025.

Anexo D. SmartView 3.2.1

GLOSARIO

Emisividad: Es la proporción de radiación térmica emitida por una superficie u objeto debido a una diferencia de temperatura con su entorno. [43]

Horno de bloque seco: También es conocido como horno de metrología, horno de bloque metálico. Este tipo de hornos está diseñado para generar altas y bajas temperaturas, su funcionamiento al igual que su definición no requieren de la utilización de líquidos ya que su sistema de funcionamiento se basa en el uso de celdas Peltier. [30]

Inserto: Elemento que se inserta en el horno de metrología para que en él se ingresen sensores de temperatura.

Termopar: Dispositivo para medir temperaturas mediante las fuerzas electromotrices originadas por el calor en la unión de dos metales distintos. [44]

Termocupla: Del inglés “thermocouple”. Dispositivo para medir temperaturas mediante las fuerzas electromotrices originadas por el calor en la unión de dos metales distintos.

Transductor: Dispositivo que recibe la potencia de un sistema mecánico, electromagnético o acústico y la transmite a otro. [45]

Trazabilidad: Es la propiedad del resultado de una medida o del valor de un estándar donde éste pueda estar relacionado con referencias especificadas. [35]

Spot size: Relación distancia versus área de la circunferencia sobre la cual se hace la medición efectiva de la temperatura promedio con un pirómetro.

NTC: Norma Técnica Colombiana, emanada por el ICONTEC.

INM: Instituto Nacional de Metrología.

ICP: Instituto Colombiano del Petróleo.

ISO: Organización de Estándares Internacionales.

GTC: Guía Técnica Colombiana, emanada por el ICONTEC.

ICONTEC: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación.

RESUMEN GENERAL DEL TRABAJO DE GRADO

TÍTULO: DISEÑO DE UN BANCO PARA LA MEDICIÓN DE TEMPERATURA EN EL LABORATORIO DE INSTRUMENTACIÓN DE LA UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA.

**AUTORES: HERRERA SÁNCHEZ ANDRÉS FERNANDO.
QUINTERO HERRERA TITO JOSÉ.**

FACULTAD: INGENIERÍA ELECTRÓNICA.

DIRECTOR: JUAN CARLOS MANTILLA SAAVEDRA.

El proyecto registra y determina el desarrollo de fases plenamente establecidas, que precisan el diseño de un banco para la medición de la temperatura. Se acondicionan los espacios determinados por medio de la norma ISO 17025 y la guía técnica Colombiana GTC 63, la cual establece los diferentes parámetros y requisitos técnicos que se deben seguir a la hora de crear un laboratorio de medida. Partiendo de las normas y guías técnicas, se definen los equipos y sensores de temperatura, de igual forma se seleccionan en primera instancia, aquellos equipos que son de mayor importancia. Luego de haber establecido y reconocido los diferentes equipos y sensores, se realiza el diseño del banco de temperatura para el laboratorio de instrumentación por medio de un Software de diseño SolidWorks; en el que se visualiza el orden y la posición de los equipos en el banco de trabajo, igualmente, el almacenamiento de los mismos, ya que los dispositivos requieren de ciertos cuidados a la hora de ser almacenados.

En el proyecto se plantean y desarrollan pruebas con los equipos y dispositivos adquiridos en el laboratorio, las cuales se rigen por las normas y guías técnicas colombianas NTC 4494, GTC 60 y GTC 115, esto con el fin de realizar experiencias de la mejor calidad y exactitud posible. Para el manejo de los equipos de temperatura se implementan manuales y guías de laboratorio, con la información adecuada y necesaria para la asistencia y manejo de los equipos, previniendo con ellos posibles accidentes.

PALABRAS CLAVE: Temperatura, SolidWorks, Baño seco, Sensor.

V°B° DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADO.

ABSTRACT OF THESIS PROJECT

TÍTULO: DESING OF BENCH FOR MEASURING TEMPERATURE INSTRUMENTATION LABORATORY OF UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIBARIANA.

AUTHOR: HERRERA SÁNCHEZ ANDRÉS FERNANDO. QUINTERO HERRERA TITO JOSÉ.

DEPARTAMENT: INGENIERÍA ELECTRÓNICA.

DIRECTOR: JUAN CARLOS MANTILLA SAAVEDRA.

Registers and determines the project development phases fully established, requiring the design of a bench for measuring the temperature. Conditioned spaces is determined by means of ISO 17025 and GTC Colombian technical guide 63, which establishes the various parameters and technical requirements that must be followed when creating a measurement laboratory. Based on the standards and technical guidelines are defined teams and temperature sensors, similarly selected in the first instance, those teams that are most important. Having established and recognized the various equipment and sensors, are designing temperature Bank Laboratory instrumentation, by a SolidWorks design software, which displays the order and position of equipment, in workbench equally, the storage thereof, since the devices require some care when being stored.

The project proposed and developed, testing equipment and devices purchased in the laboratory measurement, which are governed by the rules and technical guidelines Colombian NTC 4494, GTC 60 GTC 115, this in order to make experiences best quality and accuracy. To manage teams deployed temperature laboratory manuals and guides, maintaining the appropriate information necessary for the care and handling of equipment, preventing potential accidents with them.

KEYWORDS: Temperature, SolidWorks, dry bath, Sensor.

V°B° THESIS DIRECTOR

INTRODUCCIÓN

La ciencia y la tecnología crecen vertiginosamente; razones por las cuales aumenta cada vez más la necesidad de mejorar los procesos industriales con herramientas que permitan la optimización y el aumento de los niveles de producción; se exige mayor calidad y se eleva por tanto la necesidad de ampliar la capacidad de los instrumentos de trabajo para la obtención de mejores y mayores resultados que conlleven a la competitividad y a la consecución de productos de óptima calidad.

Son muchos los factores que intervienen de manera directa en los procesos de producción y las herramientas que se emplean para alcanzar mayores y mejores resultados; desde la intervención de la ciencia, como la influencia externa o ambiental y el ejercicio directo del hombre que se confabulan por un mismo fin como lo es mejorar la calidad de vida.

Dentro de las variables que influyen en los procesos industriales se cuenta la temperatura, su influencia acrecienta la necesidad de manejar instrumentos tecnológicos de alta calidad con los cuales se puedan medir y determinar sus niveles, haciendo posible la estabilidad y el aprovechamiento de los recursos, como también, el tiempo y la temperatura, reafirmando con ello los mejores niveles de producción.

La medición de la temperatura depende de muchos factores que pueden afectar la exactitud y la confianza del resultado que se espera; pues existen muchas variables que provocan alteraciones, obstaculizando la obtención de un resultado válido. El banco de ensayo se convierte entonces en una herramienta indispensable que proporciona los elementos necesarios para favorecer la medición de la temperatura y alcanzar resultados altamente confiables a través del cual se optimicen los procesos industriales.

1. TEMPERATURA.

1.1. DEFINICIÓN.

La Temperatura se define como una magnitud escalar relacionada con la energía cinética de un sistema, es decir, con la energía que genera el movimiento de las partículas del sistema ya sea en sentido rotacional (gases multiatómicos), traslacional (gas ideal monoatómico) o en forma de vibraciones (sólidos). Además se puede decir que la temperatura es la cuantificación de la actividad molecular de la materia. Si la energía cinética es mayor, mayor es la temperatura del sistema. Dicho lo anterior, se puede definir la temperatura como la cuantificación de la actividad molecular de la materia. [1]

La transferencia de calor es la circulación de la energía debido a una diferencia de temperaturas, el calor puede transferirse de tres formas: por conducción, por convección y por radiación.

La conducción es la única forma de transferencia de calor en los sólidos, si se calienta un extremo de una varilla metálica el calor se transmite hasta el extremo más frío por conducción; esto se debe al movimiento de los electrones libres que transportan energía cuando existe una diferencia de temperatura, esta teoría explica por qué los buenos conductores eléctricos también tienden a ser buenos conductores del calor.

La convección se presenta principalmente en líquidos y gases, es por ello que si existe una diferencia de temperatura en un líquido o un gas, es posible que se produzca un movimiento del fluido y dicho movimiento transfiera calor de una parte del fluido a otra por un proceso llamado convección. La convección puede ser forzada o natural, la convección natural se presenta cuando se calienta un líquido o un gas, su densidad suele disminuir y por efecto de gravedad del fluido más caliente y menos denso asciende mientras el fluido frío y menos denso desciende, esto se presenta debido a la no uniformidad de la temperatura en los fluidos. La convección forzada se logra sometiendo un fluido a un gradiente de presiones y con ello se fuerza su movimiento de acuerdo con las leyes de la mecánica de los fluidos.

La radiación se diferencia de la conducción y la convección principalmente porque las sustancias que intercambian calor no tienen que estar en contacto directo, sino que pueden estar separadas por un vacío. La radiación es un

término que se aplica genéricamente a toda clase de fenómenos relacionados con ondas electromagnéticas. Algunos fenómenos de la radiación pueden describirse mediante la teoría de ondas, pero la única explicación general satisfactoria de la radiación electromagnética es la teoría cuántica. En el efecto fotoeléctrico, la radiación se comporta como minúsculos proyectiles llamados fotones y no como ondas. Max Planck empleó la teoría cuántica y el formalismo matemático de la mecánica estadística para derivar una ley fundamental de la radiación y dijo que para cada temperatura y cada longitud de onda existe un máximo de energía radiante. Sólo un cuerpo ideal (cuerpo negro) emite radiación ajustándose exactamente a la ley de Planck. Los cuerpos reales emiten con una intensidad menor. [2]



Gráfica 1. Fenómenos de transferencia de calor.¹

1.2. ESCALAS.

A lo largo de la historia han sido muchas las escalas utilizadas para medir temperatura, varias de ellas se han dejado de usar y en la actualidad se conocen y se trabajan principalmente tres. A continuación se muestran algunas de estas escalas y como se pueden realizar conversiones de una escala a otra.

¹ Imagen tomada de: http://2.bp.blogspot.com/_DK10iJodnPc/S1bHJVZw--/AAAAAAAAAHk/70AFX0Jc25Y/s200/conveccion.jpg. Consultado 5 de marzo 2013.

1.2.1. Escalas en Uso.

1.2.1.1. Escala Fahrenheit.

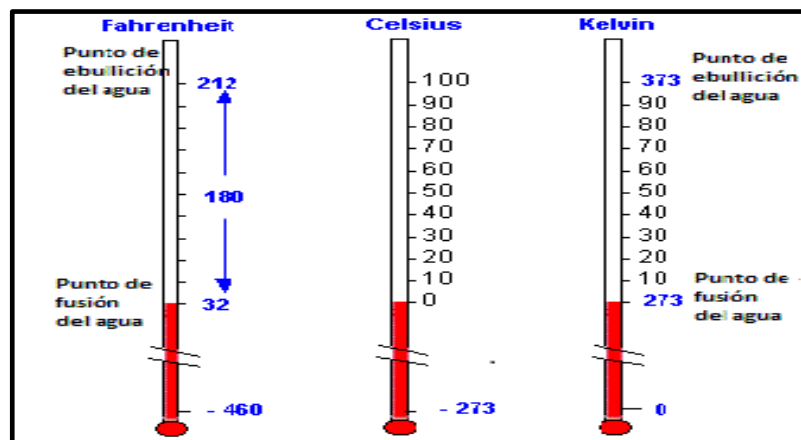
La escala Fahrenheit fue la primera en ser creada en 1724 por el científico Daniel Gabriel Fahrenheit. En esta escala el 0 y el 100 se fijan en las temperaturas de congelación y evaporación del cloruro amónico en agua, los cuales son 32 grados Fahrenheit punto de congelación y es de 212 grados Fahrenheit punto de evaporación. [3]

1.2.1.2. Escala Celsius.

La escala Celsius fue definida por Anders Celsius en 1742, quien en un principio consideró los 0°C como la temperatura de ebullición del agua y los 100°C como la temperatura de fusión del agua. Luego Jena-Pierre Christin en 1742 y Carlos Linneo en 1745 invirtieron los valores del punto de ebullición y fusión tal cual como hoy se conocen 0°C punto de fusión del agua y 100°C punto de ebullición del agua. Esta es la más utilizada en el mundo. [4]

1.2.1.3. Escala Kelvin.

La escala Kelvin fue inventada en 1848 por William Thomson. Actualmente se encuentra limitada al campo científico y no es utilizada cotidianamente en ningún país. Su punto cero absoluto se define en $-273,15^{\circ}\text{C}$. [3]



Gráfica 2. Escalas de Temperatura.²

² Imagen tomada de: http://files.cienciaaldia2012.webnode.es/200000017-51861527fb/Escala_Temp.gif

1.2.2. Escalas en Desuso.

1.2.2.1. Escala Réaumur.

Se debe a René-Antoine Ferchault de Réaumur (1683-1757). Esta escala de temperatura toma como cero (0°R) el punto de congelación del agua y como (80°R) el punto de ebullición de la misma en condiciones normales de presión. [5]

1.2.2.2. Escala Rømer.

En esta escala, el cero es inicialmente la temperatura de congelación de la salmuera. El punto de ebullición del agua está en 60 grados. Rømer vio que el punto de congelación del agua quedaba a casi un octavo de este valor (7,5 grados), y usó este valor como otro punto de referencia. La unidad de medida en esta escala, el grado Rømer, equivale a $40/21$ de un Kelvin (o de un grado Celsius). El símbolo del grado Rømer en ocasiones puede ser $^{\circ}\text{R}$ pero para evitar confusiones con los grados Réaumur ($^{\circ}\text{Ré}$), se utiliza el símbolo $^{\circ}\text{R}\emptyset$. [5]

1.2.2.3. Escala Delisle.

Creada por el astrónomo francés Joseph-Nicolas Delisle. Sus unidades son los grados Delisle (o De Lisle). Un grado Delisle equivale a $-2/3$ de un grado Celsius. El cero de la escala está a la temperatura de ebullición del agua y va aumentando según descenden las otras escalas hasta llegar al cero absoluto a 559.725° . [5]

1.2.2.4. Escala Newton.

Desarrollada por Isaac Newton alrededor del año 1700. Pensando en el problema del calor, Newton desarrolló primero una escala cualitativa a partir de aproximadamente veinte puntos de referencia, que van desde "el aire frío en el invierno" hasta "los carbones ardientes en el fogón de la cocina". Este método resultó tosco y problemático, por lo cual muy pronto Newton quedó insatisfecho. Sabiendo que la mayoría de las sustancias se expanden con el calor, Newton usó un recipiente con aceite de linaza y midió el cambio de volumen con respecto a sus puntos de referencia. Encontró que el volumen de aceite de linaza aumentaba 7,25% al calentarlo desde la temperatura a la cual la nieve se derrite hasta la temperatura a la cual hierve el agua. [5]

1.2.2.5. Escala Leiden.

Grado Leiden (°L). La escala Leiden se utilizaba a principios del siglo veinte para calibrar indirectamente bajas temperaturas, proporcionando valores convencionales kelvin de la presión de vapor del helio. Esta escala se utilizaba en temperaturas inferiores a -183°C, el punto fijo de temperatura definido por la Escala Internacional de Temperatura en los años treinta. [5]

Además de las escalas mencionadas anteriormente también existen otras escalas de temperatura las cuales no son muy comunes.

1.2.3. Conversión de Unidades.

En la tabla 1 se puede observar cómo realizar conversiones de una escala a otra incluyendo las que están en uso y desuso.

	Kelvin	Grado Celsius	Grado Fahrenheit	Rankine	Grado Réaumur	Grado Römer	Grado Newton	Grado Delisle
Kelvin	$K = K$	$K = C + 273,15$	$K = (F + 459,67) \frac{5}{9}$	$K = Ra \frac{5}{9}$	$K = Re \frac{5}{4} + 273,15$	$K = (Ro - 7,5) \frac{40}{21} + 273,15$	$K = N \frac{100}{33} + 273,15$	$K = 373,15 - De \frac{2}{3}$
Grado Celsius	$C = K - 273,15$	$C = C$	$C = (F - 32) \frac{5}{9}$	$C = (Ra - 491,67) \frac{5}{9}$	$C = Re \frac{5}{4}$	$C = (Ro - 7,5) \frac{40}{21}$	$C = N \frac{100}{33}$	$C = 100 - De \frac{2}{3}$
Grado Fahrenheit	$F = K \frac{9}{5} - 459,67$	$F = C \frac{9}{5} + 32$	$F = F$	$F = Ra - 459,67$	$F = Re \frac{9}{4} + 32$	$F = (Ro - 7,5) \frac{24}{7} + 32$	$F = N \frac{60}{11} + 32$	$F = 121 - De \frac{6}{5}$
Rankine	$Ra = K \frac{9}{5}$	$Ra = (C + 273,15) \frac{9}{5}$	$Ra = F + 459,67$	$Ra = Ra$	$Ra = Re \frac{9}{4} + 491,67$	$Ra = (Ro - 7,5) \frac{24}{7} + 491,67$	$Ra = N \frac{60}{11} + 491,67$	$Ra = 171,67 - De \frac{6}{5}$
Grado Réaumur	$Re = (K - 273,15) \frac{4}{5}$	$Re = C \frac{4}{5}$	$Re = (F - 32) \frac{4}{9}$	$Re = (Ra - 491,67) \frac{4}{9}$	$Re = Re$	$Re = (Ro - 7,5) \frac{32}{21}$	$Re = N \frac{80}{33}$	$Re = 80 - De \frac{5}{6}$
Grado Römer	$Ro = (K - 273,15) \frac{21}{40} + 7,5$	$Ro = C \frac{21}{40} + 7,5$	$Ro = (F - 32) \frac{7}{24} + 7,5$	$Ro = Ra - 491,67 \frac{7}{24} + 7,5$	$Ro = Re \frac{21}{32} + 7,5$	$Ro = Ro$	$Ro = N \frac{35}{22} + 7,5$	$Ro = 60 - De \frac{7}{20}$
Grado Newton	$N = (K - 273,15) \frac{33}{100}$	$N = C \frac{33}{100}$	$N = (F - 32) \frac{11}{60}$	$N = (Ra - 491,67) \frac{11}{60}$	$N = Re \frac{33}{80}$	$N = (Ro - 7,5) \frac{22}{35}$	$N = N$	$N = 33 - De \frac{11}{50}$
Grado Delisle	$De = (373,15 - K) \frac{3}{2}$	$De = (100 - C) \frac{3}{2}$	$De = (121 - F) \frac{5}{6}$	$De = (580,67 - Ra) \frac{5}{6}$	$De = (80 - Re) \frac{6}{5}$	$De = (60 - Ro) \frac{20}{7}$	$De = (33 - N) \frac{50}{11}$	$De = De$

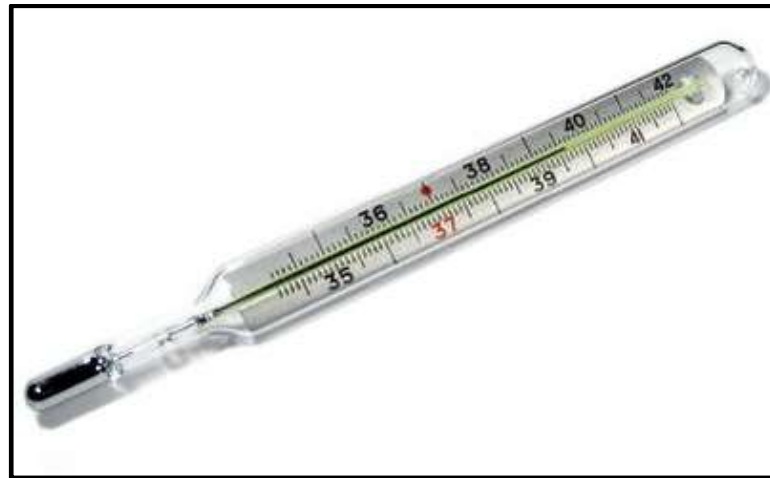
Tabla 1. Conversión de unidades de temperatura. [5]

1.3. MEDICIÓN DE TEMPERATURA POR CONTACTO.

1.3.1. Instrumentos Mecánicos.

1.3.1.1. Termómetro de Vidrio.

Su funcionamiento se basa en la propiedad que tienen ciertas sustancias de variar su volumen cuando varía su temperatura, la única condición es que la variación sea en el mismo sentido que la temperatura. El termómetro de líquido en vidrio es uno de los tipos más comunes de dispositivos de medición de temperatura. Un termómetro está constituido por un bulbo relativamente grande en la parte inferior, el cual contiene un líquido que se expande cuando se calienta y sube por el tubo capilar que tiene grabada una escala apropiada. Los líquidos más usados son el alcohol y el mercurio. El alcohol posee un coeficiente de expansión más alto que el mercurio pero está limitado a mediciones de bajas temperaturas. [3]



Gráfica 3. Termómetro de vidrio.³

Las márgenes de trabajo de los principales fluidos utilizados para medir temperatura se muestran en la tabla 2.

³Imagen tomada de:

http://1.bp.blogspot.com/_P2o3pmZbZnU/TA1CUmAjwI/AAAAAAAAABU/qhYzE1zqboo/s1600/blog.jpg

MATERIAL	RANGO DE TEMPERATURA
Mercurio	-35°C hasta 280°C
Mercurio con tubo capilar lleno de gas	-35°C hasta 450°C
Pentano	-200°C hasta 20°C
Alcohol	-110°C hasta 50°C
Tolueno	-70°C hasta 100°C

Tabla 2. Márgenes de trabajo de los principales fluidos utilizados para medir temperatura. [6]

1.3.1.2. Termómetro de Bulbo y Capilar.

Consiste en un bulbo conectado por un capilar a un espiral, al cambiar la temperatura del bulbo, el gas o el líquido se expande y el espiral tiende a enrollarse moviendo la aguja que indica la elevación de la temperatura.

Existen cuatro tipos de este termómetro:

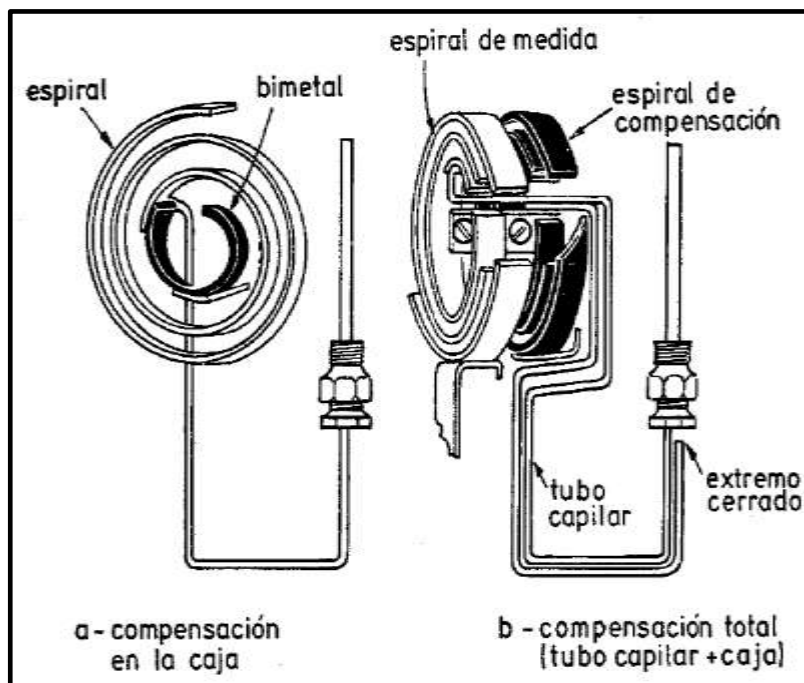
Clase I: Termómetro actuado por líquido.

Clase II: Termómetro actuado por vapor.

Clase III: Termómetro actuado por gas.

Clase IV: Termómetro actuado por mercurio.

Los termómetros actuados por líquido tienen el sistema de medición lleno de líquido y como su dilatación es proporcional a la temperatura, la escala utilizada es uniforme. El volumen del líquido depende de la temperatura del bulbo, la del capilar y la temperatura ambiente, por ello en algunos casos toca compensar el elemento de medición para evitar errores en la medida tomada, esto sólo si el capilar es corto, en otros casos si el capilar es muy largo toca compensar el volumen del tubo capilar. [3]



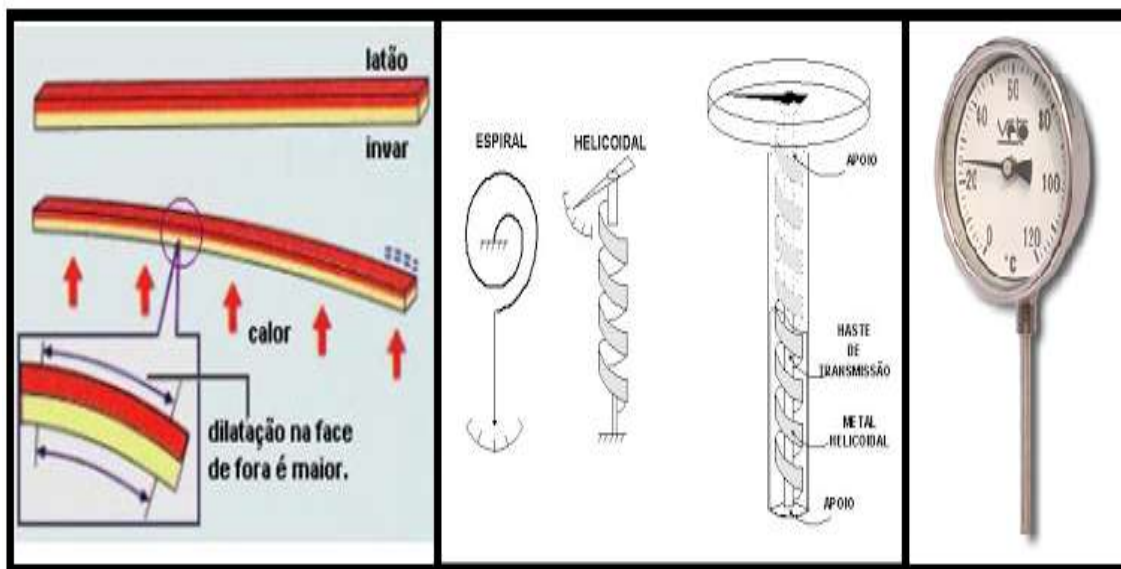
Gráfica 4. Termómetros tipo Bulbo y capilar.⁴

El rango de medición varía entre los 150°C y los 500°C, los líquidos más utilizados son el alcohol y el éter. [3]

1.3.1.3. Termómetro Bimetálico.

Un método muy usado para medir la temperatura, es la cinta bimetálica donde se conectan dos piezas de metal con diferentes coeficientes de expansión térmica. Cuando la cinta se somete a cualquier temperatura más alta que la temperatura a la cual se hizo la liga esta se doblara en una dirección, cuando se somete a una temperatura inferior se dobla en dirección contraria. Una lámina bimetálica está constituida por dos láminas de metal, cada una de ellas con coeficiente diferente de dilatación las cuales están superpuestas y soldadas entre sí. De este modo se consigue que cuando se calientan las láminas, se dilaten de forma distinta, el conjunto se deforma y se aprovecha esta deformación para la apertura o cierre de un contacto eléctrico, cuya actuación dependería de la temperatura. La precisión del instrumento es del rango de medida va de -200°C hasta los 500°C. [6]

⁴Imagen tomada de: ANTONIO CREUS SOLE. *Instrumentación Industrial*. Sexta edición. Barcelona España, Alfaomega 1999.



Gráfica 5. Termómetro bimetalico.^{5 6 7}

1.3.2. Instrumentos Resistivos.

La medición de temperatura utilizando resistencias depende de las características de resistencia en función de la temperatura, las cuales dependen del elemento que se utiliza como sensor, el cual consiste en un hilo conductor muy fino enrollado entre capas de un material aislante y protegido por un revestimiento de vidrio o cerámica. El material conductor se caracteriza por el “coeficiente de temperatura de resistencia” el cual expresa a cierta temperatura la variación en ohmios del conductor por cada grado que cambia la temperatura.

Esta relación puede verse en la ecuación 1:

$$R_t = R_o(1 + \alpha t) \tag{Ec. 1}$$

⁵ Imagen tomada de: http://1.bp.blogspot.com/_49ZzR91YmFs/S8sOjO-zrcI/AAAAAAAAARw/N0ymw_-sY24/s320/bim1.bmp
<http://www.gpssa.cl/deposito/imagen/A5030000.jpg>

⁶ Imagen tomada de:
http://3.bp.blogspot.com/_Z2HNaiLTclY/ScfwCurjVqI/AAAAAAAAAAK/KIBHBCaF1vE/s320/bimetal2.jpg

⁷ Imagen tomada de: <http://www.gpssa.cl/deposito/imagen/A5030000.jpg>

Donde,

R_t : Resistencia en ohmios a 0°C

R_o : Resistencia en ohmios a $t^\circ\text{C}$

α : Coeficiente de temperatura de la resistencia cuyo valor entre 0°C y 100°C es de $0,003850\Omega \cdot \Omega^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$ en la Escala Práctica De Temperaturas Internacional (IPTS-68).

Si la relación resistencia-temperatura no es lineal la ecuación 1 pasa a la ecuación 2:

$$R_t = R_o[1 + At + Bt^2 + c(t - 100)t^3]; \quad -200^\circ\text{C} < T < 0^\circ\text{C} \quad \text{Ec. 2}$$

O bien ecuación 3,

$$R_t = R_o[1 + At + Bt^2]; \quad 0^\circ\text{C} < t < 850^\circ\text{C} \quad \text{Ec. 3}$$

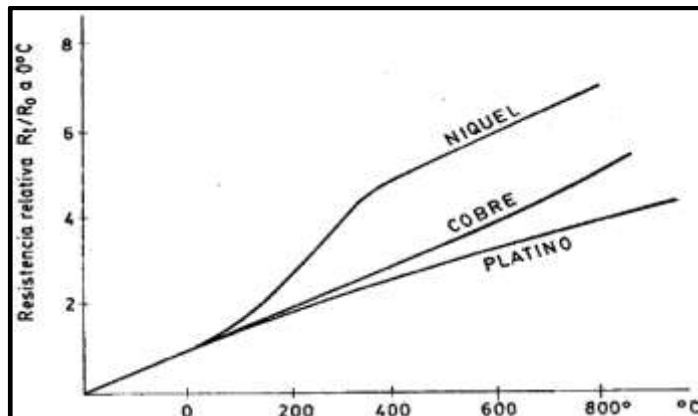
Donde,

$$A = 3,90802 \times 10^{-3}$$

$$B = -5,802 \times 10^{-7}$$

$$A = -4,27350 \times 10^{-12}$$

A continuación pueden apreciarse las curvas de resistencia relativa de varios metales en función de la temperatura. [6]



Gráfica 6. Curva de resistencia relativa de varios metales en función de la temperatura.⁸

⁸ ANTONIO CREUS SOLE. *Instrumentación Industrial*. Sexta edición. Barcelona España, Alfaomega 1999.

Los materiales utilizados en el conductor de la resistencia deben cumplir con los siguientes parámetros:

- Alto coeficiente de temperatura de la resistencia para mayor sensibilidad del instrumento.
- Alta resistividad para obtener una mayor variación por grado.
- Relación lineal resistencia-temperatura.
- Estabilidad con respecto a la vida útil del material.
- Tener ductilidad y rigidez, para obtener tamaños pequeños del elemento (rapidez de respuesta). [6]

METAL	RESISTIVIDAD	INTERVALO ÚTIL DE TEMP. [$\mu\Omega/cm$]	RESISTENCIA DE LA SONDA A 0°C EN	PRECISIÓN
Platino	9,83	-200 a 950	25, 100, 130	0,01
Níquel	6,38	-150 a 300	100	0,5
Cobre	1,56	-200 a 120	10	0,1

Tabla 3. Características de las sondas de resistencia. [6]

1.3.2.1. Detector Resistivo de Temperatura (RTD).

Los detectores de resistencia de temperatura (RTDs) operan bajo el principio de los cambios en la resistencia eléctrica de metales puros y se caracterizan por un cambio lineal positivo en resistencia con temperatura. Se construyen principalmente de níquel (Ni), cobre (Cu) y platino (Pt) el cual es el más común por su amplio rango de temperatura, precisión y estabilidad.

Las RTDs son populares por su excelente estabilidad y muestran la señal más lineal con respecto a la temperatura de cualquier sensor electrónico de temperatura. Son generalmente más caros por su cuidadosa construcción y el uso de platino. Las RTDs también se caracterizan por un tiempo lento de respuesta y baja sensibilidad; y como requieren excitación de corriente pueden ser propensos a auto calentamiento.

Las RTD se clasifican dependiendo del material que están construidas y el valor de resistencia que marque al estar a 0°C, por ejemplo una Pt1000 es un sensor de platino y a 0°C marca 1000 Ω . [7]



Gráfica 7. RTD y RTD con cabezal y transmisor.^{9 10}

Existen 3 modos de conexión para las RTD, cada uno de ellos requiere un instrumento lector distinto. El objetivo es determinar exactamente la resistencia eléctrica $R(t)$ del elemento sensor de platino sin que influya en la lectura la resistencia de los cables R_c .

Con dos hilos: El modo más sencillo de conexión pero el menos recomendado, se realiza con dos cables. En este caso las resistencias de los cables R_{c1} y R_{c2} que unen la RTD al instrumento se suman generando un error inevitable. El lector medirá el total $R(t) + R_{c1} + R_{c2}$ en vez de $R(t)$. Lo único que se puede hacer es usar cable lo más grueso posible para disminuir la resistencia de R_{c1} y R_{c2} y así disminuir el error. [6]



Gráfica 8. Conexión a dos hilos.¹¹

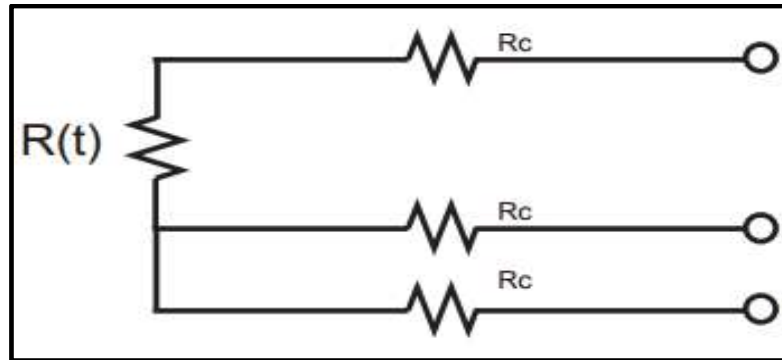
⁹ Imagen tomada de:

http://img.alibaba.com/photo/109561799/pt100_sensor_RTD_sensor_thread_sensor.jpg

¹⁰ Imagen tomada de:

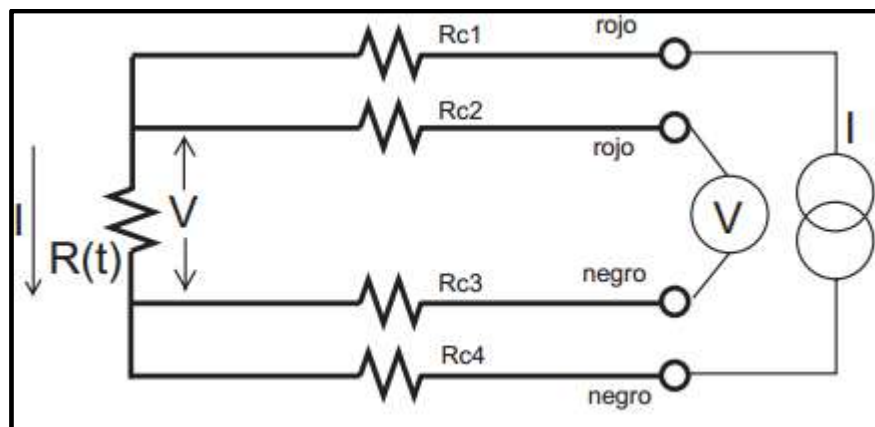
http://www.yapo.cl/region_metropolitana/negocios_maquinaria_construccion/sensor_pt100__termocuplas__termometros_1329716.htm

Con tres hilos: El modo de conexión de 3 hilos es el más común y resuelve el problema de error generado por los cables. El único requisito es que los tres cables tengan la misma resistencia eléctrica pues el sistema de medición se basa en el "puente de Wheatstone". [6]



Gráfica 9. Conexión a tres hilos.¹²

Con cuatro hilos: El método de 4 hilos es el más preciso de todos, los 4 cables pueden tener distinta resistencia pero el instrumento lector es más costoso. Por los cables 1 y 4 se hace circular una corriente I conocida a través de $R(t)$ provocando una diferencia de potencial V en los extremos de $R(t)$. Los cables 2 y 4 están conectados a la entrada de un voltímetro de alta impedancia, luego por estos cables no circula corriente y por lo tanto la caída de potencial en los cables $Rc2$ y $Rc3$ será cero ($dV = I_c \cdot R_c = 0 \cdot R_c = 0$) y el voltímetro medirá exactamente el voltaje V en los extremos del elemento $R(t)$. Finalmente el instrumento obtiene $R(t)$ al dividir V medido entre la corriente I conocida. [6]

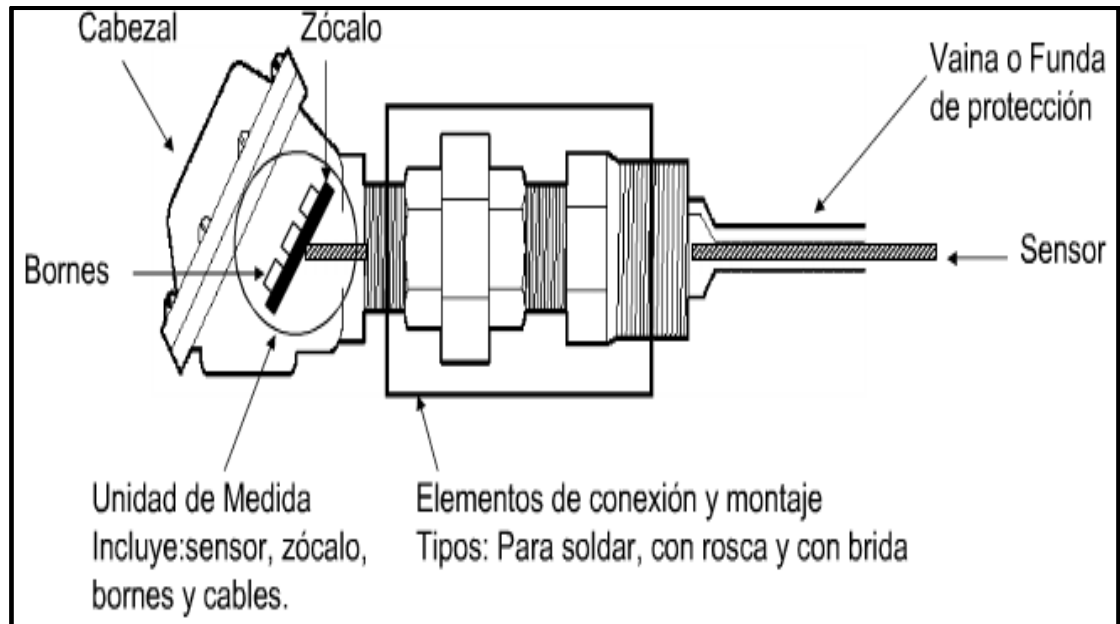


Gráfica 10. Conexión a cuatro hilos.¹³

¹¹ Imagen tomada de: <http://www.arian.cl/downloads/nt-004.pdf>

¹² Imagen tomada de: <http://www.arian.cl/downloads/nt-004.pdf>

En la gráfica 11 se muestran las principales partes por las que está compuesta una RTD.



Gráfica 11. Partes de la RTD.¹⁴

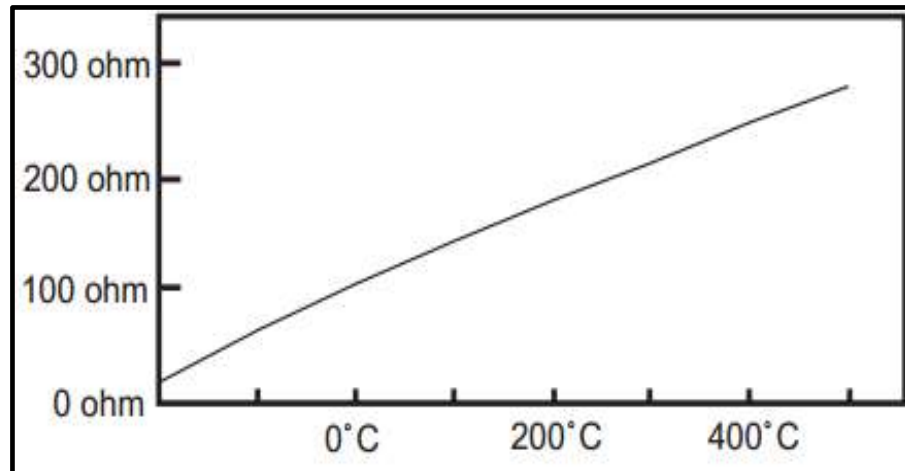
a. Pt100.

Es un sensor de temperatura que consiste en un alambre de platino que a 0 °C tiene una resistencia de 100Ω y que al aumentar la temperatura aumenta su resistencia eléctrica. El incremento de la resistencia es no lineal pero si creciente y característico del platino de tal forma que mediante tablas es posible encontrar la temperatura exacta a la que corresponde.

Una Pt100 es un tipo particular de RTD (detector de resistencia de temperatura), normalmente las Pt100 industriales se consiguen encapsuladas, es decir dentro de un tubo de acero inoxidable u otro material que en un extremo está el sensor y en el otro está el terminal eléctrico de los cables protegido dentro de una caja redonda de aluminio denominada cabezal. [6]

¹³ Imagen tomada de: <http://www.arian.cl/downloads/nt-004.pdf>

¹⁴ Imagen tomada de: <http://www.slideshare.net/camilorene/instrumentacin-de-control-clase-6-temperatura>



Gráfica 12. Gráfica característica de la Pt100¹⁵

1.3.2.2. Termistores.

Un termistor es un sensor resistivo de temperatura compuesto de una mezcla sintetizada de óxidos de metales, como manganeso, níquel, cobalto, cobre, hierro y uranio. Su rango de resistencia va de 0.5Ω a los 75Ω y están disponibles en una amplia gama de formas y tamaños. Los más pequeños poseen un diámetro de 0.15mm a 1.25mm. Su funcionamiento se basa en la variación de la resistividad que presenta un semiconductor al ser expuesto a variaciones de temperatura, debido a la variación de la concentración de portadores.

Existen dos tipos de termistor:

- NTC (Negative Temperature Coefficient) – coeficiente de temperatura negativo.
- PTC (Positive Temperature Coefficient) – coeficiente de temperatura positivo.

Son elementos PTC los que la resistencia aumenta cuando aumenta la temperatura, y elementos NTC los que la resistencia disminuye cuando aumenta la temperatura.

¹⁵ Imagen tomada de: <http://www.arian.cl/downloads/nt-004.pdf>

Para los termistores NTC, al aumentar la temperatura, aumentará también la concentración de portadores, por lo que la resistencia será menor, de ahí que el coeficiente sea negativo. Para los termistores PTC, en el caso de un semiconductor con un dopado muy intenso, éste adquirirá propiedades metálicas, tomando un coeficiente positivo en un margen de temperatura limitado. Usualmente, los termistores se fabrican a partir de óxidos semiconductores, tales como el óxido de níquel, manganeso, hierro, cobalto, cobre, magnesio, titanio. [8]

La relación entre la resistencia del termistor y la temperatura está dada por la ecuación 4.

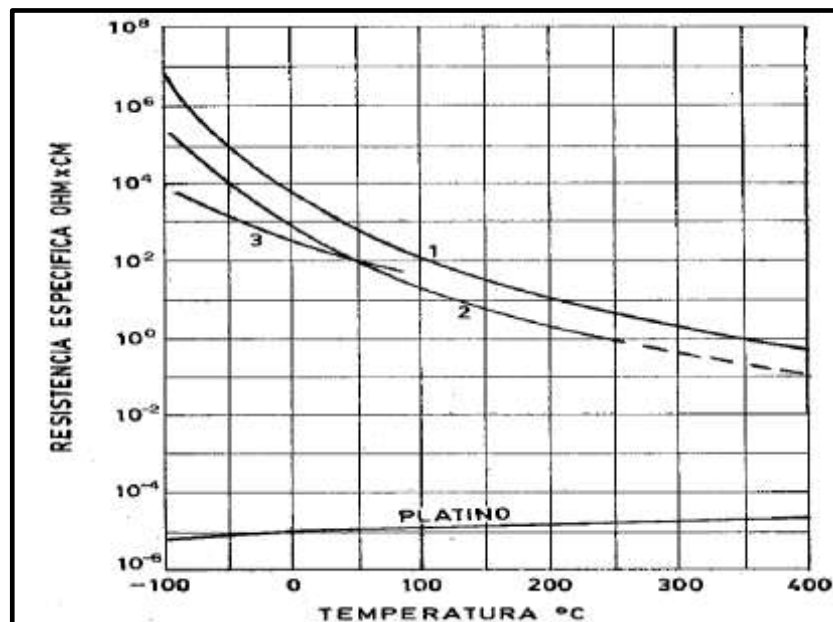
$$R_t = R_o e^{\beta \left(\frac{1}{T_t} - \frac{1}{T_o} \right)} \quad \text{Ec. 4}$$

Donde,

R_t = Resistencia en ohmios a la temperatura absoluta T_t .

R_o = Resistencia en ohmios a la temperatura absoluta de referencia T_o .

β = Constante dentro de un intervalo moderado de temperaturas. [6]



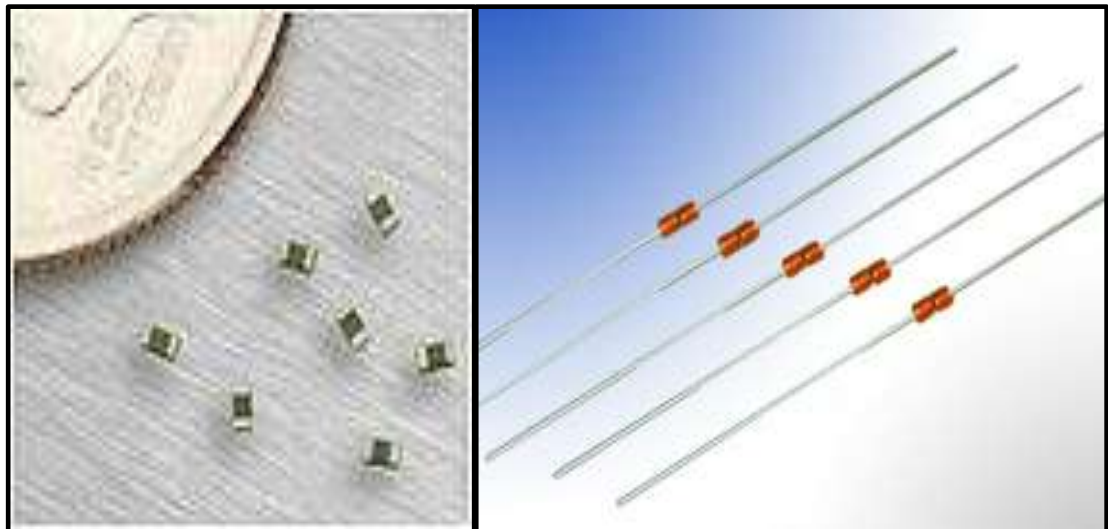
Gráfica 13. Curvas características de los termistores.¹⁶

¹⁶ Imagen tomada de: ANTONIO CREUS SOLE. *Instrumentación Industrial*. Sexta edición. Barcelona España, Alfaomega 1999.

Existen diversas formas y tipos de termistores los cuales se pueden apreciar en las siguientes figuras, todos tienen el mismo funcionamiento solo varía su forma y material de fabricación.



Gráfica 14. Termistor tipo perla y tipo disco.¹⁷



Gráfica 15. Termistor chip y axial¹⁸

¹⁷ Imagen tomada de: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b4/Termistor_perla.jpg

¹⁸ Imagen tomada de:
http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/e/ef/Termistor_chip.jpg/120px-Termistor_chip.jpg

1.3.3. Instrumentos de tensión.

1.3.3.1. LM35/335.

El sensor se presenta en diferentes encapsulados pero el más común es el transistor con 3 terminales, dos de ellos para alimentarlo y el tercera entrega un valor de tensión proporcional a la temperatura medida por el dispositivo. La salida es lineal y equivale a 10mV/°C (LM35) y +10mV/°K (LM335) por lo tanto:

VOLTAJE [mV]	LM 35 [°C]	LM 335 [°K]
1500	150	423.15
250	25	298.15
-550	-55	218.15

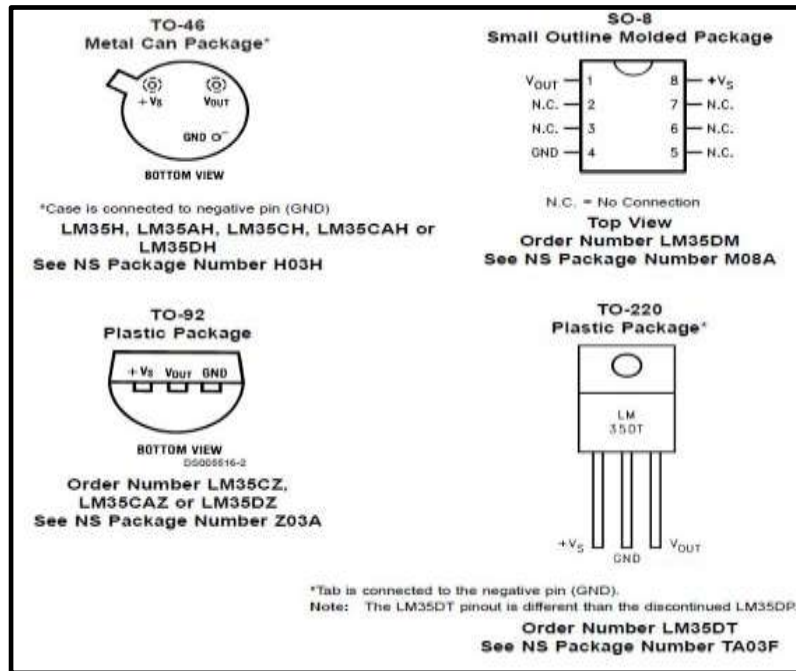
Tabla 4. Equivalencia de la temperatura en grados Celsius y Kelvin. [9]

a. Características.

- Calibrado directamente en grados Celsius (LM35) y grados kelvin (LM335).
- Factor de escala lineal de +10 mV/°C (LM35) y +10mV/°K (LM335).
- 0,5°C de precisión a +25 °C
- Rango de trabajo: -55 °C a +150 °C (LM35) y 218.5°K a 423.15°K (LM335).
- Apropiado para aplicaciones remotas.
- Bajo costo.
- Funciona con alimentaciones entre 4V y 30V
- Menos de 60 µA de consumo.
- Bajo auto-calentamiento (0,08 °C en aire estático).
- Baja impedancia de salida, 0,1W para cargas de 1mA. [9]

b. Diagrama de conexión.

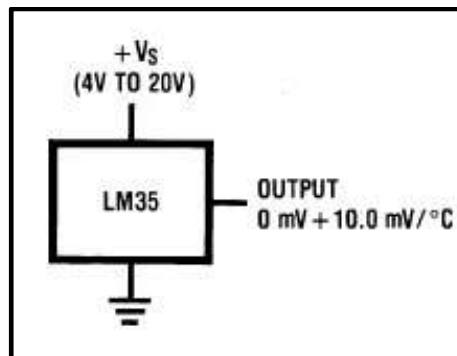
El LM35/335 se encuentra comercialmente en diferentes presentaciones y dependiendo de ella varía el tipo de conexión de dicho dispositivo, en la gráfica 16 se pueden apreciar los tipos de sensores y su modo de conexión. [9]



Gráfica 16. Diagrama de conexión del LM35¹⁹

c. Aplicaciones típicas.

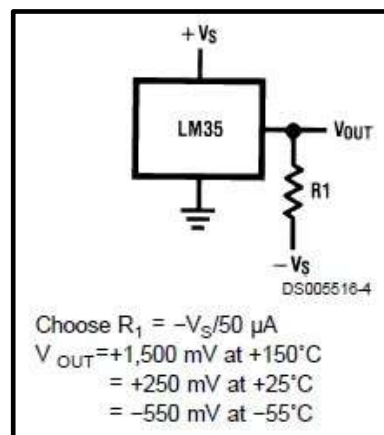
Así como se encuentra comercialmente en diferentes presentaciones el LM35/335 tiene diversas aplicaciones dependiendo del tipo de conexión que se realice, a continuación se muestran las principales aplicaciones. [9]



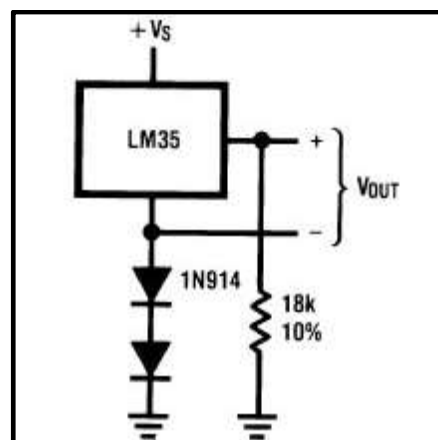
Gráfica 17. Sensor de temperatura básico (+2 °C a 150 °C)²⁰

¹⁹ Imagen tomada de:
<http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/nationalsemiconductor/DS005516.PDF>

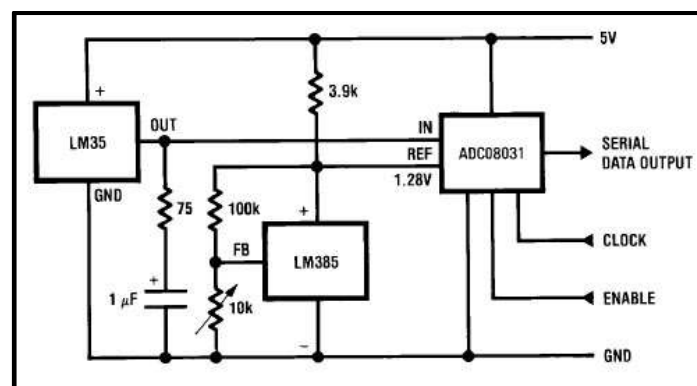
²⁰ Imagen tomada de:
<http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/nationalsemiconductor/DS005516.PDF>



Gráfica 18. Sensor de temperatura con rango completo²¹



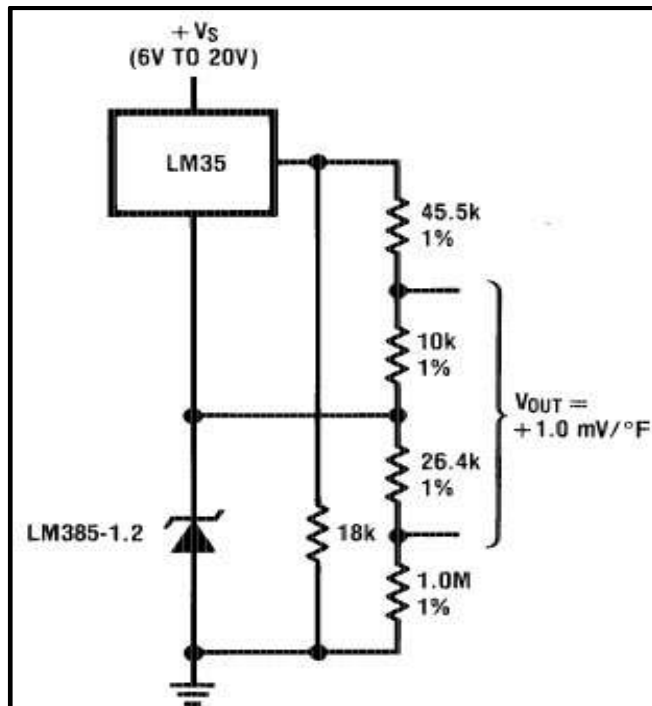
Gráfica 19. Sensor de temperatura con alimentación simple y rango completo (-55 °C a 150 °C)²²



Gráfica 20. Convertidor de temperatura digital salida serie (hasta +128 °C)²³

²¹ Imagen tomada de:
<http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/nationalsemiconductor/DS005516.PDF>

²² Imagen tomada de:
<http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/nationalsemiconductor/DS005516.PDF>



Gráfica 21. Termómetro Fahrenheit²⁴

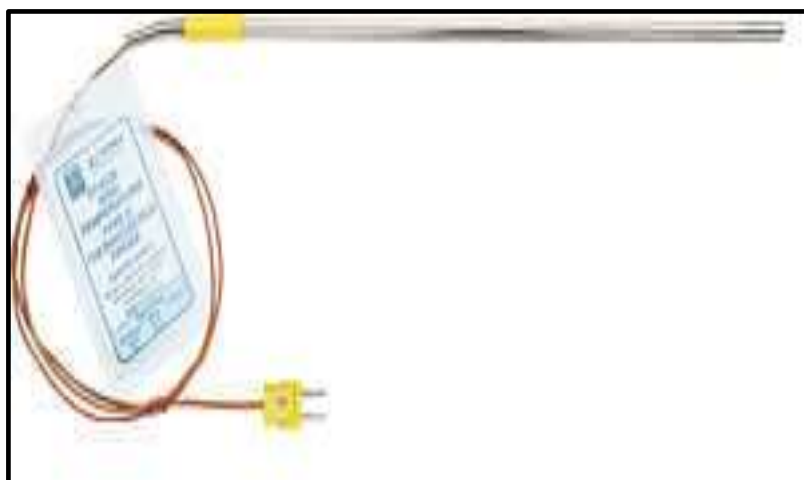
1.3.3.2. Termocuplas o Termopares.

Un termopar o termocupla es un transductor formado por la unión de dos metales distintos que producen un voltaje en función de la diferencia de temperatura entre uno de los extremos denominado "punto caliente" o unión caliente o de medida y el otro denominado "punto frío" o unión fría o de referencia.

En Instrumentación industrial, los termopares son ampliamente usados como sensores de temperatura. Son económicos, intercambiables, tienen conectores estándar y son capaces de medir un amplio rango de temperaturas. Su principal limitación es la exactitud ya que los errores del sistema inferiores a un grado Celsius son difíciles de obtener. [6]

²³ Imagen tomada de:
<http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/nationalsemiconductor/DS005516.PDF>

²⁴ Imagen tomada de:
<http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/nationalsemiconductor/DS005516.PDF>



Gráfica 22. Termocupla.²⁵

Los 6 termopares más frecuentemente usados en la práctica según la ANCI C96.1 son:

TIPO	TERMOPAR		RANGO (°C)
	+	-	
E	Cromel (Cr)	Constantán (Co)	0 a 900
J	Hierro (Fe)	Constantán (Co)	0 a 760
K	Cromel (Cr)	Alumen (Al)	-200 a 1260
R / S	Platino Rodio	Platino (Pt)	0 a 1600
T	Cobre (Cu)	Constantán (Co)	-40 a 350

Tabla 5. Características de los termopares. [6]

a. Clases de termocuplas.

La clasificación de las termocuplas por tipos ha sido elaborada por la SAMA y adoptada por la ISA.

²⁵ Imagen tomada de: <http://www.tecnoedu.com/Pasco/img/CI6536.jpg>

i. Tipo T (Cobre - Constantán)

Se utiliza para medir temperaturas entre los -18.5°C a 379°C , su precio es bajo y ofrecen resistencia a la corrosión en atmósferas húmedas. Pueden ser usados en atmósferas reductoras y oxidantes. [10]

ii. Tipo J (Hierro - Constantán)

Se utiliza para medir temperaturas entre los -15°C a 750°C , dependiendo de su calibre. Son recomendables para usarse en atmósferas donde existe deficiencia de oxígeno libre y atmósferas reductoras. Como tienen un precio relativamente bajo son muy ampliamente usados para la medición de temperaturas dentro de su rango recomendado. [10]

iii. Tipo E (Cromel - Constantán)

Se emplean primordialmente en atmósferas oxidantes. [10]

iv. Tipo K (Cromel - Alumel)

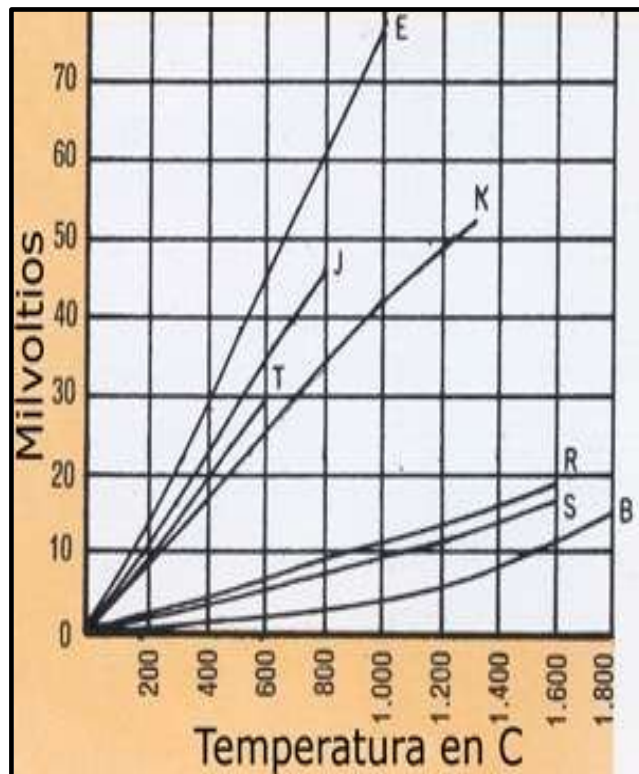
Se utiliza para medir temperaturas entre los 280°C a 580°C de acuerdo con el calibre del alambre usado. Este tipo de termopares presta un servicio óptimo en atmósferas oxidantes aunque también se puede usar en atmósferas reductoras o alternativamente oxidantes o reductoras o siempre y cuando se use un tubo de protección apropiado y ventilado. [10]

v. Tipo R y S (Platino - Radio)

Si se cuenta con una protección adecuada sirven para la medición de temperaturas hasta de 1650°C en atmósferas oxidantes. Estos termopares se contaminan con facilidad cuando se usan en cualquier otra atmósfera por lo que deben ser tomadas algunas precauciones en el caso de usarse en estas condiciones, mediante tubos de protección adecuados. [10]

vi. Tungsteno - Tungsteno y Renio

Este tipo de termopares es recomendado para la misma temperatura, que los de tungsteno - renio. La diferencia está en que provee 3 veces potencia termoeléctrica 1650°C . [10]

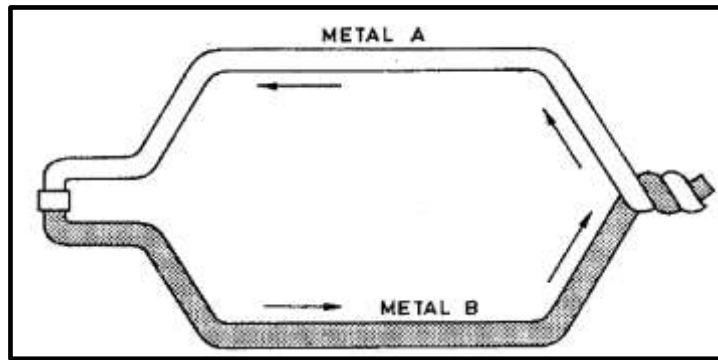


Gráfica 23. Curvas características de los termopares.²⁶

b. Funcionamiento.











































El termopar se basa en el efecto de la circulación de una corriente en un circuito formado por dos metales diferentes cuyas uniones (unión de medida o caliente y unión de referencia o fría) se mantienen a distinta temperatura. Este efecto fue descubierto por Seebeck en 1821. La circulación de corriente obedece a dos efectos termoeléctricos combinados, el efecto Peltier que provoca la liberación o absorción de calor cuando una corriente circula a través de la unión de dos metales diferentes y el efecto Thomson que consiste en la liberación o absorción de calor cuando una corriente circula a través de un metal homogéneo en el que existe un gradiente de temperaturas, la combinación de los dos efectos, es la causa de la circulación de corriente al cerrar el circuito del termopar, dicha corriente puede calentar el termopar y afectar la precisión de la medición que se está realizando por lo cual durante la medición el valor de esta corriente debe ser mínima. [6]

²⁶ Imagen tomada de: ANTONIO CREUS SOLE. *Instrumentación Industrial*. Sexta edición. Barcelona España, Alfaomega 1999.



Gráfica 24.Termopar.²⁷

Los terminales de las termocuplas se distinguen por sus colores.

	 ANSI	 BS	 DIN	 NFC	 JIS	 IEC
JX						
KX						
TX						
EX						
NX						
5X						

Gráfica 25.Código de colores de las termocuplas.²⁸

²⁷ Imagen tomada de: ANTONIO CREUS SOLE. *Instrumentación Industrial*. Sexta edición. Barcelona España, Alfaomega 1999.

²⁸ Imagen tomada de:

<http://www.tempecon.com/pdf/cablescompensacio/CABLESCOMPENSACIONOEXTENSIONTPoPT100.pdf>

c. Termocupla Multipunto.

Este tipo de termocupla proporciona la solución cuando hay limitaciones de espacio cuando es necesario utilizar varias termocuplas en un proceso que requiere el control de temperatura en varios niveles. Están diseñadas para realizar la medición en puntos clave de la aplicación, y se construyen para resistir temperaturas y presiones elevadas. Esta termocupla consiste en una caja de conexiones que conectan los termopares y un tubo cerrado o vaina que protege los extremos de los termopares. [11]



Gráfica 26. Termocupla Multipunto.²⁹

1.3.4. TERMOPOZO.

Es una barra sólida perforada que sirve como protector adicional del sensor. En aplicaciones muy críticas se podrían requerir no solo para la protección del sensor sino también para soportar altas presiones, erosión o ambas causada por la corriente del material en el contenedor o el lugar donde se pretenda medir la temperatura, los termopozos se construyen en una gran variedad de materiales que depende del uso que se les vaya a dar, entre los materiales más comunes están el acero inoxidable 304 o 316 y tubos de inconel 600, se pueden fabricar rectos, cónicos y escalonados con conexión a proceso. Los termopozos se aplican en:

²⁹ Imagen tomada de: <http://www.solostocks.cl/venta-productos/equipo-electrico-suministros/otros-equipo-electrico-suministros/termocupla-multipunto-1381413>

- Industria textil.
- Industria alimenticia.
- Procesos químicos.
- Medición de líquidos y gases.
- Refinerías
- Petroquímicas [12]



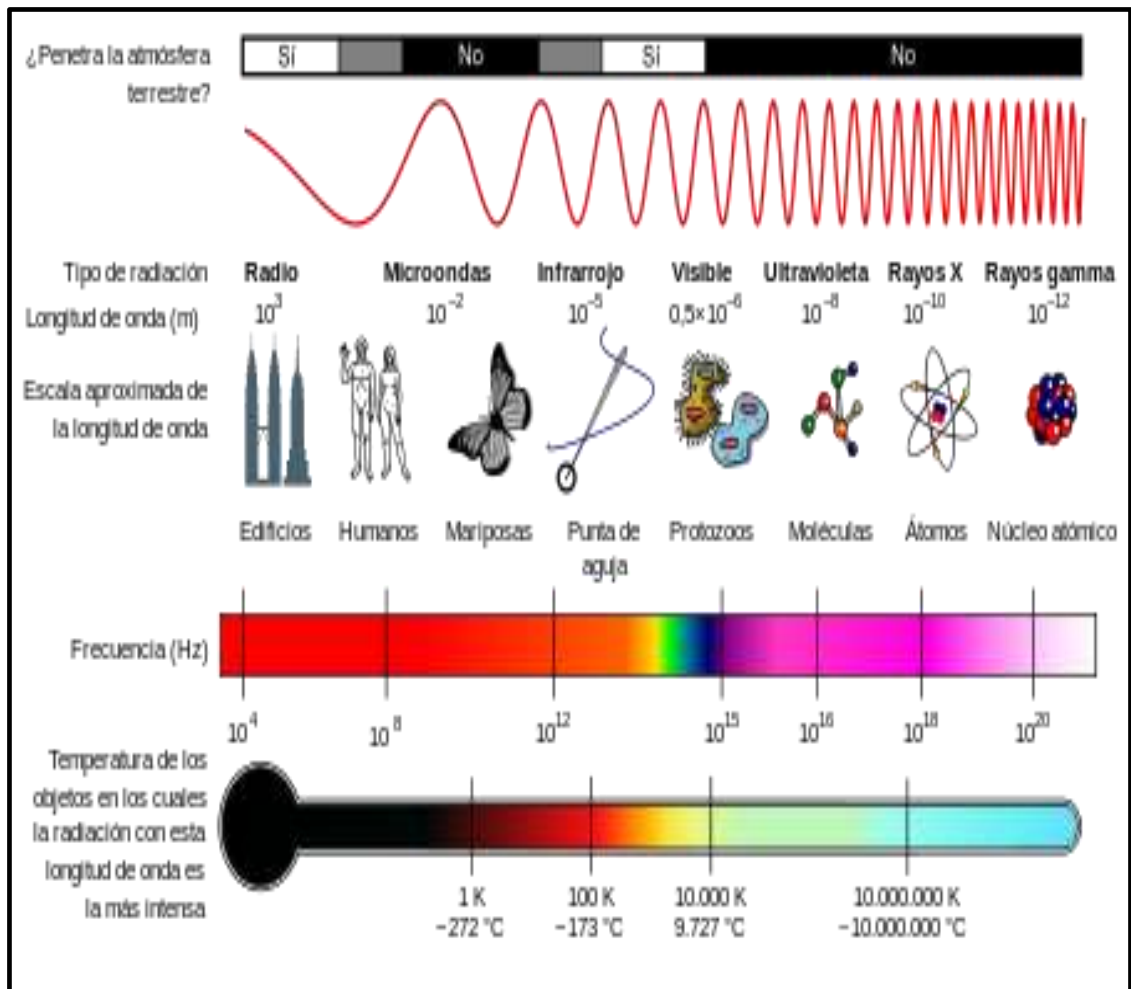
Gráfica 27. Termopozos.³⁰

1.4. MEDICIÓN DE TEMPERATURA POR NO CONTACTO.

El espectro electromagnético es la distribución energética del conjunto de las ondas electromagnéticas. La radiación sirve para identificar la sustancia de manera similar a una huella dactilar. Los espectros se pueden observar y analizar mediante el espectroscopio el cual permite observar el espectro, la longitud de onda, la frecuencia y la intensidad de la radiación y realizar medidas sobre el mismo.

El espectro electromagnético se extiende desde la radiación de menor longitud de onda, como los rayos gamma y los rayos X, pasando por la luz ultravioleta, la luz visible y los rayos infrarrojos, hasta las ondas electromagnéticas de mayor longitud de onda, como son las ondas de radio. Se cree que el límite para la longitud de onda más pequeña posible es la longitud de Planck mientras que el límite máximo sería el tamaño del Universo aunque formalmente el espectro electromagnético es infinito y continuo. [13]

³⁰ Imagen tomada de: <http://www.westmexico.com.mx/images/west2/termopozos.jpg>



Gráfica 28. Espectro electromagnético.³¹

1.4.1. Pirómetro de Radiación.

Su funcionamiento se fundamenta en la ley de Stefan Boltzmann, que dice que la intensidad de energía radiante (J/s por unidad de área) emitida por la superficie de un cuerpo, aumenta proporcionalmente a la cuarta potencia de la temperatura absoluta en grados Kelvin del cuerpo, esto se puede ver en la ecuación 5:

$$W = KT^4 \quad \text{Ec. 5}$$

³¹ Imagen tomada de:
http://2.bp.blogspot.com/_GQ1GT4qtEq4/TAkvGQVxX4I/AAAAAAAAAAw/Tm448Bwj8w/s1600/espectro-electromagnetico.png

Donde,

W : Energía emitida por el cuerpo.

T : Temperatura absoluta °K.

K : Constante de Stefan Boltzmann= $5,670400 \times 10^{-8} \frac{W}{m^2 K^4}$

Aprovechando esta ley, se construyó un aparato que consta de un lente que recoge radiación y la conserva sobre una termopila colocada en el foco de la lente (cóncava); generando así una F.E.M que es medida con un potenciómetro de balance continuo.

Este tipo de aparatos es muy usual en hornos y en la industria metalúrgica donde se mueven lingotes, placas o billetes a temperaturas elevadas, la termopila es un grupo de pequeños termopares conectados en serie cuyas juntas calientes son aplastadas y ennegrecidas, colocadas casi juntas en el centro de un disco. Para compensar los efectos de la variación de temperatura en la termopila, se agrega una resistencia de níquel en paralelo a la salida, la cual aumenta o disminuye la F.E.M. producida compensando dicha variación.
[6]



Gráfica 29. Pirómetro de radiación.³²

³² Imagen tomad de: http://img.directindustry.es/images_di/photo-m2/-7570-2731337.jpg

1.4.2. Pirómetro Óptico

Cuando la energía radiante es a la vez luminosa, como sucede con las flamas y los metales fundidos se utiliza un pirómetro óptico, cuyo principio se basa en la variación de la resistencia de una fotocelda al variar la intensidad de la luz a la que está expuesta. Este instrumento tiene 2 Fotoceldas conectadas en un circuito electrónico y el galvanómetro es sustituido por un bulbo. Una fotocelda es expuesta al cuerpo caliente y la otra a una fuente luminosa, normalmente una lámpara de filamento de carbón. Al recibir la primera fotocelda el choque de la luz cambia su resistencia de acuerdo a la intensidad de dicha luz variando la corriente de placa del bulbo, esto hace que aumente o disminuya la corriente de la lámpara que ilumina la segunda fotocelda, llevándola inmediatamente en equilibrio con la fotocelda expuesta al objeto caliente.

Normalmente se usan filtros para disminuir los efectos de los gases o vapores interpuestos entre el objeto caliente y el instrumento. Para compensar los efectos de la variación de temperatura en la termopila, se agrega una resistencia de níquel en paralelo a la salida la cual aumenta o disminuye la F.E.M. producida compensando dicha variación. [6]

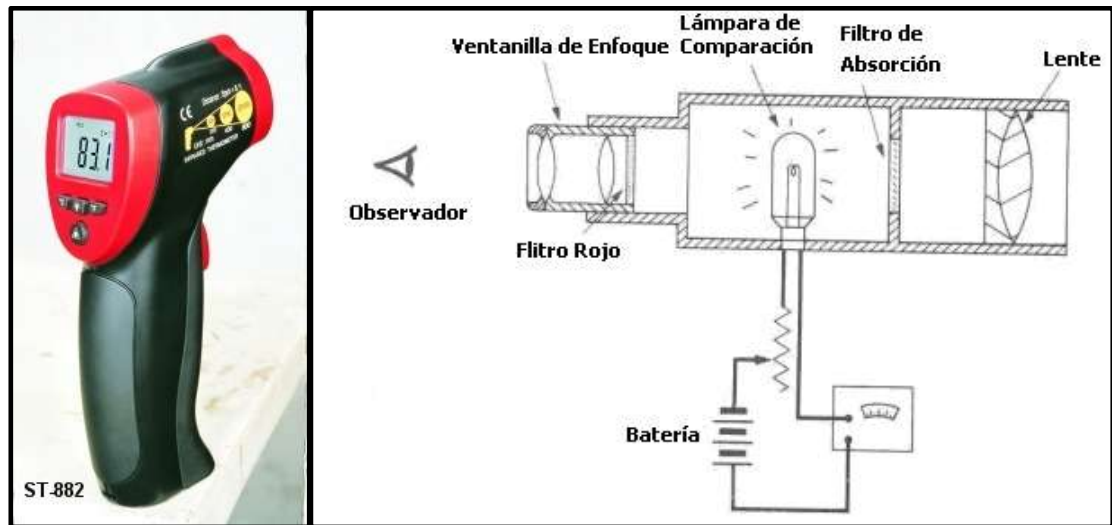


Gráfica 30. Pirómetro óptico.³³

³³ Imagen tomada de: http://img1.mlstatic.com/s_MLA_v_O_f_133545595_8027.jpg

1.4.3. Pirómetro Infrarrojo.

Este pirómetro capta la radiación espectral infrarroja invisible al ojo humano y su rango de medida va hasta los 700°C. El lente filtra la radiación infrarroja emitida por el área que se está examinando y la concentra en un sensor de temperatura que puede ser un termopar o un termistor. La distancia focal del lente oscila entre los 500mm y los 1500mm, además dispone de un compensador de emisividad el cual permite corregir la temperatura leída para evitar pérdidas en los cuerpos que tienen emisividad menor que 1, además cuando hay vapores, gases, humos o materiales transparentes que se interponen en el camino de la radiación. [6]



Gráfica 31. Pirómetro infrarrojo y principio de funcionamiento. ³⁴ ³⁵

1.4.4. Termografía

La termografía es una técnica que permite medir temperaturas exactas a distancia, sin necesidad de contacto físico con el objeto a estudiar. Mediante la captación de la radiación infrarroja del espectro electromagnético, por medio de cámaras termográficas o de termovisión se puede convertir la energía radiada en información sobre la temperatura del objeto a estudiar.

³⁴ Imagen tomada de: http://img1.mlstatic.com/termometro-piometro-infrarrojo-laser-50550-c-ratio121_MLA-O-118328992_3973.jpg

³⁵ Imagen tomada de:

http://www.hasdeu.bz.edu.ro/softuri/fizica/mariana/Termodinamica/Piometru/esquema_piometru_2.jpg

- Observación del espacio.
- Mantenimiento predictivo de maquinaria industrial.
- Salvamento de accidentados.
- Detección de gases.
- Medicina.
- Meteorología.
- Estudios de pérdidas energéticas en arquitectura bioclimática.

El análisis termográfico se basa en la obtención de la distribución superficial de temperatura de una tubería, pieza, maquinaria, envolventes, por el que obtenemos un mapa de temperaturas por medio de una termografía o termograma, donde se visualizan puntos fríos o calientes debido a las anomalías que se pudieran encontrar en el aislamiento. Con la realización del estudio termográfico completo se puede realizar una comprobación tanto en envolventes, como en maquinarias y sistemas de distribución, con lo que se puede conseguir:

- Un mayor conocimiento de la instalación realizada en cuanto a su estado térmico.
- Conocimiento de las pérdidas existentes (fugas) y por lo tanto de posibles puntos de actuación.
- Ahorro debido a una mayor eficiencia energética de los sistemas evaluados. [14]



Gráfica 32. Cámara termográfica.³⁶

³⁶ Imagen tomada de: <http://www.to-book.com/768-81-large/camara-termografica-tis-de-fluke-flk-tis-9-hz.jpg>

1.5. NORMAS, ESTÁNDARES Y METROLÓGA.

1.5.1. Norma.

Una norma es un documento técnico-legal con las siguientes características:

- Contienen especificaciones técnicas de aplicación voluntaria.
- Son elaborados por consenso de las partes interesadas: Fabricantes, administraciones, usuarios, consumidores, centros de investigación, laboratorios, asociaciones y colegios profesionales.
- Están basados en los resultados de la experiencia y el desarrollo tecnológico.
- Son aprobadas por un organismo nacional, regional o internacional de normalización reconocido.
- Están disponibles al público.

Las normas ofrecen un lenguaje de punto común de comunicación entre las empresas, la administración pública, los usuarios y consumidores. Establecen un equilibrio socioeconómico entre los distintos agentes que participan en las transacciones comerciales, base de cualquier economía de mercado, y son un patrón necesario de confianza entre cliente y proveedor. [15]

1.5.1.1. Tipos de Norma.

- **Norma de Facto:** especificación técnica que ha sido desarrollada por una o varias compañías y que ha adquirido importancia debido a las condiciones del mercado. [15]
- **Norma de Jure:** especificación técnica aprobada por un órgano de normalización reconocido para la aplicación de la misma de forma repetida o continuada, sin que dicha norma sea de obligado cumplimiento. [15]

1.5.1.2. Normas Aplicadas en el Diseño del Banco.

a. Requisitos Generales Para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración.

Contiene todos los requisitos que tienen que cumplir los laboratorios o entidades que realicen ensayos, muestreos y calibraciones si desean demostrar que poseen un sistema de gestión, y que son técnicamente competentes y capaces de generar resultados técnicamente válidos. La norma es aplicable a todos los laboratorios que realicen ensayos, muestreos y calibraciones utilizando métodos normalizados, no normalizados o propios del laboratorio, dependiendo de las actividades que desarrolle el laboratorio se les aplicará o no todos los puntos de la norma. La norma ISO17025 está asociada con la norma ISO9001 por consiguiente al cumplir una es necesario que se cumpla la otra ya que tiene requisitos y aspectos en común o en algunos casos una norma complementa la otra.

El uso de esta norma facilitará la cooperación entre los laboratorios y otros organismos así como el intercambio de información, experiencia y armonización de las normas y procedimientos.

La ISO 17025 se divide principalmente en dos tipos de requisitos que deben cumplir los laboratorios: los requisitos técnicos, que es donde se especifican los requisitos y condiciones que debe tener el personal que trabaja en el laboratorio, así mismo como deben ser las instalaciones del laboratorio y que cuidados y precauciones se deben tener con las condiciones ambientales. Los requisitos de gestión, se basa en el sistema de gestión que debe cumplir el laboratorio en la parte legal, en las diferentes normas que se deben aplicar para satisfacer las necesidades del cliente. [16]

b. Principios de Aseguramiento del Control Metrológico.

Se definen aspectos importantes en la metrología como lo es el proceso de medición, sistema de medición así como se explican los dos principios fundamentales de aseguramiento metrológico. Además se explican los sistemas de control metrológico que se deben realizar cuando se fabrica y utiliza un instrumento de medición y los pasos clave que se deben realizar para dicha fabricación y utilización.

El control metrológico está diseñado para intervenir ya sea durante el proceso de fabricación o en el proceso de uso, las estrategias de intervención están determinadas por ley y reglamentaciones y los principales aspectos son: evaluación y aprobación de patrones de medición, requisitos de instalación, verificación inicial en fábrica y en uso, requisitos ambientales y especiales como licencias, recolección de datos e ítems a medir y requisitos exigidos al personal de servicio.

La incertidumbre de la medición, el control de metrología legal de las mediciones y los factores para la selección de controles metrológicos son aspectos que se deben conocer y tener en cuenta para lograr un buen resultado y para ello es necesario conocerlos y saber cómo se deben controlar y aplicar en un proceso de fabricación y utilización. [17]

c. Metrología. Guía Para la Calibración de Patrones de Medida.

En los laboratorios es muy común realizar actividades de calibración de medida, por medio de una comparación entre el valor adquirido como instrumento de medida y el valor establecido como equipo de referencia. Dentro de los dispositivos e instrumentos manejados, se encuentran los activos y pasivos, los cuales al tener cierta diferencia en sus características, permite establecer como elemento de calibración los dispositivos pasivos, y los dispositivos activos como elemento patrón (trabajo inmediato), ya que los dispositivos activos con el transcurso del tiempo presentan un comportamiento errático de medida. Por tanto los instrumentos que no requieran de una calibración periódica se les denominan de transferencia unidireccional, y los que requieran de un procedimiento de calibración se le denomina de transferencia bidireccional.

Para el análisis funcional de los instrumentos empleados, es de gran importancia que los mismos presenten una buena trazabilidad, es decir que el instrumento de medida tenga una relación indefinida con el correspondiente patrón de medición nacional o internacional, y que a su vez la medida obtenida tenga un mínimo error de medida. La temperatura es otro factor importante en la verificación y calibración de dispositivos, por tanto la misma requiere de ser evaluada y medida con instrumentos de alto nivel de precisión, para poder así obtener una unidad patrón de medida.

En la metrología actual se utilizan como instrumentos de referencia los termómetros de resistencia de platino y pirómetros de radiación, pero para alcanzar una alta precisión en puntos fijos de medida, es mucho mejor manejar celdas del punto triple agua, con el único inconveniente que su elaboración es más compleja, sin embargo esto permitiría establecer mediciones más acertadas respecto al comportamiento del instrumento a evaluar. [18]

d. Guía Sobre la Incertidumbre de la Medición Para Principiantes.

Para cualquier análisis y procedimiento que se realice en laboratorios, es de gran importancia efectuar algún tipo de medición que permita informar aspectos de cantidad y de propiedad en el elemento evaluado. Toda medición está compuesta por una cantidad y una unidad de medición, las cuales al ser efectuadas generan cierto tipo de incertidumbre por razones de desconfianza en el valor obtenido, ya que no se conoce con veracidad el valor indicado, lo que trae consigo una cuantificación de duda. También en la medición puede presentarse un error en la medida, pero esta situación a diferencia de la incertidumbre si es una constante que puede ser hallada o establecida por medio de la diferencia efectuada entre el valor medido y el valor verdadero de medida del objeto.

Para la calibración y ensayos de instrumentos, es de gran importancia conocer la incertidumbre de los mismos, ya que así se puede aprobar o no el uso del instrumento, sin embargo es recomendable realizar varias mediciones (entre 4 a 10 lecturas) antes de pasar al siguiente proceso, ya que si se llegan a presentar diferencias entre las medidas tomadas se puede realizar un promedio con las muestras obtenidas y así reducir al mínimo la incertidumbre. Los errores e incertidumbres que se presentan en los instrumentos se pueden generar por no ser efectuadas bajo unas condiciones perfectas, y en estos casos los instrumentos de medición puede sufrir desviaciones, desgaste, ruido, cambios por el paso del tiempo entre otros; sin embargo si los elementos que se van a medir tienden a ser inestables, puede generar este tipo de deficiencias, sin contar que el proceso de medición sea difícil de ejecutar.

La manipulación y destreza del operario con los instrumentos de medición debe ser primordial a la hora de hacer las medidas, ya que con un buen manejo del equipo se disminuirían en gran cantidad los errores de medida. Es de aclarar que las equivocaciones que tiene el operario con el instrumento, no son las causantes de la incertidumbre en las medidas. [19]

e. Método de Ensayo Para la Calibración de Termocuplas por Técnicas de Comparación.

Presenta las técnicas de calibración de termocuplas basadas en comparaciones con una referencia o patrón, así mismo se muestran los diferentes aparatos que pueden ser utilizados como referencia el rango en el cual dichos patrones son los indicados para realizar la calibración y la incertidumbre que presenta cada uno de ellos, también se presentan los equipos necesarios para realizar un procedimiento de calibración y las especificaciones que estos deben tener para lograr un buen resultado.

Explica cada uno de los diferentes procedimientos y montajes que se pueden realizar para hacer la calibración de una termocupla, así mismo como la debida preparación que se le debe realizar a una termocupla para realizar ensayos con ella y los cuidados que se deben tener en el momento de trabajar con dicho sensor.

Además muestra los cálculos que se deben realizar después de realizar la calibración, así mismo el informe que se debe realizar con los resultados de la calibración, y la manera como se deben aplicar y tener en cuenta aspectos fundamentales en el proceso de calibración como lo es: la precisión, la desviación y la exactitud tanto del sensor de referencia, como del sensor a calibrar y el equipo utilizado para realizar la calibración. [20]

1.5.2. Normalización.

Es la actividad que establece disposiciones para uso común y repetido, encaminadas al logro del grado óptimo de orden con respecto a problemas reales o potenciales en un contexto dado. En particular, la actividad consta de los procesos de formulación, publicación e implementación de normas. Los objetivos generales de la normalización se derivan de la definición. Ella puede tener uno o más objetivos específicos, especialmente garantizar la aptitud para el uso de un producto, un proceso o un servicio. Estos objetivos pueden ser, pero no están limitados a la selección de variedades, comodidad de uso, compatibilidad, intercambiabilidad, salud, seguridad, protección del medio ambiente, protección del producto, comprensión mutua, desempeño económico y comercial. Puede haber superposición entre los objetivos. [21]

1.5.2.1. Organismos Internacionales de Normalización y Estandarización.

- **ISO:** Organización Internacional para la Estandarización.
- **IEC:** International Electrotechnical Commission.
- **IEEE:** Institute of Electrical and Electronics Engineers.
- **ITU:** Unión Internacional de Telecomunicaciones.
- **IATA:** International Air Transport Association.
- Codex Alimentarius.

1.5.2.2. Organismos Regionales de Normalización y Estandarización.

- **AMN:** Asociación Mercosur de Normalización.
- **APEC:** Asia-Pacific Economic Cooperation.
- **CENELEC:** Comité Europeo de Normalización Electrotécnica.
- **CEN:** Comité Europeo de Normalización.
- **COPANT:** Comisión Panamericana de Normas Técnicas.
- **CROSSQ:** Caribbean Community Regional Organization for Standards and Quality.
- **RAN:** Red Andina de Normalización.

1.5.2.3. Organizaciones Privadas de Normalización y Estandarización.

- **ACI:** American Concrete Institute.
- **API:** American Petroleum Institute.
- **ASCE:** American Society of Civil Engineering.
- **ASME:** American Society of Mechanical Engineers.
- **ASTM:** ASTM International.
- **HL7:** Health Level Seven Inc.
- **IAPMO:** International Association of Plumbing and Mechanical Officials.
- **NEMA:** National Electrical Manufacturers Association.
- **NFPA:** National Fire Protection Association.
- **NSF:** NSF International.
- **UL:** Underwriters Laboratories Inc. [22]

1.5.2.4. Organismo Nacional de Normalización y Estandarización.

- **ICONTEC. Instituto colombiano de Normas Técnicas y Certificación.**

Es el representante por Colombia ante los organismos de normalización internacionales y regionales como la ISO (International Organization for Standardization), la IEC (International Electrotechnical Commission), y la COPANT (Comisión Panamericana de Normas Técnicas). También es soporte del Gobierno Nacional en los grupos de negociación para la Comunidad Andina, para el Área de Libre Comercio de las Américas (ALCA) y para el Tratado de Libre Comercio (TLC) con los Estados Unidos de América. Entre sus labores se destaca la creación de normas técnicas y la certificación de normas de calidad para empresas y actividades profesionales [22]

1.5.3. Estandarización.

Proceso mediante el cual se realiza una actividad de manera standard o previamente establecida. El término estandarización proviene del término standard, aquel se refiere a un modo o método establecido, aceptado y normalmente seguido para realizar determinado tipo de actividades o funciones. Un estándar es un parámetro más o menos esperable para ciertas circunstancias o espacios y es aquello que debe ser seguido en caso de recurrir a algunos tipos de acciones. Mediante un estándar se garantiza el funcionamiento y acoplamiento de elementos generados independientemente. A diario aplicamos muchos estándares sin darnos cuenta, un claro ejemplo de ello es el conectar un electrodoméstico a la red eléctrica, para esto los fabricantes y autoridades han creado un estándar en el tipo de conexión a utilizar. La estandarización, entonces, es en este sentido el fenómeno mediante el cual los diferentes procesos de fabricación globales convergen hacia un único estilo que predomina a nivel mundial y que busca establecer similitudes entre cada ítem sin importar de dónde provengan estos o hacia donde vayan. [23]

1.5.4. Acreditación.

La acreditación es un proceso voluntario mediante el cual una organización es capaz de medir la calidad de sus servicios o productos y el rendimiento de los mismos frente a estándares reconocidos a nivel nacional o internacional. El

proceso de acreditación implica la autoevaluación de la organización, así como una evaluación en detalle por un equipo de expertos externos. Las definiciones específicas pueden variar levemente dependiendo a qué tipo de organización se refieren, en este caso la certificación de un laboratorio es un proceso de participación voluntaria para mejorar la calidad de los servicios del laboratorio a través de una revisión profesional por pares y el cumplimiento de estándares de desempeño establecidos.

1.5.4.1. Organismos Internacionales de Acreditación.

- **IAB:** International Accreditation Board
- **IAS:** International Accreditation Service
- **EA:** European co-operation for Accreditation
- **A2LA:** American Association for Laboratory Accreditation
- **PJLA:** Perry Johnson Laboratory Accreditation
- **ACCAB:** Accreditation Commission for Conformity Assessment Bodies
- **IAA:** International Accreditation Agency
- **ACI:** Accredited Certification International Limited
- **AIAO:** American International Accreditation Organization
- **ASCB:** Accreditation Service for Certifying Bodies [24]

1.5.4.2. Organismo Nacional de Acreditación.

- **ONAC. Organismo Nacional de Acreditación de Colombia.**

El ORGANISMO NACIONAL DE ACREDITACIÓN DE COLOMBIA (ONAC) es una corporación sin ánimo de lucro de naturaleza y participación mixta, regida por el derecho privado, constituida en 2007 de acuerdo con las normas del Código Civil y las normas de ciencia y tecnología, bajo la modalidad de asociación entre el Estado colombiano y los particulares.

El ONAC tiene como objeto principal acreditar la competencia técnica de Organismos de Evaluación de la Conformidad con las normas y criterios señalados en estos Estatutos y desempeñar las funciones de Organismo Nacional de Acreditación de Colombia conforme con la designación contenida en el artículo 3 del Decreto 4738 de 2008 y las demás normas que la modifiquen, sustituyan o complementen.

Las funciones principales del ONAC como organismo nacional de acreditación, son:

- Realizar actividades de acreditación de los organismos de evaluación de la conformidad de acuerdo con la normatividad internacional y nacional aplicable.
- Representar los intereses del país ante organismos regionales e internacionales relacionados con actividades de acreditación y participar en foros nacionales, regionales e internacionales de interés.
- Mantener un registro público actualizado de los organismos acreditados, cuyo contenido y condiciones serán definidos de acuerdo con el reglamento que para el efecto se expida. [24]

1.5.5. Certificación.

Es el procedimiento mediante el cual una tercera parte diferente e independiente del productor y el comprador, asegura por escrito que un producto, un proceso o un servicio cumple los requisitos especificados, convirtiéndose en la actividad más valiosa en las transacciones comerciales nacionales e internacionales. Es un elemento insustituible para generar confianza entre cliente-proveedor.

Un sistema de certificación es aquel que tiene sus propias reglas, procedimientos y forma de administración para llevar a cabo una certificación de conformidad. Dicho sistema, debe de ser objetivo, fiable, aceptado por todas las partes interesadas, eficaz, operativo y estar administrado de manera imparcial y honesta. Su objetivo primario y esencial, es proporcionar los criterios que aseguren al comprador que el producto que adquiere satisface requisitos.

Todo sistema de certificación debe contar con los siguientes elementos.

- Existencia de Normas y/o Reglamentos.
- Existencia de Laboratorios Acreditados.
- Existencia de un Organismo de Certificación Acreditado. [25]

1.5.6. Metrología.

La metrología es la ciencia de la medida, incluyendo el estudio, mantenimiento y aplicación del sistema de pesos y medidas. Actúa tanto en los ámbitos científico, industrial y legal, como en cualquier otro demandado por la sociedad. Su objetivo fundamental es la obtención y expresión del valor de las magnitudes, garantizando la trazabilidad de los procesos y la consecución de la exactitud requerida en cada caso; empleando para ello instrumentos, métodos y medios apropiados. [24]

1.5.6.1. Metrología Legal.

La Metrología Legal es la rama de la Metrología, cuyo propósito es verificar la observancia de Reglamentos Técnicos y Legales en lo referente a las unidades de medida, los métodos y procedimientos de medición, los instrumentos de medir y las unidades materializadas. Está dirigida a garantizar la corrección y equidad en las relaciones comerciales y a asegurar la salud de los miembros de la sociedad así como la protección del medio ambiente. [24]

1.5.6.2. Metrología Industrial.

La metrología industrial constituye una herramienta fundamental para asegurar la calidad de los productos y procesos mediante la calibración de instrumentos de medición y la capacitación profesional del personal de la industria. Esta disciplina se centra en las medidas aplicadas a la producción y el control de la calidad, los procedimientos e intervalos de calibración, el control de los procesos de medición y la gestión de los equipos de medida son parte fundamental en la metrología industrial. En la Metrología industrial se tiene la alternativa de poder enviar instrumentos y equipos a verificación bien sea, en el país o en el exterior. La metrología industrial ayuda a la industria en su producción, aquí se distribuye el costo y la ganancia. [24]

1.5.6.3. Metrología Científica.

Parte de la Metrología que se encarga de la custodia, mantenimiento y trazabilidad de los patrones, así como la investigación y desarrollo de nuevas técnicas de medición, de acuerdo al estado del arte de la ciencia. Es el conjunto de acciones que persiguen el desarrollo de patrones primarios de medición para las unidades de base y derivadas del Sistema Internacional

de Unidades, SI. También conocida como "metrología general". "Es la parte de la Metrología que se ocupa a los problemas comunes a todas las cuestiones metrológicas, independientemente de la magnitud de la medida".

Se ocupa de los problemas teóricos y prácticos relacionados con las unidades de medida (como la estructura de un sistema de unidades o la conversión de las unidades de medida en fórmulas), del problema de los errores en la medida; del problema en las propiedades metrológicas de los instrumentos de medidas aplicables independientemente de la magnitud involucrada. [24]

1.5.7. Verificar.

Consiste en revisar, inspeccionar, ensayar, comprobar, supervisar o realizar cualquier otra función análoga, que establezca y documente que los elementos, procesos, servicios o documentos están conformes con los requisitos especificados.

En metrología legal, la verificación puede conllevar el examen, marcado o emisión de un certificado de verificación de un sistema de medida, no debe confundirse la verificación con la calibración. No toda verificación es una calibración.

Entre todas las especificaciones del fabricante, el error máximo permitido es el que se contrasta con el error de indicación o el error sistemático a objeto de establecer conformidad. Otras características metrológicas del instrumento se pueden usar para determinar, por ejemplo, si el instrumento es adecuado al uso previsto en el punto de medición específico en el proceso. Así, el intervalo de medida o el rango, la resolución, la estabilidad o sensibilidad pueden ser contrastados con los requisitos de medición para verificar su conformidad. [26]

1.5.8. Ajustar.

Conjunto de operaciones realizadas sobre un sistema de medida para que proporcione indicaciones prescritas, correspondientes a valores dados de la magnitud a medir, algunos tipos de ajuste de un sistema de medida son: ajuste de cero, ajuste de offset y ajuste de la amplitud de escala.

Después del ajuste de un sistema de medida generalmente debe ser calibrado de nuevo. El ajuste implica un cambio de la infraestructura del equipo de

medida, con lo cual el desempeño de este se debe evaluar y por lo tanto la calibración se hace imprescindible. [26]

1.5.9. Calibrar.

Originalmente la palabra calibración significaba el proceso de clasificación por tamaño, pero al pasar los años se ha logrado definirla con una connotación más genérica de su función, la cual consiste en el grupo de operaciones y condiciones específicas en las que se puede relacionar o comparar un valor indicado por un sistema o medio de medición, con el valor correspondiente a la unidad patrón del equipo usado como referencia, lo cual genera un tipo de informe o exposición concisa de los valores recolectados. [18]

1.5.9.1. Equipos para realizar calibración.

a. Punto de Hielo.

La temperatura para realizar calibraciones por este método es 0°C que es el punto de fusión del agua. Para realizar la calibración es necesario crear una mezcla de hielo finamente picado y agua destilada suficiente para rellenar los huecos que quedan entre las partículas de hielo y así evitar las burbujas de aire las cuales pueden afectar el proceso de calibración. [27]



Gráfica 33. Punto de hielo.³⁷

b. Punto Triple del Agua.

La única combinación de presión y temperatura a la que el agua, hielo y vapor de agua pueden coexistir en un equilibrio estable, se produce exactamente a

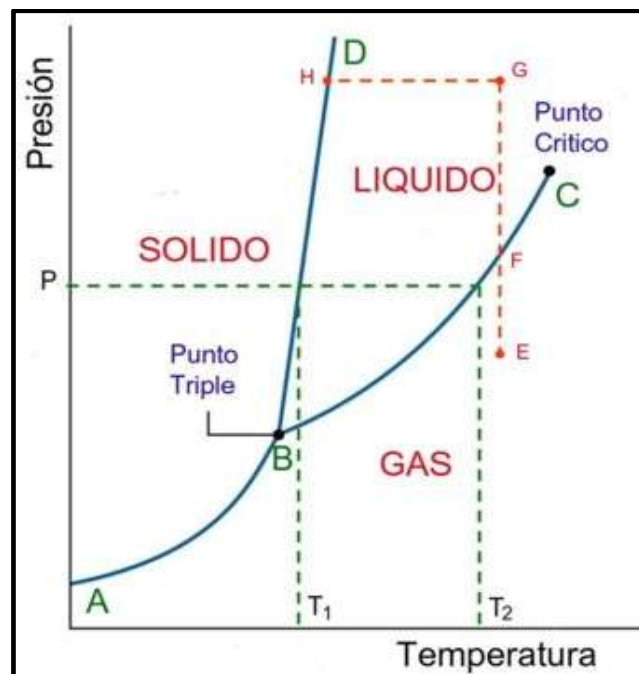
³⁷ Imagen tomada de:

http://tienda.bdpfrio.com/WebRoot/acens/Shops/tienda_bdpfrio_com/MediaGallery/caixa7_fondo_0020_blanco.JPG

una temperatura de $273,1598^{\circ}\text{K}$ ($0,0098^{\circ}\text{C}$) y a una presión parcial de vapor de agua de $611,73$ pascales ($6,1173$ milibares; $0,0060373057$ atm). En esas condiciones es posible cambiar el estado de toda la masa de agua a hielo, agua líquida o vapor arbitrariamente haciendo pequeños cambios en la presión y la temperatura.

El agua posee un inusual y complejo diagrama de fase. A altas temperaturas, incrementando la presión primero se obtiene agua líquida y a continuación agua sólida. Por encima de 109Pa aproximadamente se obtiene una forma cristalina de hielo que es más denso que el agua líquida. A temperaturas más bajas en virtud de la compresión el estado líquido deja de aparecer y el agua pasa directamente de sólido a gas.

A presiones constantes por encima del punto triple, calentar hielo hace que se pase de sólido a líquido y de éste a gas o vapor. A presiones por debajo del punto triple como las encontradas en el espacio exterior, donde la presión es cercana a cero el agua líquida no puede existir al calentarse, el hielo se convierte directamente en vapor de agua sin pasar por el estado líquido, proceso conocido como sublimación. [28]



Gráfica 34. Diagrama de fases del punto triple del agua.³⁸

³⁸ Imagen tomada de: <http://joule.qfa.uam.es/beta-2.0/temario/tema5/diagrama-fases.jpg>



Gráfica 35. Punto triple del agua para realizar calibraciones.³⁹

c. Baño líquido.

Los equipos de calibración de baño líquido constan de un tanque de acero inoxidable donde va depositado el líquido con el que el baño va a trabajar, los baños líquidos se clasifican dependiendo del líquido que posea, los principales líquidos utilizados en baños de calibración son:

- Aceite siliconado.
- Agua.
- Mezclas de alcohol (metanol y etanol).
- Halocarbono.



Gráfica 36. Rango de temperatura de los líquidos utilizados en los baños líquidos.⁴⁰

³⁹ Imagen tomada de: http://us.flukecal.com/sites/flukecal.com/files/imagecache/product-detail-large/assets/product_detail_images/tCal_product_images/F-5901_01b_s_328px_x_220px_0.jpg

Estos equipos además del tanque y el líquido cuentan con un agitador o recirculador que hace que el líquido circule por todo el sistema para que la temperatura del mismo sea homogénea y de esta manera disminuir los gradientes que puedan presentarse, además cuenta con un termómetro de referencia de alta exactitud o en algunas ocasiones se utiliza una Pt100, también cuenta con un controlador de temperatura que se encarga de controlar las resistencias calefactoras. [29]



Gráfica 37. Baño líquido.⁴¹

d. Baño de Sales.

EL sistema de funcionamiento es similar al de los baños líquidos, pero se diferencia de ellos en que este tipo de baño requiere de sales especiales como lo es el nitrato de potasio o el nitrato de sodio para su correcto funcionamiento. El rango de temperatura de estos equipos va de los 40°C hasta los 700°C. Su principal aplicación es la calibración de termómetros de vidrio y termocuplas. [29]

⁴⁰ Imagen tomada de: “Sistemas termales para la calibración de temperatura”, sitio web “www.metas.com.mx”. 4 de agosto de 2004 URL: <http://www.metas.com.mx/guiametas/La-Guia-MetAs-04-08-Termales.pdf>.

⁴¹ Imagen tomada de: http://www.ovredal.com/_productos/wika/_images/ctb9100_165.JPG



Gráfica 38. Baño de sales.⁴²

e. Horno de Pozo Seco.

Este tipo de hornos está diseñado para generar altas y bajas temperaturas, su funcionamiento al igual que su definición no requieren de la utilización de líquidos térmicos ni del cambio secuencial del mismo, ya que su sistema de funcionamiento se basa en el uso de celdas Peltier. Las celdas Peltier generan un diferencial de temperatura cuando se aplica un voltaje en la superficie de dos metales diferentes o semiconductores, los cuales se encuentran conectados entre sí por medio de soldaduras o juntas de Peltier; al presentarse un flujo de corriente entre los dos metales se genera una diferencia de temperatura entre las placas, debido a que una de las placas le transfiere su calor a la otra dando como resultados un enfriamiento de unas de las placas y calentamiento de la otra. A este fenómeno se le conoce como efecto Peltier, el cual posee un comportamiento inverso al efecto Seebeck, pero de igual forma se encuentran relacionados por el mismo principio químico, que consiste en el flujo de electrones de una región de alta densidad a una de baja densidad. [30]

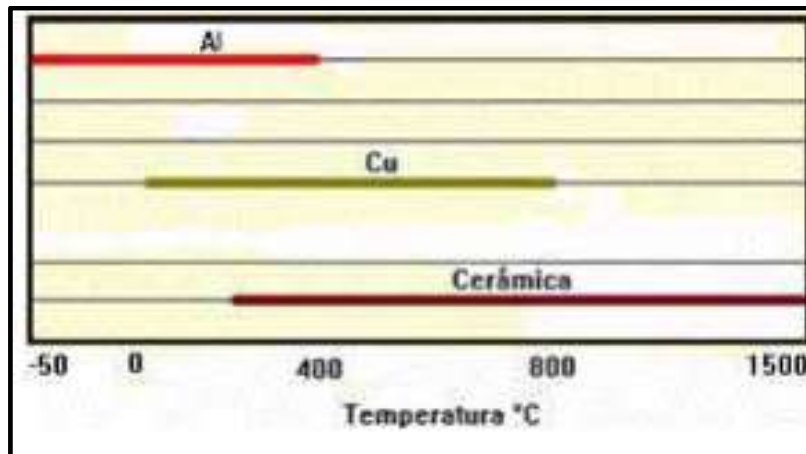
Este tipo de hornos son instrumentos que se pueden usar en campo o en el laboratorio, cuentan con un alto grado de precisión, facilidad de transporte y gran velocidad para todas las aplicaciones de calibración de termómetros, termopares y RTD, además de su facilidad al momento de ser utilizados, mantienen estabilidad, uniformidad y precisión. [31]

⁴² Imagen tomada de: http://la.flukecal.com/sites/flukecal.com/files/imagecache/product-detail-large/assets/products/really_hot_baths.jpg



Gráfica 39. Horno de pozo seco.⁴³

Dependiendo del material con que se construya el bloque metálico varía el rango de temperatura al que puede trabajar el horno. [29]



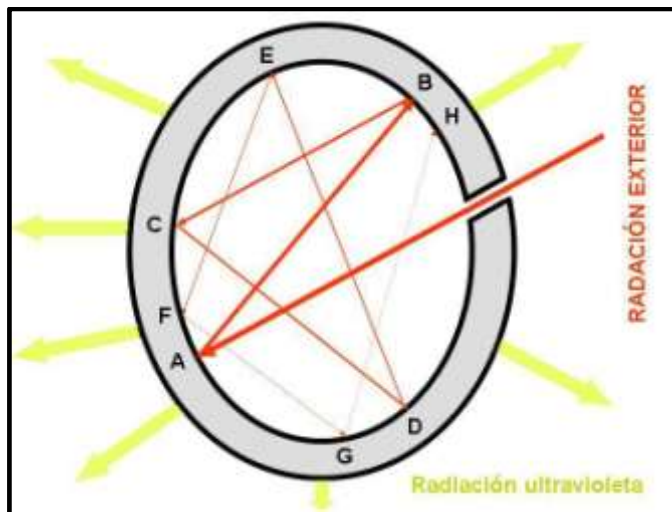
Gráfica 40. Rango de temperatura del horno de pozo seco dependiendo del material.⁴⁴

⁴³ Imagen tomada de: http://img.directindustry.es/images_di/photo-g/calibrador-de-temperatura-portatil-17801-2843387.jpg

⁴⁴ Imagen tomada de: "Sistemas termales para la calibración de temperatura", sitio web "www.metas.com.mx". 4 de agosto de 2004 URL: <http://www.metas.com.mx/guiametas/La-Guia-MetAs-04-08-Termale.pdf>.

f. Horno de cuerpo negro.

Esta clase de equipos consta de una cavidad con una abertura muy pequeña para que entre desde el exterior la radiación incidente. La radiación exterior entra al horno a través del agujero y en su interior choca contra la pared interior del horno donde una parte de la radiación es absorbida y otra parte es reflejada que a su vez choca con otro punto de la pared interior, la cual absorbe otra porción y la refleja parcialmente y así continúa el ciclo. Pasado cierto tiempo y luego de sucesivas reflexiones la radiación exterior incidente es totalmente absorbida. [29]



Gráfica 41. Radiación en un horno de cuerpo negro.⁴⁵

En donde A, B, C, D, E, F, G y H son nodos en la pared interior de la cavidad del Horno cuerpo negro. En la pared exterior del horno se crea un espectro de radiación desde el interior de la cavidad llamado radiación de cavidad. Por consiguiente, la radiación del interior de una cavidad cuyas paredes están a una temperatura T , es de la misma índole que la radiación emitida por la superficie de un cuerpo negro a temperatura T .

Este tipo de equipos tienen un rango de trabajo que va de los 50°C hasta los 2300°C y se utiliza para calibrar pirómetros ópticos, de radiación e infrarrojos. [29]

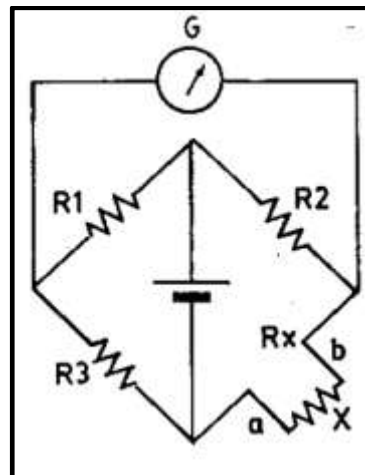
⁴⁵ Imagen tomada de:
http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/aa/HORNO_CUERPO_NEGRO_TT.jpg



Gráfica 42. Horno de cuerpo negro.⁴⁶

g. Puente de wheatstone.

Es un instrumento de gran precisión que puede trabajar en corriente alterna como continua y se utiliza para la medición de resistencias o impedancias de un circuito. Existen tres tipos de montajes: de dos hilos, tres hilos y cuatro hilos dependiendo del número de hilos que posea la conexión de la sonda. En el montaje de dos hilos la sonda se conecta a uno de los brazos del puente y se varía R_3 hasta que el valor del galvanómetro marque cero. [6]



Gráfica 43. Conexión de dos hilos.⁴⁷

⁴⁶ Imagen tomada de: http://img.directindustry.es/images_di/photo-g/fuente-de-calibracion-cuerpo-negro-19150-2731447.jpg

Del circuito de la gráfica 43 se obtiene de la ecuación 6:

$$\frac{R_1}{R_3} = \frac{R_2}{x} \quad \text{Ec. 6}$$

Donde, $x = R_3 \cdot \frac{R_2}{R_1}$ es el valor de la sonda de resistencia.

Este es el montaje más sencillo, aunque presenta un problema que la resistencia de los hilos a y b que es donde se conecta la sonda de resistencia varía con la temperatura y por tanto la medición realizada puede resultar errónea, principalmente esto se da por la distancia que en campo puede existir entre la sonda y el punto donde se encuentra el instrumento de medición y esto causa que se le añada cierta resistencia al brazo de la sonda, para evitar esto la anterior ecuación debe ser modificada por la mostrada a continuación:

$$\frac{R_1}{R_3} = \frac{R_2}{x + K(a + b)} \quad \text{Ec. 7}$$

Donde,

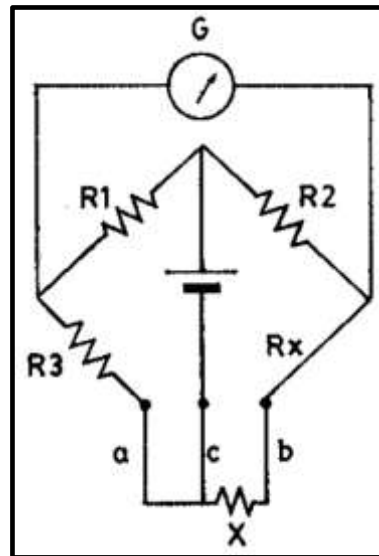
x : Valor de resistencia desconocida.

K : Coeficiente de resistencia por unidad de longitud.

a y b : Longitudes de los hilos de conexión de la sonda al puente. [6]

El montaje de tres hilos es el más aplicado en la práctica, pues la sonda se conecta a tres hilos del puente y de esta manera la medida no se ve afectada ni por la variación de la temperatura ni por la longitud de los conductores, puesto que estos factores afectan a dos brazos adyacentes del puente, siendo la única condición que la resistencia de los hilos a y b sea la misma. [6]

⁴⁷ Imagen tomada de: ANTONIO CREUS SOLE. *Instrumentación Industrial*. Sexta edición. Barcelona España, Alfaomega 1999.



Gráfica 44. Conexión de tres hilos.⁴⁸

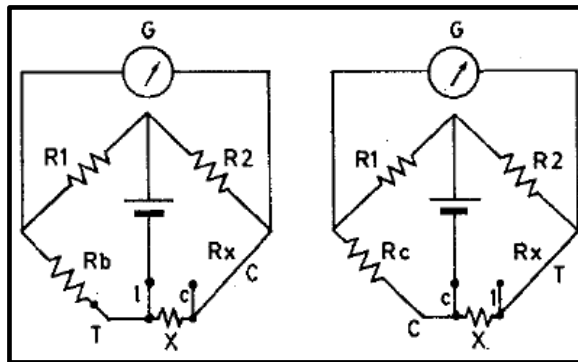
Del circuito de la gráfica 44 se obtiene la ecuación 8:

$$\frac{R_1}{R_3 + K_a} = \frac{R_2}{x + K_b} \quad \text{Ec. 8}$$

Y como $K_a = K_b$, haciendo $\frac{R_2}{R_1} = 1$, R_3 puede ser ajustado a un valor igual a x para que de esta forma el galvanómetro no indique tensión.

El montaje de cuatro hilos es utilizado para obtener una mayor precisión en la medición, como es el caso de la calibración de patrones de resistencia. Este montaje se basa en efectuar dos mediciones de resistencia de la sonda combinando las conexiones de tal manera que la sonda pase de un brazo del puente adyacente y así compensar las resistencias desiguales de los hilos de conexión y la medición va a ser equivalente al promedio de los valores obtenidos en las dos mediciones. [6]

⁴⁸ Imagen tomada de: ANTONIO CREUS SOLE. *Instrumentación Industrial*. Sexta edición. Barcelona España, Alfaomega 1999.



Gráfica 45. Conexión de cuatro hilos.⁴⁹

1.5.9.2. Patrones de calibración.

Para hacer la calibración de sensores se deben utilizar patrones de medida, los cuales se utilizan para realizar la comparación con el sensor que se desea calibrar. Se utilizan principalmente dos tipos de sensores patrón:

- **Patrón Primario:** este tipo de patrón es designado o ampliamente reconocido como poseedor de las más altas cualidades metrológicas como lo es una alta exactitud y cuyo valor se acepta sin referirse a otros patrones de la misma magnitud. También son llamados fundamentales o básicos, son los que se materializan y reproducen las unidades básicas del Sistema Internacional de acuerdo con su propia definición. Dentro de este tipo de patrones encontramos los denominados SPRT (termómetro resistivo de platino estándar).
- **Patrón Secundario:** es aquel patrón cuyo valor se fija por comparación con un patrón primario y que se utiliza para la calibración de sensores e instrumentos de medición de menor categoría. [32]

1.5.10. Repetibilidad.

Es una medida estadística de la consistencia entre medidas repetidas de un mismo carácter en un mismo individuo. Generalmente se la denomina como r_i y su valor se expresa como una proporción. Un valor de repetibilidad de uno indica que la medida es perfectamente consistente y repetible y que el

⁴⁹ Imagen tomada de: ANTONIO CREUS SOLE. *Instrumentación Industrial*. Sexta edición. Barcelona España, Alfaomega 1999.

investigador no comete ningún error en la medición de ese carácter. Un valor de cero indica que las medidas repetidas obtenidas de ese carácter son tan distintas como si se hubieran tomado a partir de individuos distintos tomados al azar.

De las n indicaciones I_{ji} para una carga de prueba dada L_{Tj} , la desviación estándar s_j se calcula:

$$s(I_j) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (I_{ji} - I_j)^2} \quad \text{Ec. 9}$$

Con

$$I_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n I_{ji} \quad \text{Ec. 10}$$

Donde solo una carga de prueba ha sido aplicada, el índice j podría ser omitido. [33]

1.5.11. Incertidumbre.

Todas las mediciones tienen asociada una incertidumbre que puede deberse a los siguientes factores:

- La naturaleza de la magnitud que se mide.
- El instrumento de medición.
- El observador.
- Las condiciones externas.

Cada uno de estos factores constituye por separado una fuente de incertidumbre y contribuye en mayor o menor grado a la incertidumbre total de la medida. La tarea de detectar y evaluar las incertidumbres no es simple e implica conocer diversos aspectos de la medición.

En principio, es posible clasificar las fuentes de incertidumbres en dos conjuntos bien diferenciados, las que se deben a:

- **Errores accidentales o aleatorios:** aparecen cuando mediciones repetidas de la misma variable dan valores diferentes, con igual

probabilidad de estar por arriba o por debajo del valor real. Cuando la dispersión de las medidas es pequeña se dice que la medida es precisa.

- **Errores sistemáticos:** son una desviación constante de todas las medidas ya sea siempre hacia arriba o siempre hacia abajo del valor real y son producidos, por ejemplo, por la falta de calibración del instrumento de medición.

En la gráfica 46 se representan los errores sistemáticos y los errores aleatorios. Los centros de los círculos indican la posición del valor que se quiere medir y los puntos indican los valores de varias mediciones. La dispersión de los puntos se asocia a la precisión, mientras que su centro efectivo está asociado a la exactitud. El conjunto de medidas representa una medición precisa pero inexacta, más exacta y con la misma precisión, menos precisa y menos exacta y más exacta pero menos precisa. La medida ideal es aquella que tiene un 100% de exactitud y un 100% de precisión. [34]



Gráfica 46. Exactitud y precisión.⁵⁰

1.5.12. Trazabilidad.

Es la propiedad del resultado de una medida o del valor de un estándar donde éste puede estar relacionado con referencias especificadas, usualmente estándares nacionales o internacionales a través de una cadena continúa de comparaciones, todas con incertidumbres especificadas.

Existen 3 tipos distintos de trazabilidad:

⁵⁰ Imagen tomada de: : <http://www.enriquegracian.com/articulos/teoria-de-errores>

- **Trazabilidad Ascendente (hacia atrás):** saber cuáles son los productos que son recibidos en la empresa, acotados con alguna información de trazabilidad (lote, fecha de caducidad/consumo preferente) y quienes son los proveedores de esos productos.
- **Trazabilidad Interna O Trazabilidad De Procesos:** Trazabilidad dentro de la propia empresa.
- **Trazabilidad Descendente (hacia delante):** saber cuáles son los productos expedidos por la empresa, acotados con alguna información de trazabilidad (lote, fecha de caducidad/consumo preferente) y saber sus destinos y clientes. [35]

2. DISEÑO

2.1. ESPECIFICACIONES DE DISEÑO.

Para realizar el diseño del banco de temperatura se deben especificar unas características claves para la adecuada selección los sensores y demás instrumentos que conforman dicho banco.

Gran parte de estas especificaciones las delimita el horno de metrología puesto que es la base fundamental del banco. Las especificaciones más importantes a tener en cuenta son:

- El rango de operación del horno que va desde los -25°C hasta los 150°C .
- El tamaño de los insertos, adicionándole la longitud del protector, teniendo en cuenta estos dos aspectos y además lo que se menciona en la norma GTC115 acerca de que los sensores deben llegar al fondo del inserto para de esta manera asegurar buenos resultados en las prácticas, por ello todos los sensores que se utilicen deben tener una sonda con una longitud mínima de 25cm .
- Los diámetros de las sondas también deben ser de acuerdo a los insertos, por esto los sensores deben tener los siguientes diámetros: $1/4''$, $1/8''$, $3/16''$, $1/8''$, 3mm , 4mm , 6mm , 8mm y 10mm .
- Los sensores deben tener un cable de una longitud mínima de 1 metro.
- El banco de trabajo debe tener la posibilidad de medir la temperatura por contacto y no contacto.
- Se debe tener diferentes tipos y clases de sensores para medir la temperatura. [19]

2.2. ZONA DE TRABAJO.

La zona de trabajo debe estar basada en las normas ISO17025 e ISO9001, en las cuales se especifican las condiciones que debe tener el laboratorio donde se van a realizar calibraciones y ensayos, de esta manera se logra que los resultados obtenidos en dichos procedimientos sean confiables.

Para lograr lo mencionado anteriormente el laboratorio debe establecer, implementar y mantener un sistema de gestión dependiendo de las actividades que realice, así mismo debe tener documentadas sus políticas, sistemas, programas, procedimientos e instrucciones para realizar ensayos y calibraciones. Además debe tener un registro de todas las actividades realizadas, dicho registro debe ser legible y estar almacenado de modo que el acceso a este sea fácil para los operarios, así como tener una copia de seguridad en caso de daño o pérdida, además todos los registros deben estar conservados en un sitio seguro y en confidencialidad y debe tener un sistema que los proteja y permita salvaguardarlos para prevenir el acceso no autorizado o la modificación de los mismos.

Para que los ensayos y calibraciones sean exactos y seguros se deben tener en cuenta múltiples factores que afectan los resultados de los procedimientos:

- El primer factor que influye en los resultados son los errores humanos, por ello se debe contar con personal capacitado y competente que conozca el funcionamiento de los equipos, además debe conocer las precauciones que debe tener al utilizar cada equipo, y debe conocer los procedimientos que debe realizar y todas los aspectos externos que influyen en los resultados para que los tenga en cuenta en el momento de realizar un ensayo.
- El segundo aspecto que influye en los resultados son las instalaciones del laboratorio y las condiciones ambientales, por ello el laboratorio debe contar con fuentes de energía y una adecuada alimentación para lograr la correcta realización de los ensayos y calibraciones, así mismo se debe realizar el seguimiento, control y registro de las condiciones ambientales y tener en cuenta como estas afectan la calidad de los resultados. Se debe prestar especial atención a el polvo, la interferencia electromagnética, la radiación, la humedad, la temperatura, los niveles de ruido y vibración, cuando se detecte que las condiciones ambientales afectan los resultados se debe interrumpir el procedimiento. Se deben separar las diferentes áreas de trabajo para evitar la contaminación cruzada y se debe asegurar el orden y la limpieza del laboratorio.

Para la realización de ensayos y calibraciones se deben tener procedimientos de cómo realizar el muestreo, la manipulación, el transporte, almacenamiento y la preparación de los instrumentos de manera apropiada basados en normas y estándares. También se devente tener manuales de instrucciones del uso y

funcionamiento de los equipos, así como las hojas de especificaciones de los sensores e instrumentos de trabajo y las normas que se están teniendo en cuenta para lograr unas condiciones básicas de trabajo.

Si se emplean computadoras o equipos automatizados para captar, procesar, registrar y almacenar datos de los procedimientos se debe asegurar que el software esté bien documentado, además se deben proteger los datos y realizar mantenimiento periódicamente para asegurar si adecuado funcionamiento. [16]

2.2.1. Selección del Horno en Baño Seco.

Para realizar la calibración y verificación de sensores de temperatura es necesario manejar un equipo con el cual se pueda establecer la temperatura requerida sin que se afecte la integridad del operario. En actualidad existen varias formas de obtener una temperatura controlada, las cuales se basan en el control y manejo de fluidos (líquidos, gas o ambos), intercambiadores de calor y el manejo celdas Peltier.

Si se desea obtener y controlar temperaturas desde -80°C hasta 1300°C , se hace necesario manejar hornos de baño líquido, los cuales están provistos de un tanque interno que permite calentar el líquido que se vierte por medio de agitadores magnéticos o mecánicos que mejoran la uniformidad térmica, para posteriormente introducir en él una sonda patrón y la sonda que se pretende calibrar. El inconveniente que poseen estos equipos es que requieren de un cambio secuencial del líquido manejado, ya que estos utilizan un aceite siliconado, agua destilada, alcohol o algunos derivados de glicol para poder obtener las temperaturas requeridas, sin mencionar también que pueden generar un impacto ambiental al desechar el líquido. A diferencia de utilizar fluidos siliconados también se encuentran equipos que manejan baños líquidos con sales especiales, que por su constitución solo pueden manejar temperaturas de 40°C hacia arriba, lo cual traería como dificultad el poder manejar temperaturas inferiores.

Otros equipos manejan un baño fluidizado que desde el punto de vista microscópico la fase sólida se comporta como líquido, la cual trae consigo un intercambio de calor debido a la corriente ascendente de fluido (líquido y, o gas). El inconveniente que presenta estos equipos es que solo pueden generar temperaturas superiores a 50°C , lo cual generaría dificultades en los

casos en donde se necesite de temperaturas inferiores para la calibración y verificación de sensores.

Por último se encuentran los equipos de baño seco, que al igual que su definición no requieren de la utilización de líquidos térmicos ni del cambio secuencial del mismo, ya que su sistema de funcionamiento se basa en el uso de celdas Peltier. Las celdas Peltier generan un diferencial de temperatura cuando se aplica un voltaje en la superficie de dos metales diferentes o semiconductores, los cuales se encuentran conectados entre sí por medio de soldaduras o juntas de Peltier; al presentarse un flujo de corriente entre los dos metales se genera una diferencia de temperatura entre las placas, debido a que una de las placas le transfiere su calor a la otra, dando como resultado un enfriamiento de unas de las placas y calentamiento de la otra. A este fenómeno se le conoce como efecto Peltier, el cual posee un comportamiento inverso al efecto Seebeck, pero de igual forma se encuentran relacionados por el mismo principio químico, que consiste en el flujo de electrones de una región de alta densidad a una de baja densidad.

Esta interacción térmica entre metales, le permite al Bloque seco obtener temperaturas desde los -25°C hasta los 1200°C , con la ventaja de que para realizar las pruebas de calibración y verificación de sensores solo se requiere de la alimentación eléctrica (~ 120 VAC), lo que facilita en gran medida la utilización de un horno de baño seco. Por tal motivo se vio la necesidad de implementar en el laboratorio de temperatura un horno de baño seco que cumpliera con ciertas características de medición, las cuales estuvieron presentes en el horno FLUKE 9142; este equipo cuenta con los rangos de temperaturas requeridos para realizar las prácticas de laboratorio, de igual forma presenta un buen control en cuanto al manejo y seguridad del operante. [30]

2.2.2. Selección de Sensores.

Para realizar la selección de sensores de temperatura, inicialmente se tienen que conocer tanto las características, como las funciones del horno de baño seco que se piensa manejar; en este caso se utilizará el horno de bloque metálico referenciado como FLUKE 9142, el cual cuenta con las funciones de calibración o verificación de termopares, comprobación de interruptores termostáticos, calibración de RTD (detector de resistencia resistiva), y la verificación de termómetros industriales; lo cual da a entender que el horno

solo puede manejar sensores de variación resistiva, termocuplas, termómetro industriales y termostatos. Para implementar los sensores en el bloque seco, se requiere de ciertos ajustes en cuanto a su constitución física, ya que a partir de ellas se puede lograr un mejor funcionamiento de los sensores en el momento de ser introducidos en el horno.

Para la realización de las prácticas de laboratorio de temperatura, se requiere que la sonda de los sensores tenga un tamaño mínimo de 25 centímetros de largo, con el fin de proporcionar un buen funcionamiento del sensor a la hora de ejecutar la prueba; de igual forma para poder manejar los sensores resistivos, de tensión y de interrupción térmica, se hace necesario manejar un cable de información con una longitud de 1 metro de largo, para poder así proporcionar una mejor conexión con el dispositivo de medida, ya sea de tensión, de resistencia o cierre y apertura de interruptores. [31]

Como los insertos a utilizar, presentan orificios con diferentes diámetros, es necesario adecuar los sensores con un calibre distinto, con el fin de realizar pruebas de medida con sondas de diferentes calibres y a su vez analizar el comportamiento térmico de los mismos. En la siguiente tabla se encuentran definidos los tipos de sensores a manejar con sus respectivas características.

SENSOR	SALIDA DE INFORMACIÓN	TIPO DE CABLE	CALIBRE
RTD	Resistiva 100(Ω)	2 Hilos	3/16"
RTD	Resistiva 100(Ω)	2 Hilos	1/4"
RTD	Resistiva 100(Ω)	2 Hilos	3/8"
RTD	Resistiva 100(Ω)	3 Hilos	3/16"
RTD	Resistiva 100(Ω)	3 Hilos	1/4"
RTD	Resistiva 100(Ω)	3 Hilos	3/8"
RTD	Resistiva 100(Ω)	4 Hilos	3/16"
RTD	Resistiva 100(Ω)	4 Hilos	1/4"
RTD	Resistiva 100(Ω)	4 Hilos	3/8"
RTD	Resistiva 100(Ω)	3 Hilos	3mm
RTD	Resistiva 100(Ω)	3 Hilos	3mm
RTD	Resistiva 100(Ω)	3 Hilos	6mm
RTD	Resistiva 100(Ω)	3 Hilos	8mm
RTD	Resistiva 100(Ω)	3 Hilos	10mm
Termocupla	Tensión (tipo J)	3 Hilos	1/4"
Termocupla	Tensión (tipo K)	3 Hilos	1/4"
Termocupla	Tensión (tipo E)	3 Hilos	1/4"

Tabla 6. Sensores.

2.2.3. Cámara Termográfica.

Todo proceso industrial que maneje la variable temperatura requiere de dos formas de obtener una medición; una es por el método de contacto directo y la otra por no contacto. La utilización del método de contacto directo no siempre se aplica para todas las mediciones de temperatura, debido a que en ciertas situaciones de proceso y manejo de equipos ya sea eléctricos o mecánicos, se requiere de mediciones por el método del no contacto, lo cual ha generado una necesidad en implementar dentro del banco de temperatura un equipo que permita realizar este tipo mediciones.

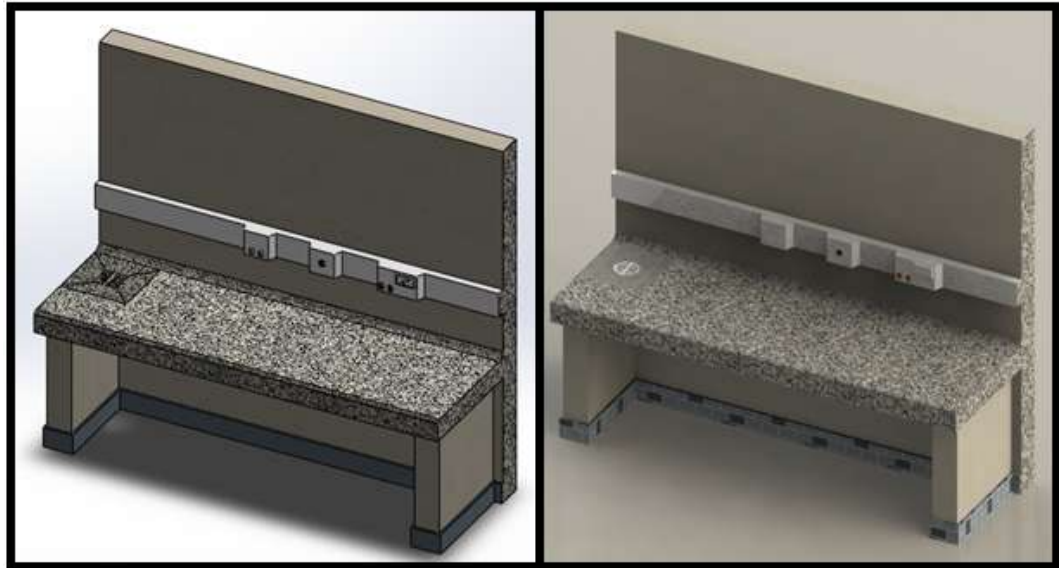
El equipo seleccionado para realizar este tipos de mediciones es la cámara termográfica FLUKE Ti10, la cual cuenta con todas las condiciones y características de medición de temperatura, debido a que internamente cuenta con dos tipos de cámaras, una para la captación de imágenes de luz visible y otra para imágenes infrarrojas. La combinación de información de las dos cámaras, permiten obtener la temperatura exacta del objeto sin necesidad de estar en contacto físico con el mismo; de esta manera se pueden realizar mantenimientos preventivos y predictivos de maquinaria industrial, detección de gases y la resolución de problemas presentados en instalaciones y equipos debido a pérdidas o desgaste de los mismo. Por consiguiente, es de gran importancia manejar este tipo de equipos en el laboratorio de temperatura ya que permitiría realizar análisis de medidas a objetos ubicados a distancia del operante. [36]

2.3. DISEÑO DEL BANCO DE TRABAJO.

Para el diseño del banco de trabajo se va a utilizar el Software Solidworks que es un programa de diseño asistido por computadora para modelado mecánico, desarrollado en la actualidad por SolidWorks Corp., una subsidiaria de Dassault Systemes (Suresnes, Francia), para el sistema operativo Microsoft Windows. Es un modelador de sólidos paramétrico. El programa permite modelar piezas y conjuntos y extraer de ellos tanto planos como otro tipo de información necesaria para la producción. Es un programa que funciona con base en las nuevas técnicas de modelado con sistemas CAD. El proceso consiste en traspasar la idea mental del diseñador al sistema CAD, "construyendo virtualmente" la pieza o conjunto. Posteriormente todas las extracciones (planos y ficheros de intercambio) se realizan de manera bastante automatizada. [37]

- **Banco de Trabajo.**

El primer diseño realizado fue el del banco del laboratorio en el cual se va a realizar la medición de temperatura y va a ser la base fundamental del trabajo de diseño pues sobre este banco se distribuirán cada uno de los elementos utilizados para realizar los ensayos.



Gráfica 47. Banco de trabajo en SolidWorks. Diseño básico y Renderizado. ⁵¹

- **Medición de Temperatura por Contacto.**

Luego de tener el banco sobre el cual se va a trabajar ya diseñado en el software se realizó el diseño de cada uno de los instrumentos y sensores que van a formar parte del módulo de temperatura, entre estos instrumentos está el baño líquido que trabaja con agua y tiene una resistencia de calentamiento a 110Vac, cuatro termopozos y una válvula de desagüe, este baño permite la medición de temperatura de cuatro sensores al tiempo. La desventaja de este baño es que los termopozos no son equidistantes con la resistencia de calentamiento, lo cual no garantiza una temperatura homogénea y de las mismas características para los sensores de temperatura que se encuentran en cada termopozo.

⁵¹ Imagen del autor.



Gráfica 48. Baño Líquido en SolidWorks. Diseño básico y Renderizado.⁵²

El equipo de calibración principal que se tiene para el banco de temperatura es el horno de metrología, base fundamental de este proyecto, será utilizado para realizar la comparación de los diferentes sensores que se van a trabajar. Además será utilizado para desarrollar prácticas de laboratorio.



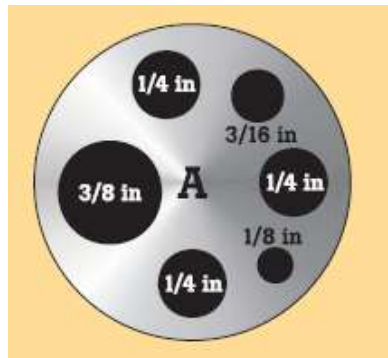
Gráfica 49. Horno de metrología en SolidWorks. Diseño básico y Renderizado.⁵³

⁵² Imagen del autor.

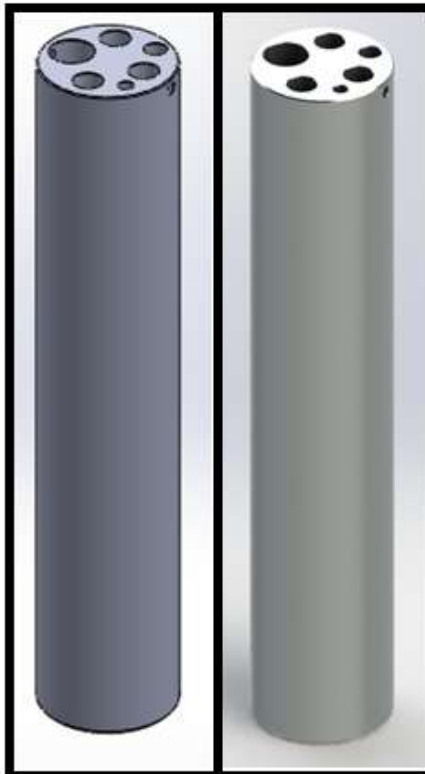
⁵³ Imagen del autor.

Para poder trabajar con el horno de metrología un elemento indispensable son los insertos, los cuales son elementos que se inserta en el horno de metrología para que en él se ingresen sensores de temperatura, se trabajaron tres tipos de insertos.

- Inserto tipo A:



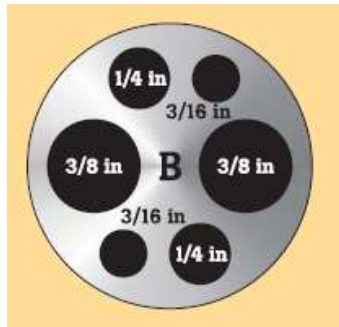
Gráfica 50. Dimensiones inserto tipo A.⁵⁴



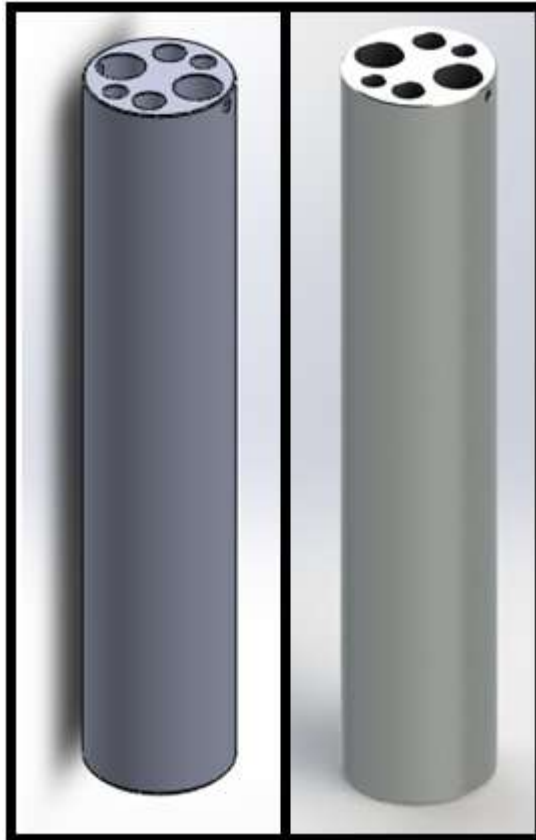
Gráfica 51. Inserto tipo A. en SolidWorks. Diseño básico y Renderizado.⁵⁵

⁵⁴Field Metrology Wells. Fluke Hart Scientific.

- Inserto tipo B:



Gráfica 52. Dimensiones inserto tipo B.⁵⁶



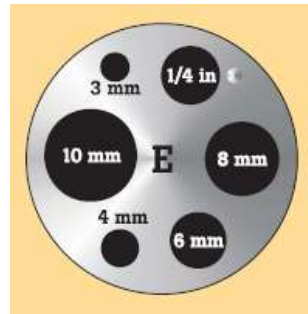
Gráfica 53. Inserto tipo B en SolidWorks. Diseño básico y Renderizado.⁵⁷

⁵⁵Imagen del autor.

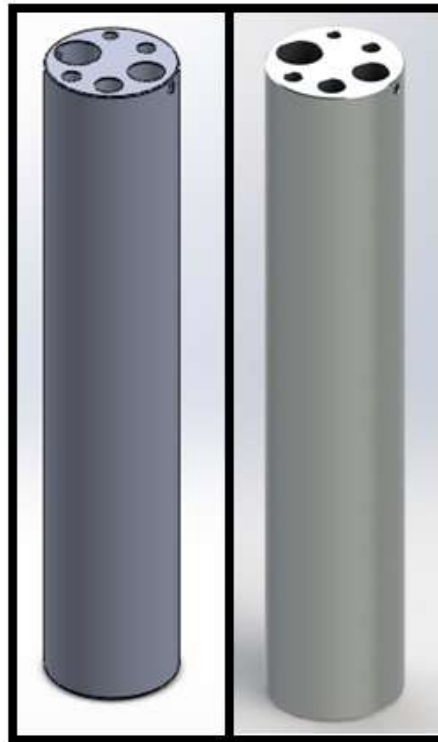
⁵⁶Field Metrology Wells.Fluke Hart Scientific.

⁵⁷Imagen del autor.

- Inserto tipo E:



Gráfica 54. Dimensiones inserto tipo E.⁵⁸

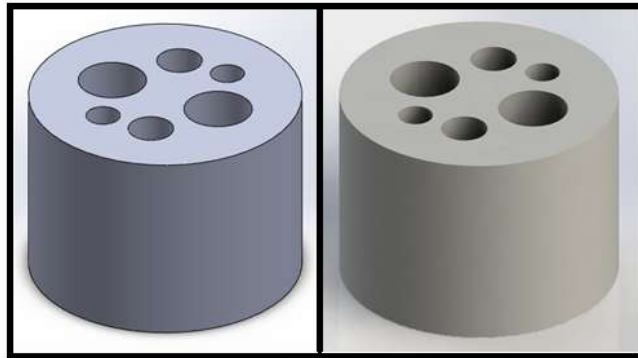


Gráfica 55. Inserto tipo E en SolidWorks. Diseño básico y Renderizado.⁵⁹

El protector del inserto es un elemento que se pone en el horno para proteger el inserto y a su vez evitar que los sensores o el cable de los mismos hagan contacto con la carcasa del horno y se produzca un corto circuito.

⁵⁸Field Metrology Wells.Fluke Hart Scientific.

⁵⁹ Imagen del autor.



Gráfica 56. Protector del inserto en SolidWorks. Diseño básico y Renderizado. ⁶⁰

La base universal será utilizada para darle orden al banco de trabajo, con las pinzas se sostendrán los cables y en la prueba de homogeneidad axial se sostendrá el sensor que debe estar ubicado en la mitad del inserto.



Gráfica 57. Base Universal en SolidWorks. Diseño básico y Renderizado. ⁶¹

⁶⁰ Imagen del autor.

⁶¹ Imagen del autor.

- **Medición de Temperatura por Contacto.**

El pirómetro óptico es un dispositivo que será utilizado para medir la temperatura y comparar estos datos con los que se obtengan con los sensores y la mostrada en el display del horno y de esta manera realizar comparaciones de los diferentes datos tomados.



Gráfica 58. Pirómetro óptico en SolidWorks. Diseño básico y Renderizado.⁶²

La cámara termográfica se implementará en el desarrollo de una guía de laboratorio de termografía, en la cual se podrán estudiar conceptos de termografía como lo es capacitancia térmica, emisividad, reflexividad y transmisividad de radiación infrarroja.

⁶² Imagen del autor.



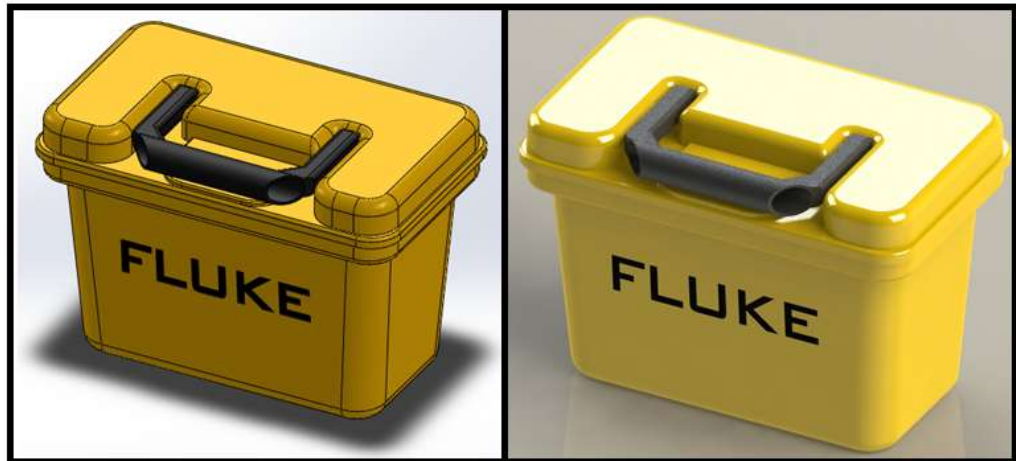
Gráfica 59. Cámara termográfica en SolidWorks. Diseño básico y Renderizado. ⁶³

2.4. ZONA DE ALMACENAMIENTO.

Es necesario contar con una zona donde se puedan almacenar los instrumentos y sensores que conforman el banco de temperatura, para ello se diseñó un estante donde todos los elementos estarán guardados de forma segura para evitar daños.

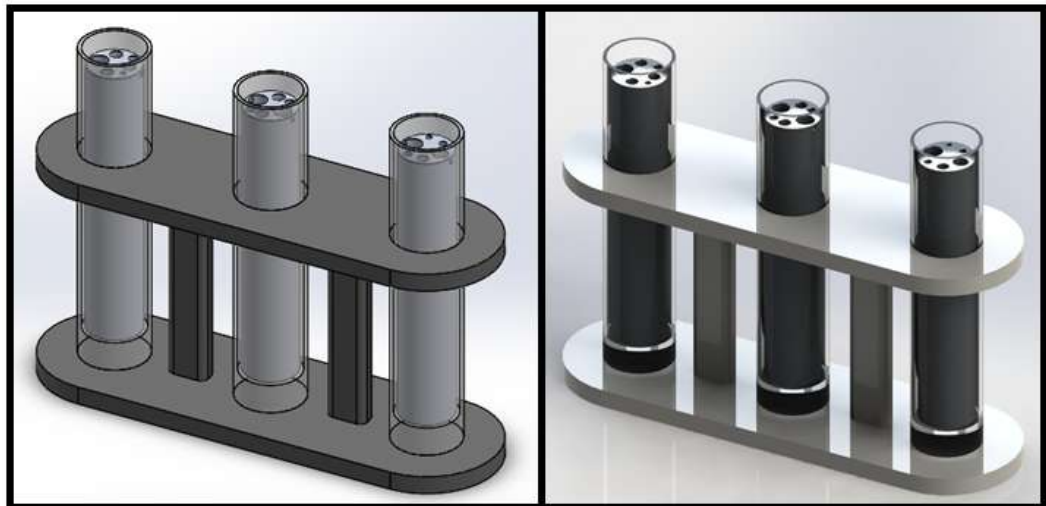
La cámara termográfica será guardada en la caja que trae de fábrica pues a este dispositivo toca tenerle gran cuidado especialmente al lente el cual no debe tocarse y debe evitar que le caiga polvo o algún material que lo afecte.

⁶³ Imagen del autor.



Gráfica 60. Caja camaratermografica.⁶⁴

Los insertos deben estar aislados del polvo y otros factores ambientales por ello se diseñó un elemento especial para su almacenamiento.



Gráfica 61. Almacenamiento de los insertos.⁶⁵

Para los sensores tales como las termocuplas y las RTD se diseñó una zona donde el sensor se ubica verticalmente y el cable va a estar ubicado de la misma forma sin que sea sometido a dobleces o torceduras para evitar quiebres en dicho cable ya que es muy delicado.

⁶⁴ Imagen del autor.

⁶⁵ Imagen del autor.



Gráfica 62. Estante de almacenamiento⁶⁶.

2.5. SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS.

2.5.1. Sistema Integrado del laboratorio.

El sistema de adquisición de datos del laboratorio de instrumentación será un sistema integrado que reúna todas las variables que conforman el laboratorio, para ello se contará con un módulo de la National Instruments, el cual constará de las siguientes partes:

- **NI 9203:** El NI 9203 es un módulo de adquisición de datos de la Serie C que incluye ocho canales de entrada de corriente analógica para aplicaciones de alto rendimiento de control y monitoreo. Tiene rangos de entrada programable de ± 20 mA o 0 a 20 mA, resolución de 16 bits y una velocidad de muestro máxima de 200 kS/s. Para protegerse contra

⁶⁶ Imagen del autor.

señales transitorias, el NI 9203 incluye doble barrera de aislamiento (250 Vrms) de canal a tierra para seguridad e inmunidad a ruido. [38]



Gráfica 63. NI 9203.⁶⁷

- **NI cDAQ-9174:** El NI cDAQ-9174 es un chasis NI CompactDAQ USB de 4 ranuras diseñado para sistemas pequeños y portátiles de pruebas de medidas mixtas. Combine el cDAQ-9174 con hasta cuatro módulos de entradas y salidas de la Serie C para un sistema de medidas personalizado de entrada analógica, salida analógica, E/S digital y contadores/temporizadores.

Los módulos están disponibles para una variedad de medidas de sensores incluyendo termopares, RTDs, galgas extensiométricas, transductores de presión y carga, celdas de torsión, acelerómetros, medidores de flujo y micrófonos. Los sistemas NI CompactDAQ combinan medidas de sensores con señales de voltaje, corriente y digital para crear sistemas personalizados de señal mixta con un solo cable USB al ordenador.

El cDAQ-9174 tiene cuatro contadores/temporizadores integrados de 32 bits de uso general. Usted puede tener acceso a estos contadores a través de un módulo digital de la Serie C instalado y temporizado por hardware como el NI 9401 o NI 9402 para aplicaciones que involucran

⁶⁷ Imagen tomada de:

http://sine.ni.com/nips/cds/pages/image?imagepath=/images/products/us/crio9203_1.jpg&title=NI%209203&oracleLang=esa

codificadores de cuadratura, PWM, conteo eventos, generación de series de pulso y medidas de periodo o de frecuencia. [41]



Gráfica 64. NI cDAQ-9174.⁶⁸

- **NI USB-TC01:** El dispositivo de medidas de termopares NI USB-TC01 ofrece tecnología NI InstantDAQ, permite realizar al instante medidas de temperatura con su PC. Solamente conectar e integrar el software para visualizar y registrar datos automáticamente. No es necesaria la instalación de un controlador. Permite conectarse a cualquier puerto USB para usar su PC como pantalla y monitorear datos en tiempo real. El USB-TC01, el cual es compatible con termopares J, K, R, S, T, N y B, utiliza un mini-plug estándar para fácil conexión de termopares. [41]



Gráfica 65. NI USB-TC01.⁶⁹

⁶⁸ Imagen tomada de:

http://sine.ni.com/gallery/app/ui/page?nodeId=210887&mTitle=Dispositivo%20de%20Medidas%20de%20Termopares%20NI%20USB-TC01&mGallery=set_usb-tc01
http://sine.ni.com/gallery/app/ui/page?nodeId=207535&mTitle=NI%20cDAQ-9174&mGallery=set_cdaq-9174

⁶⁹ Imagen tomada de:

- **Sistema NI Compact DAQ de Adquisición de Datos Inalámbrica:** Para muchas aplicaciones, usar un sistema cableado de adquisición de datos es imposible y poco práctico. Cuando se combina con un cliente inalámbrico, los dispositivos Ethernet como el chasis NI cDAQ-9184 y NI cDAQ-9188 puede escribir formas de onda de alta velocidad directamente en su PC. Por el gran número de puntos de acceso inalámbrico disponibles, con limitantes en precio y rendimiento, NI recomienda el punto de acceso Moxa AWK-3121 comprobado.

Ampliamente probado con hardware de NI, el Moxa AWK-3121 es ideal para usarse en aplicaciones exigentes de escritura. Un solo chasis NI CompactDAQ Ethernet puede medir hasta 256 canales de señales eléctricas, físicas, mecánicas o acústicas. Al combinar más de 50 módulos de E/S de la Serie C, específicos de sensores con la tecnología patentada NI SignalStreaming, la plataforma NI CompactDAQ ofrece datos de alta velocidad y facilidad de uso en un sistema flexible de medidas mixtas. [42]

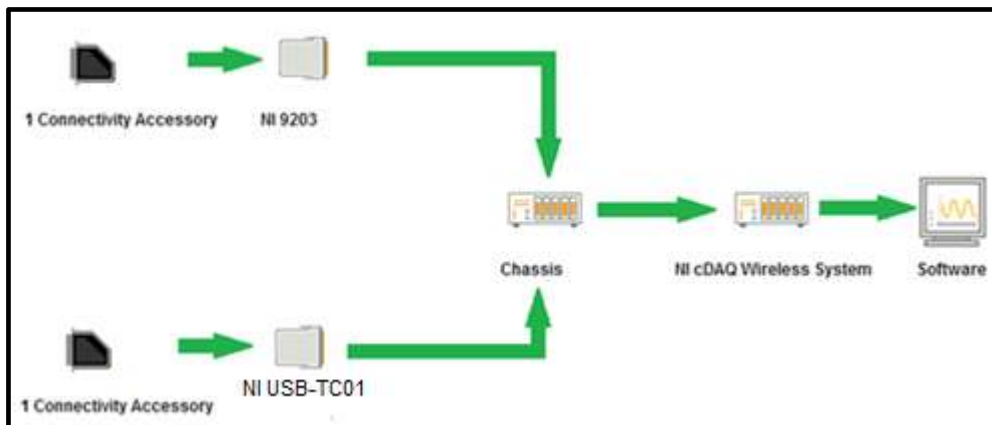


Gráfica 66. Sistema NI CompactDAQ de Adquisición de Datos Inalámbrica.⁷⁰

En la gráfica 67 muestra un esquema básico de las conexiones del sistema de adquisición de datos con los componentes mostrados anteriormente.

⁷⁰ Imagen tomada de:

http://sine.ni.com/nips/cds/pages/image?imagepath=/images/products/us/04251206_l.jpg&title=Sistema%20NI%20CompactDAQ%20de%20Adquisici%C3%B3n%20de%20Datos%20Inal%C3%A1mbrica&oracleLang=esa



Gráfica 67. Conexión sistema de adquisición de datos.⁷¹

2.5.2. Software del horno.

2.5.2.1. Instalación del software.

A continuación se muestra el procedimiento que se debe seguir para instalar el software Interface-it v3.81 que es el programa que trae el horno seco para adquirir sus datos y procesar la información. La comunicación entre el horno y el computador se hace por medio de cable serial RS-232, si el computador no tiene puerto serial es necesario utilizar un cable convertidor de serial a USB, para ello se debe instalar el programa para que el computador detecte dicho cable. Para ello se deben seguir los siguientes pasos:

- a. Inserte el CD que viene con el cable, y seleccione Install Driver.

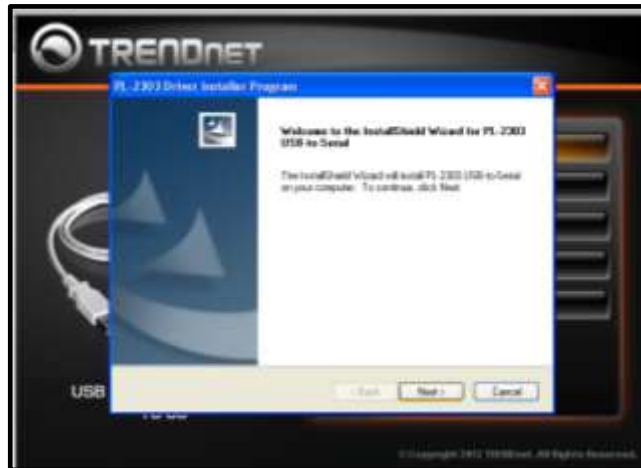


Gráfica 68. Menú del CD de instalación del cable convertidor.⁷²

⁷¹ Imagen del autor.

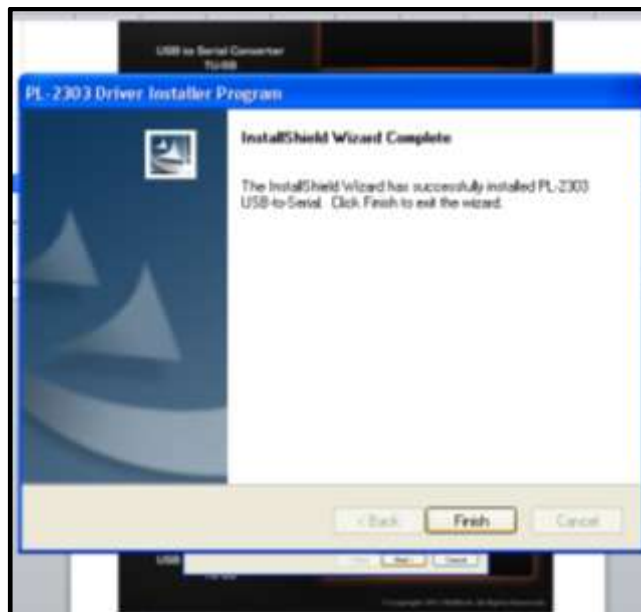
⁷² Imagen del autor.

- b. Luego de haber seleccionado Install Driver se abre una ventana en la cual se debe seleccionar Next e inmediatamente inicia la instalación.



Gráfica 69. Proceso de instalación del cable convertidor.⁷³

- c. Luego de que finalice la instalación del programa se debe escoger finish y reiniciar el equipo.

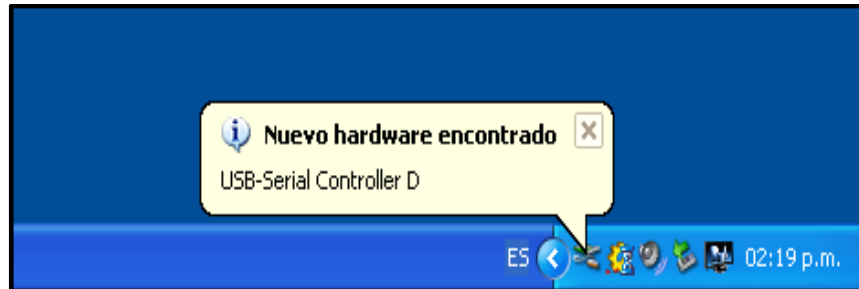


Gráfica 70. Proceso de instalación del cable convertidor.⁷⁴

⁷³ Imagen del autor.

⁷⁴ Imagen del autor.

- d. Posteriormente de que el equipo se reinicie se procede a conectar el cable USB en unos de los puertos del equipo y el otro extremo del cable debe conectarse al puerto serial RS-232 del horno de metrología el cual debe estar encendido para que el equipo reconozca el horno.



Gráfica 71. Confirmación de reconocimiento del cable convertidor.⁷⁵

Habiendo instalado el programa del cable convertidor se procede a instalar el programa del horno de metrología, para ello el procedimiento es el siguiente:

- a. Inserte el CD, ejecútelo y seleccione Interface-it.



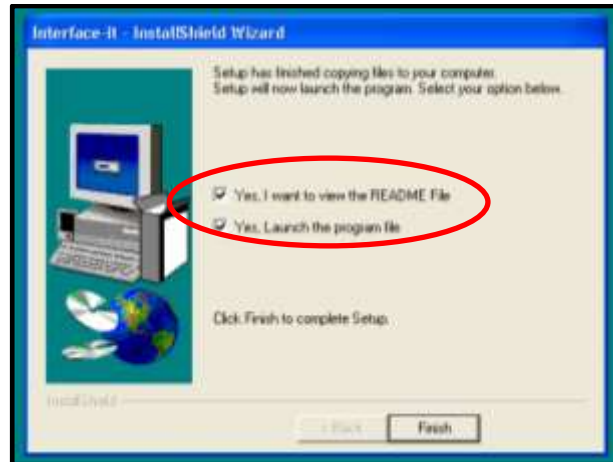
Gráfica 72. Interface FLUKE Calibration Software.⁷⁶

- b. En las siguientes 4 ventanas elija Next para iniciar la instalación del programa.

⁷⁵ Imagen del autor.

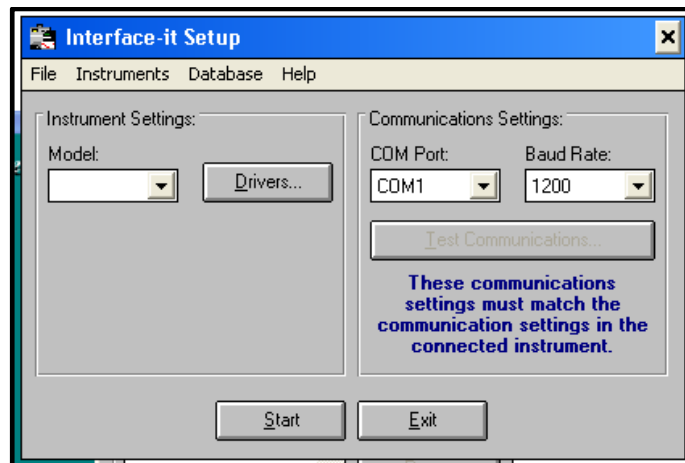
⁷⁶ Imagen del autor.

- c. Al finalizar la instalación escoja las dos casillas que se muestran en la siguiente figura para que el programa se ejecute automáticamente y se ejecute el README del programa y luego dar click en Finish.



Gráfica 73. Como finalizar instalación de Interface-it.⁷⁷

- d. Para lograr que el programa reconozca el equipo es necesario instalar el driver del horno que se va a utilizar, para ello se debe dar clic sobre el botón Drivers.



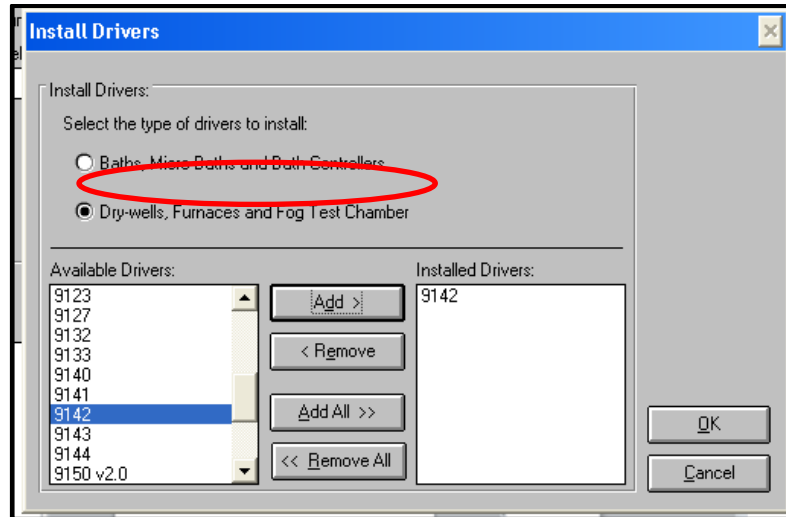
Gráfica 74. Interface-itSetup.⁷⁸

- e. Se despliega la ventana que se muestra a continuación, en la cual se debe seleccionar las opciones mostradas en la siguiente figura que

⁷⁷ Imagen del autor.

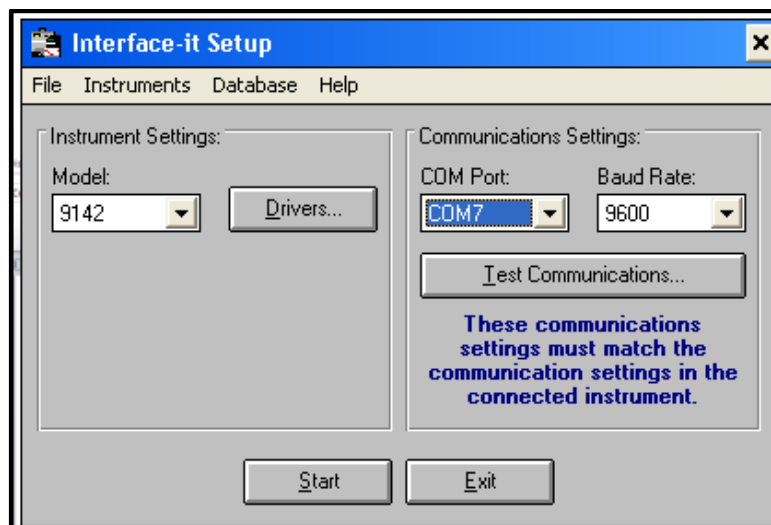
⁷⁸ Imagen del autor.

corresponden al tipo de horno y al modelo del mismo, el modelo del horno debe añadirse con el botón Add y luego dar clic en el botón Ok, para que realice la instalación del driver.



Gráfica 75. Selección de drivers del horno.⁷⁹

- f. Luego instale el driver del horno se debe seleccionar el puerto al que está conectado el cable USB y se debe seleccionar la tasa de baudios con la que se va a realizar la comunicación, por defecto el horno tiene establecida una tasa de baudios de 9600.

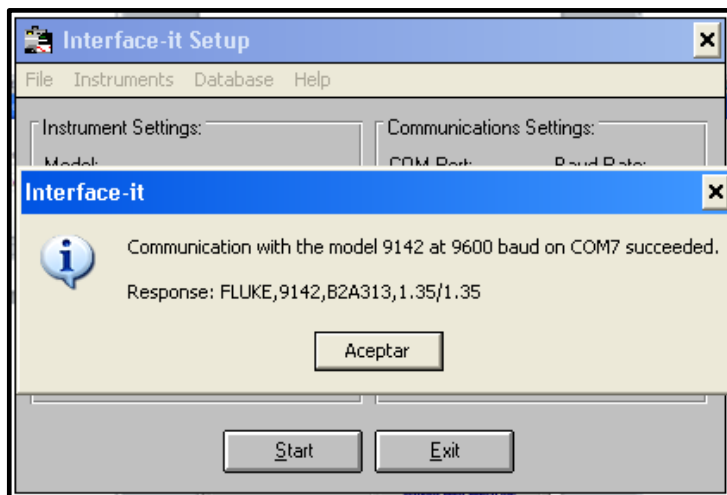


Gráfica 76. Ajustes para realizar la comunicación.⁸⁰

⁷⁹ Imagen del autor.

⁸⁰ Imagen del autor.

- g. Se comprueba que la comunicación entre el horno y el computador se a establecido al hacer clic sobre el botón Test Communications. Y debe aparecer lo que muestra la siguiente imagen.



Gráfica 77. Comunicación establecida.⁸¹

- h. Luego se debe seleccionar el botón Start para iniciar la comunicación y después de establecida la comunicación se abre el software cuya interface.

2.5.2.2. Interface.

En la interface se encuentra un display que indica la temperatura a la cual se encuentra y el modelo del horno, además posee una barra de menú, un cuadro de información donde se muestran aspectos importantes del funcionamiento del horno, debajo del display se encuentra un rejilla donde se grafica el comportamiento de la temperatura y además cuenta con unos botones para seleccionar la escala de temperatura, otro para iniciar y pausar la recolección de datos y otro botón para cerrar el programa.

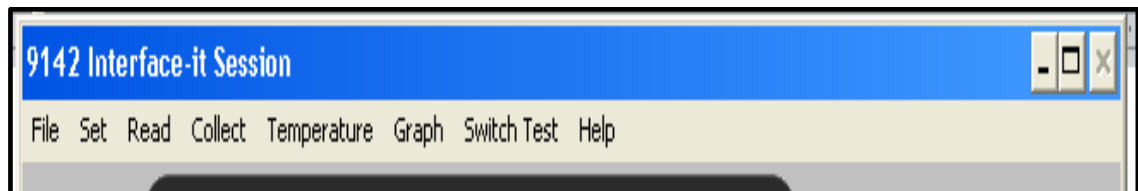
⁸¹ Imagen del autor.



Gráfica 78. Interface del software.⁸²

2.5.2.3. Uso del software.

La barra de menú se encuentra en la parte superior de la pantalla. La barra de menú muestra los menús disponibles, los siguientes menús son los que contiene esta barra: File, Set, Read, Collect, Temperature, Graph, Switch Test y Help. Para mostrar un menú, seleccione y haga clic en la barra de menús.



Gráfica 79. Barra de menú.⁸³

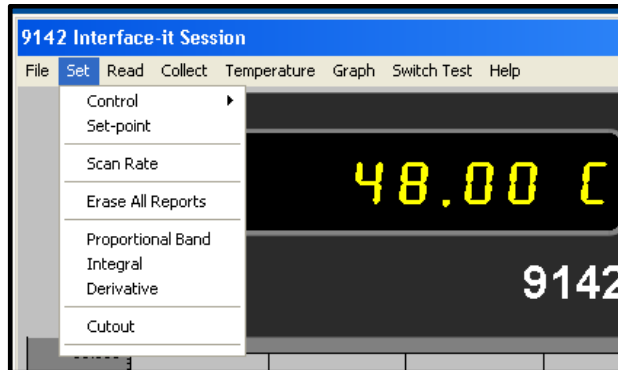
El menú SET es específico para cada instrumento y sólo muestra las funciones disponibles para cada instrumento. En este menú se encuentran submenús como lo es:

- Control: sirve para activar o desactivar el control del horno.
- Set-point: con el cual se puede cambiar el set-point del horno desde el programa.

⁸² Imagen del autor.

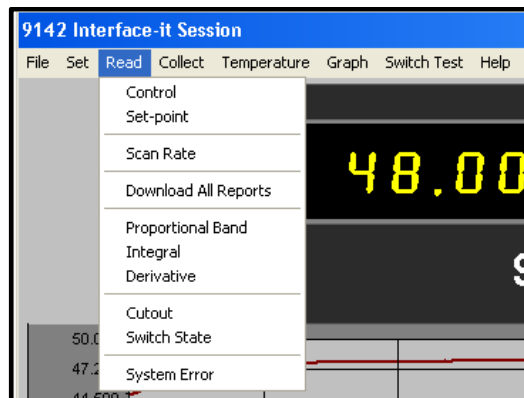
⁸³ Imagen del autor.

- ScanRate: sirve para cambiar la velocidad con la que le instrumento calienta o enfría.
- Erase AllReports: Borra todos los registros que posee el programa.
- Proportional Band: El horno posee un controlador PID, en este submenú se varía la contante Proporcional (P).
- Integral: El horno posee un controlador PID, en este submenú se varía la contante Integral (I).
- Derivative: El horno posee un controlador PID, en este submenú se varía la contante Derivativa (D).
- Cutout: Es una protección contra software o fallos de hardware, cortocircuitos o fallas del usuario.



Gráfica 80. Menú Set.⁸⁴

El menú Read sirve para leer el valor o el estado de los submenús que lo conforman, cada lectura es mostrada en el cuadro de información. En la siguiente figura se muestran los submenús que conforman este menú.

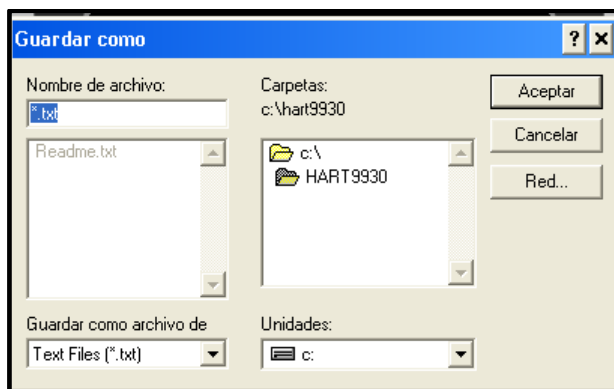


Gráfica 81. Menú Read.⁸⁵

⁸⁴ Imagen del autor.

El menú Collect consta de dos submenús:

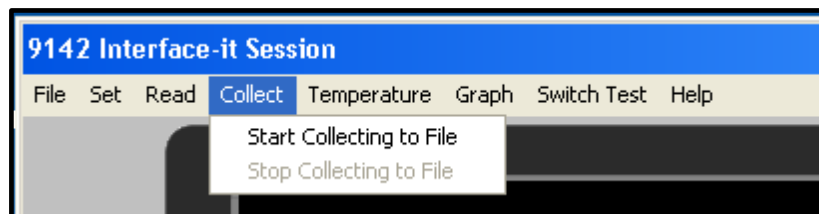
- Start Collecting to file: Esta función cumple la misma función que el botón que se encuentra en la interfaz que lleva el mismo nombre y recoge las lecturas de temperatura que se muestran en el instrumento en un archivo de texto. El usuario debe ingresar el nombre del archivo para almacenar los datos. Al seleccionar esta opción se despliega la siguiente ventana.



Gráfica 82. Ventana para guardar datos recolectados.⁸⁶

Para recopilar los datos, se debe introducir un nombre de archivo o seleccionar un nombre de archivo existente, la extensión del archivo debe ser .TXT. Se debe hacer clic en el botón OK para iniciar la recolección de datos.

- Stop Collecting to file: Esta función cumple la misma función que el botón que se encuentra en la interfaz que lleva el mismo nombre y detiene la recolección de las lecturas de temperatura.



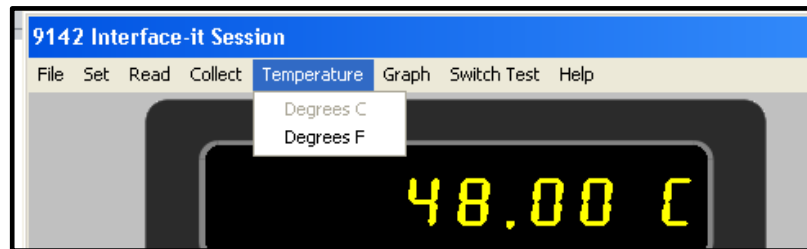
Gráfica 83. Menú Collect.⁸⁷

⁸⁵ Imagen del autor.

⁸⁶ Imagen del autor.

⁸⁷ Imagen del autor.

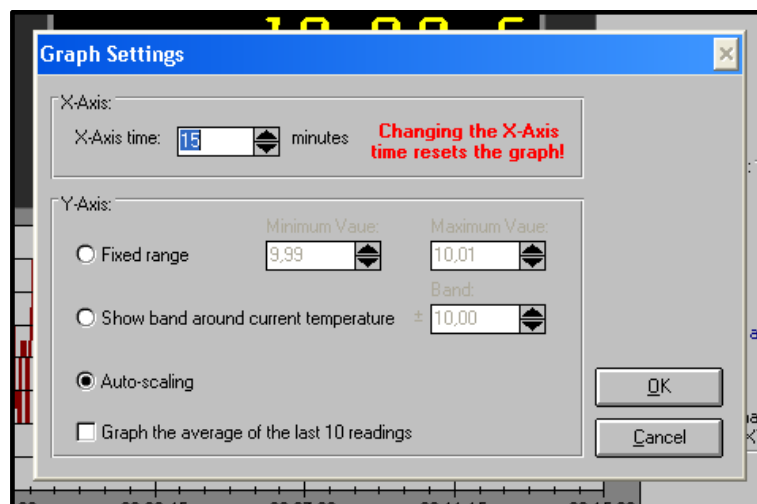
El menú Temperature consta de dos submenús en los cuales se puede cambiar las escala de temperatura entre celcius y fahrenheit.



Gráfica 84. Menú Temperature.⁸⁸

El menú Graph posee dos submenús:

- Graph Scale: despliega una ventana en la cual se puede configurar la rejilla de gráficos seleccionar los ajustes para el tiempo en el eje X que puede modificarse entre 1 y 480 minutos y en el eje Y la temperatura, la cual posee varios aspectos los cuales pueden ser modificados como el rango donde se puede elegir un valor mínimo y máximo de la gráfica, también puede elegir un ancho de banda el cual mantiene siempre centrada la gráfica dentro del ancho de banda o el auto escalado, esta opción cambia el tamaño del gráfico, según sea necesario para mantener todas las lecturas dentro del área de trazado visible de la gráfica.

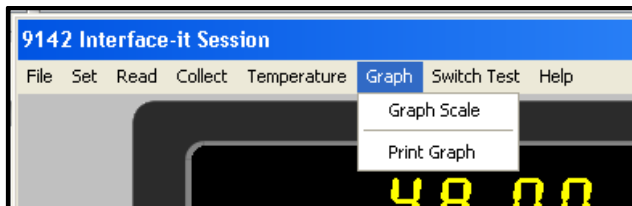


Gráfica 85. Ventana para configurar la rejilla de gráficas.⁸⁹

⁸⁸ Imagen del autor.

⁸⁹ Imagen del autor.

- Print Graph: Permite imprimir la gráfica de la variación de la temperatura.



Gráfica 86. Menú Graph.⁹⁰

⁹⁰ Imagen del autor.

3. PRÁCTICAS DE LABORATORIO.

3.1. MANUAL.

HORNO DE METROLOGÍA DE CAMPO Y LABORATORIO FLUKE 9142 MANUAL DE USUARIO

3.1.1. Introducción.

Son instrumentos que se pueden usar en campo o en el laboratorio, cuentan con un alto grado de precisión, facilidad de transporte y gran velocidad para todas las aplicaciones de calibración, además de su facilidad al momento de ser utilizados, mantienen estabilidad, uniformidad y precisión.

El dispositivo se puede conectar a una red eléctrica de 90VCA a 250VCA sin que el instrumento sufra ningún tipo de daño, pues posee un compensador de voltaje que permite estos voltajes de alimentación, además posee un compensador de temperatura que proporciona un amplio rango de funcionamiento.

En la pantalla LCD se visualizan parámetros de funcionamiento útiles, como la temperatura del bloque, el punto de referencia actual, la estabilidad del bloque, y el estado en que se encuentra ya sea de calentamiento o enfriamiento.

El instrumento proporciona calibración precisa y continua a sensores y dispositivos de temperatura. Antes de manipular el horno el usuario debe familiarizarse con las advertencias, las precauciones y los procedimientos de funcionamiento del calibrador según se describen en esta guía. [31]



Gráfica 87. Horno de metrología de campo y laboratorio.⁹¹

3.1.2. Advertencias Y Precauciones.

- Solo personal capacitado debe usar el equipo de calibración.
- Durante el funcionamiento de este equipo se trabaja con ALTO VOLTAJE, si no se toman las precauciones de seguridad el personal puede resultar con lesiones graves o la muerte.
- La clavija de alimentación del horno de metrología se debe enchufar directamente a un tomacorriente de 3 terminales con conexión a tierra adecuada.
- No use un cable de extensión o un enchufe adaptador.
- Si se produce una fluctuación en el suministro de la red eléctrica apague el instrumento inmediatamente y espere hasta que la alimentación se haya estabilizado.
- Siempre deje espacio suficiente para permitir la inserción y el retiro de las sondas en forma segura y rápida.
- Sigas todas las pautas de seguridad que se indican en la guía de usuario.
- Si no se ha activado el instrumento por mas de 10 días, se debe activar el instrumento en un período de "secado" de 2 horas, para que se

⁹¹División HartScientific de FlukeCorporation. Serie 914X: Horno de metrología de Campo manual de usuario. 2007.

pueda asumir que se que cumple con lo requisitos de seguridad (Norma IEC 1010-2).

- No use el instrumento si funciona anormalmente ya que puede afectar negativamente la protección (solicite que se realice mantenimiento al instrumento).
- Sólo opere el instrumento en posición vertical.
- No use el instrumento para ninguna otra aplicación distinta a la calibración de instrumentos de temperatura.
- No coloque el instrumento bajo un armario u otra estructura.
- Se requiere precaución al usar el instrumento a "Altas Temperaturas" por períodos prolongados.
- Siempre opere el instrumento a una temperatura ambiente de 5°C a 50°C.
- Si el indicador se encuentra siempre iluminado, el instrumento estará activo y la temperatura del bloque sera superior a 50°C.
- No apague el instrumento a temperaturas superiores a 50°C; seleccione un punto de referencia inferior hasta que el horno se enfríe, y posteriormente apáguelo.
- No toque la superficie de acceso al inserto del instrumento.
- Permita que circule suficiente aire dejando al menos 50 *cm* de espacio alrededor del instrumento.
- No use líquidos para limpiar el horno ya que pueden filtrarse y dañar los componentes electrónicos del instrumento.
- Nunca introduzca ningun material ajeno en el orificio del inserto.
- Al menos que calibre el instrumento, no cambie los valores de las constantes de calibración fijadas en fábrica.
- No opere el instrumento en un ambiente excesivamente húmedo, aceitoso, polvoriento o sucio.
- No opere el horno de metrología cerca de materiales inflamables, gas, vapor o polvo explosivo. [31]

3.1.3. Precauciones en Sondas e Insertos.

- Las sondas e insertos pueden estar calientes, por tanto sólo se podrán insertar o retirar del instrumento cuando la temperatura sea menor de 50°C.
- La sonda y el bloque metálico pueden expandirse a velocidades diferentes, por tanto la expansión de la sonda deberá realizarse dentro

del horno mientras el mismo se calienta; de lo contrario la sonda puede atascarse dentro del horno.

- No deje los insertos en el instrumento por períodos prolongados, ya que las altas temperaturas del horno pueden debilitar el material del mismo.
- Los insertos se deben retirar después de terminada la prueba y a su vez pulirse con una almohadilla (Scotch-Brite) o un paño de esmeril.
- Manipule siempre los dispositivos con cuidado y evite siempre que los mismos se caigan, golpeen, estiren o sobrecalienten.
- Asegure que el revestimiento o los insertos de las sondas no caigan al horno. [31]

3.1.4. Símbolos usados.

A continuación se muestran los símbolos con su respectivo significado que se emplearán en esta guía.














SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	Corriente alterna		Fusible
	Corriente alterna- Corriente continua		Conexión a tierra de protección
	Batería		Superficie caliente (peligro de quemadura)
	Cumple con las directrices de la Unión Europea		Lea la guía de usuario
	Corriente continua		Apagado
	Aislamiento doble		Encendido
	Descarga eléctrica		

Tabla 7. Símbolos usados en el manual. [31]

3.1.5. Piezas y controles.

3.1.5.1. Panel de Pantalla y Teclas.

En la gráfica 88 se muestra el panel de pantalla y teclas que tiene el módulo. Y a continuación se describe cada uno de sus componentes.



Gráfica 88. Panel de pantalla y teclas.⁹²

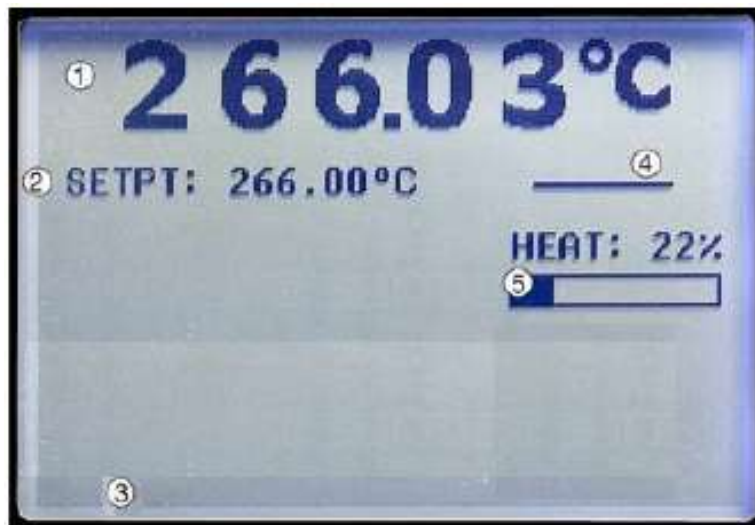
- ① **Pantalla:** Muestra la temperatura de control, las mediciones, la información de estado, los parámetros de funcionamiento y las funciones de las teclas de función actuales.
- ② **Teclas de flecha ▲▼◀▶:** Permiten mover el cursor en la pantalla, cambiar la disposición de la pantalla y ajustar el contraste lo cual puede ajustarse usando las teclas de flecha ▲ y ▼ mientras se ve la ventana de la pantalla principal.
- ③ **Tecla Enter:** Se utiliza para seleccionar menús y aceptar nuevos valores.
- ④ **SET PT.:** Habilita el instrumento para que caliente o enfríe en el punto de referencia que desee entre -25°C y 150°C , el instrumento solo funcionará cuando se active esta tecla de lo contrario estará en un estado de “inactividad” para seguridad del operador y del instrumento.
- ⑤ **Tecla °C/°F:** Cambia las unidades de temperatura de $^{\circ}\text{C}$ a $^{\circ}\text{F}$ y viceversa.

⁹²División HartScientific de FlukeCorporation. Serie 914X: Horno de metrología de Campo manual de usuario. 2007.

- ⑥ **Tecla Menú:** Con esta tecla se puede acceder a todos los menús y configuraciones, además pueden usar las teclas de función para acceder a submenús y funciones.
- ⑦ **Tecla Exit (salir):** Permite salir de menús y cancelar valores que se hayan ingresado recientemente.
- ⑧ **Teclas de función:** Son cuatro botones (de F1 a F4). Las funciones de las teclas se indican en la pantalla arriba de los botones.
- ⑨ **Conector del interruptor:** Los puertos conectores de retención del interruptor se encuentran en el costado izquierdo del panel de pantalla.
- ⑩ **Indicador de temperatura del bloque:** indica cuándo la temperatura del bloque es segura para retirar o mover el horno. La luz indicadora se enciende continuamente una vez que el bloque haya excedido los 50°C. Si el instrumento está desconectado de la red eléctrica la luz indicadora destella hasta que la temperatura del bloque sea inferior a 50°C. [31]

3.1.5.2. Pantalla.

En la gráfica 89 se muestra la pantalla. Y a continuación se describe cada uno de sus componentes.



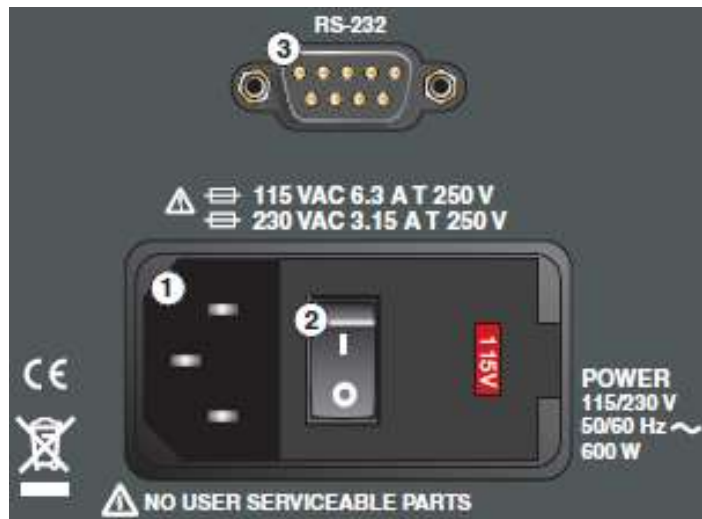
Gráfica 89. Pantalla.⁹³

⁹³División HartScientific de FlukeCorporation. Serie 914X: Horno de metrología de Campo manual de usuario. 2007.

- ① **Temperatura de la fuente de calor:** Muestra la medición de temperatura del bloque más reciente.
- ② **Temperatura del punto de referencia:** Muestra la temperatura del punto de referencia actual.
- ③ **Funciones de las teclas de función:** Los cuatro textos que aparecen en la parte inferior de la pantalla (no se muestran), indican las funciones de las teclas de función (F1 a F4). Estas funciones cambian con cada menú.
- ④ **Estado de estabilidad:** Es la gráfica que muestra el estado actual de la estabilidad del horno.
- ⑤ **Estado de calentamiento/enfriamiento:** Gráfica de barras que indica el estado del horno, sea HEATING (calentando), COOLING (enfriando) o CUTOFF (detención). [31]

3.1.5.3. Panel de alimentación.

En la gráfica 90 se muestra el panel de alimentación del módulo. Y a continuación se describe cada uno de sus componentes.



Gráfica 90. Panel de alimentación.⁹⁴

- ① **Enchufe del cable de alimentación:** Es un conector de chasis tipo C14 donde debe conectarse el cable de alimentación de CA con entrada de conexión tipo C13.

⁹⁴División HartScientific de FlukeCorporation. Serie 914X: Horno de metrología de Campo manual de usuario. 2007.

② **Interruptor de alimentación:** Es el interruptor encargado de encender y apagar el módulo.

③ **Conector serial:** El conector serial con interfaz (RS-232) para la transmisión de mediciones y control del funcionamiento del horno de metrología FLUKE 9142.

④ **Fusibles:** Esta unidad contiene fusibles internos que dependen de la alimentación a la que trabaje el horno. A 115VAC es de 6.3A y a 230VAC es de 3.15A. [31]

3.1.6. Operaciones básicas.

3.1.6.1. Pasos para encender el módulo.

- Conecte el cable de alimentación en el conector de chasis tipo C14, luego conecte el cable a la red eléctrica 120Vac 60Hz.
- Presione el interruptor de alimentación y espere 30 segundos mientras el módulo se inicializa y la pantalla LCD enciende, al encenderse en la pantalla se mostrará la temperatura interna del bloque dependiendo de la temperatura ambiente a la que este se encuentre. [31]

3.1.6.2. Configuración del idioma.

El horno de metrología puede trabajarse en ocho idiomas, inglés, japonés, chino, alemán, español, francés, ruso e italiano. En la gráfica 91 se muestran los pasos que se deben seguir para la selección del idioma.



Gráfica 91. Pasos para la selección del idioma.⁹⁵

El módulo tiene predefinido el idioma inglés, si se modificó el idioma y se desea restablecer el idioma predefinido se debe presionar F1 y F4 simultáneamente. [31]

⁹⁵División HartScientific de FlukeCorporation. Serie 914X: Horno de metrología de Campo manual de usuario. 2007.

3.1.6.3. Configuración del Set Point.

Permite habilitar el instrumento dentro del rango de temperatura de -25°C y 150°. Tiene la posibilidad de elegir y modificar los puntos de temperatura que posee el módulo por defecto.

Para elegir el SET POINT se debe seguir el siguiente procedimiento:

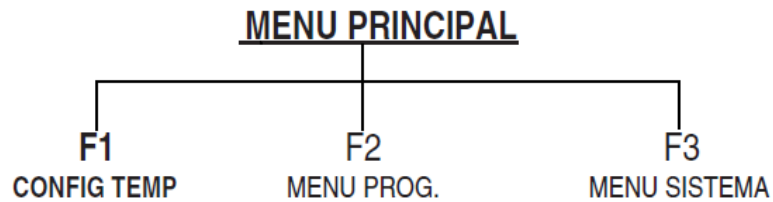
- Presione la tecla SET POINT.
- Ingrese a la función SELECC PUNTO presionando la tecla F1 y por medio de las teclas ◀▶ seleccione un valor de temperatura entre las 8 opciones que se muestran en pantalla.
- Una vez seleccionado el SET POINT presione la tecla ENTER dos veces para que el módulo empiece a calentar o enfriar para lograr llegar al valor de temperatura requerido.
- Para cambiar el valor de temperatura en cualquier número de referencia se debe ingresar a la función EDITAR PUNTO presionando la tecla F1, por medio de las flechas ▲▼ seleccione el valor deseado.

Para editar los puntos de temperatura es necesario seguir los siguientes pasos.

- Seleccione el punto a editar.
- Con las teclas de flecha ◀▶▲▼ cambie el valor de la temperatura y confirme su selección presionando la tecla ENTER.
- Terminada la edición oprima EXIT y escoja el SET POINT deseado.
- Presione ENTER dos veces para que el instrumento módulo empiece a calentar o enfriar para lograr llegar al valor de temperatura requerido.

3.1.7. Navegación por el menú.

La tecla MENÚ permite acceder al menú de parámetros y configuraciones del equipo, además tiene la posibilidad de editar y verificar sus funciones. En la gráfica 92 se muestra el menú principal y los submenús y las teclas con las que se accede a cada submenú.



Gráfica 92. Menú y sus submenús.⁹⁶

3.1.7.1. ConfigTemp.

Para acceder a este submenú presione la tecla F1, está constituido por dos submenús CONFIG y TEMP CORTE.

- i. **Config:** Se accede oprimiendo la tecla F1 y está constituido por tres submenús en los cuales se pueden modificar aspectos importantes en el funcionamiento del módulo.
 - **Vel Rampa:** Permite modificar la velocidad con la que el módulo aumenta o disminuye la temperatura. Esta velocidad está dada en grados por minuto. Para editar la velocidad que posee el instrumento por defecto se debe presionar la tecla ENTER y por medio de las flechas ◀▶ se selecciona el valor deseado y se confirma presionando nuevamente ENTER.
 - **Limite Estab:** Permite editar la estabilidad mínima definida durante un lapso de tiempo de dos minutos, antes que se active la alarma de estabilidad del horno. Para editar este parámetro presione ENTER y con las flechas ◀▶ se seleccione el valor deseado y se confirma con la tecla ENTER.
 - **AlarmEstab:** Habilita o deshabilita la alarma de estabilidad del horno. Para habilitar o deshabilitar esta función es necesario presionar la tecla ENTER y seleccionar la opción deseada y confirmar con la tecla ENTER.
- ii. **Temp Corte:** Presenta la posibilidad de editar y verificar los cortes de temperatura de seguridad del equipo, para acceder a esta función se debe presionar F2 y aparecerá en pantalla INTROD CLAVE con

⁹⁶División HartScientific de FlukeCorporation. Serie 914X: Horno de metrología de Campo manual de usuario. 2007.

las flechas ▲▼ ingrese 1234 que es la clave que viene por defecto y presione ENTER.

- **Corte t. Soft:** Visualiza el corte de seguridad del equipo el cual se puede ajustar presionando ENTER y modificando con las flechas ◀▶▲▼. Se confirma presionando ENTER.
- **Corte t. Hard:** Da a conocer el corte de seguridad fijado desde la fábrica.

3.1.7.2. Menú Prog: Se accede a este submenú presionando F2 y está constituido por: ABRIR PROG, RAMP/T. EST y SWITCH TEST.

- Abrir Prog:** Tiene la posibilidad de activar o elegir el tipo de prueba que se desea ejecutar ya sea en forma de RAMPA o SWITCH, para ingresar presione F1 y accederá a un submenú donde en se encontrarán las funciones: EST. DEL TEST y EMP. TEST.
 - **Est. Del test:** Permite apagar o ejecutar la prueba por medio de la acción de las teclas de flecha ◀▶, se confirma presionando ENTER.
 - **Emp. Test:** Permite seleccionar el tipo de prueba que se desea ejecutar ya sea en forma de RAMPA o SWITCH. Para seleccionar presione ENTER y con las flechas ◀▶ seleccione la prueba deseada y confirme presionando ENTER.
- Ramp/T.Est:** Permite seleccionar y editar los parámetros con los cuales se quiere realizar la prueba de temperatura en modo rampa. Para ingresar a la función presione F2 y aparecerá en pantalla INTROD CLAVE con las flechas ▲▼ ingrese 1234 que es la clave que viene por defecto y presione ENTER. En este submenú aparecerán las siguientes opciones: N° PUNTOS, T. ESTAB, N° CICLOS, DIRECCIÓN y TOLERANCIA.
 - **N° Puntos:** Tiene la posibilidad de seleccionar el número de puntos con los cuales se desea realizar la prueba. El instrumento posee 8 puntos para variar la temperatura en modo rampa. Para editar el valor de los 8 puntos que viene por defecto presione F1, con las flechas ◀▶ escoja el punto y confirme con ENTER, de

inmediato podrá ingresar el nuevo valor de temperatura que se desea, confirme con ENTER. Para elegir el número de puntos con los cuales se desea realizar la prueba elija el valor modificándolo con las flechas ◀▶▲▼ y confirme.

- **T. Estab:** Es el tiempo en minutos en el que el horno se mantendrá estable en los puntos designados. Para elegir el tiempo de estabilidad elija el valor modificándolo con las flechas ◀▶▲▼ y confirme.
 - **N° Ciclos:** Permite seleccionar el número de veces que el horno repite el programa en modo rampa, el rango oscila entre 1 y 999 ciclos, para editar el número de ciclos con los cuales se desea realizar la prueba elija el valor modificándolo con las flechas ◀▶▲▼ y confirme.
 - **Dirección:** Permite visualizar la dirección o comportamiento de los ciclos en modo rampa. Se habilita con las flechas ◀▶ (OFF → ON↵).
 - **Tolerancia:** Hace alusión al rango definido entre dos puntos, el de aprobación y no aprobación, para editar la tolerancia con la cual se desea realizar la prueba elija el valor modificándolo con las flechas ◀▶▲▼ y confirme.
- i. **Switch Test:** Realiza pruebas a los interruptores térmicos por medio de una variación de temperatura la cual origina la apertura o cierre del dispositivo, para ingresar a esta función presione F3 y a partir de las opciones que aparecen en METODO TEST, escoja la forma manual o automática, luego configure o edite la prueba en TEST AUTO o TEST MANUAL.
- ii. **Test Auto:** Efectúa la prueba de manera automática basándose en la temperatura nominal de contacto.
- **Temp. Contact:** Permite modificar la temperatura nominal del test automático si se conoce la temperatura nominal del interruptor térmico a utilizar. La prueba automática puede generar los ciclos requeridos para la conmutación por medio temperatura, para editar este valor elija el valor modificándolo con las flechas ◀▶▲▼ y confirme.

iii. **Test Manual:** Efectúa las pruebas basándose en parámetros establecidos previamente. A esta función se accede presionando F2.

- **Temp. Alta:** Rango de temperatura en el cual el interruptor térmico cambia de estado (caliente).
- **Temp. Baja:** Rango de temperatura en el cual el interruptor térmico cambia de estado (frío).
- **Temp. Aprox:** Controla la velocidad de acercamiento al punto de referencia de temperatura ya sea alta o baja.
- **N° Ciclos:** Permite seleccionar el número de veces en el que el instrumento repite el programa de test manual, el número de ciclos se puede variar entre 1 y 100.

3.1.7.3. **MenuSist:** Se accede a este submenú presionando F3 y está constituido por: PROG SISTEM, CLAVE, CALIB, INF. SISTEM.

i. **ProgSistem:** Se accede presionando F1.

- **ConfigPant:** Permite elegir el idioma, la relación decimal (punto o coma) y la activación o desactivación del sonido de los botones.
- **ConfigCom:** Permite escoger la velocidad en Baudios de la línea de funcionamiento del puerto serial RS-232, también se puede activar o desactivar la línea de alimentación.

ii. **Clave:** Permite editar la clave que posee el módulo de temperatura, la clave que tiene el módulo por defecto es 1234, si se desea modificar presione F2 ingrese la clave actual y escoja la nueva clave.

iii. **Calib:** Muestra la calibración del sensor de control del horno de metrología. Presenta los puntos y el gradiente de la temperatura evaluada. Para ingresar presione F3.

- **Puntos Cal:** Si se desea calibrar y editar los valores del sensor de control del horno presione F1, ingrese la clave 1234, elija el valor que desea evaluar y confirme.
- **Ctrol:** Si desea cambiar la temperatura de banda proporcional, de integración o de derivada presione F2, ingrese la clave 1234, elija el valor que desea evaluar y confirme.

- **InfoSistem:** Muestra la información del equipo como el modelo, serie, versión y fecha de calibración, se accede presionando F4.

3.2. GUÍAS.

3.2.1. Verificación de una RTD

3.2.1.1. Objetivo: Evaluar la operación, la Histéresis y la Repetibilidad (Precisión) de un sensor de temperatura tipo RTD Pt100 de 3 Hilos.

3.2.1.2. Procedimiento:

- Conocer, manipular e identificar las partes del horno de bloque metálico FLUKE 9142.



1. Pantalla LCD.
2. Teclas de flecha.
3. Teclas de función.
4. Indicador de temperatura.
5. Tecla Enter.
6. Tecla Set Point.
7. Interruptor.
8. Conexión cable de alimentación.
9. Conexión cable serial RS-232.

Gráfica 93. Partes del horno.⁹⁷

- Conecte y active mediante el interruptor el módulo de temperatura. Espere unos segundos mientras el instrumento se inicializa y visualiza su menú principal.

⁹⁷ Imagen del autor.

- c. Colóquese los guantes de látex y luego ingrese el inserto en el horno por medio de las pinzas, con su respectivo aislante. Luego introduzca la sonda RTDpt100 en el orificio del inserto que mejor se ajuste al diámetro del sensor.

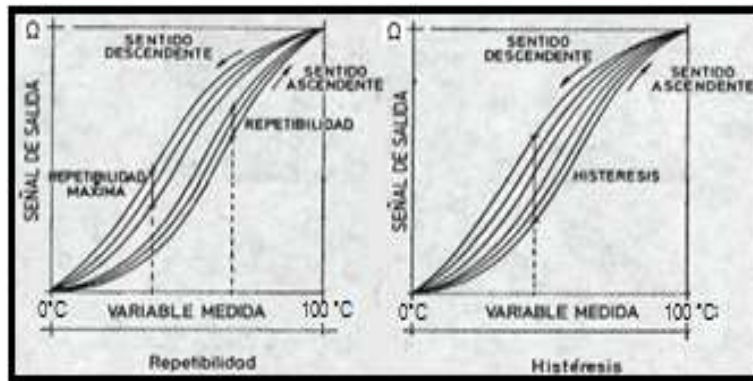


1. Aislante.
2. Inserto.
3. Pinzas.

Gráfica 94. Inserto, pinzas y protector.⁹⁸

- d. Con un óhmetro establezca la lectura de la señal de salida de la RTD Pt100.
- e. Registre el valor en grados que muestra la pantalla del horno y el valor en ohmios que suministra la RTD Pt100 con el medidor resistivo. Modifique el SET POINT del baño seco a 0°C. Para editar el SET POINT realice los siguientes pasos:
- Presione la tecla SET POINT (SET PT) y la tecla ENTER.
 - Por medio de las teclas flechas ▲▼◀▶ seleccione el valor deseado, y confirme la elección presionando 2 veces la tecla ENTER. Realice el mismo procedimiento para configurar la temperatura en los siguientes ciclos. El tiempo de estabilización de cada punto de temperatura es de aproximadamente 2 minutos, el cual debe darse antes de registrar los datos.
 - Una vez finalizada la práctica presione SET POINT (SET PT) y luego F4 para retornar a la temperatura ambiente.
- f. Construya dos (2) curvas de ascenso-descenso de la temperatura de la RTDpt100, registrando la **Temperatura (Temperatura display del horno) Vs Resistencia de la RTD Pt100 (Óhmetro)**, para el rango de 0°C a 100°C, cada 5°C (Ver Tabla 7).

⁹⁸ Imagen del autor.



Gráfica 95. Histéresis y Rpetibilidad.⁹⁹

3.2.1.3. Resultados:

- En una misma gráfica muestre las 2 curvas de ascenso-descenso, y a partir de estas determine la máxima histéresis y la máxima repetibilidad de la RTD Pt100.
- Describa las fuentes de error del experimento y su incidencia en los resultados.
- Teniendo en cuenta las fuentes de error del experimento, compare los datos obtenidos, con los registrados en la Tabla 9. ¿Está la RTD Pt100 en buen estado para prestar servicio? (¿Si? ¿No? ¿Depende?) ¿Porque?
- Conclusiones y Recomendaciones.

°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	<i>Resistencia en ohmios</i>									
0	100,000	100,391	100,781	101,172	101,562	101,952	102,343	102,733	103,123	103,512
10	103,902	104,292	104,681	105,070	105,460	105,894	106,238	106,627	107,015	107,404
20	107,793	108,181	108,569	108,957	109,345	109,733	110,121	110,509	110,897	111,284
30	111,671	112,059	112,446	112,833	113,220	113,607	113,993	114,380	114,766	115,153
40	115,539	115,925	116,311	116,697	117,083	117,468	117,854	118,239	118,624	119,010
50	119,395	119,780	120,164	120,549	120,934	121,318	121,702	122,087	122,471	122,855
60	123,239	123,623	124,006	124,390	124,773	125,157	125,540	125,923	126,306	126,689
70	127,071	127,454	127,837	128,219	128,601	128,983	129,365	129,747	130,129	130,511
80	130,893	131,275	131,656	132,037	132,418	132,809	133,180	133,560	133,941	134,321
90	134,702	135,082	135,463	135,843	136,223	136,602	136,982	137,362	137,741	138,121

Tabla 8. Valores de resistencia según la temperatura para Pt100.¹⁰⁰

⁹⁹ ANTONIO CREUS SOLE. *Instrumentación Industrial*. Sexta edición. Barcelona España, Alfaomega 1999.

¹⁰⁰ ANTONIO CREUS SOLE. *Instrumentación Industrial*. Sexta edición. Barcelona España, Alfaomega 1999.

Display del Horno	Curvas de ascenso-descenso	
Temperatura (°C)	Curva 1 (Ω)	Curva 2 (Ω)
0		
5		
10		
15		
20		
25		
30		
35		
40		
45		
50		
55		
60		
65		
70		
75		
80		
85		
90		
95		
99		
95		
90		
85		
80		
75		
70		
65		
60		
55		
50		
45		
40		
35		
30		
25		
20		
15		
10		
5		
0		

Tabla 9. Datos de la práctica.

3.2.2. Termocupla.

3.2.2.1. Objetivo: Evaluar la operación, la Histéresis y la Repetibilidad (Precisión) de un sensor de temperatura tipo termocupla tipo J.

3.2.2.2. Procedimiento:

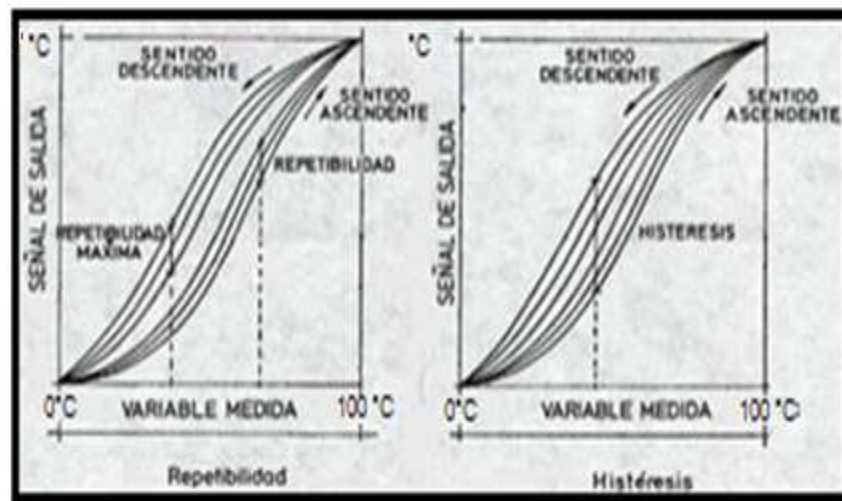
- a. Ya Conociendo y habiendo manipulado el horno de bloque metálico Fluke 9142 se procederá a realizar otra práctica con este aparato para la medición de temperatura.
- b. Conecte y active mediante el interruptor el módulo de temperatura. Espere unos segundos mientras el instrumento se inicializa y visualiza su menú principal.
- c. Colóquese los guantes de látex y luego ingrese el inserto en el horno por medio de las pinzas, con su respectivo aislante. Luego introduzca la termocupla tipo J en el orificio del inserto que mejor se ajuste al diámetro del sensor.
- d. Conecte los terminales de la termocupla al termómetro digital FLUKE 51-II que será el instrumento de medición de la temperatura que registra la termocupla.



Gráfica 96. Termómetro digital FLUKE 51-II.¹⁰¹

¹⁰¹ Imagen tomada de: http://www.myflukestore.com/crm_uploads/fluke_51ii_thermometer-250x350.jpg

- e. Registre el valor en grados que muestra la pantalla del horno y el valor temperatura que suministra la termocupla tipo J. Modifique el SET POINT del baño seco a 0°C. Para editar el SET POINT realice los pasos que siguieron en la guía 1.
- f. Construya dos (2) curvas de ascenso-descenso de la temperatura de la termocupl tipo J, registrando la **Temperatura (Temperatura display del horno) Vs Temperatura de la termocupla tipo J (Termómetro digital)**, para el rango de 0°C a 100°C, cada 5°C (Ver Tabla 1).



Gráfica 97. Histéresis y Repetibilidad.¹⁰²

(PTS 1968)

° C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	° C
	Milivoltios											
0	0,000	0,050	0,101	0,151	0,202	0,253	0,303	0,354	0,405	0,456	0,507	0
10	0,507	0,558	0,609	0,660	0,711	0,762	0,813	0,865	0,916	0,967	1,019	10
20	1,019	1,070	1,122	1,174	1,225	1,277	1,329	1,381	1,432	1,484	1,536	20
30	1,536	1,588	1,640	1,693	1,745	1,797	1,849	1,901	1,954	2,006	2,058	30
40	2,058	2,111	2,163	2,216	2,268	2,321	2,374	2,426	2,479	2,532	2,585	40
50	2,585	2,638	2,691	2,743	2,796	2,849	2,902	2,956	3,009	3,062	3,115	50
60	3,115	3,168	3,221	3,275	3,328	3,381	3,435	3,488	3,542	3,595	3,649	60
70	3,649	3,702	3,756	3,809	3,863	3,917	3,971	4,024	4,078	4,132	4,186	70
80	4,186	4,239	4,293	4,347	4,401	4,455	4,509	4,563	4,617	4,671	4,725	80
90	4,725	4,780	4,834	4,888	4,942	4,996	5,050	5,105	5,159	5,213	5,268	90
100	5,268	5,322	5,376	5,431	5,485	5,540	5,594	5,649	5,703	5,758	5,812	100
110	5,812	5,867	5,921	5,976	6,031	6,085	6,140	6,195	6,249	6,304	6,359	110
120	6,359	6,414	6,468	6,523	6,578	6,633	6,688	6,742	6,797	6,852	6,907	120

Tabla 10. Valores de milivoltios según la temperatura para una termocupla tipo J.¹⁰³

¹⁰² ANTONIO CREUS SOLE. *Instrumentación Industrial*. Sexta edición. Barcelona España, Alfaomega 1999.

¹⁰³ ANTONIO CREUS SOLE. *Instrumentación Industrial*. Sexta edición. Barcelona España, Alfaomega 1999.

3.2.2.3. Resultados:

- a. En una misma gráfica muestre las 2 curvas de ascenso-descenso, y a partir de estas determine la máxima histéresis y la máxima repetibilidad de la termocupla tipo J.
- b. Describa las fuentes de error del experimento y su incidencia en los resultados.
- c. Teniendo en cuenta las fuentes de error del experimento, compare los datos obtenidos, con los registrados en la Tabla 11. ¿Está la termocupla tipo J en buen estado para prestar servicio? (¿Sí? ¿No? ¿Depende?) ¿Porque?
- d. Conclusiones y Recomendaciones.

Display del Horno	Curva 1		Curva 2	
Temperatura (°C)	Temperatura (Ω)	Según ITPC 1968 (mV)	Temperatura (Ω)	Según ITPC 1968 (mV)
0				
5				
10				
15				
20				
25				
30				
35				
40				
45				
50				
55				
60				
65				
70				
75				
80				
85				
90				
95				
100				
95				
90				
85				
80				
75				
70				
65				
60				
55				
50				
45				
40				
35				
30				
25				
20				
15				
10				
5				
0				

Tabla 11. Datos de la práctica.

3.2.3. Pirómetro infrarrojo.

3.2.4.1 Objetivos.

- a. Conocer los principios de operación del pirómetro infrarrojo.
- b. Entender las principales propiedades que afectan la medición de temperatura con el pirómetro infrarrojo.

3.2.4.2. Procedimiento.

- a. Identifique las siguientes características del pirómetro infrarrojo a utilizar:



Gráfica 98. Pirómetro infrarrojo.¹⁰⁴

- Modelo o referencia del pirómetro.
 - Rango de temperatura del pirómetro
 - Precisión
- b. Revise el concepto de **Spot size**.
- c. Ubique una superficie de metal a la cual le va a medir la temperatura, y llene la tabla 11

¹⁰⁴ Imagen tomada de: http://img1.mlstatic.com/termometro-pirometro-infrarrojo-laser-50550-c-ratio121_MLA-O-118328992_3973.jpg

- d. Ubique una superficie de concreto a la cual le va a medir la temperatura, y llene la tabla 12.
- e. Ubique una superficie de vidrio a la cual le va a medir la temperatura, y llene la tabla 12.

Distancia (metros)	Superficie 1	Superficie 2	Superficie 3
0.2			
0.5			
1			
1.2			
1.5			
2			

Tabla 122. Datos de la práctica.

3.4.2.3. Resultados.

- a. Determine la diferencia en los datos tomados en la tabla 12 a medida que se aleja de la superficie donde está realizando la medición.
- b. Resolver las preguntas realizadas a lo largo de la experiencia.
- c. Conclusiones y recomendaciones.

3.2.4. Termografía

3.2.4.2 Objetivos.

- a. Conocer los principios de operación de la termografía infrarroja.
- b. Entender las principales propiedades que afectan la medición de temperatura con termografía infrarroja.

3.2.4.3. Procedimiento.

- a. Identifique las siguientes características de la cámara termográfica a utilizar:



Gráfica 99. Cámara termográfica.¹⁰⁵

- Modelo o referencia de la cámara
 - Rango de temperatura cámara
 - Rango espectral
 - Rango de emisividad
 - Precisión
- b. Revise los conceptos de **capacitancia térmica**, **emisividad**, **reflexividad** y **transmisividad de radiación infrarroja**.
- c. Ubique a un compañero frente a la cámara; de manera que su rostro sea visible en la pantalla de la cámara; enfoque la imagen hasta que ésta este clara y definida. Tome la medida de temperatura del conducto lacrimal de la persona (éste valor debe estar alrededor de los 35°C). Este procedimiento se emplea para verificar el buen funcionamiento del equipo.
- d. Pida al compañero que ubique una lámina de vidrio de manera que cubra una de sus manos. Tome una imagen y almacénela para que pueda analizarla posteriormente. ¿Qué observa? ¿A qué se debe? Repita el procedimiento utilizando una placa de aluminio y una lámina plástica.
- e. Ponga su mano sobre la mesa de trabajo, tome una imagen, deje su mano en el mismo lugar unos segundos, retire la mano y tome la imagen termográfica de la superficie, evalúe el tiempo necesario para que la imagen de su mano desaparezca totalmente. ¿Qué sucede? ¿A qué se debe este fenómeno? Explique.

¹⁰⁵ Imagen tomada de: <http://www.to-book.com/768-81-large/camara-termografica-tis-de-fluke-flk-tis-9-hz.jpg>

- f. Lleve las imágenes al computador (software SmartView - Fluke), y observe la temperatura de las zonas de interés en grados Celsius. Cambie el valor de la emisividad en el software y observe si se produce un cambio en la temperatura de dichas zonas. ¿A qué se debe esto?
- g. Para las diferentes imágenes, elabore el informe rápido que entrega el software. ¿Qué información considera usted que sería necesario incluir para obtener un informe adecuado?

3.4.2.4. Resultados.

- a. Generar informes entregados por el software SmartView para cada prueba.
- b. Resolver las preguntas realizadas a lo largo de la experiencia.
- c. Conclusiones y recomendaciones.

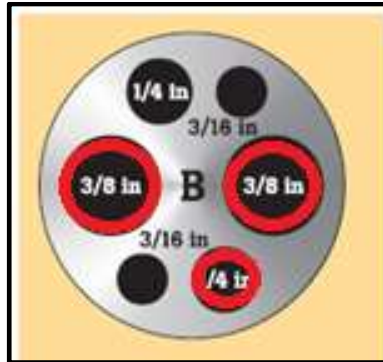
3.2.5. Pruebas isotérmicas de los insertos del horno de metrología.

3.2.5.1. Homogeneidad radial del horno de metrología.

La homogeneidad radial es la aptitud del bloque seco de distribuir uniformemente el calor generado alrededor de su inserto, y se halla comparando los valores obtenidos con los sensores con los mostrados en el display del horno.

- i. **Objetivo:** Evaluar la homogeneidad radial del horno de metrología utilizando sensores de temperatura tipo RTD Pt100 de 3 Hilos.
- ii. **Procedimiento:**
 - a. Ya Conociendo y habiendo manipulado el horno de bloque metálico FLUKE 9142 se procederá a realizar una práctica donde se analizará el funcionamiento del mismo.

- b. Conecte y active mediante el interruptor el módulo de temperatura. Espere unos segundos mientras el instrumento se inicializa y visualiza su menú principal.
- c. Ingrese el inserto en el horno por medio de las pinzas, con su respectivo aislante. Luego introduzca tres sensores de temperatura tipo RTD Pt100 en los orificios como se muestra en la gráfica 100, haciendo que los sensores lleguen hasta el fondo del inserto.



Gráfica 100. Disposición de los sensores.¹⁰⁶

- d. Conecte el cable serial RS-232 al horno y al computador y abra en el computador el programa Interface-it.
- e. Modifique el SET POINT del baño seco a -20°C , puede modificar el SET POINT en el programa dando clic en el menú SET y luego en el submenú SET POINT o directamente en el horno, para editar el SET POINT realice los pasos que siguieron en la guía 1.
- f. La duración de la práctica es aproximadamente de 60 minutos, en el programa Interface-it ingresar a el menú Graph, luego al submenú GraphScale y debe modificar el valor del eje X poniendo un valor mayor al estimado a la duración de la práctica, en el eje Y debe poner el valor mínimo en -25 y el valor máximo en 150 , para lograr obtener la gráfica de la variación de la temperatura durante toda la práctica.
- g. Llene la siguiente tabla registrando los valores de la temperatura de la cada uno de los sensores.

¹⁰⁶ Imagen del autor.

Displa del Horno			
Temperatura (°C)	Curva Sensor 1	Curva Sensor 2	Curva Sensor 3
-20			
0			
20			
40			
60			
80			
100			
120			
140			

Tabla 13. Datos de la práctica.

iii. Resultados:

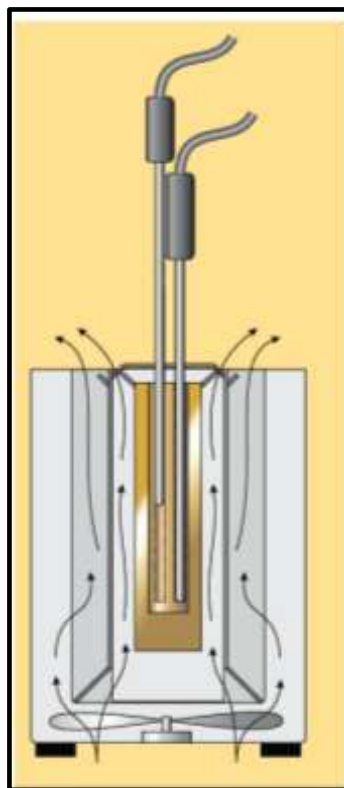
- En una misma gráfica muestre las 3 curvas de los 3 sensores, y compare los resultados obtenidos, además obtenga una imagen de la gráfica generada en el software Interface-it del comportamiento de la temperatura.
- Describa las fuentes de error del experimento y su incidencia en los resultados.
- Teniendo en cuenta las fuentes de error del experimento, compare los datos obtenidos, con los registrados en la Tabla 13. ¿Cuál de las 3 RTD posee una mayor exactitud y precisión?
- Compare los resultados registrados en la tabla 10 con respecto al valor del display del horno determine en función del error tomando como referencia el valor del display del horno la zona isotérmica del horno.
- Conclusiones y Recomendaciones.

3.2.5.2. Homogeneidad axial del horno de metrología.

La homogeneidad axial es la aptitud del bloque seco de distribuir uniformemente el calor generado a lo alto (verticalmente) de su inserto, y se halla comparando los valores obtenidos con los sensores con los mostrados en el display del horno.

- i. **Objetivo:** Evaluar la homogeneidad axial del horno de metrología utilizando sensores de temperatura tipo RTD Pt100 de 3 Hilos.

- ii. **Procedimiento:**
 - a. Ya Conociendo y habiendo manipulado el horno de bloque metálico FLUKE 9142 se procederá a realizar una práctica donde se analizará el funcionamiento del mismo.
 - b. Conecte y active mediante el interruptor el módulo de temperatura. Espere unos segundos mientras el instrumento se inicializa y visualiza su menú principal.
 - c. Ingrese el inserto en el horno por medio de las pinzas, con su respectivo aislante. Luego introduzca los dos sensores de temperatura tipo RTD Pt100 en orificios como se muestra en la gráfica 101, haciendo que un sensor llegue hasta el fondo del inserto y el otro sensor sobresalga 7 centímetros con respecto al sensor que toca el fondo.
 - d. Conecte el cable serial RS-232 al horno y al computador y abra en el computador el programa Interface-it.
 - e. Modifique el SET POINT del baño seco a -20°C , puede modificar el SET POINT en el programa dando clic en el menú SET y luego en el submenú SET POINT o directamente en el horno, para editar el SET POINT realice los pasos que siguieron en la guía 1.
 - f. La duración de la práctica es aproximadamente de 60 minutos, en el programa Interface-it ingresar a el menú Graph, luego al submenú GraphScale y debe modificar el valor del eje X poniendo un valor mayor al estimado a la duración de la práctica, en el eje Y debe poner el valor mínimo en -25°C y el valor máximo en 150, para lograr obtener la gráfica de la variación de la temperatura durante toda la práctica.



Gráfica 101. Disposición de los sensores.¹⁰⁷

- g. Llene la tabla 14 registrando los valores de la temperatura de la cada uno de los sensores.

Displa del Horno		
Temperatura (°C)	Curva Sensor 1	Curva Sensor 2
-20		
0		
20		
40		
60		
80		
100		
120		
140		

Tabla 14. Datos de la práctica.

¹⁰⁷ Imagen del autor.

iii. Resultados:

- a. En una misma gráfica muestre las 2 curvas de los 2 sensores, y compare los resultados obtenidos, además obtenga una imagen de la gráfica generada en el software Interface-it del comportamiento de la temperatura.
- b. Describa las fuentes de error del experimento y su incidencia en los resultados.
- c. Teniendo en cuenta las fuentes de error del experimento, compare los datos obtenidos, con los registrados en la Tabla 14. ¿Cuál de las 2 RTD posee una mayor exactitud y precisión?
- d. Compare los resultados registrados en la tabla 14 con respecto al valor del display del horno determine en función del error tomando como referencia el valor del display del horno la zona isotérmica del horno.
- e. Conclusiones y Recomendaciones.

RECOMENDACIONES.

Solo personal capacitado debe usar los instrumentos de calibración y verificación de temperatura, debido a que los mismos requieren de un manejo adecuado en el momento de la medición.

Para poder realizar las pruebas con el horno de bloque seco se debe constatar que el ambiente a trabajar tenga un temperatura entre los 5°C a 50°C y que el mismo no sea excesivamente húmedo, aceitoso, polvoriento o sucio, ya que se pueden presentar anomalías en las medidas e incluso ocasionar accidentes si están en contacto con materiales inflamables, gas, vapor o polvo explosivo. Para la alimentación del equipo se hace necesario tomar todas las precauciones de seguridad debido a que utiliza alto voltaje para poder generar temperaturas de medición. De igual forma se recomienda no utilizar ningún tipo de extensión o enchufe adaptador ya que se pueden presentar deficiencias en el equipo y ocasionar accidentes.

Si en el transcurso de la práctica se produce alguna fluctuación en el suministro de la red eléctrica se recomienda apagar el instrumento inmediatamente y esperar algunos minutos hasta que la alimentación se haya estabilizado. Si el instrumento llega a presentar deficiencias en su funcionamiento, apáguelo y realice un mantenimiento al equipo. El mantenimiento del equipo deberá realizarse periódicamente por medio de la verificación del comportamiento del bloque seco y las constantes establecidas en la carta metrológica del mismo; si el horno presenta una desviación demasiado grande en la generación de temperatura y visualización de medida, se recomienda enviar el equipo a la entidad principal de la empresa FLUKE para que le realicen un ajuste o la calibración.

Antes de realizar las pruebas es recomendable dejar un espacio suficiente para permitir la inserción y el retiro de las sondas en forma segura y rápida. Si el equipo no se ha activado por más de 10 días se aconseja activar el instrumento en un periodo de 'secado' de 2 horas para que se pueda cumplir con los requisitos de seguridad de la norma IEC 1010-2.

Para la manipulación de los insertos del bloque seco se recomienda utilizar guantes de látex con el fin de evitar la corrosión del material del inserto ya que si se manipula con las manos descubiertas les pueden suministrar suciedad

por medio del sudor y la grasa que se produce en la piel, generando la disminución de su vida útil.

Para la inmersión o retiro de las sondas e insertos, el horno del bloque seco debe estar a una temperatura inferior a 50°C ya que la sonda y el bloque metálico se expande a velocidades diferentes por tanto la expansión de la sonda se debe realizar dentro del horno, de lo contrario la sonda se puede atascar y presentar deficiencias de funcionamiento. De igual forma se recomienda no dejar los insertos por periodos prolongados de temperatura ya que se puede debilitar el material del mismo.

Para realizar pruebas con la cámara termográfica se deben conocer las condiciones del objeto que se quiere medir, ya que si no se le conoce las condiciones térmicas de materiales reflectantes los mismos pueden causar quemaduras al operante del equipo debido a que los mismos producen mediciones de temperatura menores a las reales.

Por ningún motivo o circunstancia se debe limpiar el lente de la cámara térmica (IR) ya que al realizar ese tipo de limpieza se pueden presentar un debilitamiento o desgaste del material del lente presentándose una disminución en el funcionamiento de medida de la cámara.

Para la calibración y verificación de sensores de temperatura se recomienda utilizar como elementos de referencia un sensor de mayor jerarquía o primarios con el fin de que el mismo tenga unas características metrológicas 4 veces superior al que se va a evaluar.

Si las calibraciones y verificaciones de sensores se realizan en gran cantidad y frecuencia se recomienda utilizar como elemento referencia dos tipos de sensores, uno como instrumento primario con características metrológicas de gran exactitud, las cuales se utilizarían para la calibración de sensores de menor jerarquía (Secundarios); y otro como instrumento secundario el cual tendría una características metrológicas inferiores en comparación al primario pero con el cual se calibrarían y verificarían los sensores a evaluar.

Para la realización de la prueba axial en el horno de bloque seco se recomienda utilizar las pinzas de la base universal precisando con ellas la altura exacta de la sonda de medida del sensor de temperatura.

CONCLUSIONES.

En el diseño del banco para la medición de temperatura se tuvieron en cuenta todas las condiciones establecidas en la norma ISO 17025 y la guía técnica Colombia GTC 63 para poder recrear y generar temperaturas similares a las establecidas en la industria. A partir de ellas se seleccionaron algunos equipos de medida de temperatura y se realizó la escogencia del horno de bloque seco, el cual permite generar las temperaturas estándares para las prácticas de laboratorio. En el banco propuesto se establecieron 2 tipos diferentes de medición, una para la medición de contacto directo y otra para la medición por no contacto, las cuales permiten realizar mediciones de temperatura con diferentes instrumentos.

Con la elaboración del banco de medida se les podrá suministrar a los estudiantes de pregrado y postgrado de las facultades de ingeniería electrónica, industrial y mecánica una mayor interacción con algunos de los equipos de medida que se utilizan en la industria, tales como: cámaras termográfica, termómetros industriales y equipos de calibración y verificación, entre otros; los cuales les permitirán analizar y conocer por medio de las practicas, algunos de los procedimientos requeridos en el mantenimiento y verificación de equipos que se emplean en los procesos en los cuales se maneja la variable temperatura. La realización de las prácticas estuvo basada por la norma NTC 4494 y las guías técnica Colombianas GTC 60 y GTC 115, esto permitirá a los estudiantes utilizar todos los métodos establecidos en la caracterización de los sensores y dispositivos de medida.

En la creación y realización de las prácticas y guías de laboratorios se pudo definir los tamaños y diámetros requeridos para los sensores de temperatura, los cuales deben cumplir con ciertas características físicas para su óptimo funcionamiento dentro del horno de bloque seco. De igual forma se pudo constatar que el cable de los sensores debe estar recubierto con un material aislante o de blindaje para no presentar accidentes con las altas temperaturas manejadas.

Antes de realizar las pruebas con los sensores de temperatura se deben diferenciar los conceptos de calibración y la verificación de instrumentos, ya que en la calibración se analiza el instrumento de una forma más profunda (comparación de dos instrumentos en base a sus características metrológicas),

mientras que en la verificación se analiza si el sensor a evaluar posee una relación de medida similar con el elemento patrón.

A partir del manejo de la cámara termografica se pudo identificar las diferentes funciones que tiene la misma en campo industrial ya que con ella se puede realizar mantenimientos predictivo, detección de gases, observación del espacio, solución de problemas en equipos y la verificación.

BIBLIOGRAFÍA.

- [1] YUNUS A, ÇENGEL. *Termodinámica, 6ta edición*. Mc Graw Hill. 2009.
- [2] INCOPERA FRANK. *Fundamentos de transferencia de calor*. De Witt David. Cuarta edición. México, Pretince Hall 1999.
- [3] CON QUÉ SE MIDE LA TEMPERATURA [en línea]
<http://www.ojocientifico.com/2011/11/17/con-que-se-mide-la-temperatura>.
[2013-04-18]
- [4] GRADOS CELCIUS [en línea]
http://es.wikipedia.org/wiki/Grado_Celsius [2013-04-18]
- [5] PICADO ANA BEATRIZ. *Química I introducción al estudio de la materia*. Álvarez Milton. Primera edición. San José, C.R. EUNED 2008.
- [6] ANTONIO CREUS SOLE. *Instrumentación Industrial*. Sexta edición. Barcelona España, Alfaomega 1999.
- [7] MEDIR TEMPERATURA CON UN RTD O TERMISTOR [en línea]
<http://www.ni.com/white-paper/3643/es>. [2013-04-29]
- [8] MEDICIÓN DE TEMPERATURA [en línea]
<http://www.slideshare.net/camilorene/instrumentacin-de-control-clase-6-temperatura>. [2013-05-01]
- [9] LM35/335 PRECISION CENTIGRADE TEMPERATURE SENSORS [en línea]
<http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/nationalsemiconductor/DS005516.PDF> [2013-05-01]
- [10] MEDICIÓN DE TEMPERATURA [en línea]
[URL:http://www.ilustrados.com/tema/2826/Medicion-temperatura.html](http://www.ilustrados.com/tema/2826/Medicion-temperatura.html).
[2013-05-01]
- [11] TERMOCUPLA MULTIPUNTO [en línea]
<http://www.solostocks.cl/venta-productos/equipo-electrico-suministros/otros-equipo-electrico-suministros/termocupla-multipunto-1381413>. [2013-05-01]

- [12] TERMOPOZOS Y TUBOS PROTECTORES [en línea]
http://www.jmi.com.mx/catalogo_sensores/Serie_600_termopozos_fundas.pdf [2013-05-01]
- [13] J. J. Condon y S. M. Ransom. "Essential Radio Astronomy: Pulsar Properties". National Radio Astronomy Observatory. 5 de enero de 2008.
- [14] TERMOGRAFÍA [en línea]
<http://www.amperis.com/productos/camaras-termograficas/#termografia>
[2013-05-03]
- [15] NORMA (TECNOLOGÍA) [en línea]
[http://es.wikipedia.org/wiki/Norma_\(tecnolog%C3%ADa\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Norma_(tecnolog%C3%ADa)) [2013-05-03]
- [16] INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración. Bogotá: ICONTEC, 2008. 49p. : il. (ISO 17025)
- [17] INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Principio de aseguramiento del control metrológico. Bogotá: ICONTEC, 2008. 24p. : il. (GTC63)
- [18] INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Metrología. Guía para la calibración de patrones de medida. Bogotá: ICONTEC, 2008. 83p. : il. (GTC60)
- [19] INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN, Guía sobre la incertidumbre de la medición para principiantes. Bogotá: ICONTEC, 2008. 29p. : il. (GTC115)
- [20] INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Metrología. Método de ensayo para la calibración de termocuplas por técnicas de comparación. Bogotá: ICONTEC, 2008. 24p. : il. (NTC4494)
- [21] NORMALIZACIÓN [en línea]
<http://www.icontec.org.co/index.php?section=37> [2013-05-04]

- [22] NORMALIZACIÓN [en línea]
<http://es.wikipedia.org/wiki/Normalizaci%C3%B3n> [2013-05-04]
- [23] ESTANDARIZACIÓN [en línea]
<http://www.definicionabc.com/general/estandarizacion.php> [2013-05-04]
- [24] CÉSPEDES FELIPE, JEREZ LUIS. Diseño y especificación de un banco de masas y balanzas para la medición de peso y la calibración de instrumentos de pesaje en el laboratorio de instrumentación de la universidad pontifica bolivariana seccional Bucaramanga. Bucaramanga. 2013
- [25] CERTIFICACIÓN [en línea]
<http://www.cesmec.cl/noticias/Certificacion/1.act> [2013-05-06]
- [26] CALIBRACIÓN, VERIFICACIÓN Y AJUSTE [en línea]
http://www.metrologia.com.ve/sitio/index.php?option=com_content&view=article&id=69:calibracion-verificacion-y-ajuste&catid=39:conceptos&Itemid=73
[2013-05-06]
- [27] SISTEMAS TERMALES PARA LA CALIBRACION DE TEMPERATURA [en línea]
<http://www.metas.com.mx/guiametas/La-Guia-MetAs-04-08-Termale.pdf>
[2013-05-06]
- [28] YUNUS A. CENGEL, Robert H. Turner. *Fundamentals of thermal-fluid sciences*. McGraw-Hill, 2004,
- [29] SISTEMAS TERMALES PARA LA CALIBRACION DE TEMPERATURE [en línea]
<http://www.metas.com.mx/guiametas/La-Guia-MetAs-04-08-Termale.pdf>
[2013-05-15]
- [30] EFECTO PELTIER_SEEBECK [en línea]
http://es.wikipedia.org/wiki/Efecto_Peltier-Seebeck [2013-05-16]
- [31] DIVISION HART SCIENTIFIC DE FLUKE CORPORATION. Serie 914X: Horno de metrología de Campo manual de usuario. 2007.

- [32] MARIA MORO PATIÑO, METROLOGÍA: Conceptos, fundamentos y aplicaciones. Universidad de Oviedo, 2004
- [33] LA MEDICIÓN DE LA REPETIBILIDAD Y EL ERROR DE MEDIDA [en línea]
http://www.bcn.cat/museuciencies_fitxers/imatges/FitxerContingut1983.pdf
[2013-05-17]
- [34] INTRODUCCIÓN AL ESTUDIO DE LAS MEDICIONES [en línea]
<http://www.fisica.uson.mx/manuales/mecyfluidos/mecyflu-lab001.pdf> [2013-05-07]
- [35] TRAZABILIDAD [en línea]
[http://sede.aecoc.es/web/codificacion.nsf/0/925b46b62071aab5c1256f2e00506b2e/\\$FILE/Preguntas%20trazabilidad%20.pdf](http://sede.aecoc.es/web/codificacion.nsf/0/925b46b62071aab5c1256f2e00506b2e/$FILE/Preguntas%20trazabilidad%20.pdf) [2013-05-17]
- [36] DIVISION HART SCIENTIFIC DE FLUKE CORPORATION.
SmartView 3.2.1. 2012
- [37] SOLIDWORKS [en línea]
<http://es.wikipedia.org/wiki/SolidWorks> [2013-05-12]
- [38] NI 9203 [en línea]
<http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/es/nid/208805> [2013-05-22]
- [39] NI 9421 [en línea]
<http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/es/nid/208813> [2013-05-22]
- [40] NI 9472 [en línea]
<http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/es/nid/208822> [2013-05-22]
- [41] NI cDAQ-9174 [en línea]
<http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/es/nid/207535> [2013-05-22]
- [42] SISTEMA NI COMPACTDAQ DE ADQUISICIÓN DE DATOS INALÁMBRICA [en línea]
<http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/es/nid/210780> [2013-05-22]

- [43] EMISIVIDAD [en línea]
<http://es.wikipedia.org/wiki/Emisividad>. [2013-06-02]
- [44] TERMOPAR [en línea]
<http://buscon.rae.es/drae/srv/search?val=termopar> [2013-06-02]
- [45] TRANSDUCTOR [en línea]
<http://www.wordreference.com/definicion/transductor> [2013-06-02]