

PROYECTO
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MONITOR DE SIGNOS VITALES
BASADO EN UN COMPUTADOR PORTÁTIL

PRODUCTO INTERMEDIO P06
MÓDULO DE TEMPERATURA

ACTIVIDAD:

A12: Diseño y pruebas en protoboard del Módulo de Temperatura

INFORME MODULO DE TEMPERATURA

INTRODUCCIÓN

La temperatura corporal permite evaluar la eficiencia de la regulación térmica que se presenta en el cuerpo humano en función de los cambios en la temperatura ambiental y la intensidad de la actividad realizada. La temperatura corporal depende de las condiciones de temperatura ambiental y de actividad física, ya que de la energía total liberada durante el metabolismo se emplea aproximadamente una quinta parte en el trabajo y lo demás se libera en forma de calor; este calor debe ser disipado para mantener las condiciones de temperatura adecuadas en el cuerpo humano.

Hay dos tipos de temperaturas, la temperatura central (núcleo: cerebro, grandes vasos, vísceras, músculo profundo, sangre) se mantiene constante. La temperatura periférica (piel, mucosas, músculos, extremidades, etc.) es variable.

La temperatura normal del cuerpo de una persona varía dependiendo de su género, su actividad reciente, el consumo de alimentos y líquidos, la hora del día y, en las mujeres, de la fase del ciclo menstrual en la que se encuentren. La temperatura corporal normal (Tabla 1), de acuerdo a la Asociación Médica Americana (American Medical Association), puede oscilar entre 97,8° F (o Fahrenheit, equivalentes a 36,5°C, o Celsius) y 99°F (37,2°C). Aumenta lentamente a lo largo del día, hasta alcanzar un máximo de 37,2 °C (algo más en algunas personas) entre las 6 y las 10 de la tarde, y desciende lentamente hasta un mínimo a las 2-4 de la madrugada. La temperatura es más lábil en lactantes, y con el ejercicio físico intenso suelen producirse grandes subidas de la misma.

Niños 0-3 meses	99,4° F	37,44° C
Niños 3-6 meses	99,5° F	37,50° C
Niños 6 meses-1 año	99,7° F	37,61° C
Niños 1 a 3 años	99° F	37,22° C
Niños 3 a 5 años	98,6° F	37° C
Niños 5 a 9 años	98,3° F	36,83° C
Niños 9 a 13 años	98° F	36,67° C
Niños 13 años hasta adulto	97,8 a 99,1° F	36,56 a 37,28° C

Tabla 1 Temperatura normal aproximada por edad

Una temperatura superior a 37,2 °C, en un paciente en reposo, es un signo probable de enfermedad. La temperatura rectal, por lo general, se encuentra entre 0,3 y 0,6 °C por encima de la bucal.

En hipotermia la temperatura del cuerpo desciende por debajo de 95° Fahrenheit o 35° Centígrados. Suele presentarse a raíz de una prolongada exposición al frío. Se produce cuando el cuerpo pierde más calor del que puede generar.

En la hipotermia que es el descenso de la temperatura corporal su valor está por debajo de los 36,5°C medidos en la axila.

En hipertermia la temperatura es superior a los 40°C, y se produce por la presencia y combinación de alguno de los siguientes factores: convulsiones, rigidez muscular o hiperactividad muscular como generadores de calor, incremento del metabolismo; disminución de la disipación de calor, por ejemplo por disminución de la capacidad de sudoración; y trastornos del hipotálamo.



Proyecto de Investigación y Desarrollo Diseño y Construcción de un Monitor de Signos Vitales basado en un Computador Portátil



Alexis Meneses Arévalo
alexismeneses@dalcame.com

Daissy Carola Toloza Cano
daissytoloza@dalcame.com

Sitios para la obtención de la Temperatura

- Oral: Sublingual durante un tiempo aproximado de cuatro minutos. Se debe tener en cuenta la última ingesta; se puede tomar la temperatura mínimo 15 minutos después de la ingesta. La temperatura oral se puede medir en todos los pacientes, excepto, en los que están inconscientes, sufren confusión mental, convulsiones, afecciones de nariz, boca o garganta y los niños menores de 6 años.
- Rectal: Lubricar el termómetro y proteger la intimidad del paciente. El resultado tiende a ser 0,5 a 0,7°C mayor que la temperatura oral. La temperatura rectal es recomendable para el paciente menor de 6 años, a menos, que se le haya practicado cirugía rectal o presente algún tipo de anomalía en el recto.
- Axilar: Es recomendable en adultos y niños mayores de 6 años; se deja el termómetro durante cinco minutos. El resultado es 0,5°C menor que la temperatura oral.

SISTEMA TERMORREGULATORIO

El organismo humano es homeotermo, lo cual significa que para mantener una forma constante la temperatura corporal dentro de unos límites tan estrechos (de 36 a 37° C), necesita, ante elevaciones importantes de la temperatura exterior, poner en marcha una serie de mecanismos de termorregulación.

Ante un ejercicio muscular intenso se producen importantes cambios fisiológicos encaminados a disminuir la temperatura corporal y que consisten en una redistribución sanguínea hacia la piel (con pérdida de calor al exterior) y los músculos, con sobrecarga circulatoria y aumento de la frecuencia cardíaca; de la misma manera, ante un ambiente exterior frío se produce un aumento del flujo sanguíneo a través de la piel con pérdida de calor. Sin embargo, si la temperatura ambiental es igual o superior a la corporal, el único medio para disminuir la temperatura corporal es la evaporación por el sudor. El objetivo fundamental es que el organismo trata de refrigerarse en dichas circunstancias.

El sistema de termorregulación depende fundamentalmente de varios factores:

- La constitución del individuo, sobre todo, del grado de obesidad.
- La edad, siendo peor en ancianos y en lecho de enfermo.
- El entrenamiento del sujeto al calor: Adaptación conocida como aclimatación.
- El grado de humedad atmosférico: A más humedad aumenta la dificultad para absorber la sudoración producida.
- El viento: Al disminuir la aireación se dificulta la evaporación del sudor.
- La vestimenta: más perjudiciales las oscuras y gruesas.
- La existencia de enfermedades que dificultan la sudoración: diabetes, alteraciones cardíacas, pulmonares y renales.
- Enfermedades que cursan con aumento de la producción de calor: infecciones, hipertiroidismo y aquellas que se acompañan de fiebre.
- Consumo de ciertos fármacos: sedantes, anfetaminas y antidepresivos, fundamentalmente.
- Psicopatías y estados de etilismo agudo o crónico que disminuyen la tolerancia al calor excesivo.

Control de temperatura del cuerpo humano

Como se mencionó anteriormente. Los seres humanos son homeotermos; el centro de control de temperatura está en el hipotálamo, donde se recibe, interpreta, procesa y emiten instrucciones para conservar y regular la función energética del organismo, resultado de fenómenos de combustión interna de elementos y su relación con la actividad corporal y medio ambiente.



Proyecto de Investigación y Desarrollo Diseño y Construcción de un Monitor de Signos Vitales basado en un Computador Portátil



Alexis Meneses Arévalo
alexismeneses@dalcame.com

Daissy Carola Toloza Cano
daissytoloza@dalcame.com

El proceso de regulación térmica se cumple en tres etapas:

1. Detección térmica aferente

Al hipotálamo llega información proveniente de sensores de temperatura ubicados en el organismo de acuerdo al calor o frío.

- Detectores de calor: Se encuentran concentrados en las vísceras abdominales y médula espinal; están encargados de vigilar básicamente las partes internas y profundas del organismo, siendo activados por la temperatura de la sangre que los irriga. Sus impulsos comienzan a llegar al sistema nervioso central (SNC) por intermedio de las fibras C, en un rango de detección que va desde aproximadamente 32°C a 40°C.
- Los sensores de frío: Se encuentran vigilando el impacto del medio ambiente exterior sobre el cuerpo (piel); se activan alrededor de los 40°C y su nivel máximo de emisión está aproximadamente a 27°C, sus impulsos llegan al SNC a través de las fibras nerviosas A-delta.

2. Regulación central

De acuerdo a la información recibida, en el centro de control térmico y energético del hipotálamo se analizan los datos, incluso información cerebral para la ideal respuesta del programa termorregulador para mantener el punto set (37°C temperatura corporal) con un límite ínter umbral que está alrededor de 0.5°C en condiciones normales, llegando a variar hasta 3.5°C bajo influencia de fármacos como anestésicos, función tiroidea, ingestión de alimentos, ritmo circadiano, incluso adaptación al calor y frío.

3. Respuesta eferente

El centro de control en el hipotálamo envía órdenes hacia los diferentes puntos del organismo con el fin de favorecer o luchar contra las condiciones fuera del punto set. Para mantener constante la temperatura del cuerpo, el organismo utiliza fundamentalmente dos sistemas:

1. Vasodilatación

Regulado por el hipotálamo, consiste en aumentar el riego sanguíneo en determinadas zonas, principalmente desde los órganos internos hacia la periferia. En condiciones de ejercicio intenso lo que ocurre es que se transmite el calor desde los órganos hacia los tejidos periféricos a través de la sangre, por medio de conducción y convección; y desde la sangre al exterior, mediante conducción y radiación. Todo este proceso se realiza gracias al gradiente de temperatura, el problema aparece cuando la temperatura ambiente es tan elevada como la temperatura de la piel o de la sangre, con lo que el gradiente es nulo y por lo tanto es muy costoso perder calor a través de este proceso.

Las consecuencias de una vasodilatación excesiva, pueden en primer lugar aumentar el flujo sanguíneo periférico, conlleva una disminución del riego en otros órganos de menor importancia durante el ejercicio; y en segundo lugar, y más relacionado con el rendimiento, encontramos que como consecuencia de este aumento de flujo sanguíneo periférico, se aumenta el gasto cardíaco, con lo que la Frecuencia Cardíaca se ve aumentada. En condiciones de calor extremo, podemos llegar a un punto en el cual a pesar de este aumento de la Frecuencia Cardíaca, haya una baja de la presión arterial acompañada de un menor riego sanguíneo en los músculos activos, con la consecuente sensación de debilidad.



Proyecto de Investigación y Desarrollo Diseño y Construcción de un Monitor de Signos Vitales basado en un Computador Portátil



Alexis Meneses Arévalo
alexismeneses@dalcame.com

Daissy Carola Toloza Cano
daissytoloza@dalcame.com

2. Sudoración

La sudoración responde a un sistema de termorregulación constituido, por una parte, por receptores a la temperatura ubicados en piel y en el interior del cuerpo. Estos receptores están conectados por vías aferentes nerviosas a un núcleo ubicado en el hipotálamo anterior. De allí, los impulsos eferentes son llevados a las glándulas sudoríparas a través del sistema nervioso autónomo principalmente por vías parasimpáticas y un mediador colinérgico. Sin embargo, las glándulas pueden también aumentar su secreción por acción de la adrenalina, que es un agonista simpático.

Mecanismos para la pérdida de calor

El hombre mantiene una temperatura corporal constante, pese a que en el exterior la temperatura sea tan baja como 12 °C o tan alta como 60 °C. Esta constancia es el resultado, como para tantas otras cosas, del balance entre entradas y salidas. El hombre PRODUCE calor como un resultado secundario de sus procesos metabólicos y lo debe PERDER en la misma cantidad. Para estas pérdidas dispone de 4 mecanismos básicos:

- Radiación
- Conducción
- Convección
- Evaporación

La radiación es el calor que es emitido por el cuerpo en forma de radiación infrarroja. Si la temperatura ambiente es mayor que la temperatura corporal, el cuerpo no perderá calor por radiación sino que lo ganará, ya que los cuerpos que lo rodean también la emiten.

La conducción del calor ocurre entre dos cuerpos en contacto directo y, para el caso del hombre, la mayor parte del calor se conduce por el aire que rodea su cuerpo. Sin embargo, si éste no se mueve, rápidamente adquiere la temperatura del cuerpo y no se pierde mas calor por esta vía.

Si hay una corriente de aire, esta renovación del aire, que se llama convección, aporta aire "nuevo", con capacidad de conducir y el mecanismo de conducción vuelve a ser eficiente.

La evaporación es la transformación del agua en vapor y es el único que funciona a temperaturas ambientes superiores a los 37 °C, siempre que el aire no esté saturado de vapor de agua. Un ventilador no baja la temperatura ambiente, pero aumenta la convección y ayuda a la evaporación, permitiendo una mayor pérdida de calor por el cuerpo del sujeto.

En el momento en el cual la temperatura ambiental es mayor que la temperatura de la piel, el gradiente o diferencia entre las temperaturas es negativa, por lo que el cuerpo tiende a ganar calor. En este caso, el único medio utilizado para perder calor es la evaporación del sudor.

La sudoración es muy importante para mantener constante la temperatura durante el ejercicio realizado a alta temperatura, pero una alta tasa de sudoración puede tener consecuencias negativas. En primer lugar, la tasa de sudoración puede alcanzar hasta los 2 l/h, lo cual, se relaciona con una pérdida importante de agua y la consecuente deshidratación, la cual conllevará un aumento de la viscosidad de la sangre provocando un descenso del volumen sistólico.

Otra consecuencia de una elevada tasa de sudoración durante periodos de tiempo prolongados, puede ser el descenso de la producción de orina. Durante una sudoración excesiva se observan alteraciones en el funcionamiento del riñón, detectándose una disminución de la filtración glomerular y



Proyecto de Investigación y Desarrollo Diseño y Construcción de un Monitor de Signos Vitales basado en un Computador Portátil



Alexis Meneses Arévalo
alexismeneses@dalcame.com

Daissy Carola Toloza Cano
daissytoloz@dalcame.com

un aumento de la reabsorción de agua y sodio. Todos estos procesos se ponen en funcionamiento como respuesta al descenso del volumen plasmático inducido por la alta tasa de sudoración.

Comportamiento del organismo desde un punto de vista térmico

El ser humano mantiene un equilibrio térmico a través de mecanismos reguladores internos que permiten conservar su temperatura basal en 37 °C con pequeñas variaciones, de 0,5 °C alrededor de este valor, según los individuos. Las alteraciones a esta temperatura provocan trastornos de tipo fisiológico que, mientras no alcance límites superiores a 39 °C o inferiores a 34 °C, no implican trastornos graves a la salud de la persona. La temperatura media de la superficie del cuerpo humano se determina aproximadamente:

$$t = 37,5 - 0,032 Q/S$$

Siendo Q la producción interna de calor y S la superficie en metros cuadrados de la persona.

El mecanismo de termorregulación del organismo tiene como finalidad esencial el mantenimiento de la temperatura interna constante. En consecuencia en un balance térmico los calores generados internamente deben equilibrarse con el calor transmitido al exterior según la ecuación:

$$M - E_d - E_s - E_v - L = R + C = K$$

Que se puede simplifica:

$$M - E - L = R + C = K$$

Donde:

- M es la producción metabólica de calor o generación interna de calor.
- E es la pérdida de vapor de agua a través de la superficie de la piel por evaporación o difusión.
- R es el calor eliminado por radiación, que será función de la temperatura de la superficie del cuerpo humano y de las temperaturas de las diversas superficies del entorno que le rodea y se determina en función de las leyes de la radiación (Stefan Boltzman).
- C es el calor eliminado por convección en la superficie exterior, más el que pueda producirse por conducción.
- L la pérdida de calor sensible en la respiración.

La cantidad de calor eliminado por evaporación, cuyo valor máximo puede estimarse en un litro por hora, con un límite a lo largo de la jornada laboral de unos cuatro litros se puede conocer por la ecuación

$$E = k_2 \times V_m (P_p - P_a) W$$

Donde:

- E es el calor eliminado por unidad de tiempo.
- k_2 es un coeficiente a ajustar experimentalmente
- V es la velocidad del aire del entorno
- W es la superficie de piel humedecida
- P_a y P_p son las presiones de vapor de agua a temperatura del aire y de la piel.
- m coeficiente cuyo valor varía entre 0,37 y 0,63 según autores.

La temperatura media del cuerpo humano se puede determinar por:

$$t_m = (I-K) t_{sk} + k_{tr} e$$

- t_{re} = temperatura interna
- t_{sk} = temperatura piel
- $K \sim 0,8 / 0,9$

El calor del metabolismo engloba los efectos producidos internamente en el cuerpo humano como consecuencia de reacciones químicas como la digestión, y trabajos mecánicos, respiración, circulación de la sangre, movimientos, esfuerzos y demás actividades, en función del tipo de trabajo.

$$M = 71.3 P^{3/4} [1 + 0,004 (30-B) + 0,01 (S-43,4)]$$

y su valor en reposo resulta aproximadamente 75 kcal/hora.

El metabolismo será siempre positivo, en tanto que es una producción interna de calor. La evaporación representará siempre un factor negativo, en tanto que significa una pérdida de calor desde el cuerpo. La convección será positiva o negativa según las condiciones ambientales del aire. Así mismo la radiación tendrá un efecto positivo o negativo según las temperaturas de las superficies del entorno.

La Figura 1 representa el mecanismo del sistema de termorregulación:

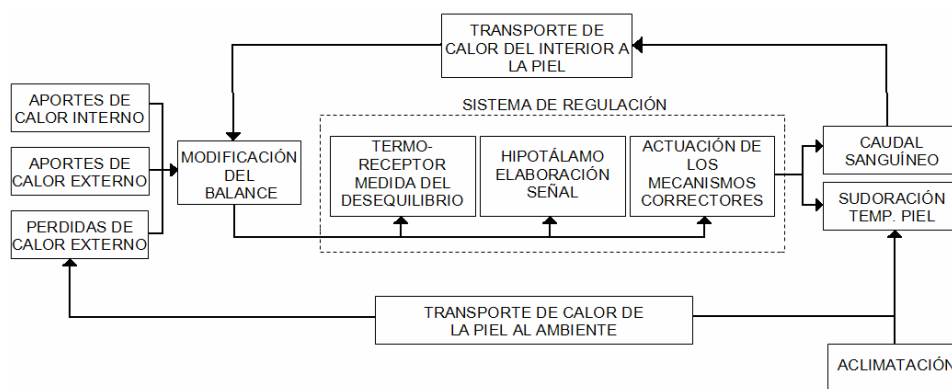


Figura 1 Sistema de Termorregulación

Efectos de las temperaturas altas sobre el organismo

- Se calienta (hipertermia)
- Vasodilatación
- Activación de las glándulas sudoríparas
- Aumento de la circulación periférica
- Cambio electrolítico del sudor: pérdida de NaCl

Efectos de las temperaturas bajas sobre el organismo

- Se enfría (hipotermia)
- Vaso constricción sanguínea
- Cierre de las glándulas sudoríparas
- Disminución circulación periférica
- Autofagia de grasas
- Encogimiento
- Muerte a temperatura. interior inferior a 28 °C por paro cardíaco

DIAGRAMA A BLOQUES DEL MÓDULO DE TEMPERATURA

Para realizar la medición de la Temperatura Corporal se necesita un transductor que transforme la temperatura en un valor resistivo proporcional. Para ello se utiliza un termistor NTC de aplicación médica (Ver Figura 2).

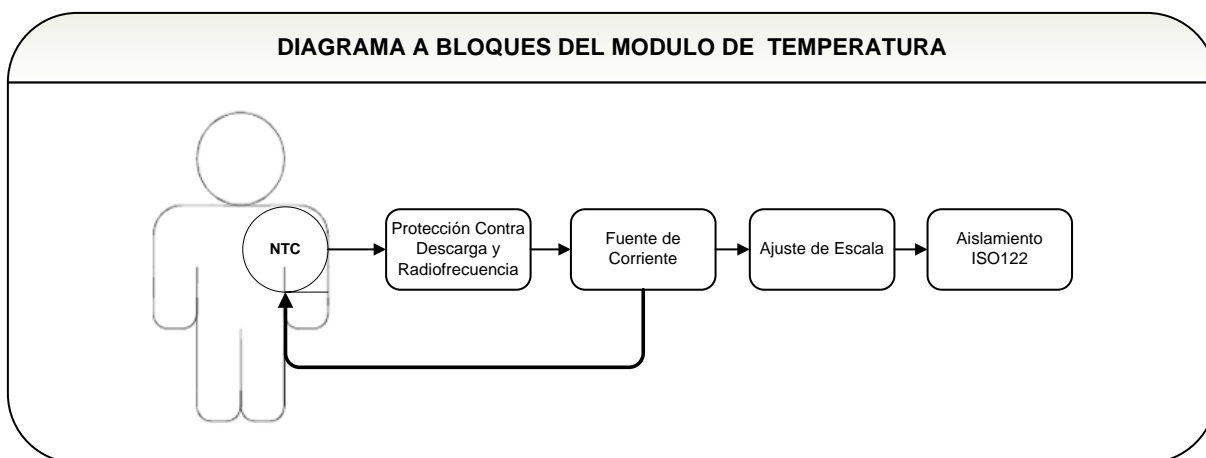


Figura 2 Diagrama a Bloques del Módulo de Temperatura

SENSOR DE TEMPERATURA: TERMISTOR NTC

Los termistores, del inglés “thermistor” (Thermally Sensitive Resistor), son dispositivos, basados en materiales semiconductores, cuya resistencia varía con la temperatura. Si su coeficiente de variación con la temperatura es negativo se denominan NTC (Negative Temperatura Coeficient), mientras que si es positivo se denominan PTC.

El fundamento de los termistores está en la dependencia de la resistividad de los materiales semiconductores con la temperatura, debida a la variación con está en el número de portadores libres. Al aumentar la temperatura, en general lo hace también el número de portadores libres reduciéndose, por tanto la resistencia, de ahí el coeficiente de temperatura negativo. Esta dependencia varía con las impurezas, y si el dopado es muy intenso, el material presenta, en determinados rangos de temperatura, propiedades metálicas con coeficiente positivo (PTC) en dicho margen.

Existen termistores (Ver Tabla 2) de coeficiente positivo (su resistencia aumenta con la temperatura) o negativo, siendo este último más típico y de bajo costo.

Clase	Denominación	Símbolo	Rango
Termistores	Negative Temperatura Coeficient	NTC	-50° - +200°
	Positive Temperatura Coeficient	PTC	-50° - +200°

Tabla 2 Tipo de Termistores

En los termistores se observan relaciones de la resistencia con la temperatura que no son lineales, sino más bien de carácter exponencial. Para termistores NTC, la relación es del tipo

$$R(T) = R(T = T_0) \cdot e^{\chi \cdot \left[\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right]}$$

Donde "R(T)" es la resistencia (en Ohmios, abreviado por la letra griega Ω) observada a temperatura "T", la que depende de un primer parámetro dado por la resistencia a una temperatura conocida "R(T=T₀)", típicamente 25°C, y de un segundo parámetro de ajuste "x".

Terminología en termistores.

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

1. Resistencia a potencia cero. Resistencia del termistor cuando no existe efecto de autocalentamiento.
2. Variación de la resistencia con la temperatura. Sensibilidad; típicamente de 4 Ω /°C.
3. Constante de disipación de potencia: Potencia requerida para que el termistor aumente su temperatura en un grado Celsius respecto al medio que lo circunda.
4. Estabilidad: Capacidad de un termistor para mantener sus características dentro del rango 0.03 °C/año en un periodo de 12 años.
5. Autocalentamiento: Potencia disipada en el termistor.
6. Temperatura de operación máxima: Temperatura máxima en la cual el termistor conservará su operación con características de estabilidad aceptables (-75°C – 150°C).

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

- Alta sensibilidad.
- Alto coeficiente térmico.
- Tienen un tiempo de respuesta variable.
- Sufren de autocalentamiento.
- No son lineales.
- Son de tamaño reducido.

TERMISTORES NTC

NTC: resistores no lineales cuya resistencia disminuye fuertemente con la temperatura. El coeficiente de temperatura es negativo y elevado.

$$\alpha = \frac{1}{R} \frac{dR}{dT} \quad \text{de } -2 \text{ a } -6 \% / ^\circ\text{C} \text{ a Temperatura ambiente.}$$

Característica R(T) (Figura 3)

- Materiales apropiados
- Óxidos metálicos con características semiconductoras intrínsecas
- Resistividad del material

$$\rho = 1 / q\mu n_i = A T^{-n} \exp(B / T) \quad \text{(Disminuye al aumentar T)}$$

- Resistencia del componente

$$R(T) = R_0 \exp(B / T) \quad \text{(R}_0 \text{ incluye la geometría del componente)}$$

- Fórmula utilizada por los fabricantes

$$R(T) = R_{25} \exp(B / T - B / T_{25})$$

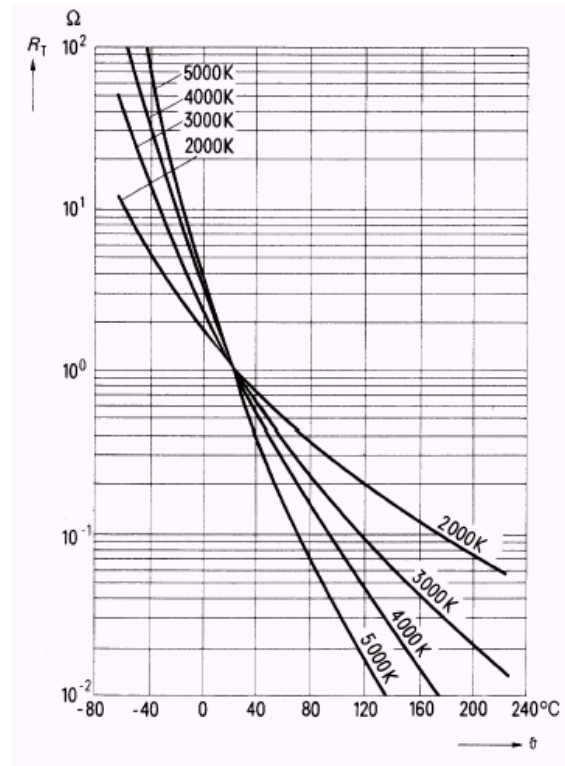


Figura 3 Características de R(T) Vs. Temperatura

- Coeficiente de temperatura (Ver Figura 4)

$$\alpha = \frac{1}{R} \frac{dR}{dT} = -\frac{B}{T^2} \quad T = 300 \text{ K} \quad -2 \% / \text{K} > \alpha > -6 \% / \text{K}$$

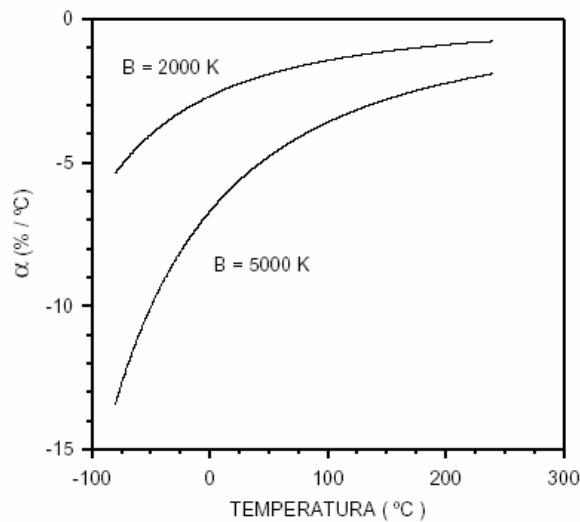


Figura 4 Coeficiente de Temperatura

PROTECCIÓN CONTRA DESCARGA Y RADIOFRECUENCIA

La entrada de la señal incluye una resistencia de 10K para limitación de corriente. Las lámparas de neón actúan como un circuito de retención de voltaje, limitándolo alrededor de los 100V. Las lámparas de neón son escogidas por su baja capacitancia y alta impedancia a la corriente directa. Las resistencias en serie con los diodos forman un circuito de retención como una segunda protección para los amplificadores de entrada. Dos filtros pasivos RC se usan para reducir la susceptibilidad a la Radiofrecuencia (Ver Figura 5).

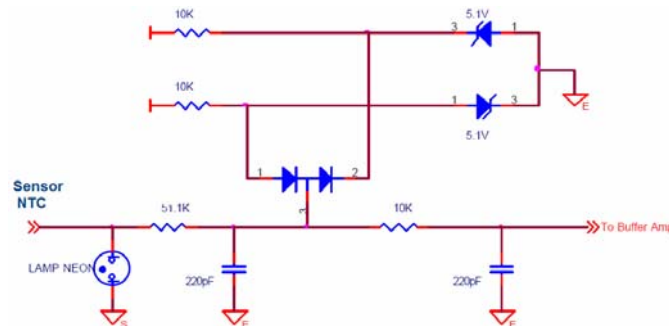


Figura 5 Protección Contra Descarga y Radiofrecuencia

FUENTE DE CORRIENTE Y AJUSTE DE ESCALA

Consiste, en un amplificador en dos etapas diseñado para obtener una tensión proporcional a la temperatura en grados Centígrados (de 0 a 5volts en un rango de 0 a 50°C). Se dispone de dos potenciómetros de ajuste para el cero y el fondo de escala.

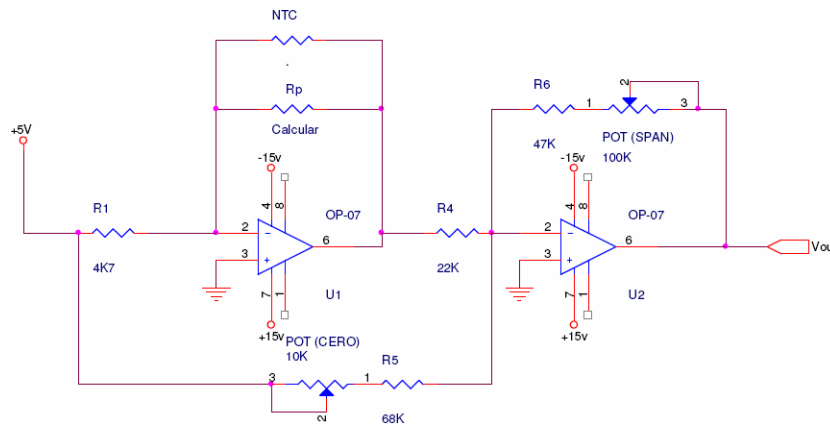


Figura 6 Circuito Fuente de Corriente y Ajuste de escala

AISLAMIENTO ISO122

El ISO122 (Ver Figura 7) es un amplificador de aislamiento de precisión que incorpora una nueva técnica de ciclo de trabajo modulación - demodulación. La señal es transmitida digitalmente a través de una barrera capacitiva diferencial de 2pF. Con la modulación digital las características de la barrera no afectan la integridad de la señal, resultando de una fiabilidad excelente y buena inmunidad a los altos transientes de frecuencia.

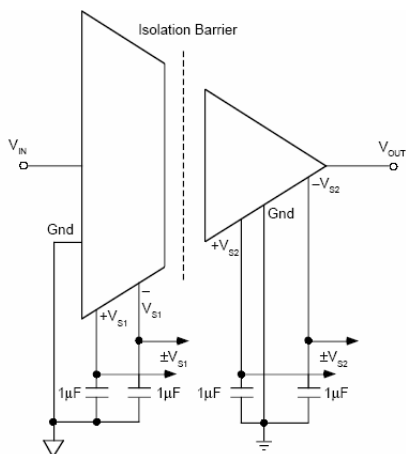


Figura 7 Amplificador de Aislamiento ISO122

Las especificaciones claves son:

- Excelente linealidad de 0.020 %
- Ancho de banda de 50kHz
- 200mV V_{OS} de deriva.
- Fuente de Alimentación de $\pm 4.5V$ para $\pm 18V$
- Corrientes inactivas de $\pm 5.0mA$ en V_{S1} y $\pm 5.5mA$ en V_{S2} hacen estos amplificadores ideales para una gran variedad de aplicaciones.

El ISO122 está disponible en encapsulado de doble fila de 16 pines y montaje superficial de 28 pines.

Conexiones De Señal y Alimentación

Cada pin de alimentación debe ser bordeado con un condensador de $1\mu F$ de tantalio localizado tan cerca del amplificador como sea posible. La frecuencia interna del modulador /demodulador es alrededor de los 500kHz controlada por un oscilador interno. Por consiguiente, si desea minimizar cualquier ruido (las frecuencias de pulsación) de un convertidor DC/DC, entonces debe usarse un filtro π en las entradas de alimentación (Ver Figura 7). La salida del ISO122 dispone de unos 20mV de rizo a 500kHz, el cual puede ser removido con un sencillo filtro paso bajo de doble polo con una frecuencia de corte de 100kHz usando un amplificador operacional de bajo costo.

CARACTERIZACIÓN DEL INSTRUMENTO

Para el desarrollo de la caracterización se dispone de un baño Maria dotado de una resistencia eléctrica, lo que permite variar la temperatura del mismo. Instalada en su tapa se encuentra varios instrumentos de medición de temperatura, entre ellos un termómetro digital de Mark of Fitness que actuará como referencia, un termómetro de Mercurio y el Sensor a caracterizar.

En primera medida, para la caracterización del termistor se debe calcular el valor de R_p cuya función es la de linealizar el sensor (Ver Figura 6):

$$R_p = NTC(T_c) * \frac{B - 2T_c}{B + 2T_c} \quad (\text{Ecuación 1})$$

- T_c : Temperatura en un instante de tiempo correspondiente a la Resistencia del Termistor (temperatura medida)
- $NTC(T_c)$: Resistencia del Termistor
- B : Constante del fabricante o se calcula de acuerdo al rango de temperatura a trabajar.

De acuerdo con lo anterior, se procede a realizar el cálculo de B . Para esto, se escoge un intervalo de temperatura, en este caso de 32 a 42°C (rango de temperatura clínica). Durante el intervalo de esas dos temperaturas se mide simultáneamente la resistencia de termistor n veces. Se convierten los grados °C a °K (Kelvin) y se calcula B :

$$B = (T_1 * T_2) / (T_2 - T_1)$$

Con el valor de B se calcula R_p (Ecuación 1) con respecto a todos los valores de Resistencia tomados del termistor en el intervalo de 32 a 42°C, obteniendo n valores de R_p . Con estos datos de R_p y Resistencia de termistor se realiza un diagrama de dispersión para estudiar la relación entre las dos variables (Figura 8) y así desarrollar la ecuación de estimación, que permite estimar el valor de la Resistencia R_p ideal para implementar en el circuito (Figura 6), , logrando así una mejor linealización del termistor.

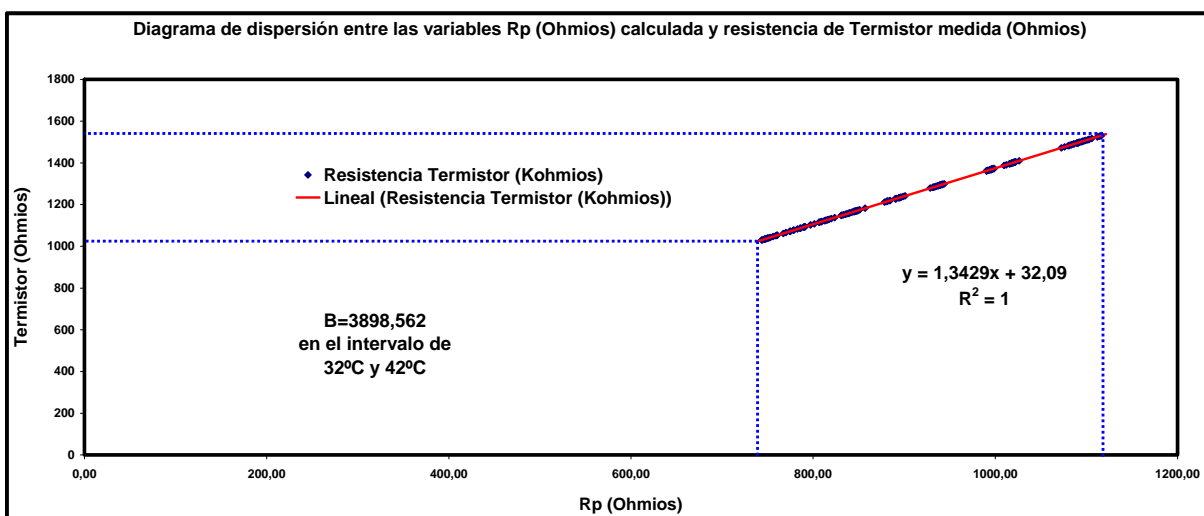


Figura 8 Diagrama de Dispersión de la Resistencia medida del Termistor y la Resistencia Calculada R_p

Luego, se procede a ajustar el instrumento a 0°C (Ajuste de cero) y a 42°C (Fondo de escala), de la siguiente manera (Ver Figura 9):

1. Inicialmente el baño Maria se encuentra lleno con una mezcla de agua y hielo a una temperatura cercana a 0°C. Conectar el sensor a caracterizar al circuito. Ajustar el potenciómetro de cero hasta que el voltaje de salida sea 0 volts.
2. Una vez ajustado el circuito, se calienta el baño hasta alcanzar los 42 °C. Se ajusta el potenciómetro de Span (Ver Figura 6) para obtener una tensión de salida de 4.2 volts para esta temperatura.
3. En este momento se ha calibrado el sistema para una función de transferencia de (0 a 4.2 volts) para un rango de temperaturas de (0 a 42°C).
4. Se baja la temperatura del baño a 32°C.

5. Se anotan en una tabla los valores de la temperatura medida con el Termómetro patrón versus tensión de salida del circuito hasta completar el rango de 32°C a 42°C.
6. Se grafican los datos tomados para observar la linealidad experimental del sistema (Ver Figura 10 y Tabla 2).



Figura 9 Caracterización del Instrumento

Temperatura obtenida con el Instrumento vs Temperatura obtenida del termómetro Patrón

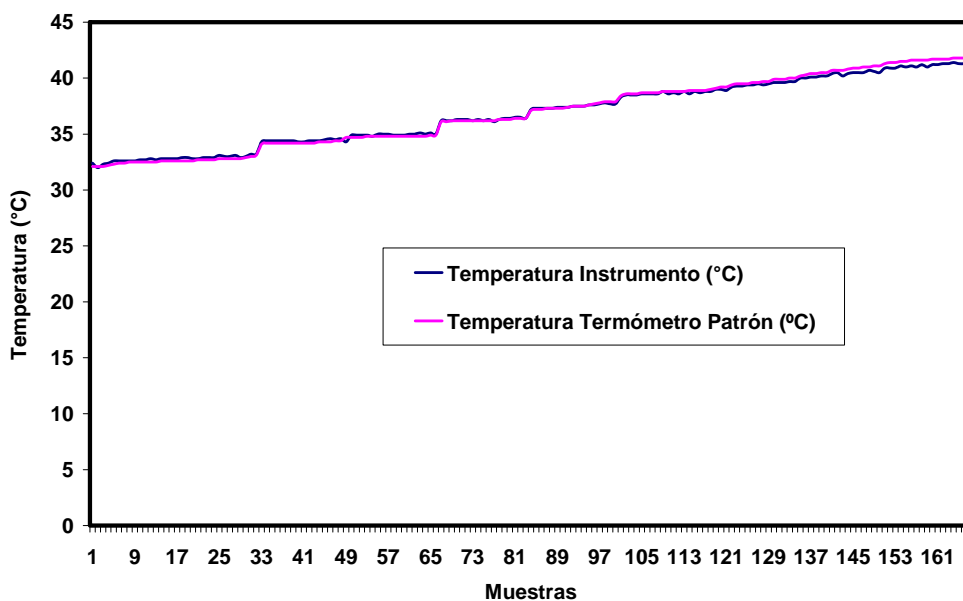


Figura 10 Temperatura obtenida con el Instrumento (Termistor) y el Termómetro Patrón



**Proyecto de Investigación y Desarrollo
Diseño y Construcción de un Monitor de Signos
Vitales basado en un Computador Portátil**



Alexis Meneses Arévalo
alexismeneses@dalcame.com

Daissy Carola Toloza Cano
daissytoloza@dalcame.com

Temperatura Instrumento (°C)	Temperatura Termómetro Patrón (°C)	Temperatura Instrumento (°C)	Temperatura Termómetro Patrón (°C)	Temperatura Instrumento (°C)	Temperatura Termómetro Patrón (°C)
32,4	32,1	35	34,8	38,8	38,8
32	32,1	34,9	34,8	38,6	38,9
32,3	32,1	34,9	34,8	38,8	38,9
32,4	32,2	34,9	34,8	38,7	38,9
32,6	32,3	35	34,8	38,8	38,9
32,6	32,4	35	34,8	38,8	39
32,6	32,4	35,1	34,8	39	39,1
32,6	32,5	35	34,8	39	39,2
32,6	32,5	35,1	34,9	38,9	39,2
32,7	32,5	35	34,9	39,2	39,4
32,7	32,5	36,2	36,1	39,3	39,5
32,8	32,5	36,2	36,1	39,3	39,5
32,7	32,5	36,2	36,2	39,4	39,5
32,8	32,6	36,3	36,2	39,4	39,6
32,8	32,6	36,3	36,2	39,5	39,6
32,8	32,6	36,3	36,2	39,4	39,7
32,8	32,6	36,2	36,2	39,5	39,7
32,9	32,6	36,3	36,2	39,6	39,9
32,9	32,6	36,2	36,2	39,6	39,9
32,8	32,6	36,3	36,2	39,6	39,9
32,8	32,7	36,1	36,2	39,7	40
32,9	32,7	36,3	36,3	39,7	40
32,9	32,7	36,4	36,3	40	40,2
32,9	32,7	36,4	36,3	40	40,3
33,1	32,8	36,5	36,4	40,1	40,4
33	32,8	36,5	36,4	40,1	40,4
33	32,8	36,4	36,4	40,2	40,5
33,1	32,8	37,2	37,1	40,2	40,5
32,9	32,8	37,3	37,2	40,4	40,7
33	32,9	37,3	37,2	40,5	40,7
33,2	33	37,3	37,3	40,2	40,7
33,2	33,1	37,3	37,3	40,4	40,8
34,3	34,1	37,4	37,3	40,5	40,9
34,4	34,2	37,4	37,3	40,5	40,9
34,4	34,2	37,4	37,4	40,5	41
34,4	34,2	37,5	37,5	40,7	41
34,4	34,2	37,5	37,5	40,6	41,1
34,4	34,2	37,5	37,5	40,5	41,1
34,4	34,2	37,6	37,6	40,9	41,3

Tabla 3 Datos obtenidos del Instrumento y el Termómetro Patrón

Los datos obtenidos anteriormente (Instrumento) presentan un porcentaje error de 1.08%, ocasionado por la linealización del termistor. La corrección de este error se realiza por medio de software utilizando el análisis de Regresión y el análisis de correlación. El análisis de regresión es útil para averiguar la forma probable de la relación entre las variables; el objetivo final es predecir o estimar el valor de una variable que corresponde a un valor determinado de otra variable (Interpolación). Por otra parte, el análisis de correlación se refiere a la medición de la intensidad de la relación entre las variables.

De acuerdo a lo anterior, al realizar la regresión exponencial del Instrumento Vs termómetro patrón (Ver Figura 11) se obtiene un valor de porcentaje muy pequeño de 0,01%, haciendo muy confiable la medición de la Temperatura Corporal.

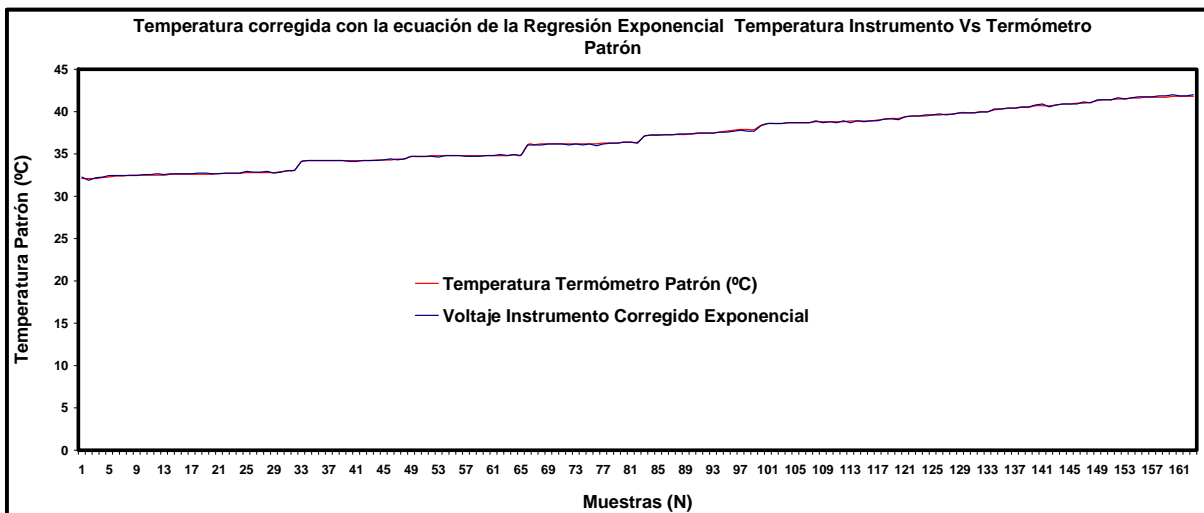


Figura 11 Regresión Exponencial de la Temperatura del Instrumento Vs Termómetro Patrón

DAISSY CAROLA TOLOZA CANO
Director del Proyecto