



SISTEMA ELECTRÓNICO PARA MEDIR, EVALUAR Y CONTROLAR TEMPERATURA, HUMEDAD Y LUZ EN INCUBADORAS NEONATALES

Ana Laura. López Orocio ^a, Pérez Juárez Jeannette de San Juan ^a, Cervantes Valdovinos Raymundo Alejandro ^a,

^a Universidad Politécnica Bicentenario, Carretera. Silao - Romita Km. 2 Col. San Juan de los Durán
alopez@upbcentenario.edu.mx

RESUMEN

El campo de la ingeniería biomédica ha venido a ser de vital importancia, en el mundo de la medicina, de tal manera, el siguiente trabajo se realizó con la finalidad de tener un sistema de control eficiente para incubadoras neonatales. El sistema dispone de control de temperatura, humedad, luz, registro y vigilancia de apertura de puerta, el cual incluye un sistema de alarmas, monitoreo a través de sensores en el programa LabView utilizando como tarjeta de adquisición arduino Mega 2560, lo cual permite visualizar las medidas en tiempo real, y registrar los datos de temperatura de forma continua; todo con el fin de garantizar el buen estado de salud del neonato. El prototipo se ha diseñado para cubrir las necesidades mínimas de una incubadora hospitalaria, de modo que el personal hospitalario pueda controlar el entorno del neonato. Por otra parte se diseñó la incubadora en el software SolidWorks, para su continua construcción, obteniendo un prototipo funcional, que se convierte en un primer paso para el desarrollo de incubadoras neonatales con tecnología apropiada.

Palabras clave: Incubadora Neonatal, Neonato, Temperatura, Control, LabView, Sensor.

1. INTRODUCCIÓN

Uno de los principales problemas que existe dentro el desarrollo tecnológico en la línea de la ingeniería neonatal, es la carencia de un instrumento especializado que permita evaluar el desempeño térmico de incubadoras para recién nacidos, y además, sirva para contrastar los resultados obtenidos con los establecidos por normas internacionales. El desarrollo de la tecnología de las incubadoras hace que haya una fuerte demanda en la instrumentación eficiente del equipo, esto lleva a buscar los mejores métodos y aplicarlos para que haya un excelente manejo del mismo. Con el afán de mejorar el sistema completo de monitorización de neonatos así como facilitar el manejo completo de un instrumento médico, tal como es una incubadora neonatal, se estructuró un sistema completo de alarmas que determina los parámetros fisiológicos de un adecuado acondicionamiento del neonato. Así mismo, conjunto con el circuito de temperatura y humedad, se hizo una estructura completa de otros circuitos tales como, luz y control de puertas, esto con el afán de tener una estructura que complemente por completo el diseño del equipo.

2. MARCO TEÓRICO

La incubadora es una máquina que tiene un entorno que está cerrado y controlado, que provee calor al bebé prematuro, haciendo circular aire caliente sobre su piel. La energía calorífica puede ser transferida de cuatro maneras: conducción, convección, radiación y evaporación.



El calor es la energía térmica que se mueve (transporta) de un lugar a otro. Se dice que se desplaza de las temperaturas más altas hacia las más bajas o sea que fluye (se transfiere) sólo si hay una diferencia de temperatura. El calor es muy esencial en la vida del ser humano y en especial en la de un bebé recién nacido, por eso los diseñadores de incubadoras han hecho énfasis en el calor que la máquina le suministra artificialmente al bebé. El control de temperatura puede llevarse a cabo en dos modos: modo control aire y modo de control paciente o servo controlado.



Fig. 1 neonato y control de una incubadora neonatal

Las limitaciones más importantes de los termómetros para incubadoras son: [4]

- a. Dificultad para registrar cambios de temperatura en varios puntos dentro de la incubadora neonatal de manera simultánea, puesto que los termómetros poseen solo un sensor.
- b. Lento tiempo de respuesta; pues, los termómetros son de propósito general.
- c. Dificultad para medir con precisión, debido a la interpretación visual del usuario del rango de medición y en algunos casos el número de dígitos es insuficiente.
- d. De difícil instalación; ya que, los sensores no están preparados para instalarse en incubadoras neonatales.
- e. Dificultad para procesar datos; porque se hace de forma semi manual y la probabilidad de cometer errores de cálculo es elevada, no existe un software especializado.
- f. Resultado general deficiente; no es posible apreciar de manera ordenada y global el diagnóstico del ensayo térmico al que se sometió la incubadora neonatal.

En conclusión; el problema es la falta de un instrumento especializado que permita medir y evaluar la distribución de temperaturas en incubadoras neonatales.

1.1.1 Termorregulación

Los niños son vulnerables al enfriamiento y al sobrecalentamiento. Los recién nacidos tienen una masa metabólica mayor por las demandas de energía relacionadas con la gran área de superficie corporal y el aumento de la relación superficie masa, mientras más pequeño el recién nacido, mayor la diferencia entre la habilidad de producir calor (masa) y la pérdida de calor (área de superficie).

El instrumento de medición debe ser capaz de por lo menos:

- Registrar temperaturas con 0.5 °C de resolución.
- Registrar temperaturas en el rango de +20°C hasta +43°C
- Registrar temperaturas con una exactitud de +/-0.2°C
- Registrar temperaturas con una precisión de +/-0.5°C
- Contar al menos con siete sensores de temperatura, ampliables a nueve.



Hay distribución de puntos de evaluación en la superficie de una incubadora, hay condiciones de temperatura que se deben cumplir, los cuales se muestran en la figura 2, el error máximo en estado estable debe ser de 0.5 °C.

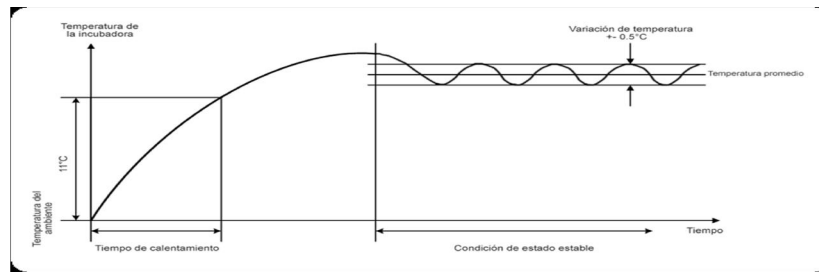


Fig. 2 Temperatura vs. Tiempo en un sistema de incubadora

Existe el uso de la Norma de NOM-066-SSA1-1993 la cual indica las siguientes condiciones: [7]

- ✓ Temperatura: 293 K a 305 K (20°C a 32°C)
- ✓ Humedad relativa: 60% ± 20%
- ✓ Presión barométrica: 75.4 kPa a 100.1 kPa (580 mmHg a 770 mmHg).
- ✓ Velocidad del aire: 10 a 15 cm/seg.

Las características y cualidades que se cumplen en dichos circuitos son las siguientes:

- ✓ Medición de la concentración de calor en un punto
- ✓ Control de temperatura
- ✓ Humidificación del ambiente
- ✓ Sistema que minimice los ruidos

1.1.2 Sensor DHT11

El DHT11 es un sensor básico de humedad y temperatura de costo reducido. Usa un sensor de capacidad para medir la humedad y un termistor para medir la temperatura del aire que lo rodea. Está diseñado para medir temperaturas entre 0 y 50°C con una precisión de $\pm 2^\circ\text{C}$ y para medir humedad entre 20% y 80% con una precisión de 5% con periodos de muestreo de 1 segundo. El formato de presentación es una pequeña caja de plástico de 15.5mm x 12mm x 5.5mm con una cara en la cual tiene una rejilla que le permite obtener las lecturas del aire que lo rodea.

2. PARTE EXPERIMENTAL

El sistema se desarrolló para permitir al usuario hacer mediciones simultáneas de temperatura, luz, humedad en varios puntos de la incubadora. Previamente se caracterizó el sensor de temperatura y humedad con el sensor LM35. Mediante LabView – Arduino se hizo la detección de temperatura y humedad utilizando el sensor DHT11, por ser un dispositivo con mayor precisión del cual depende el control de alarmas.

El sistema de control maneja temperaturas lineales acorde al sensor LM35. Las alarmas de encuentran en relación a la importancia de los valores normales de temperatura en el recién nacido a término, los cuales se muestran en la tabla 1.



Tabla 1. Valores normales de temperatura en el recién nacido a término (OMS 1997)

| Condición | Temperatura |
|--|----------------|
| Temperatura corporal central normal (axilar) | 36.5 a 37.5 °C |
| Temperatura de piel (abdominal) | 36.0 a 36.5 °C |
| Hipotermia Leve (corporal o piel) | 35.5 a 35.9 °C |
| Hipotermia moderada (corporal o piel) | 31.5 a 35.4 °C |
| Hipotermia grave (corporal o piel) | < 31.5 °C |

Se caracterizó el sensor de temperatura para la obtención de datos con un mínimo error, donde el porcentaje de error fue de 1.5%, mediante la ecuación:

$$\% \text{ Error} = \left| \frac{\text{Valor}_{\text{real}} - \text{Valor}_{\text{experimental}}}{\text{Valor}_{\text{experimental}}} \right| \times 100 \quad (1)$$

Se adquirió los valores de temperatura en relación a voltaje para caracterizar al sensor como se muestra en la figura 3, en donde se utilizó la plataforma Proteus, así como el circuito en arduino para su despliegue de temperatura.

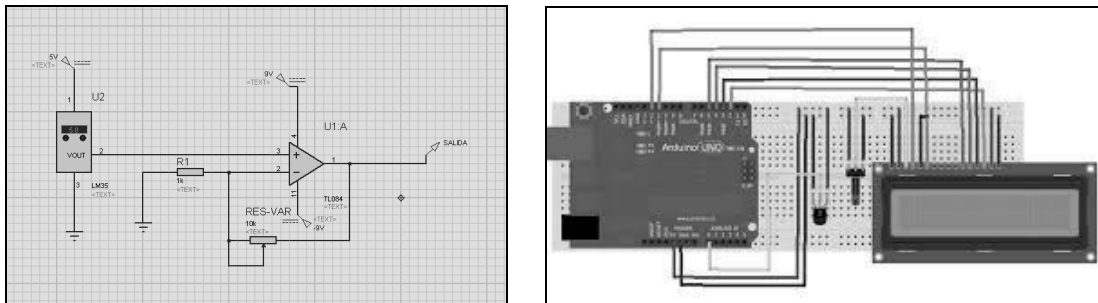


Fig. 3 Circuito para la adquisición de la señal simulado en proteus

El sistema tiene la funcionalidad de visualizar y adquirir mediciones de temperatura, luz, humedad en tiempo real, calibra los sensores y las alarmas, controla la apertura de puertas, guarda y revisa mediciones realizadas, así como poder adaptar en el sistema una exportación de datos a Matlab o Excel. Integrado al sistema electrónico se encuentra la pantalla LCD, la cual muestra al usuario la temperatura actual en la burbuja del neonato. (Fig. 5).

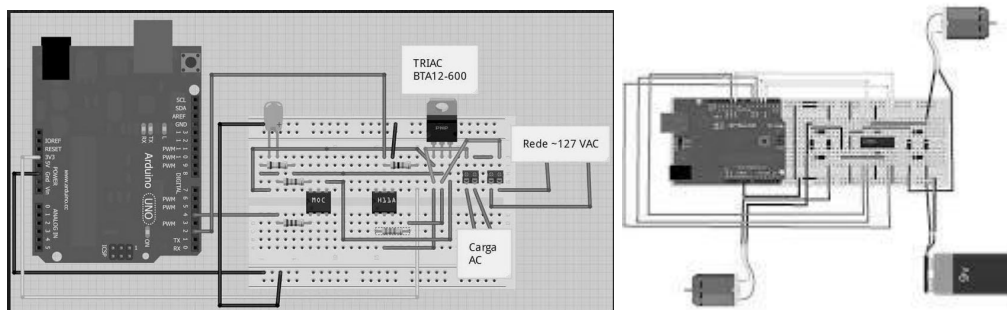


Figura 4 a) Control de iluminación b) Control de giro y velocidad de las puertas

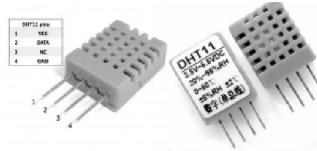


Figure 5 Circuito final funcionando, sensor de temperatura DHT11

Con la realización del circuito de iluminación y el controlador de puertas a través de un motor se finalizó la realización de los cinco circuitos con mayor importancia dentro del rango de especificaciones que se plantearon.

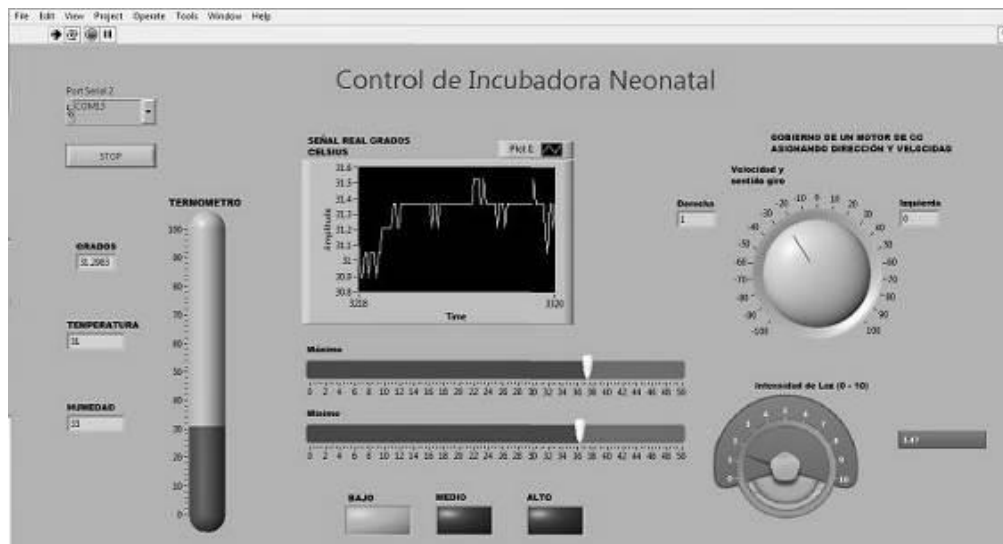


Figura 6 Pantalla de control en LabView

En la figura 4 se muestra el control del circuito del motor, así como el circuito de control para la iluminación. La realización de prototipo de la incubadora será la base y el diseño previo a la muestra en físico próxima a presentar, con las siguientes especificaciones en la colocación de áreas: (Fig. 7)

- 1 Sistema de iluminación
- 2 Lugar del Neonato
- 3 Sistemas de control
- 4 Control de desplazamiento

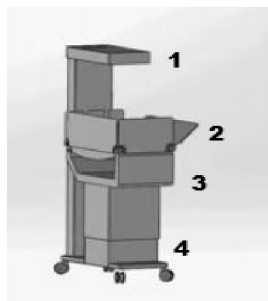


Figura 7 Prototipo Solid Works



La etapa de alarmas consistió en hacer una interfaz de control de la función de sensor, pues con ellos se marcaría tanto los rangos de temperatura, y tales como altos, bajos e intermedios, cada uno preparado específicamente para reaccionar de acuerdo a la situación que se presente, Se cumplieron los rangos de temperatura según la norma NOM-066-SSA1-1993, el cual indica el rango de mando de temperatura de la incubadora.

3. CONCLUSIONES

El sistema realizado cumple con los objetivos propuestos, el cual cuenta con control de temperatura, humedad, luz, registro y vigilancia de apertura de puerta, el cual incluye un sistema de alarmas, monitoreo a través de sensores en el programa LabView utilizando como tarjeta de adquisición la tarjeta Arduino Mega 2560, lo cual permite visualizar las medidas en tiempo real, y registrar los datos de temperatura de forma continua; todo con el fin de garantizar el buen estado de salud del neonato.

De acuerdo a las especificaciones que se plantearon se logró consolidar un sistema completo de monitorización para implementar en una incubadora neonatal, fácil de manejar para cualquier personal, y con un costo bajo de precio. Se finalizó en LabView un código en paralelo versátil, capaz de realizar el control de todos los circuitos principales. Se consolidó el prototipo de diseño en Solid Works (Figura 5), ya que este mismo será nuestro principal molde a seguir para la realización del prototipo funcional. El prototipo se ha diseñado para cubrir las necesidades mínimas de una incubadora hospitalaria, de modo que el personal hospitalario pueda controlar el entorno del neonato.

4. REFERENCIAS

1. Cuñaro A., *"Monitorización de Pediatría"*, Hospital Universitario Fundación Alcorcón, Madrid, Abril 2008.
2. Meneses A. Toloza D., *"Diseño y construcción de un monitor de signos vitales basado en una computadora portátil"*, Dalcame, 25 Abril 2006.
3. Barrios A., *"Desarrollo del Software del sistema embebido de la burbuja artificial neonatal"*, Universidad Pontificia Católica de Perú, Lima, 2006.
4. Restrepo L. Durango N. Gómez N., *"Prototipo de Incubadora Neonatal"*, Escuela de Ingeniería de Antioquia, Universidad CES, Medellín Colombia, Mayo 1 2007.
5. Zaragoza I. Gómez Y. Cabrera G., *"Diseño y construcción de un prototipo de incubadora controlado por lógica difusa"*, Instituto Politécnico Nacional, Unidad Profesional Interdisciplinaria de Biotecnología, La Habana, Cuba, Octubre Mayo 23 2001.
6. Cosajay L., *"Diseño e implementación de un programa preventivo para las incubadoras de bebés del área de pediatría del hospital de San Juan de dios"*, Universidad San Carlos, Guatemala.
7. Bustamante J. Cevallos A., *"Diseño e Implementación de un prototipo de incubadora neonatal en cumplimiento con la norma UNE-EN60601-2-19"*, Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, Cuenca, Julio 2013