

Prototipo de incubadora neonatal

Laura Restrepo Pérez^{1,ψ}, Natalia Durango Londoño¹, Nicolás Gómez Suárez¹,
Felipe González Ramírez¹, Nadia Rivera Bonilla¹

¹Programa de Ingeniería Biomédica EIA-CES, Línea de Bioinstrumentación, Señales e Imágenes Médicas

Recibido 14 de junio de 2006. Aceptado 10 de Diciembre de 2006.

Resumen— Las incubadoras neonatales proporcionan un entorno controlado para recién nacidos que necesitan cuidados especiales. Este prototipo ha sido diseñado para cubrir las necesidades mínimas en los hospitales, de modo que el personal médico pueda controlar el entorno del neonato.

Este artículo reporta el diseño y construcción de un prototipo que incluyó una investigación con el fin de seleccionar y construir los elementos del prototipo: chasis, cúpula, portacolchón y una fuente de poder. Dentro de la incubadora se dispusieron sensores de temperatura, luminosidad, ruido, humedad y una alarma de apertura de la puerta; todos con el fin de garantizar el buen estado de salud del neonato. Con estos elementos, se pudo obtener un prototipo funcional, que se convierte en un primer paso para el desarrollo de incubadoras neonatales con tecnología apropiada.

Palabras clave— Incubadora neonatal, Cúpula, Fuente de poder dual, Protección al neonato.

Abstract— Newborn and premature infants incubators provide a controlled environment for infants which need special care. The constructed prototype has the potential to cover the minimal needs in a hospital, in a way that medical staff may control the newborn environment.

This article reports the design and construction of the prototype included research for selecting and building the elements of the prototype: the chassis, hood, mattress case, and a power source. Different transducers were included in the incubator for measuring temperature, luminosity, noise, humidity, and a door alarm. The purpose of these was to guaranty the proper conditions for the newborn. The constructed prototype is fully functional and constitutes a first step for building newborn incubators with appropriated technology.

Keywords— Newborn incubator, Hood, Dual power source, Newborn welfare.

I. INTRODUCCIÓN

Una incubadora neonatal es un dispositivo médico utilizado principalmente para generar un ambiente en el que se controlan diferentes variables importantes para el desarrollo de los recién nacidos [1, 2].

La necesidad de las incubadoras neonatales surgió debido a los constantes partos de bebés prematuros, los cuales, sin un medio adecuado que simule el vientre de su madre, corren el riesgo de no morir [1-3].

Inicialmente, las incubadoras sólo suplían necesidades básicas de los neonatos, mediante el control de variables

como temperatura, humedad y luminosidad. Su diseño era sencillo, aunque su manejo era complejo para el personal médico, lo cual implicaba mucha atención y un constante chequeo. Debido a que la incubadora se convirtió en el medio principal para la atención de neonatos, surgió una gran demanda por ésta en el sector salud.

Gradualmente, se ha trabajado en pro de mejorar aspectos como el diseño, la seguridad, el control preciso de variables, entre otros; por esto durante los últimos años la Ingeniería Biomédica se ha enfocado en el desarrollo de tecnología para estas incubadoras, de modo que cada recién nacido tenga más posibilidades de sobrevivir y su desarrollo

sea óptimo, a la vez que se posibilite al personal asistencial un manejo relativamente sencillo de las variables médicas. Esto se ve reflejado en el gran número de prototipos de incubadoras neonatales con ideas de diseño y control innovadoras que han realizado diferentes grupos de investigación [1-3].

En la actualidad, se pueden encontrar incubadoras neonatales en prácticamente todos los hospitales y clínicas; éstas son cada vez más seguras y fáciles de controlar por el personal médico.

Cada uno de los componentes mecánicos y físicos que forman la incubadora, así como los sensores que miden las diferentes variables, deben estar sincronizados y en perfecto funcionamiento para que el microambiente del neonato no se altere.

Dos componentes fundamentales de una incubadora neonatal son la cúpula y el chasis. La cúpula es esencial para mantener los medios necesarios para el neonato. Por su parte, el chasis contiene la fuente de poder y los sensores que alertan en caso de falla, para la protección del neonato.

La cubierta o cúpula es la responsable de aislar al bebé y crear una barrera entre el ambiente externo y el microambiente generado por la incubadora; esto significa que lo protege de situaciones como corrientes de aire, bajas temperaturas, entre otros.

La cubierta debe cumplir ciertas características especiales; debe permitir la visibilidad del bebé y estar hecha de un material que no reaccione con el oxígeno, para evitar la corrosión en casos donde sea necesaria la oxigenoterapia.

Generalmente se utiliza un material acrílico que contiene cierto porcentaje de polipropileno y otros polímeros, y tiene aproximadamente 6mm de grosor, suficientes para aislar el ambiente externo del microambiente de la incubadora.

Las medidas estándares de una incubadora son 90cm de largo, 40cm de anchura y 45cm de altura [8].

La cúpula debe tener diferentes puertas de acceso para facilitar el cuidado del neonato, reducir al mínimo la pérdida de temperatura y, en general, evitar cambios bruscos en el ambiente interno y el menor contacto con el medio exterior.

Las incubadoras cuentan con dos puertas frontales, dos laterales y dos posteriores, cada una cubierta por un plástico especial para atenuar la pérdida de calor; además, cuentan con una puerta grande en la parte frontal, por donde se introduce el bebé [3].

El chasis es la base metálica de la incubadora. En él se encuentran los diferentes sensores y la fuente de poder, y sobre él se localiza el portacolchón. Debe construirse con

un material resistente que soporte el peso del neonato y de la cúpula, además de ser altamente termorresistente, para que no se deforme fácilmente debido a las temperaturas que se registran tanto dentro de la incubadora como en el chasis [3].

La fuente de poder constituye la fuente de alimentación de los componentes eléctricos de la incubadora; para ello debe convertir el voltaje de corriente alterna (Vac) que suministra la red de alimentación eléctrica (aproximadamente 110V a 60Hz) a un voltaje de corriente directa de 5V. A continuación se describe el funcionamiento de la fuente de poder (Fig. 1).

1. Transformación.

Se lleva a cabo por un transformador en bobina, que reduce la tensión de entrada que brinda la red eléctrica, a una tensión mucho menor. Sin embargo, el voltaje sigue variando en el tiempo.

2. Rectificación.

La corriente que llega de la red eléctrica sufre variaciones de voltaje en su línea de tiempo. Lo que se busca con esta fase, es pasar de voltaje de corriente alterna a voltaje de corriente continua, a través de un puente rectificador o de *Grates*. El rectificador elimina el componente negativo de la onda sinusoidal.

3. Filtrado.

Después de pasar por el rectificador, el voltaje todavía no es apto para su uso porque no es continuo, por esto debe someterse a un proceso de filtrado que consiste en aplanar al máximo la señal para que no haya oscilaciones. Esto se consigue con uno o varios condensadores que retienen la corriente y la dejan pasar lentamente para suavizar la señal.

4. Estabilización.

Después de pasar por el proceso de filtrado, se obtiene una señal continua. Sólo resta estabilizarla por completo, para que no cambie su salida, aunque haya pequeñas variaciones en la fuente de entrada. Esto se consigue con un regulador [4].

II. MATERIALES Y MÉTODOS

A. Materiales

Acrílicos (2mm de grosor), lámina de acero inoxidable calibre 18, rejilla para circuitos, tela y algodón de silicona, reguladores LM317 y LM337, diodo 1N4007, transformador 502, fusible, interruptor y puente rectificador.

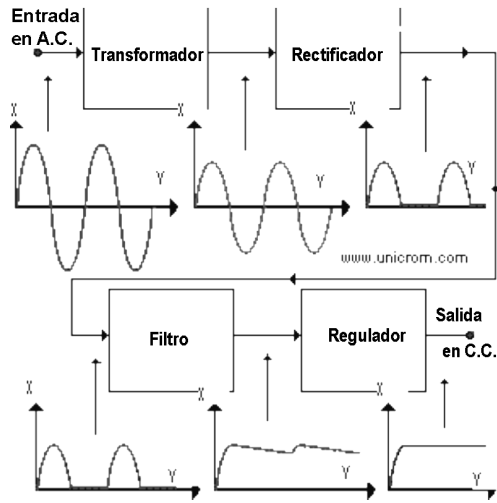


Fig. 1. Diagrama de bloques de una fuente de poder [5].

B. Métodos

Se consultaron diferentes fuentes bibliográficas y se realizaron visitas a hospitales para conocer el funcionamiento y características de las incubadoras reales.

Posteriormente, se procedió al diseño del prototipo. Los planos del diseño se observan en la Fig. 2. La cúpula, el chasis y portacolchón, fueron diseñados conjuntamente; se pensó en el microambiente del neonato, en una fácil manipulación para el personal médico y en el funcionamiento de los sensores.

La construcción del prototipo se llevó a cabo con la ayuda de instrumentos adecuados de acuerdo con cada material y con la colaboración de personal experto en acero inoxidable y acrílico. Para la construcción de la cúpula, se empleó acrílico transparente de 2mm de grosor con el que se formó un hexágono regular (45cm x 22cm x 30cm), que se dispuso sobre la superficie metálica entre el chasis y el portacolchón.

A la cúpula se le hicieron una puerta frontal y dos accesos circulares en la parte posterior, cada uno de ellos con una puerta de acrílico transparente.

Para la fabricación del chasis, que es el elemento que sostiene el portacolchón y la cúpula, se procesó una lámina de acero inoxidable calibre 18, doblado de presión y se le aplicó una soldadura especial para este tipo de material.

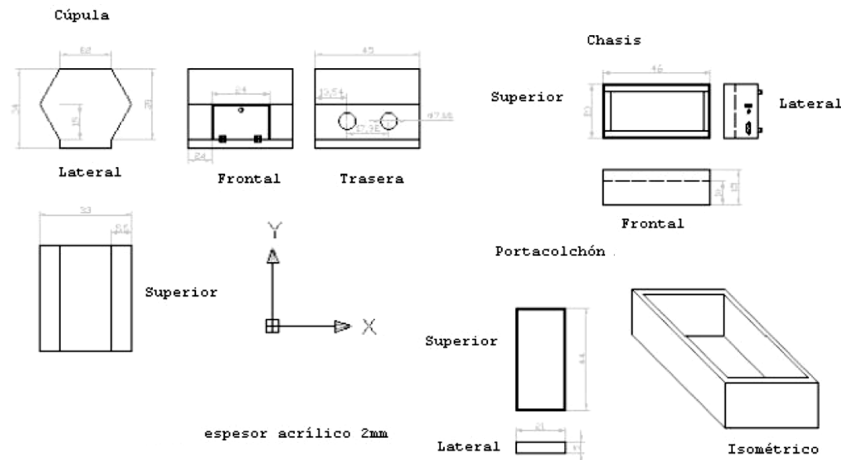


Fig. 2. Planos del prototipo. Se observan los planos de la cúpula, portacolchón y chasis.

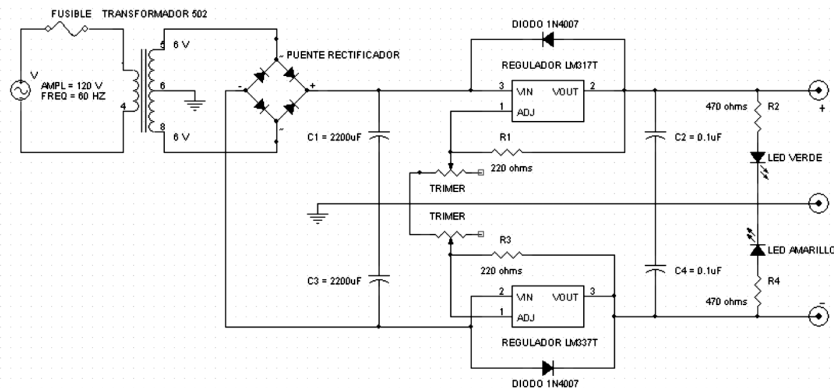


Fig. 3. Plano del circuito de la fuente de poder dual en ORCAD® [7].

Las dimensiones (45,5cm x 22,5cm x 15,0cm) del chasis se eligieron a escala 1:2 respecto al tamaño de una incubadora real; teniendo en cuenta, además, el espacio ocupado por la fuente de poder y demás circuitos que se alojan dentro. Al chasis se le adecuó una rejilla metálica, donde van apoyados los circuitos eléctricos, con el fin de aislarlos de la lámina de acero.

Dentro del chasis se dispusieron cinco sensores:

1. *Sensor de temperatura*: se activa cuando la temperatura se sale de un rango previamente establecido, generalmente entre 36°C y 38°C.
2. *Sensor de humedad*: se activa cuando la humedad aumenta, de tal modo que pueda afectar las condiciones de la incubadora.
3. *Sensor de luminosidad*: alerta en caso de un aumento de luminosidad en el interior de la incubadora.
4. *Sensor de ruido*: se activa con cierto umbral de ruido, mediante un micrófono localizado en la cúpula.
5. *Alarma de seguridad*: localizada en la puerta frontal. Mientras la puerta permanece abierta, se enciende una alarma lumínica, y si continúa abierta por más de 30s, emite una señal sonora que de inmediato alerta al personal médico.

El portacolchón (44,5cm x 21,5cm x 5,0cm), que se encuentra sobre el chasis y en la parte interna de la cúpula, se elaboró con lámina de acero inoxidable calibre 18. El colchón (44,0cm x 21,0cm x 4,5cm) se fabricó con tela antialérgica y algodón de silicona.

Adicionalmente, el portacolchón posee una hamaca que le proporciona al neonato una mejor posición, similar a la posición fetal y, por tanto, permite su mejor desarrollo [6].

Teniendo en cuenta algunas referencias consultadas, se prosiguió con la construcción de la fuente. Debido a las necesidades de algunos sensores, se optó por una fuente de poder dual, cuyo plano se observa en la Fig. 3.

Finalmente, se complementó el funcionamiento de la fuente con un interruptor y un fusible, para facilitar el trabajo de los circuitos de la incubadora.

III. RESULTADOS

Según las pruebas y ensayos realizados, el prototipo funcionó de manera adecuada para proporcionar un microambiente apropiado al neonato. De otro lado, se construyó un sistema de alimentación de sensores adecuado. En las Fig. 4, 5 y 6 se observan los modelos finales del chasis, el portacolchón y la fuente dual, respectivamente. Los resultados específicos del funcionamiento de cada uno de los sensores, así como sus esquemas electrónicos no se inclu-

yen en este artículo. En la Fig. 7 se presenta el prototipo final de la incubadora.



Fig. 4. Prototipo final del chasis.

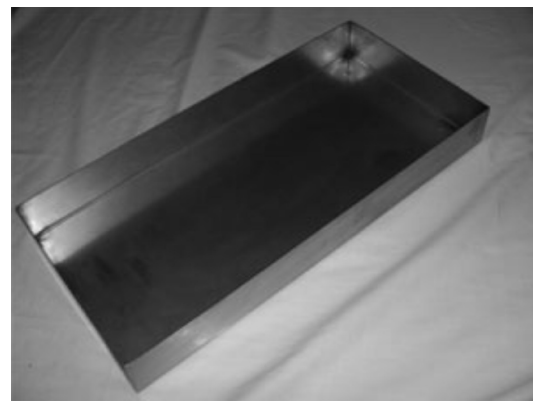


Fig. 5. Prototipo final del porta colchón.

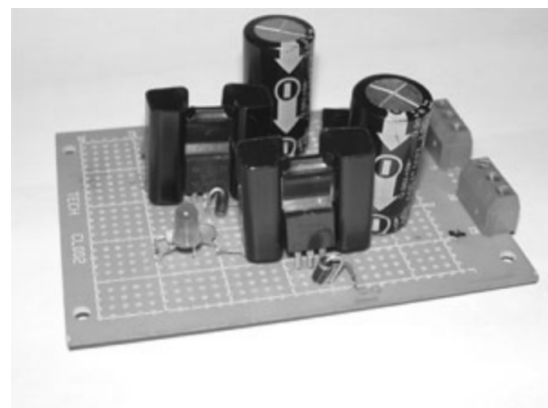


Fig. 6. Fuente de poder dual.



Fig. 7. Incubadora terminada.

IV. DISCUSIÓN

Gracias al proceso de investigación, diseño y construcción, se cuenta con un prototipo capaz de proporcionar condiciones seguras y cómodas al neonato, que le permiten un adecuado desarrollo. Es de gran importancia resaltar que la estructura de la incubadora cumple con las normas de diseño requeridas, que señalan que no se debe afectar el ambiente interno del neonato y deben proporcionarle seguridad. Para esto, se tuvieron en cuenta elementos como el fusible y la rejilla que se encuentra en el chasis; ambos pueden ser de gran utilidad para prevenir daños en el neonato y en el prototipo.

El acrílico fue un material adecuado para el diseño de la cúpula de la incubadora, pues garantiza el aislamiento del neonato en un microambiente propicio, además, proporciona una buena visibilidad, por ser un material traslúcido. El acero inoxidable, por otra parte, proporciona gran resistencia, y fue una decisión acertada para la construcción del chasis.

V. CONCLUSIÓN

Se desarrolló un prototipo de incubadora neonatal, que consta de dos partes principales: una *mecánica*, que comprende la cúpula y el chasis, y una *eléctrica*, formada por

una fuente de poder dual. El prototipo cumple con las condiciones mínimas requeridas en el diseño de incubadoras neonatales, pero debido a diversas limitaciones quedan algunos aspectos importantes por mejorar en trabajos futuros.

En la construcción de una incubadora real, los estándares de calidad son mucho más elevados, pero la aproximación con el prototipo desarrollado establece bases importantes para llegar a un equipo que cumpla los estándares clínicos.

La metodología empleada en el proyecto y su planeación fueron clave para lograr el desarrollo de un buen prototipo. La planeación contribuyó al avance en cada una de las etapas de construcción del prototipo y a garantizar una buena coordinación en el momento de integrar la incubadora con los diferentes sensores, puesto que facilitó el ensamblaje y la alimentación de todos los circuitos.

REFERENCIAS

- [1] Castrillón B., Ajito E., Barrios A., Solórzano E., Tarrillo J. Burbuja Artificial Neonatal (BAN). *II Congreso Colombiano de Bioingeniería e Ingeniería Biomédica*, Bogotá, octubre de 2005.
- [2] Bayona D., García M., Sandoval J., Reyes F. Diseño e Implementación de una biomáquina para niños prematuros. *II Congreso Colombiano de Bioingeniería e Ingeniería Biomédica*, Bogotá, octubre de 2005.
- [3] Zaragoza I., Gómez Y., Cabrera A. Diseño y construcción de un prototipo de incubadora controlado por lógica difusa. *Memorias II Congreso Latinoamericano de Ingeniería Biomédica*, 2001. Disponible en: <http://www.hab2001.sld.cu/arrepdf/00281.pdf>
- [4] Ramírez J. Práctica de laboratorio N° 2 de electrónica digital, Escuela de ingeniería de Antioquia, comunicación privada, Mayo 2006.
- [5] Fuente de poder, fuente de alimentación: diagrama de bloques. Julio de 2006. Disponible en: http://www.unicrom.com/Tut_fuentepoder.asp
- [6] Cabral M. Mayo de 2006. Disponible en: <http://wbloggar.com/marcelo/images/babyceara.jpg>
- [7] Electronica Estudio. Fuente de poder dual variable. Julio de 2006. Disponible en: <http://www.electronicaestudio.com/docs/fd30catalogo.pdf>
- [8] Food and Drug Administration. Neonatal and neonatal transport incubators—Premarket notifications (1998). May 2006. Disponible en: <http://www.fda.gov/cdrh/ode/incubator.pdf>