

# DISEÑO DE UNA CUNA RADIANTE CON UNIDAD DE FOTOTERAPIA

Aliexandr Quintanar Sandoval (1), Dr. Josué del Valle Hernández (2)

1 [Ingeniería Mecatrónica, Instituto Tecnológico de León] | Dirección de correo electrónico: [zander.quintanar@gmail.com]

2 [Departamento de Metalmecánica, Ingeniería Mecatrónica, Campus 2, Instituto Tecnológico de León] | Dirección de correo electrónico: [josue.delvalle@itleon.edu.mx]

## Resumen

En México, el Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) reporta que hasta el 10 por ciento de los nacimientos registrados en esa institución son prematuros. Una de las complicaciones que presentan es la pérdida de calor por el cambio brusco de temperatura. Otra complicación es la ictericia, una coloración amarillenta de la piel del recién nacido debido a la mala secreción de la bilirrubina.

El objetivo de este proyecto es realizar la primera etapa para el diseño de una cuna radiante que cumpla con los requerimientos de funcionalidad; para esto se realizó un estudio de necesidades con especialistas y enfermeras del área de neonatología para determinar dichas características. Se enfocó en el estudio de la termorregulación del recién nacido y del tratamiento de la ictericia para seleccionar los sistemas de control de temperatura y lámparas de fototerapia más adecuados; así como en las necesidades de movimiento y operación para lograr diseño mecánico que pueda operar de manera eficiente

Se alcanzó la propuesta del sistema de control de las unidades de calefacción, fototerapia y movimientos de subsistemas como altura e inclinación. Este diseño cuenta con una interfaz amigable controlada con una pantalla táctil y que puede mandar mensajes a dispositivos móviles para alertar de cualquier variación de temperatura en el neonato

## Abstract

In Mexico, the Mexican Social Security Institute (IMSS) reports that up to 10 percent of births in that institution are premature. One of the complications presented is the loss of heat by the sudden change in temperature. Another complication is jaundice, a yellow discoloration of the skin of the newborn due to poor secretion of bilirubin.

The objective of this project is to make the first step towards designing a radiant crib that meets the requirements of functionality, in order to achieve this, a needs assessment with specialists and nurses in the area of neonatology was performed to meet these characteristics. We focused on the study of newborn thermoregulation and treatment of jaundice to select the temperature control systems and more adequate phototherapy lamps and in the movement and operation needs to achieve a mechanical design that can operate efficiently.

We reached a proposal for the control system of heating units, phototherapy and movements of subsystems such as height and angle, this design features a touch screen controlled with a friendly interface and can send alerts to mobile devices to alert any variation of temperature in the newborn.

## Palabras Clave

Diseño, Análisis, Temperatura, Fototerapia, Neonatos

## INTRODUCCIÓN

A pesar de los grandes avances que se han registrado en México para disminuir la muerte de mujeres embarazadas y de recién nacidos, en el país aún se registra un promedio de 8.3 muertes de mujeres embarazadas por cada 10 mil casos de gestación. Estas son las cifras que reconoce la Organización Mundial de la Salud (OMS). [1] Asimismo se registran 15 muertes perinatales (desde fetos hasta recién nacidos) por cada mil embarazos atendidos. Esto depende mucho de las características que tenga el centro que recibe a estos bebés y si dichos centros se encuentran bien dotados con la tecnología, estos bebés pueden tener una sobrevivencia que alcance hasta un 80%, mientras que los bebés prematuros tardíos tienen una sobrevivencia arriba del 95%.

Uno de los principios básicos de la neonatología es proporcionar al recién nacido condiciones térmicas favorables para su desarrollo; para lograr este propósito, en los hospitales, maternidades y salas de asistencia neonatal, es común el uso de equipos médicos como cunas de calor radiante e incubadoras.

### Regulación de la temperatura en el recién nacido [2].

Durante el embarazo los mecanismos de termorregulación maternos mantienen la temperatura estable a 37.5°C aproximadamente. Al momento del nacimiento el recién nacido (neonato) se enfrenta a un ambiente de hasta 15°C por debajo de la temperatura normal, disminuye entonces su temperatura cutánea y empieza a operar su sistema regulador autónomo para producir calor en respuesta al ambiente frío.

### Ictericia en recién nacidos [3]

La ictericia es la coloración amarillenta de la piel y tegumentos causada por la fijación de bilirrubina principalmente en el tejido graso subcutáneo. (Imagen 1). La ictericia es un trastorno que se presenta de manera frecuente en el 70% de los recién nacidos prematuros.



**IMAGEN 1: Comparación bebé saludable con uno presentando Ictericia (Ictericia, 2002).**

La bilirrubina es el producto resultante de la descomposición normal de los glóbulos rojos. En el recién nacido el 70% de la bilirrubina proviene de la degradación de la hemoglobina. La ictericia aparece cuando la bilirrubina se acumula más rápido de lo que el hígado del recién nacido es capaz de descomponer y eliminarla del cuerpo, ya que el hígado del recién nacido todavía se está desarrollando y su inmadurez no le permite eliminar la cantidad adecuada de bilirrubina de la sangre.

Los dos métodos de tratamiento comúnmente utilizados para disminuir el nivel de bilirrubina no conjugada son la fototerapia y la transfusión exsanguínea.

### Fototerapia

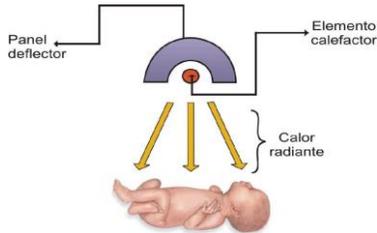
La fototerapia es el empleo de luz visible para el tratamiento de ictericia en el recién nacido. El niño se expone, desnudo, a la luz en la parte azul del espectro 425 a 475 nm. Esta terapia baja o evita que continúe incrementando el nivel de bilirrubina por transformación de la bilirrubina en isómeros solubles en agua que pueden ser eliminados en el hígado.

La tasa de formación de isómeros solubles de la bilirrubina depende altamente de la longitud de onda y la intensidad de la luz usada.

### Principios de operación cunas radiantes [4].

Las cunas de calor radiante son unidades diseñadas para proporcionar calor radiante a los neonatos, con el fin de que puedan mantener una temperatura corporal de 36° a 37° C.

La transferencia de energía calorífica se lleva a cabo principalmente por radiación térmica (Imagen 2), es decir, la fuente de energía calorífica se encuentra separada del receptor de calor y éste (el calor) viaja por el aire en forma de ondas electromagnéticas.



**IMAGEN 2: Transmisión de calor por radiación en una cuna radiante (CENETEC, 2004)**

El recién nacido descansa sobre una plataforma totalmente abierta al ambiente con paredes de muy poca altura que evitan caídas inesperadas y facilitan al personal médico el acceso total para realizar maniobras de intubación de sondas y catéteres.

*Partes Principales de la Cuna Radiante (Imagen 3).*

El primer bloque lo constituye la fuente de calor que puede ser de varios tipos:

- ❖ Tubos de cuarzo, cerámica, o de luz infrarroja.
- ❖ Difusores.
- ❖ Lámparas incandescentes, etc.

Un segundo bloque constituido por la unidad de control, que incluye:

- ❖ Alarmas audibles y visibles, predeterminadas por fábrica o ajustables por el operador.
- ❖ Control de calefactor manual.
- ❖ Control servo controlado.

Un tercer bloque constituido por:

- ❖ Plataforma o base sobre la cual se encuentra el colchón, paredes transparentes que pueden o no ser abatibles, con

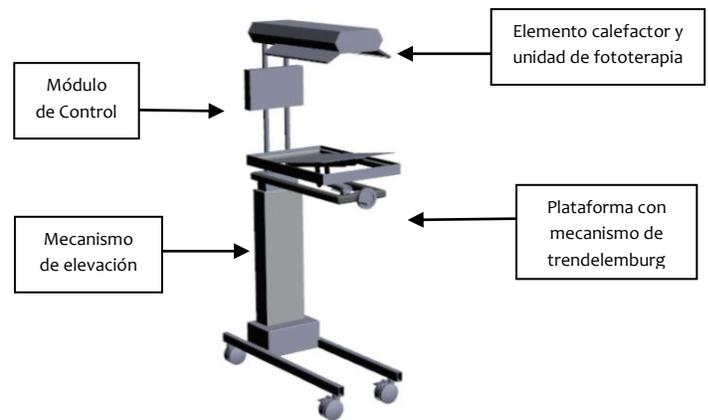
canaletas para sujeción de venoclisis, tubos de ventilación, sensores, transductores, etc.

- ❖ Portachasis para placas de rayos X.

*Tipos de Cunas Radiantes.*

Las cunas de calor radiante, por el tipo de mecanismo de control de su funcionamiento, se pueden dividir en dos grupos.

- ❖ Cunas radiantes con control manual.
- ❖ Cunas radiantes con control automático.



**IMAGEN 3: Bloques que conforman una cuna de calor radiante (Propuesta de diseño Propia)**

## MATERIALES Y MÉTODOS

La realización del proyecto se basó en la siguiente metodología para la obtención de los elementos que integran el sistema (Imagen 4)



**IMAGEN 4: Diagrama de las fases de diseño (Propia).**

## Preliminares de Diseño

Una vez realizada una investigación para ver los diferentes sistemas similares existentes en el mercado y entrevistas con neonatólogos se llegó a un análisis de necesidades y deseos, teniendo como resultado los requerimientos que el sistema debe de tener y su valoración para garantizar el correcto funcionamiento.

## Propuesta de Diseño Mecánico

Para poder realizar la propuesta de diseño mecánico se baso en la premisa de diseño de 3 bloques.

Una vez teniendo los requerimientos necesarios del sistema mecánico y el diseño preliminar, se prosiguió a un análisis de la tecnología disponible para solventar dichas necesidades.(Tabla 1).

### Mecanismo de elevación

Uno de los principales requerimientos es que la altura de la plataforma donde se postrará el bebé pueda variarse, dicho movimiento debe presentar mínimas vibraciones para evitar perturbaciones al paciente

**Tabla 1: Posibles soluciones para el sistema de elevación.**

Tecnología disponible	SOLUCIONES PROPUESTAS
Monocarrier	Actuadores lineales, ligeros y compactos que operan libres de mantenimiento con lubricación de la propia marca. Están disponibles en una variedad de tamaños, siendo útiles en diversas industrias de automatización.
Pistón Neumático /Hidráulico	Los pistones hidráulicos son elementos de tipo mecánico muy empleados en la industria debido a su gran versatilidad y su capacidad para generar fuerza sobre elementos mecánicos, requieren elementos extra
Husillo de Bolas	Son utilizados en una gran variedad de máquinas debido a su capacidad de carga. Cuenta con una tuerca giratoria compacta y rígida, que se desliza a través de su tornillo rectificad con la mínima fricción y nulas vibraciones que puedan perjudicar al proceso

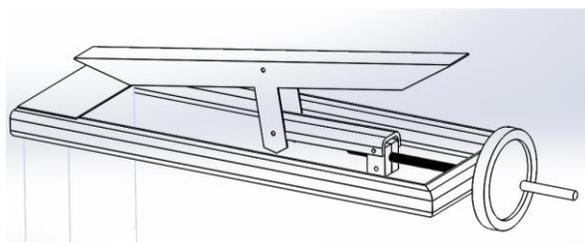
Se propuso el uso de un mecanismo basado en un husillo de bolas junto con un rodamiento lineal con brida para la elevación de la plataforma.

### Mecanismo de inclinación

Uno de los requerimientos más importantes es que la plataforma donde descansará el bebe debe tener un mecanismo de inclinación. En la práctica médica conocida como "trendelenburg o

antitrendelenburg", el cual consiste en inclinar al paciente de 0 a 15 grados para evitar asfisia gastroesofágica o mejorar la circulación a la base del corazón [4].

Para la realización de este mecanismo se optó por un método que no incluyera circuitos electrónicos; para mantener la cama aislada de cualquier descarga que pudiera ocurrir, por lo que se eligió un mecanismo de transformación con tornillo operado con una manivela (Imagen 5).

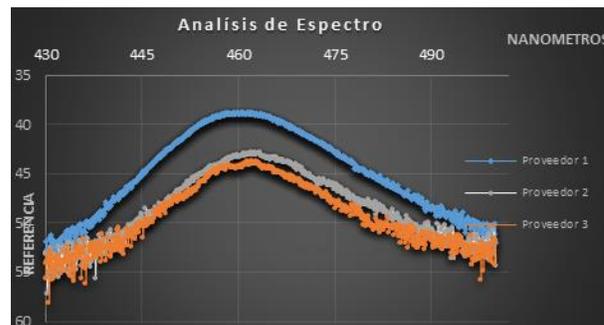


**IMAGEN 5: Mecanismo de Inclinación (Propio).**

### Diseño de elemento calefactor y unidad de fototerapia

Para realizar diseño del último bloque se vieron diferentes equipos en el mercado y se llegó a la propuesta de una unidad que cuenta con el elemento calefactor, que en este caso será una resistencia de 150 W. La lámpara a su vez contará con dos paneles de LED's en sus costados como unidad de fototerapia y un foco para intervención.

Para la selección de los LED's y con ayuda de un analizador de espectros ópticos (Optical Spectrum Analyzer, OSA), se realizó el análisis del espectro que proveen para verificar que estuvieran emitiendo luz en un ancho espectral y longitud de onda adecuada, pero sobre todo que su pico sea cercano a la longitud necesaria de 460nm (Imagen 6).



**IMAGEN 6: Análisis de Espectro de LED's de diferentes Proveedores (Propio).**

## Análisis Estático

Una vez realizado el ensamblaje y propuesta de diseño en el software de diseño, se realizó un análisis de esfuerzo/deformación en las partes más críticas del sistema para medir su fiabilidad (Imagen 7). Se puede apreciar las partes en donde se presentan los esfuerzos de la base que soportará todo el sistema.

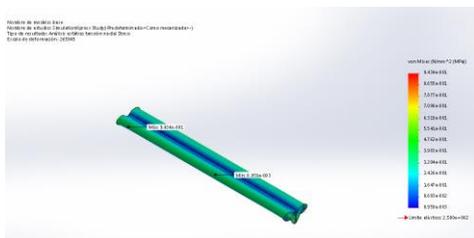


IMAGEN 7: Análisis Estático Deformación Max. 0.943418 N/mm<sup>2</sup> (MPa) (Propio).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se realizó el diseño asistido por computadora de los sistemas que integran la cuna antes mencionados. Los subsistemas de la cuna; la plataforma y la lámpara cuentan con dos grados de libertad respectivamente.

También se desarrolló y programó el sistema de control con interfaz usuario-máquina (HMI) para la regulación de la temperatura; la programación con timer de fototerapia; sistema de alarmas así como la comunicación para dispositivos móviles de estas.

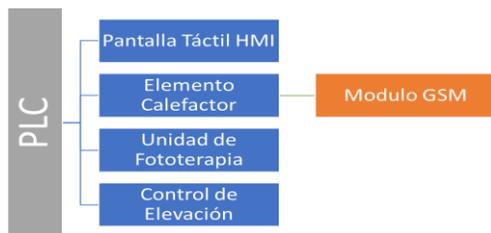


IMAGEN 8: Diagrama Esquemático de Control

**Unidad de Control Principal [5].** Basada en un PLC S7 1200 de Siemens para controlar la temperatura del recién nacido con control PID y control del tiempo de fototerapia

**Touchpanel KTP600 [5].** Con interfaz amigable para despliegue de temperatura del bebé, temperatura de control y temporizador

**Control de Temperatura.** Desde 35°C a 37.5°C con una resolución de 0.1°C con un sensor LM35

**Alarmas [5].** Auditivas y visuales, a la vez de contar con comunicación con dispositivos móviles

## CONCLUSIONES

Se llegó a la propuesta del diseño para una cuna radiante con unidad de fototerapia, la cual será capaz de satisfacer las necesidades de especialistas y enfermeras de manera satisfactoria

La correcta programación del PLC S7 1200 de Siemens con su interfaz táctil maximiza la funcionalidad del equipo, permitiendo un control preciso del elemento calefactor de manera sencilla.

El uso del módulo GSM/GPRS CP 1242-7 de Siemens permite una comunicación directa con dispositivos móviles, para alertar de manera inmediata al neonatólogo encargado del cuidado.

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco al Instituto Tecnológico de León y a la Dirección General de Estudios Tecnológicos por apoyarnos con sus instalaciones durante el desarrollo de este proyecto. Un agradecimiento especial al Dr. Josué del Valle Hernández por otorgarme la oportunidad de trabajar en este proyecto y su apoyo como asesor.

## REFERENCIAS

- [1]. Organización Mundial de la Salud, Nota descriptiva No 363, Noviembre de 2013, Recuperado 01/08/2015 de <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs363/es/>
- [2]. Llorente Alberto. (07/31/2008). TERMORREGULACIÓN (1). Recuperado 20/08/2015 de <http://www.datex-ohmeda.es/aula-bioingenieria/numero7/Tecnologia-Termorregulacion1.html>
- [3]. Pinto Fuentes Isabel (2002). Ictericia, Asociación Española de Pediatría, Servicio de Pediatría. Hospital Severo Ochoa Leganés
- [4]. Frenk J., Ruelas E., Velázquez A., Centro Nacional de Excelencia Tecnológica en Salud (México), Guía Tecnológica No2, Agosto 2005
- [5] Paso a Paso S7-1200 – Step 7 Basic v10.5; Versión 1.0 15/Sep/09; sistemasautomatizacio.n.es@siemens.com. 3-23.