

# Sistema de Control Telemétrico para una Unidad de Fototerapia en una Cuna Radiante

Josué del Valle-Hernández, Juan José Ibarra Duran, Fernando Bonilla Espinoza,  
Juan Francisco Negrete Rojas

Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de León. Depto. de Metal-Mecánica. Avenida Tecnológico S/N, Industrial Julián de Obregón, C.P. 37290 León, Guanajuato, México.

## Resumen

Este documento presenta el desarrollo de un sistema de telemetría como herramienta de apoyo para atender pacientes neonatales en una cuna radiante que hayan nacido de manera prematura que presenten signos cianóticos o pérdida de calor. El proyecto consta de un sistema de control a distancia vía internet mediante dispositivo móvil que permitirá dar seguimiento de la temperatura del neonato y del tiempo de exposición en la unidad de fototerapia desde cualquier ubicación geográfica. De igual manera, se desarrolló una Interfaz Humano Máquina mediante pantalla táctil que le brindará al médico algunas opciones de interactuar y modificar de manera presencial las funcionalidades de la unidad de fototerapia y del control de temperatura de la cuna radiante mediante un acceso restringido.

## Abstract

This paper shows the telemetry development system as a work tool for prematurely neonatal patients in a radiant cradle with cyanotic signs or loss heat. The design consists with a distance internet system control by mobile device that will allow monitoring neonate temperature and exposure time in the phototherapy unit from any geographical place. At the same time, the design permits a digital human interface machine that will allow the neonatologist to interact and modify in person the phototherapy unit functionality and the radiant cradle temperature with restricted access.

**Palabras clave:** Telemetría, Fototerapia, Cuna radiante, Neonatos

## 1. INTRODUCCIÓN

En la mayoría de los casos, los recién nacidos pueden presentar cierto tipo de complicaciones fisiológicas que pueden llegar a afectar el desempeño de sus cuerpos de muy diversas maneras (sobre todo si se trata de niños prematuros). Algunos de estos impedimentos pueden abarcar desde la ictericia [1], hasta la pérdida de calor corporal (que puede generar hipotermia e hipoglucemia), y otras complicaciones que pueden resultar benignas para el paciente [2-3].

La ictericia es la manifestación clínica de la hiperbilirrubinemia, la cual, es una condición que se caracteriza por la pigmentación amarilla de la piel y las escleras secundarias al depósito de bilirrubinas, debido a un desequilibrio entre su producción y eliminación [4]. Los neonatos son más susceptibles a esta alteración por la mayor producción de bilirrubinas en comparación con el adulto por varios factores como mayor grasa eritrocitaria, menor vida del glóbulo rojo y menor capacidad hepática para conjugar bilirrubina por la disminución en la actividad de la enzima glucoroniltransferasa, lo cual disminuye su eliminación [5].

La Hiperbilirrubinemia no conjugada es la elevación de la bilirrubina sérica no conjugada a niveles superiores a 1,3 – 1,5 mg/dl, mientras que la Hiperbilirrubinemia conjugada es la elevación de la bilirrubinasérica mayor de 1,5 mg/dl y más del 10 % de la concentración sérica total [6-7]. La Ictericia Fisiológica es aquella que aparece después de las 24 horas de vida y que se resuelve antes de los diez días [8]. Entre las alternativas que existen para el tratamiento de la hiperbilirrubinemia se encuentra la fototerapia, la cual, es la terapéutica de elección y la más difundida para el tratamiento de la ictericia neonatal. Su administración redujo en gran medida el uso de la exanguinotransfusión y no se demostraron efectos adversos en la evolución alejada de los niños tratados [9-10].

## 2. ESTRUCTURA DEL SISTEMA TELEMÉTRICO

El sistema de control a distancia se basa fundamentalmente en la construcción de una unidad de fototerapia que se divide en dos segmentos; la manipulación vía internet y la Interfaz Humano - Máquina. Cada parte de este proyecto realiza una función en específico que, en conjunto, le permitirá al Neonatólogo llevar a cabo un tratamiento más adecuado para su paciente. Como base para este sistema, se utilizó una cuna radiante que controla la temperatura ambiente de la misma, con la finalidad de que el neonato se encuentre a una temperatura constante de 36° centígrados [11] y equipada con una lámpara de leds a 460 nm [12] para la unidad de fototerapia.

Una de las principales características de la cuna radiante, es que cuenta con entradas analógicas para el sensado de la temperatura; las variables en el PLC son IW98 e IW96 [13] las cuales miden la temperatura ambiente de la cuna y la temperatura del neonato respectivamente. Con respecto a la seguridad del paciente, el botón de paro general se encuentra tanto de manera digital en el HMI, así como de manera física en un panel de control.

El sistema emplea dos salidas en el PLC: una salida analógica que es acoplada al sistema de potencia eléctrico del dispositivo que radiara calor a la cuna radiante, y una salida digital que se acopla al sistema de potencia perteneciente a la lámpara de leds de la unidad de fototerapia. La conexión de los módulos al PLC se hace configurándolos previamente con el software TIA Portal; su distribución se lleva a cabo como se muestra en la Figura 1.

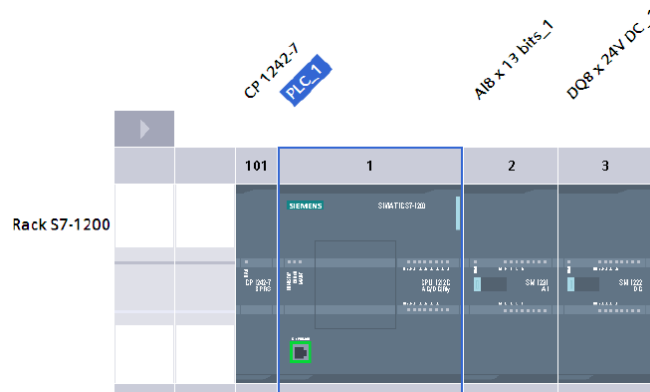


Fig. 1 Configuración del PLC y los diferentes módulos.

Las acciones que realiza el control telemétrico de la unidad de fototerapia se advierten en el siguiente esquema, donde se puede distinguir que el control funciona tanto de manera presencial, así como vía remota.

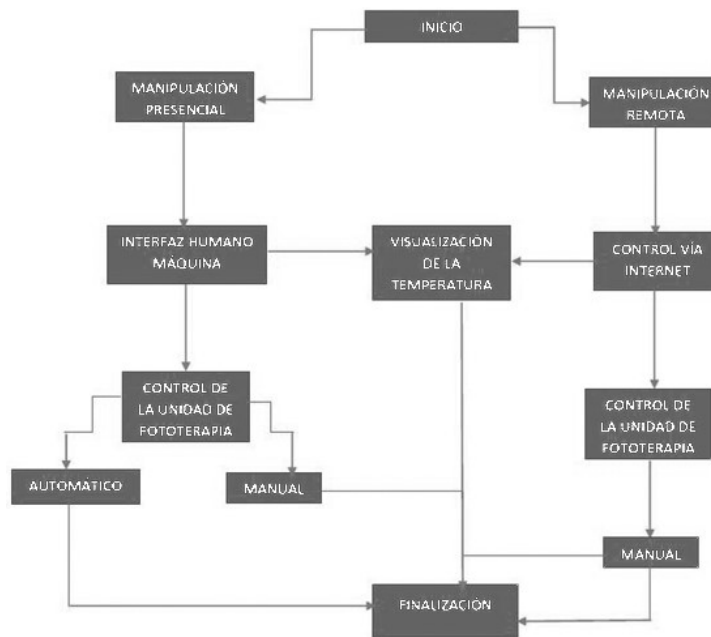


Fig. 2 Esquema del sistema de control de la cuna radiante

Los sensores de temperatura fueron configurados con el software TIA Portal a través de bloques de programación que son utilizados para comunicar un sensor análogo (el cual debe de entregar un valor de salida máximo de 10 volts), con el PLC Siemens S7-1200 CPU 1214c y el HMI Touchpanel KTP600. La relación de Voltaje y Bits recibidos tuvo que ser normalizada entre 0 y 27648 muestras de Bits. Para ello, se agregó un bloque especial llamado “SCALE\_X”, cuya función es mostrar los valores reales de temperatura. La normalización y escala de sensores se realizó por cada sensor de temperatura que se utilizó, cambiando las variables de cada uno o agregándoles un número consecutivo (Figura 3).

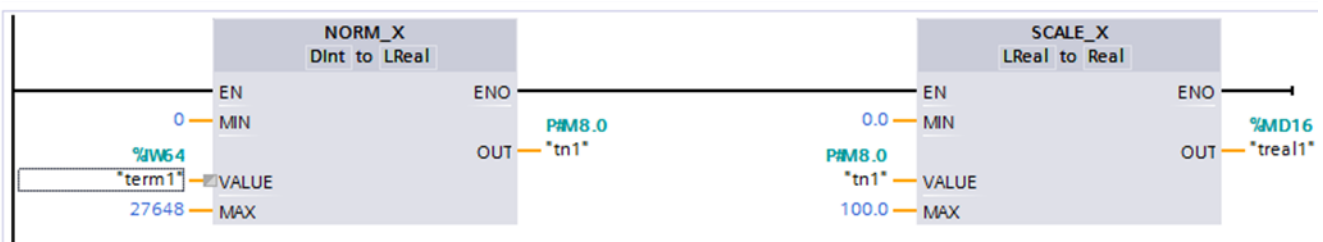


Fig. 3 Normalización de las señales del sensor

Para la elaboración de la Interfaz Humano Máquina se utilizó el HMI Touchpanel KTP600 que se enlazó con el PLC a través del TIA Portal dentro de pestaña de dispositivos y redes. Acto seguido, se realizó un diagrama escalera dentro del PLC que contiene las instrucciones necesarias para controlar las luces de la unidad de fototerapia. Para ello se asignaron dos pares de variables: un par está destinado para accionar el proceso de control de manera manual y el segundo par es para accionarlo de manera manual. Cabe destacar que cada par

de variables activa una subrutina que se encarga de realizar un proceso en específico de la unidad de fototerapia.

La imagen visual de la Interfaz Humano Máquina se logró agregando imágenes, gráficos y botones desde el apartado “objetos básicos”, en las partes que así lo requieran.

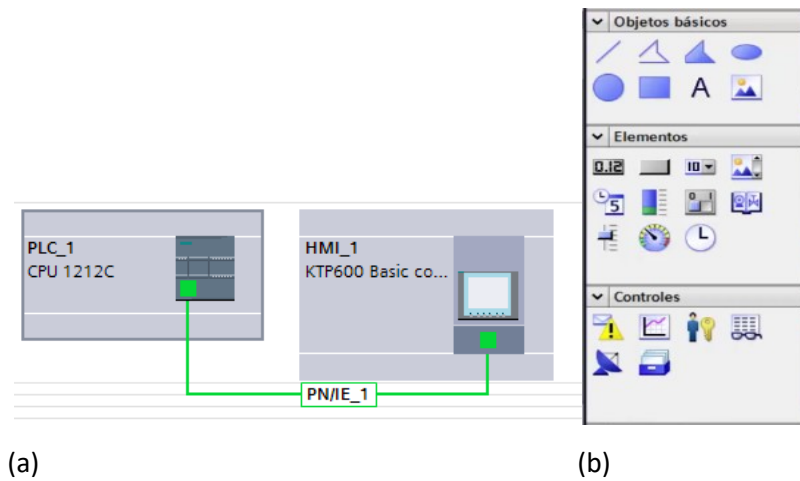


Fig. 4- (a) Enlace del PLC con el HMI. (b) Herramientas para la creación de la imagen visual de la interfaz

La página WEB que se utilizó para construcción del control por Internet es del tipo HTML, y se programó previamente en el editor de texto del block de notas de Windows. Dentro del código HTML se incluyeron las variables del control manual, así como los botones para ejecutar dichas acciones. Para comunicar el PLC con la página WEB, fue necesario poner el directorio raíz del disco duro en donde se encuentra guardada la página WEB dentro de la sección de conexiones de Internet del TIA Portal, para que, de este modo, la PC ejecute el rol de servidor.

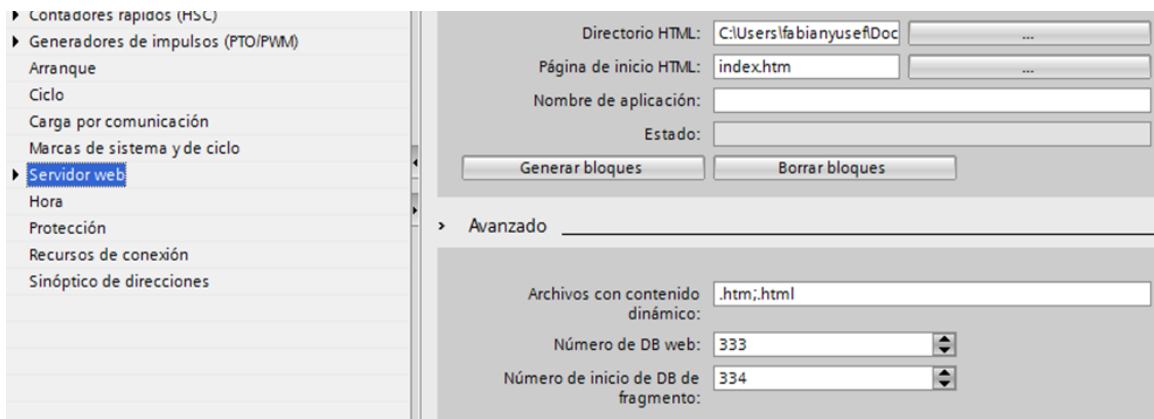


Fig. 5 Integración de la página WEB al PLC

### 3. RESULTADOS

En los resultados obtenidos se logró obtener una Interfaz Humano-Máquina mediante el HMI conformada por cuatro submenús que engloban el control de la unidad de fototerapia y la visualización del comportamiento de la temperatura de la cuna radiante. En la Figura 6 se ilustra la pantalla principal del panel de control, con dos opciones a seleccionar: Temperatura y Fototerapia. En el submenú de “Temperatura” se muestra la gráfica de la variación de la temperatura con respecto al tiempo de cada sensor, así como la temperatura promedio en el neonato. En el submenú de “Control de fototerapia” se encuentran dos botones: Manual y Automático, que permite la selección del modo de operación de la lámpara de manera autónoma, omitiendo la intervención del usuario. De otro modo, al seleccionar el modo manual, se despliega una serie de submenús con las opciones de control y programación del tiempo de exposición del neonato en la unidad de fototerapia.

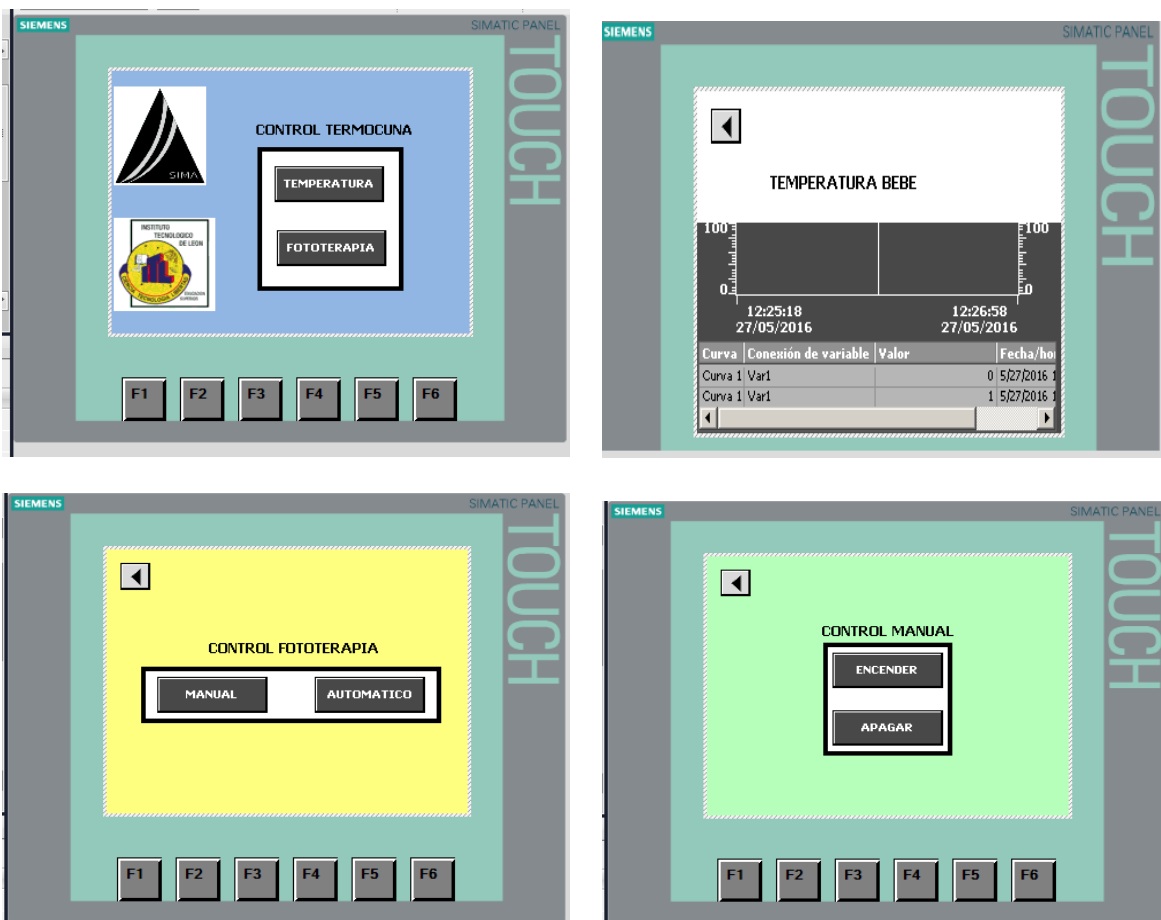


Fig. 6 Pantallas que integran la Interfaz

En la Figura 7 se ilustra la página de Internet desarrollada para la comunicación y el control remoto de la unidad de fototerapia, así como la visualización del parámetro de la temperatura. En la parte superior de la página se puede vislumbrar un indicador de temperatura, seguida de los botones de “encender” y “apagar” y un estado de la salida activada por los botones.

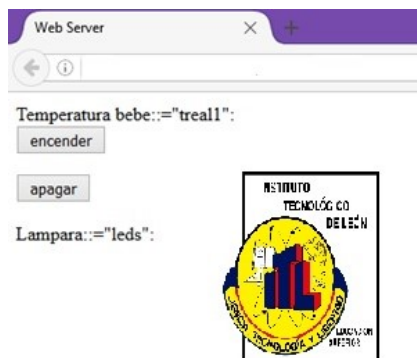


Fig. 7 Página web

#### 4. CONCLUSIONES

Con el desarrollo de este proyecto, el neonatólogo tiene una ventaja tecnológica para visualizar la temperatura del neonato y la cuna radiante, sin que su ubicación geográfica presente un impedimento para ello, brindándole la posibilidad de tomar las medidas necesarias en el momento preciso ya sea de manera remota o presencial.

#### AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer al PRODEP y al Instituto Tecnológico de León por el apoyo en infraestructura prestado para esta investigación.

#### REFERENCIAS

1. Ríos GM. Síndrome icterico del primer trimestre. Revista Chilena de Pediatría 2002, 73 (4); 399-401.
2. Dodman N. Newborn temperature control. Neonatal Netw 1987; 5: 19-23.
3. Thomas K. Thermoregulation in neonates. Neonatal Netw 1994; 13: 15-22.
4. Falcon FA, Hawkins F, Robledo MJ, et al. Hiperbilirrubinemia neonatal. Pediatrics 1994; 14:325-37.
5. Tiribelli C, Ostrow D. New concepts in bilirubin and jaundice: Report of the third international bilirubin workshop. Hepatology 1996; 24: 1296-311.
6. Uoros. Guías de pediatría práctica basadas en la evidencia. 2ª Edición, P.68
7. Martinez JC, García H, Otheguy L. Programa de Actualización en Neonatología (PRONEO). Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana, 2001: Módulo 4:114-193.
8. Graef JW. Manual de Terapéutica Pediátrica. 5ta Ed. Barcelona: Masón-Little Brown S.A, 1995: 180-188.
9. Juliana Carmen Parodi, José Lucio Meana Ibarra, José Horacio Ramos Cosimi
10. Dra. Olga Arce. ICTERICIA NEONATAL: Revisión. Médica Neonatóloga – Servicio Neonatología Hospital “JR Vidal”.
11. Juan José Ibarra Durán. Diseño y control de una lámpara radiante y un sistema de monitoreo a distancia mediante dispositivos móviles de una termocuna para neonatos en la rehabilitación de la ictericia. Instituto Tecnológico de León.

12. Aliexandr Quintanar Sandoval, Dr. Josué del Valle-Hernández. Diseño de una cuna radiante con unidad de fototerapia. Jóvenes en la ciencia: Revista de divulgación científica.
13. Kits de iniciación SIMATIC S7-1200; Referencia E20001-A1860-P272-X-7800; Impreso en Alemania; Siemens AG 2011; 22-26.

\* Correo autor: [josue.delvalle@itleon.edu.mx](mailto:josue.delvalle@itleon.edu.mx)