



Monitoreo de signos vitales en forma remota para usuarios pediátricos y neonatales

Aida Daniela Becerra Lopez, Johan Nicolás Castro Garay, Diego Fernando Godoy Rojas,
Emanuel Vanegas Arias, Jhon Wilder Velasco Díaz, Nicolás David Velásquez Fuentes
Profesor: Alejandro Mejía Ayala

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ingeniería
Bogotá, Colombia
2020

Anteproyecto

Índice

Índice	2
Definición del problema	3
Antecedentes	3
Justificación	4
Descripción del contexto (PESTAL)	5
Factores Políticos	5
Factores Económicos	6
Factores Sociales	7
Factores Tecnológicos	8
Factores Ambientales	8
Factores Legales	9
Solución propuesta	9
Objetivos	12
Presupuesto	12
Bibliografía	13

Definición del problema

La etapa neonatal del ser humano es una de las más complejas de toda su vida, ya que es aquí donde se da un cambio importante: el paso de feto a ser humano, la cual, aunque suene simple, no lo es. Durante esta etapa es de vital importancia que el infante esté bajo cuidado constante en términos de salud, ya que la mayoría de las funciones de su cuerpo se comportan de manera distinta a como funcionan en un adulto y en muchos casos, especialmente cuando se tienen madres y padres primerizos, es desconocido la forma en la que funciona el cuerpo de su bebé. Es así que si el bebé presenta hipotermia, no le prestan atención, cuando es justamente una gran razón para sospechar de múltiples afecciones al sistema del bebé, como una infección, esto por dar un ejemplo. En otro sentido, el correcto monitoreo de un infante puede reducir la tasa de mortalidad neonatal de cierta región.

Antecedentes

La monitorización a neonatos es un tema el cual se ha estudiado a gran detalle por diferentes ramas de estudio, como la enfermería, medicina, terapia respiratoria, en incluso carreras las cuales no se creerían tan afines como la ingeniería o la física. Existe una gran documentación, guías y bibliografía respecto al correcto manejo de los neonatos y la forma en que se monitorizan sus signos vitales y señales potenciales, entre estos podemos mencionar la revista técnica de enfermería de la fundación Samin de Argentina, la cual muestra una revisión técnica a dicho asunto [1]. Junto a esto se tiene el libro Manual CTO de pediatría y neonatología, el cual habla sobre la forma en la que funciona el cuerpo del neonato, explica sus signos y presenta avances en el campo del monitoreo [2].

Aunque no se hable mucho acerca de un trabajo electrónico en dicho par de antecedentes propuestos, es importante tenerlos en cuenta ya que el proyecto propuesto presenta un alto grado de interdisciplinariedad y es necesario tener un buen conocimiento, no solo en un desarrollo electrónico, si no en un ámbito médico, ético y biológico para entender lo que se desea prevenir y en un ámbito social para dar una buena atención a la población para la cual se plantea el desarrollo del proyecto. En el mercado de hoy día es posible encontrar aplicaciones de monitoreo en forma remota de diferentes señales, como es el caso de una pulsera Liip Smart Monitor, diseñada por una 'start-up' valenciana, la cual registra el pulso o la temperatura con microsensores en contacto con una pulsera hipoalergénica en bebés, es así que la pulsera Liip Smart Monitor se ha convertido en uno de los primeros dispositivos capaz de identificar los cambios en las constantes vitales de los bebés en tiempo real.

Temperatura, pulso y saturación de oxígeno en sangre son los datos registrados con microsensores de alta precisión en contacto con la pulsera hipoalergénica que se adapta al diámetro del tobillo del niño y se podría ampliar hasta los siete años [3].

Justificación

El cuerpo de un bebé de hasta tres meses de edad suele tener un comportamiento diferente al de un adulto, esto tanto en el ámbito de termoregulación y la frecuencia cardíaca, y parcialmente en la saturación de oxígeno.

Un bebé está en la capacidad de enfriar o calentar más rápido su cuerpo, sin embargo su sistema no es el todo preciso a la hora de regular su temperatura corporal en comparación a la temperatura ambiente, a esto se le llama termorregulación, esta capacidad mejora a medida que crece el infante. Así mismo, el bebé no suele tener una respuesta en temperatura corporal a las infecciones, el cuerpo humano adulto suele aumentar la temperatura al detectar una infección, creando fiebre, sin embargo el bebé hace lo contrario, su cuerpo disminuye su temperatura al detectar una infección creando hipotermia. Es por esto que se debe siempre revisar la temperatura de un infante [2].

Seguido de esto, la frecuencia cardíaca de un bebé suele ser mayor que la de un adulto, evidentemente esto dependerá de muchos factores, pero generalmente la frecuencia cardíaca de un bebé recién nacido hasta un mes de edad suele estar entre 70 a 190 latidos por minuto y de un bebé entre un mes y los once meses de edad suele rondar valores entre 80 a 160 latidos por minuto, mientras que un adulto suele tener valores de frecuencia cardíaca entre 60 a 100 latidos por minutos, esta disminución en la frecuencia cardíaca suele ser debido al envejecimiento del corazón. El nódulo sinoauricular, también conocido como nódulo sinusal (Nódulo SA) el cual es el marcapasos natural del ser humano genera un impulso eléctrico el cual desencadena una secuencia de eventos eléctricos en el corazón, para controlar así la secuencia ordenada de las contracciones musculares que bombean la sangre fuera del corazón. Para hacer esto se debe realizar una despolarización y repolarización del nódulo SA lo cual produce un fuerte patrón de cambios de voltajes, que pueden ser medido con electrodos en la piel. Esta capacidad de despolarizar y repolarizar se va perdiendo a medida que el cuerpo humano crece, esto es unas de las razones por la que el corazón de un bebé late más rápido. Es así que este signo se debe verificar frecuentemente en un bebé, ya que la disminución, que es lo que más suele ocurrir, de esta frecuencia cardíaca puede traducirse a diferentes afectaciones de un bebé [2].

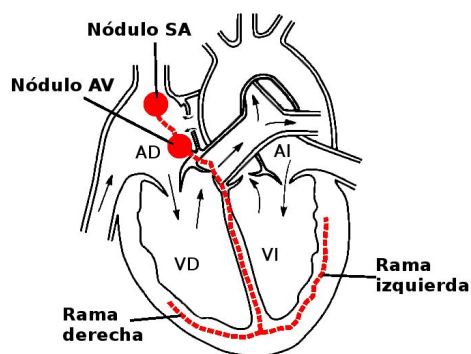


Fig. 1: Ubicación del nódulo sinoauricular en un esquema del corazón [4]

Es justamente el desconocimiento de las razones y hechos dados anteriormente sobre el funcionamiento de algunos sistemas del infante, especialmente en padres primerizos, lo que hace que sea importante el trabajo propuesto, ya que esto puede facilitar el trabajo de ser padre, así como reducir el número de mortalidad neonatal.

Junto a esto es clave mencionar aspectos más técnicos que justifiquen el trabajo a realizar. Entre estos tenemos el creciente uso de aplicaciones, como ejemplo tenemos el incremento de los usuarios de Rappi el cual fue de 20% para el 2019, y así mismo la preferencia de los usuarios al acceso de medicina personal y domiciliaria. Otra razón es las miles de oportunidades, herramientas y métodos que existen hoy día para realizar un trabajo como el que se propone, entre los cuales se tienen sensores e instrumentación médica a menor costo, mayor exactitud y fácil calibración, las múltiples formas de crear bases de datos, servidores en línea y aplicaciones web, por nombrar algunas, las cuales hacen que los costos e implementación sean factibles, mejorando la accesibilidad y comodidad a la hora de prestar un servicio de monitoreo.

Descripción del contexto (PESTAL)

Factores Políticos

Factores que afectan el proyecto	Impacto	Plazo			Tipo de Impacto
		Corto	Mediano	Largo	
Ley 1804 de 2016, por la cual se establece la política de Estado para el	Propósito de la ley. La presente iniciativa legislativa tiene el propósito de establecer la Política de			X	Positivo

Desarrollo Integral de la Primera Infancia de Cero a Siempre y se dictan otras disposiciones, 28 artículos.	Estado para el Desarrollo Integral de la Primera Infancia de Cero a Siempre, la cual sienta las bases conceptuales, técnicas y de gestión para garantizar el desarrollo integral, en el marco de la Doctrina de la Protección Integral.				
De Cero a Siempre	Política de Estado para el Desarrollo Integral de la Primera Infancia, que busca aunar los esfuerzos de los sectores público y privado, de las organizaciones de la sociedad civil y de la cooperación internacional en favor de la Primera Infancia de Colombia.			X	Positivo
CONPES 109	La Política se enmarca en el Plan Nacional de Desarrollo y se refuerza por los compromisos adquiridos en la Convención Internacional sobre los Derechos de los Niños, firmado en 1989.			X	Positivo
Corrupción especialmente los niveles de regulación en el sector de la salud	La corrupción es una constante en el ámbito nacional y afecta todos los aspectos del desarrollo. Incluyendo los que tienen que ver con iniciativas innovadoras que busquen la mejora en el tratamiento de usuarios en un hospital.	X			Negativo

Factores Económicos

Factores que afectan el proyecto	Impacto	Plazo			Tipo de Impacto
		Corto	Mediano	Largo	
Ingreso al país de nuevas empresas y productos relacionados con la monitorización de biopotenciales	Mayor competencia en el mercado donde se comercializa		X		Negativo
Creaciones de nuevas empresas con capitales e inversionistas privados	No todos los pequeños emprendedores cuentan con un gran capital	X			Negativo
Declive de la economía del país	Esto generaría ausencia de inversionistas y capital			X	Negativo
Apoyo económico de fondos de emprendimiento y fondos gubernamentales	El proyecto busca un fin social y de emprendimiento, lo cual posibilita el apoyo de fondos.	X			Positivo
Interés por parte de inversionistas extranjeros y nacionales privados	Permite una mayor inversión, lo que aumentará el éxito del proyecto		X		Positivo

Factores Sociales

Factores que afectan el proyecto	Impacto	Plazo			Tipo de Impacto
		Corto	Mediano	Largo	
Diversidad étnica, cultural y biológica de los usuarios y padres.	La alternativa es planteada dirigida a todos los usuarios de pediatría sin discriminación por raza, preferencias sexuales o religiosas.	X			Positivo

Dinamismo en el problema	Incentiva la creatividad en la solución.	X			Positivo
Responsabilidad social y ética	Se plantea mejorar el nivel de vida de una población infantil y adulta usuaria del sistema nacional de salud	X			Positivo

Factores Tecnológicos

Factores que afectan el proyecto	Impacto	Plazo			Tipo de Impacto
		Corto	Mediano	Largo	
Nuevas herramientas y accesos a ellas.	Miles de herramientas y métodos para realizar un trabajo como el que se propone, las múltiples formas de crear bases de datos, servidores en línea y aplicaciones web, las cuales hacen que los costos e implementación sean factibles, mejorando la accesibilidad y comodidad a la hora de prestar un servicio de monitoreo.	X			Positivo
Cuarta revolución industrial	Brinda nuevas oportunidades tecnológicas.	X			Positivo

Factores Ambientales

Factores que afectan el proyecto	Impacto	Plazo			Tipo de Impacto
		Corto	Mediano	Largo	

Consumo energético	Consumo energético necesario para el desarrollo del prototipo y funcionamiento del mismo	X			Negativo
--------------------	--	---	--	--	----------

Factores Legales

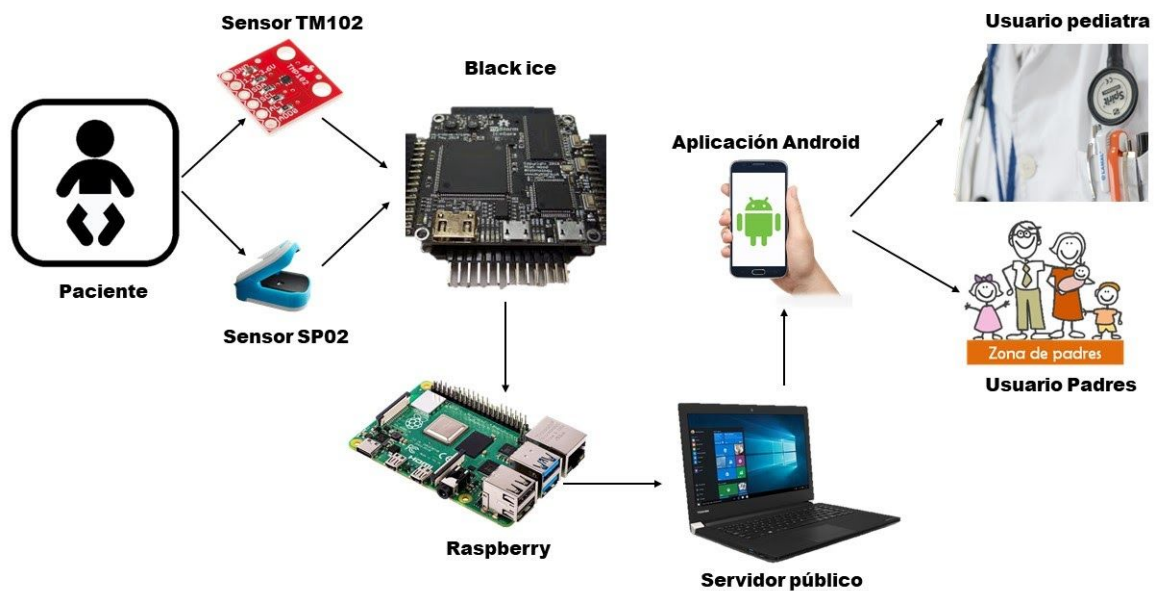
Factores que afectan el proyecto	Impacto	Plazo			Tipo de Impacto
		Corto	Mediano	Largo	
Resolución 3388 de 2008	Disposiciones, requisitos y condiciones exigidas para el diseño de productos para infantes	X			Positivo
Ley 9 1979	Normas generales sobre riesgos físicos, químicos y biológicos en los establecimientos de trabajo	X			Positivo

Solución propuesta

Desarrollo de un dispositivo capaz de realizar mediciones de tres señales biopotenciales en un ser humano como lo son la temperatura corporal, la frecuencia cardiaca y el nivel de oxígeno en sangre para ser almacenadas en un servidor web. Una vez almacenadas, mediante un tipo de perfiles para el pediatra correspondiente y los padres del paciente podrán acceder a esta información mediante una aplicación android donde se presentarán como una base datos y de esta manera poder tener un control sobre el bebé.

Adicionalmente, esta tendrá la capacidad no solo de mostrar los resultados en caso de que se necesiten, sino también de generar una alerta al momento de existir un aumento o disminución en alguna de las tres señales en un rango que pueda ser considerado como riesgoso.

El bloque de la solución se muestra a continuación:



Sensores: Para la obtención de las señales biopotenciales del cuerpo del paciente se emplearán dos tipos de sensores, el primero de ellos corresponde al sensor **TMP102** de Texas Instruments el cual es un sensor digital para la medición de temperatura corporal con un ADC de 12-Bits aproximadamente para ofrecer una resolución de 0.0625°C . El otro sensor a utilizar es el SpO2, el cual es un sensor que permite obtener la saturación de oxígeno en sangre y las pulsaciones por minuto.

Mx BlackIce: Esta tarjeta contiene un microcontrolador y una FPGA. Básicamente se encargará de el procesamiento de los datos tomados por los sensores anteriores y posteriormente los enviará al módulo Wi-Fi haciendo uso de un UART.

Modulo Wi-Fi: Se hará uso de este tipo de módulo de comunicación para realizar el envío de los datos medidos al servidor de base de datos, ubicado en la raspberry.

Raspberry: Esta hace la función de microprocesador. Se encarga de establecer el punto de acceso y almacenar los datos en una base de datos permitiendo con un servidor público ubicado en el computador.

App Android: La app permitirá tener los resultados de las medidas, las cuales estarán en el servidor público, de forma organizada para que el el padre de familia o doctor pueda acceder a ellos. Adicionalmente, esta se encarga de alertar de algún cambio brusco que represente algo peligro para el bebé.

Alcance

Al hacer las consideraciones del tiempo disponible para llevar a cabo el proyecto, el grupo determinó que el alcance del mismo dentro del marco de la asignatura de sistemas embebidos será la siguiente:

Se realizará la entrega de un dispositivo que posea los sensores de temperatura, frecuencia cardíaca y oxígeno en sangre, este contendrá una tarjeta FPGA, un microcontrolador y un módulo ESP32 para la conexión Wi-Fi. Los datos recolectados por los sensores, serán enviados y tratados por medio de servidores a la aplicación android. Por último esta aplicación mostrará al usuario (doctor o padre de familia) los datos censados, así mismo, tendrá la capacidad de dar una alerta cuando las variables pasen de rango específico acorde con la edad del paciente.

El trabajo anterior estará dividido por tareas las cuales están asignadas a cada individuo del grupo:

- **Nicolás Velásquez:**
 - Encargado de realizar el acondicionamiento para el sensor SpO2.
 - Diseño de la carcasa del dispositivo donde irán ubicados los sensores, el microcontrolador, la FPGA y el módulo Wi-Fi.
 - Apoyo con los esquemáticos y PCBs del proyecto.
- **Johan Castro:**
 - Encargado de la configuración del módulo Wi-Fi para el acople entre las señales censadas y el microprocesador raspberry PI 4
 - Apoyo en el acople entre el sensor SpO2 y la FPGA.
- **Emmanuel Vanegas:**
 - Encargado de la configuración del Microprocesador
 - Realización del acople entre el módulo Wi-Fi y la Raspberry junto con el servidor de adafruit.
- **Diego Godoy:**
 - Encargado de la configuración de la FPGA.
 - Acondicionamiento y calibración del sensor de temperatura.
 - Diseño e impresión de los esquemáticos y PCBs del proyecto.
 - Apoyo con diseño de la carcasa.
- **Wilder Velasco:**
 - Encargado de la aplicación móvil.
 - Acople entre la aplicación y el servidor adafruit.
- **Daniela Becerra:**
 - Encargada de apoyar en todos los empalmes mencionados anteriormente.

Finalmente y dejándolo como opcional, se propone el habilitar el acceso, tanto de padre de familia como el del doctor, a un historial de todas las mediciones tomadas al paciente para poder tener mayor información de la evolución del mismo.

Objetivos

A corto plazo, es decir para la asignatura, se tienen los siguientes objetivos:

- Entregar un dispositivo funcional de acuerdo con el alcance propuesto para la asignatura y conocimientos adquiridos durante el semestre.
- Sentar una base de trabajo para ampliar la funcionalidad de la solución, entre los que se encuentran la medición de otros biopotenciales y de esta manera poder presentar historiales más completos que permitan al doctor tener más herramientas para generar un diagnóstico.

A largo plazo, dos años o más, se tienen los siguientes objetivos:

- Prevenir y ajustar tratamientos contra enfermedades cardiovasculares y de falta de oxígeno en la sangre como: hipoxemia, cardiopatía,,,
- Disminuir las filas y el tiempo de atención en los hospitales, ya que la aplicación ayudará a detectar cuando es estrictamente necesario llevar al paciente a revisión médica.
- Proporcionar al doctor una base de datos del paciente que le permitan mitigar errores de tratamiento de una enfermedad o prevenir alguna otra.

Presupuesto

ELEMENTO	PRECIO (COP)
Tarjeta de desarrollo FPGA BlackIce-MX	\$ 200.000
Tarjeta de desarrollo Microcontrolador Arduino Nano	\$ 14.000
Tarjeta de desarrollo Microprocesador Raspberry pi 4 2GB RAM	\$ 225.000
Sensor de Temperatura TMP-102	\$ 23.000
Pulsioxímetro Análogo con sensor SpO2	\$ 70.000
Modulo WiFi ESP 32	\$ 36.000
Trabajo integrantes	\$ 2.000.000 * 6int = \$12.000.000
Materiales y varios	\$100.000

TOTAL	\$ 12.668.000
--------------	----------------------

Bibliografía

1. Videla, M. (2020). *Fundación Samin*. [online] Fundasamin.org.ar. Available at: <https://www.fundasamin.org.ar/archivos/Revisando%20T%C3%A9cnicas%20-%20Control%20de%20signos%20vitales.pdf> [Accessed 20 Jan. 2020].
2. Moya, J. (2020). *Manual CTO de pediatría y neonatología*. 9th ed. Madrid - España: Grupo CTO.
3. Portinari, B. (2020). *Este dispositivo es capaz de medir las constantes vitales de tu bebé en tiempo real*. [online] EL PAÍS. Available at: https://elpais.com/elpais/2017/11/27/mamas_papas/1511780167_034865.html [Accessed 20 Jan. 2020].
4. Gómez, I. and Molina, A. (2015). *Procesamiento y caracterización de bioseñales para su uso en interfaces de control y afectividad*. [online] Research Gate. Available at: https://www.researchgate.net/publication/286441577_Procesamiento_y_caracterizacion_de_biosenales_para_su_uso_en_interfaces_de_control_y_afectividad [Accessed 20 Jan. 2020].