

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

INSTITUTO DE CIENCIAS APLICADAS Y TECNOLOGÍA

**Medición de variables fisiológicas en la región torácica
empleando rejillas de Bragg**

Rut Lay Abad Rodríguez

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Rut Lay Abad Rodríguez', with a stylized, cursive script.

Bajo supervisión de Dr. Gabriel Eduardo Sandoval Romero

Medición de variables fisiológicas en la región torácica empleando rejillas Bragg

Objetivo de la propuesta:

El objetivo de la propuesta es desarrollar un sistema de monitoreo basado en FBG para la medición simultánea y continua de variables fisiológicas en la región torácica, optimizado para operar en ambientes con alta interferencia electromagnética.

Definición del problema:

El monitoreo continuo y preciso de variables fisiológicas como la temperatura corporal, la frecuencia cardíaca y la frecuencia respiratoria es fundamental en contextos hospitalarios críticos [1-3]. Sin embargo, muchos dispositivos electrónicos convencionales pueden verse afectados por interferencias electromagnéticas (EMI) [1,3,4], especialmente en entornos donde se realizan procedimientos como resonancias magnéticas (RM) o tomografías computarizadas (TC) [4]. En este contexto, las rejillas de Bragg en fibra óptica (FBG) surgen como una tecnología prometedora debido a su inmunidad electromagnética, tamaño reducido [1-6], alta sensibilidad y biocompatibilidad [2]. Además, las rejillas de Bragg tienen respuesta inmediata ante cambios temperatura y deformaciones mecánicas; ante estos estímulos, la longitud de onda de Bragg inicial de la rejilla experimenta un corrimiento [3,5,7] que puede traducirse a variables como temperatura corporal y también deformaciones como la expansión y contracción del abdomen durante la respiración.

Para efecto de cuantificar esta correlación se realizará:

- La instrumentación de un sistema de fibra óptica que contenga sensores de rejillas Bragg, montado en un cinturón torácico [2,5]. Los mismos se probarán en diferentes posiciones y configuraciones para escoger la que mejor relación señal/ ruido pueda ofrecer [6,7].
- Adquisición y procesamiento de las señales provenientes del interrogador [1,2,6].
- Comparación de las señales medidas con sistemas de referencia empleando dispositivos y módulos comerciales que midan las mismas variables fisiológicas estudiadas [5,8-10].

Método

Para cumplir con los objetivos, las actividades se han planificado de la siguiente forma:

- Búsqueda bibliográfica.
- Elección del modelo teórico más adecuado a nuestras necesidades.
- Realización de pruebas experimentales de implementación del sistema de medición y elección de disposición final de sensores.
- Diseño de una interfaz que permita la adquisición, procesamiento y presentación de datos.
- Implementación del prototipo del sensor de variables fisiológicas.

Búsqueda bibliográfica

Sentará las bases teóricas y experimentales del trabajo; en particular al estado del arte de los métodos de medición efectiva de variables fisiológicas en la región torácica. Además de conocer y entender la aplicación del proyecto en la República Mexicana.

Elección del modelo teórico más adecuado a nuestras necesidades.

La elección del mejor modelo teórico utilizando diversas configuraciones analizando sus ventajas y desventajas. Selección de rejillas de Bragg adecuadas (longitud de onda, sensibilidad térmica y de deformación). Diseño del soporte torácico con integración de sensores. Selección del interrogador multicanal portátil a utilizar.

Realización de pruebas experimentales de implementación del sistema de medición y elección de disposición final de sensores.

Adquisición y procesamiento de las señales registradas por el interrogador. Cálculo y análisis de las diferentes variables fisiológicas. Se seleccionará la mejor configuración y disposición de sensores luego de analizar las señales y se tendrán en cuenta como referencia las señales medidas con dispositivos comerciales.

Diseño de una interfaz que permita la adquisición, procesamiento y presentación de datos.

Se adquirirán los datos y se almacenarán para su posprocesamiento y cálculo de las variables fisiológicas. Además, en otra etapa se realizará el análisis en tiempo real así como la visualización de las mismas.

Implementación del prototipo del sensor de variables fisiológicas.

En esta parte se integrarán todos los desarrollos anteriores y se realizará un análisis de la correlación de las mediciones del sistema propuesto con las mediciones obtenidas de los dispositivos comerciales.

Inventario de materias/temas de la carrera que se utilizarán para el desarrollo de seminario

- Ciencias biológicas y fisiológicas
- Matemáticas superiores
- Temas selectos de Instrumentación

Resultados esperados

Se espera como resultado principal la implementación de un prototipo funcional de sistema de monitoreo de variables fisiológicas basado en sensores de rejillas de Bragg (FBG), capaz de medir de forma simultánea, no invasiva y continua la temperatura corporal, frecuencia respiratoria y frecuencia cardíaca en la región torácica. Este sistema estará optimizado para operar en entornos con alta interferencia electromagnética, como salas de resonancia magnética o unidades de cuidados intensivos, donde las tecnologías electrónicas convencionales resultan limitadas o poco confiables.

Desde el punto de vista **técnico**, se prevé:

- El **diseño y validación experimental** de una configuración de sensores FBG embebidos en un cinturón torácico ergonómico, identificando la distribución y fijación más adecuada para maximizar la señal útil y minimizar el ruido.
- El desarrollo de una **interfaz de adquisición y visualización** que permita tanto el monitoreo en tiempo real como el análisis postprocesado de los datos.
- La **correlación cuantitativa** entre las señales ópticas medidas por el sistema FBG y las mediciones obtenidas por dispositivos médicos comerciales, permitiendo validar la precisión y fiabilidad del sistema.

Desde una perspectiva **social y de impacto en salud**, se espera:

- **Ampliar el acceso a tecnologías de monitoreo seguras** para pacientes en entornos clínicos sensibles a interferencias electromagnéticas, contribuyendo a la **seguridad del paciente** y a la eficiencia del diagnóstico.
- Ofrecer una **alternativa viable de bajo consumo eléctrico y alta biocompatibilidad**, que permita aplicaciones en contextos vulnerables, rurales o de infraestructura médica limitada, donde las soluciones convencionales no son factibles.
- Fortalecer la línea de investigación nacional en **biomédica óptica**, aportando conocimiento técnico y metodológico desde la UNAM para el desarrollo de tecnologías médicas innovadoras.
- Sensibilizar a la comunidad académica y médica sobre el potencial de los sensores ópticos para mejorar la **calidad de la atención hospitalaria**, con énfasis en el monitoreo no invasivo y continuo.
- Finalmente, se espera que este proyecto sea la base para **futuras líneas de investigación interdisciplinaria**, fomentando la colaboración entre ingeniería biomédica, óptica, salud pública y desarrollo tecnológico con enfoque social.

Cronograma

| Actividades | Fechas | | | | | | |
|--|--------------|--------------------|---------------------|---------------|-------------|------------|-------|
| | 2025 | | | 2026 | | | |
| | Julio-Agosto | Septiembre-Octubre | Noviembre-Diciembre | Enero-Febrero | Marzo-Abril | Mayo-Junio | Julio |
| Revisión Bibliográfica | x | x | x | x | x | | |
| Elección del modelo teórico más adecuado a nuestras necesidades. | x | x | | | | | |
| Realización de pruebas experimentales. | | x | x | x | x | | |
| Elección de disposición final de sensores. | | | x | | | | |
| Diseño de interfaz. | | | x | x | | | |
| Implementación del prototipo del sensor de variables fisiológicas. | | | x | x | x | | |
| Corrección de detalles finales, revisión y exposición final | | | | | | x | x |

Bibliografía

1. Liu, Z., Zhang, X., Shao, T., & Meng, J. (2023). Heartbeat and respiration monitoring based on FBG sensor network. *Optical Fiber Technology*, 81, 103561. <https://doi.org/10.1016/j.yofte.2023.103561>
2. Tavares, C., Leitão, C., Lo Presti, D., Domingues, M. F., Alberto, N., Silva, H., & Antunes, P. (2022). Respiratory and heart rate monitoring using an FBG 3D-printed wearable system. *Biomedical Optics Express*, 13(4), 2299-2312. <https://doi.org/10.1364/BOE.450985>
3. Zhao, Y., Lin, Z., Dong, S., & Chen, M. (2023). Review of wearable optical fiber sensors: Drawing a blueprint for human health monitoring. *Optics & Laser Technology*, 161, 109227. <https://doi.org/10.1016/j.optlastec.2023.109227>
4. Nedoma, J., Fajkus, M., Martinek, R., & Vasinek, V. (2017). Analysis of non-invasive FBG sensor for monitoring patient vital signs during MRI. In R. Zamboni, F. Kajzar, A. A. Szep, & K. Matczyszyn (Eds.), *Optical Materials and Biomaterials in Security and Defence Systems Technology XIV* (Proc. SPIE Vol. 10440, 104400H). SPIE. <https://doi.org/10.1117/12.2277399>
5. Nedoma, J., Fajkus, M., Bednarek, L., Frnda, J., Zavadil, J., & Vasinek, V. (2016). Encapsulation of FBG sensor into the PDMS and its effect on spectral and temperature characteristics. *Advances in Electrical and Electronic Engineering*, 14(4), Special Issue. <https://doi.org/10.15598/aeede.v14i4.1786>
6. Lo Presti, D., Massaroni, C., Formica, D., Saccomandi, P., Giurazza, F., Caponero, M. A., & Schena, E. (en prensa). Smart textile based on 12 fiber Bragg gratings array for vital signs monitoring. *IEEE Sensors Journal*. <https://doi.org/10.1109/JSEN.2017.2731788>
7. Park, C.-S., Joo, K.-I., Kang, S.-W., & Kim, H.-R. (2011). A PDMS-coated optical fiber Bragg grating sensor for enhancing temperature sensitivity. *Journal of the Optical Society of Korea*, 15(4), 329-334. <http://dx.doi.org/10.3807/JOSK.2011.15.4.329>
8. Fajkus, M., Nedoma, J., Martinek, R., Vasinek, V., Nazeran, H., & Siska, P. (2017). A non-invasive multichannel hybrid fiber-optic sensor system for vital sign monitoring. *Sensors*, 17(1), 111. <https://doi.org/10.3390/s17010111>
9. Fajkus, M., Nedoma, J., Martinek, R., Novak, M., Jargus, J., & Vasinek, V. (2017). Fiber optic sensor encapsulated in polydimethylsiloxane for heart rate monitoring. En *Fiber Optic Sensors and Applications XIV* (Proc. SPIE Vol. 10208, 102080W). SPIE. <https://doi.org/10.1117/12.2256718>
10. Li, H., Yang, H., Li, E., Liu, Z., & Wei, K. (2012). Wearable sensors in intelligent clothing for measuring human body temperature based on optical fiber Bragg grating. *Optics Express*. Optical Society of America.