



Ciudad Universitaria, 22 de abril de 2025

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE CIENCIAS
COORDINACIÓN DE FÍSICA BIOMÉDICA
COMITÉ ACADÉMICO DE TITULACIÓN
PRESENTE

Por medio de la presente, comunico a ustedes el plan de actividades de la alumna Dana Larissa Luna González, con número de cuenta 421122680, para iniciar el trámite de titulación en la modalidad de tesis. La alumna desarrollará el proyecto titulado “Cálculo numérico de propiedades ópticas de eritrocitos sanos y enfermos” bajo mi asesoría, en el grupo de Nanoplasmónica, adscrito al Departamento de Física, Facultad de Ciencias, UNAM.

El estudio de las propiedades ópticas de las células biológicas como los osteoblastos [1], los linfocitos [2], y los eritrocitos [3], es de importancia para el área médica por sus potenciales aplicaciones en el diagnóstico y la detección temprana de enfermedades. En particular, se ha reportado que los eritrocitos presentan alteraciones en su composición y morfología ante diversas formas de anemia [3], lo que afecta directamente su respuesta óptica. Dado que estas células constituyen los principales moduladores de la respuesta óptica de la sangre [3], su estudio resulta fundamental para comprender la interacción luz-tejido en contextos fisiológicos y patológicos.

La respuesta óptica de los eritrocitos se modifica por factores como el hematocrito, la concentración de hemoglobina y el nivel de saturación de oxígeno, los cuales afectan sus mecanismos de absorción y esparcimiento de la luz [3], al modificar tanto su función dieléctrica como su morfología celular. En este contexto, el objetivo de la presente tesis de licenciatura es caracterizar las propiedades ópticas de eritrocitos tanto sanos como enfermos, considerando variaciones en su función dieléctrica y morfología. Para ello, se propone cuantificar la respuesta espectral de los eritrocitos mediante el cálculo de las secciones transversales de extinción, esparcimiento y absorción, empleando el método de elemento finito (FEM, por sus siglas en inglés) y comparar los resultados obtenidos con los reportados en la literatura, derivados de otras metodologías [4, 5].

Durante el desarrollo del trabajo, la alumna abordará tres ejes temáticos principales: temas de interés médico sobre eritrocitos, teorías analíticas de esparcimiento de luz y métodos numéricos para resolver la ecuación de Helmholtz. En el primer apartado se estudiarán las patologías más comunes que afectan a los eritrocitos. En el segundo, se estudiará la solución analítica proporcionada por la teoría de Mie, así como la implementación de las relaciones de Kramers-Kronig [6] para determinar la respuesta espectral de los eritrocitos considerados. Finalmente, se empleará el método de elemento finito a través del software comercial COMSOL Multiphysics y se realizará la construcción de diversas geometrías celulares mediante

el software SolidWorks. Ambos programas, cuyas licencias ya están en uso por el grupo de Nanoplasmonica, permitirán simular distintos escenarios patológicos mediante la variación de la función dieléctrica y la morfología celular.

Con base en las etapas mencionadas, se propone el siguiente cronograma de actividades:

- **Abril – mayo:** Revisión de la literatura sobre las propiedades ópticas de eritrocitos sanos y enfermos, así como la clasificación de sus principales alteraciones morfológicas y fisiológicas.
- **Junio – julio:** Estudio del método de elemento finito y familiarización con los programas COMSOL Multiphysics y SolidWorks. Paralelamente, se iniciará la redacción de los capítulos introductorios de la tesis escrita.
- **Agosto – septiembre:** Validación del modelo numérico mediante su comparación con casos analíticos conocidos, como la teoría de Mie. Además, se emplearán las relaciones de Kramers-Kronig para determinar la respuesta espectral de los eritrocitos.
- **Septiembre – octubre:** Cálculo de las secciones transversales de absorción, extinción y esparsamiento para eritrocitos sanos y para al menos dos casos de eritrocitos patológicos. Análisis y contraste de los resultados obtenidos.
- **Octubre – diciembre:** Redacción del análisis de resultados y de las conclusiones finales de la tesis escrita.

Para el trabajo escrito, se propone el siguiente índice:

- Agradecimientos
- Resumen
- Introducción: Justificación y antecedentes del trabajo
 1. Esparsamiento de ondas electromagnéticas
 - a) Fundamentos
 - b) Método de elemento finito
 - c) Relaciones de Kramers-Kronig
 2. Eritrocitos y sus patologías
 - a) Funciones dieléctricas
 3. Resultados
 - a) Convergencia numérica
 - b) Comparación del método analítico y el método numérico
 - c) Propiedades ópticas de un eritrocito sano
 - d) Contraste de las propiedades ópticas de eritrocitos sanos con eritrocitos enfermos
 4. Conclusiones
 5. Trabajo a futuro
- Apéndice

Atentamente,



Dana Larissa Luna González
Estudiante de Física Biomédica
No. de cuenta: 421122680
Tel.: 776 101 4262
dana.larissalg@ciencias.unam.mx

Dr. Alejandro Reyes Coronado
Profesor Titular C de Tiempo Completo
Departamento de Física, Facultad de Ciencias, UNAM
Tel.: (55) 5622 4968
coronado@ciencias.unam.mx

Referencias

- [1] A. Antunes, J. H. Pontes, A. F. G. Monte, A. Barbosa y N. M. F. Ferreira. Optical Properties on Bone Analysis: An Approach to Biomaterials. *Proceedings*, **27**(1):36, 2019. DOI: [10.3390/proceedings2019027036](https://doi.org/10.3390/proceedings2019027036).
- [2] J. Yoon, Y. Jo, M.-h. Kim, K. Kim, S. Lee, S.-J. Kang e Y. Park. Identification of non-activated lymphocytes using three-dimensional refractive index tomography and machine learning. *Scientific Reports*, **7**(1):6654, 2017. DOI: [10.1038/s41598-017-06311-y](https://doi.org/10.1038/s41598-017-06311-y).
- [3] N. Bosschaart, G. J. Edelman, M. C. G. Aalders, T. G. van Leeuwen y D. J. Faber. A literature review and novel theoretical approach on the optical properties of whole blood. *Lasers in Medical Science*, **29**(2):453-479, 2014. DOI: [10.1007/s10103-013-1446-7](https://doi.org/10.1007/s10103-013-1446-7).
- [4] O. Ergül, A. Arslan-Ergül y L. Gürel. Computational study of scattering from healthy and diseased red blood cells. *Journal of Biomedical Optics*, **15**(4):045004, 2010. DOI: [10.1117/1.3467493](https://doi.org/10.1117/1.3467493).
- [5] T. Wriedt, J. Hellmers, E. Eremina y R. Schuh. Light scattering by single erythrocyte: Comparison of different methods. *Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer*, **100**(1):444-456, 2006. DOI: [10.1016/j.jqsrt.2005.11.057](https://doi.org/10.1016/j.jqsrt.2005.11.057).
- [6] V. Lucarini, K.-E. Peiponen, J. Saarinen y E. Vartiainen. *Kramers-Kronig Relations in Optical Materials Research*. 2005.