

INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE OCCIDENTE

Departamento de Matemáticas y Física

Sustentabilidad y Tecnología

**PROYECTO DE APLICACIÓN PROFESIONAL (PAP)
PROGRAMA DE APOYO A LA INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN
NANOCIENCIAS Y NANOTECNOLOGÍA I**



**ITESO, Universidad
Jesuita de Guadalajara**

**4I03B Desarrollo de materiales multifuncionales magnetoeléctricos para
nano-dispositivos de nueva generación
Sensor medidor de oxígeno**

PRESENTAN

Programas educativos y Estudiantes

Ing. en biotecnología Paulina Gutiérrez Gileta

Ing. en biotecnología Paulina Zatarain Osuna

Profesor PAP: Dra. Yenni Guadalupe Velázquez Galván

Tlaquepaque, Jalisco, mayo de 2022

ÍNDICE

Contenido

REPORTE PAP	2
Presentación Institucional de los Proyectos de Aplicación Profesional	2
Resumen	2
1. Introducción.....	3
1.1. Objetivos	3
1.2. Justificación.....	3
1.3 Antecedentes.....	4
1.4. Contexto	4
2. Desarrollo	6
2.1. Sustento teórico y metodológico	6
2.2. Planeación y seguimiento del proyecto	7
3. Resultados del trabajo profesional.....	1
3.1 Sensor Max30102 para la medición de oxígeno en la sangre	1
3.2 Sensores con propiedades luminiscentes.....	20
4. Reflexiones del alumno o alumnos sobre sus aprendizajes, las implicaciones éticas y los aportes sociales del proyecto	26
5. Conclusiones.....	29
6. Bibliografía.....	30

REPORTE PAP

Presentación Institucional de los Proyectos de Aplicación Profesional

Los Proyectos de Aplicación Profesional (PAP) son una modalidad educativa del ITESO en la que el estudiante aplica sus saberes y competencias socio-profesionales para el desarrollo de un proyecto que plantea soluciones a problemas de entornos reales. Su espíritu está dirigido para que el estudiante ejerza su profesión mediante una perspectiva ética y socialmente responsable.

A través de las actividades realizadas en el PAP, se acreditan el servicio social y la opción terminal. Así, en este reporte se documentan las actividades que tuvieron lugar durante el desarrollo del proyecto, sus incidencias en el entorno, y las reflexiones y aprendizajes profesionales que el estudiante desarrolló en el transcurso de su labor.

Resumen

El presente proyecto está enfocado en la investigación para una futura implementación de un biosensor medidor de oxígeno y signos vitales a un cosechador de energía. Se desarrollaron dos propuestas de las cuales se podrían tomar ideas para un prototipo ideal según las necesidades y recursos disponibles del momento. Una de ellas es: utilizar el sensor Max30102 como medidor de oxígeno y signos vitales o bien tomar las bases y características que sean funcionales para el sistema de cosechadores de energía que se está trabajando a la par con este proyecto y, la segunda opción es: utilizar nanopartículas para la medición de oxígeno y signos vitales. Ambas propuestas son de alto valor, cada una de ellas tiene características específicas novedosas que las representan.

1. Introducción

1.1. Objetivos

Objetivos generales:

- Desarrollo de una propuesta biotecnológica para integrar en el cosechador de energía y analizar la posibilidad de que el cosechador de energía actúe también como sensor de signos vitales.

Objetivos específicos:

- Investigación sobre cómo medir la concentración de oxígeno y/o signos vitales mediante una señal del cuerpo humano.
- Visualizar una aplicación viable según las características y posibilidades del cosechador de energía.

1.2. Justificación

En la actualidad, monitorear parámetros como lo es la saturación de oxígeno es de suma importancia y se ha vuelto vital para el cuidado médico de pacientes. Este parámetro nos brinda información sobre el estado de salud del paciente, sin esta ser una medición invasiva (Bencomo, et al., 2016). Cualquier alteración o variación en este valor juega un papel importante en la regulación de los procesos biológicos del cuerpo humano. Las enfermedades que implican estos procesos, como lo es el cáncer, también son reguladas por la distribución y concentración de oxígeno (Choi, et al., 2012). Es importante conocer los niveles de oxigenación dado a que este funciona como “gasolina” para el cuerpo y, cuando este deficiente, el cuerpo no funciona de manera correcta. Los niveles bajos de oxígeno pueden repercutir sobre el funcionamiento del corazón y el cerebro (American Thoracic Society, 2011).

Con el avance de la tecnología han surgido herramientas para la medición de signos vitales, con rápido crecimiento en micro/nano circuitos integrados de baja potencia y comunicación móvil, que ha permitido el uso de nuevos sensores inalámbricos indicadores de normalidad o anomalía, brindando al usuario la capacidad de un monitoreo constante y de fácil uso

desde cualquier lugar (Ruiz, 2018). Por lo que nos da un incentivo para hacer uso de los cosechadores de energía biomecánicos como fuentes de alimentación sustentables.

1.3 Antecedentes

En 1774, Joseph Priestley demostró la importancia del oxígeno molecular para la vida mediante una experimentación en la que colocó una vela encendida en una campana de cristal junto a un ratón. El oxígeno consumido por la vela encendida tuvo un efecto letal en el ratón debido a la hipoxia generada por la baja exposición de oxígeno (Simon, et al., 2008). La oximetría es un método el cual permite la estimación de saturación de oxígeno, los primeros avances de este concepto se realizaron en 1918 durante la primera guerra mundial, cuando se intentó medir la oxigenación de pilotos. Posteriormente se desarrolló el primer oxímetro en 1930 por Milikan y Wood, este contaba con dos longitudes de onda. En 1949, se logró medir la saturación absoluta por medio de la determinación fotoeléctrica en el lóbulo de la oreja. Se desarrolló el primer oxímetro de pulso en 1974 basado en la lectura de absorción de luz infrarroja en la sangre. En 1981 al oxímetro se le añaden sensores de luz el cual es utilizado hasta nuestros días (Mejía & Mejía, 2012). Los oxímetros actuales utilizan pilas AAA, con una energía acumulada de 1.2 volts (Batteries4Pro, 2014).

1.4. Contexto

La oximetría de pulso es un método de medición de la saturación de oxígeno que es transportado por la hemoglobina en la sangre, este método no es invasivo y su medición es indirecta. Además, la oximetría de pulso puede medir la frecuencia cardiaca y la amplitud del pulso (Mejía & Mejía, 2012).

La oximetría de pulso se ha vuelto una herramienta indispensable en la atención de pacientes debido a que permite la vigilancia de los niveles de oxígeno si el paciente tiene algún padecimiento pulmonar. Es importante tener conocimiento de los niveles de oxígeno porque cuando el nivel es bajo en la sangre, las células del organismo pueden presentar dificultades para llevar a cabo sus funciones de manera correcta (American Thoracic Society, 2011).

Uno de los padecimientos donde el monitoreo de la oxigenación es vital es la hipoxemia ya que de no atenderse puede afectar los pulmones, provocando una neumonía, bronquiolitis, asma, distrés respiratorio, etc (OPS, 2020).

Hoy en día ha sido aún más común la necesidad de obtener la medición de oxígeno de una manera sencilla y accesible por la pandemia que se vive desde el año 2020. El tratamiento principal del COVID-19 en casos graves, es la administración de oxígeno suplementario. Más del 75% de los pacientes hospitalizados requiere este tratamiento. Por lo que conocer el nivel de saturación de oxígeno es determinante para clasificar a un paciente en estado de gravedad y como consecuencia en la elección de sus tratamientos (OPS, 2020).

Gracias a los sensores de oxigenación que existen en la actualidad y su fácil manejo, se puede evitar el contacto directo con los infectados de COVID-19 y a su vez tener un dato certero y rápido de su estado de salud.

Todos los años 4.2 millones de niños sufren la falta de oxígeno debido a una neumonía grave, esta enfermedad reduce de manera crítica los niveles de oxígeno de niños menores de 5 años en 124 países de bajos y medianos ingresos. La neumonía mata 22 millones de niños pequeños cada año en los países de bajos recursos y medios, matando más que el paludismo, sarampión y la diarrea combinados (UNICEF, 2020). Para los más necesitados conseguir oxígeno de un día para otro es completamente imposible, gracias a la alta demanda de oxígeno ocasionada por el COVID-19, por lo que una temprana detección de niveles bajos de oxígeno podría marcar una diferencia para el bienestar del paciente. Por lo tanto, un monitoreo constante de fácil acceso podría salvar millones de vidas.

Un sistema de recolección de energía biomecánica del movimiento del cuerpo humano sería una alternativa a la oximetría de pulso, pudiendo aprovechar la energía generada para el monitoreo de diferentes signos vitales, en este caso el oxígeno. Hoy en día el cuidado del medio ambiente y por medio del uso de energías renovables y limpias es de suma importancia para los futuros consumidores, por lo que presentar alternativas a los

dispositivos existentes, que resuelvan las mismas problemáticas, pero con menor impacto ambiental marca totalmente la diferencia.

2. Desarrollo

2.1. Sustento teórico y metodológico

La oximetría es el término que se utiliza para la medición óptica de la saturación de oxihemoglobina en la sangre.

Un espectrofotómetro mide la intensidad de la luz transmitida a través de una sustancia a una determinada longitud de onda. Este posee un fotodetector, el cual convierte la intensidad de la luz en corriente eléctrica.

Un oxímetro de pulso irradia luz de dos longitudes de onda a través de una capa de tejido y mide la señal de la luz transmitirá.

La hemoglobina absorbe luz, la cantidad de luz absorbida es proporcional a la concentración de hemoglobina en los vasos sanguíneos (Bencomo, et al., 2016).

El Max30102 es un sensor del fabricante Maxim Integrated que incorpora las funciones del pulsímetro y oxímetro en un único integrado que podemos usar junto con un procesador como Arduino (Llamas, 2020).

El monitoreo continuo es el proceso mediante el cual se registra de manera consecutiva variaciones de los parámetros fisiológicos a investigarse, por medio de equipos diseñados para este fin.

Los signos vitales son aquellos parámetros que indican el estado hemodinámico del paciente, que son controladas por los órganos principales (Ruíz, 2018).

La obtención de imágenes de oxígeno a través de la medición de la extinción de la fosforescencia proporciona un medio no invasivo para el control de la concentración de oxígeno molecular disuelto en sistemas biológicos (Rumsey, et al., 1988).

Las nanopartículas sensibles al oxígeno se sintetizan mediante polimerización por reticulación química, en la que se modifican las propiedades mecánicas del polímero (Choi, et al., 2012).

La encapsulación de colorantes en dendrímeros proporciona un enfoque para evitar el contacto celular directo con fósforos tóxicos, pero son estructuras químicamente complejas que podrían ser costosas y difíciles de sintetizar (Briñas, et al., 2005).

La síntesis de nanopartículas poliméricas que contienen fósforo sensible al oxígeno demostró que el enfoque de encapsulación elimina la toxicidad que presenta el fósforo disuelto libremente (Choi, et al., 2012).

El diseño de los sensores de oxígeno luminiscentes se guía por la optimización de la sensibilidad y/o la forma de la función de calibración. Ambas cualidades se rigen por los procesos moleculares de extinción de la luminiscencia (Hartmann & Trettnak, 1996).

2.2. Planeación y seguimiento del proyecto

- Descripción del proyecto

Con la elaboración del cosechador de energía, se pretende aprovechar la energía que produce el cuerpo humano para utilizarse en algún dispositivo que mida el oxígeno del usuario. Por lo tanto, se realizará una investigación sobre algunos biosensores que se puedan utilizar con las características que presenta este cosechador de energía y las adaptaciones que se puedan hacer, considerando factores como: la energía que utilizará para realizar las mediciones, tamaño de los dispositivos, etc. Se pretende comenzar con la actualización de los sensores competentes en el mercado, elegir uno que nos llame la atención y creamos vaya de acuerdo con los objetivos para finalmente adentrarnos en la información obteniendo datos específicos y detalles del funcionamiento de este sensor, para así en el futuro se tenga la suficiente información para decidir que sensor es conveniente adaptar para el cosechador de energía o bien realizar una invención propia.

- Plan de trabajo

El cronograma mostrado en la tabla 1 especifica las actividades que se pretenden realizar a lo largo de este periodo primavera 2022 con duración de 9 semanas, muestra el tiempo en días y cuando se realizará cada actividad, mientras que en la tabla 2 se encuentran los significados de las abreviaturas de la tabla 1.

Tabla 1. Plan de trabajo.

Nombre	Recursos	Tiempo (días)	Semana							
			9	10	11	12	13	14	15	16
Planeación										
Avances semanales	AG, TP	7								
Investigación	TP	28								
¿Cómo medir el oxígeno con un sensor?	TP	4								
Investigar sobre el sensor Max30102	TP	4								
Investigación de nanopartículas medidoras de oxígeno	TP	4								
Comparativa de nanosensores luminiscentes	TP	4								
¿Cómo realiza la medición el sensor?	TP	4								
Características del sensor	TP	4								
Características de los nanosensores	TP	4								
Energía necesaria para el funcionamiento	TP	4								
Biocompatibilidad	TP	4								
Propiedades de las nanoestructuras	TP	4								
Desarrollo del rPAP	TP	6								
Desarrollo de la presentación final	TP	4								
Ensayo de la presentación final	AG, TP	1								
Entrega final de rPAP	TP	1								
Presentación final	TP	1								

Tabla 2. Significado de las abreviaturas de la tabla 1.

Abreviatura	Significado
AG	Avances grupales con Yenni
TP	Trabajo Personal

- Desarrollo de propuesta de mejora

A continuación, se muestra la investigación realizada semanalmente la cual fue la que se presentó todos los viernes de cada semana a Yenni y a los compañeros. En las figuras 1, 2, 3, 4 y 5 se pueden observar los temas abordados, así como una breve explicación. Las imágenes mostradas siguen el orden del cronograma presentado con anterioridad.

Primero se comenzó investigando los tipos de sensores que había actualmente en el mercado, para analizar si era de nuestro interés de acuerdo con el objetivo del proyecto.



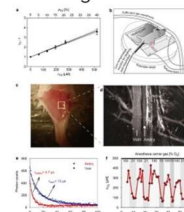
INDICADORES DE OXÍGENO

- Se utilizan un par de diodos enfocados hacia un fotodiodo que envían impulsos que atraviesan una parte translúcida del cuerpo puede ser el dedo o el lóbulo de la oreja
- Se utiliza un LED con una longitud de onda de 660 nm (rojo) y el otro de 940 nm (infrarrojo).
- La hemoglobina oxigenada absorbe más radiación infrarroja y permite pasar más luz roja 940 nm.
- La hemoglobina desoxigenada absorbe más luz roja y permite pasar más radiación infrarroja 660 nm.
- Se crea una curva de oximetría y que al ser determinada por cada pico durante un minuto obtenemos nuestra frecuencia cardiaca.

Objetivos de esta semana

- Investigar cómo detectar oxígeno
- Explorar cómo medir oxígeno con galvaniol
- Buscar si existe algún otro tipo de nanoestructura para la detección de oxígeno

Nanopartículas con fósforo para la detección de oxígeno



- a) Gráfico de Stern-Volmer basado en la vida útil de la fosforescencia de nanopartículas dispersas en agua
- b) Esquema de la plataforma de imágenes de oxígeno in vivo
- c) Vasculatura safena de ratón, expuesta por una incisión a través de la piel, dejando intacta la fascia
- d) Imagen multifotónica de vasos safenos de la región de interés resaltada en (c; cuadrado blanco) después de la inyección intracardiaca de nanopartículas detectoras de oxígeno
- e) Decaimiento de la vida útil de la fosforescencia de las nanopartículas. Las líneas azules en rojo y azul son curvas de decaimiento exponencial únicas que se ajustan a los puntos de datos experimentales.
- f) Concentración de oxígeno en la arteria del ratón mientras varía la presión parcial de oxígeno en el gas portador de anestesia

INDICADORES

Los sensores de luz

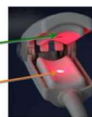
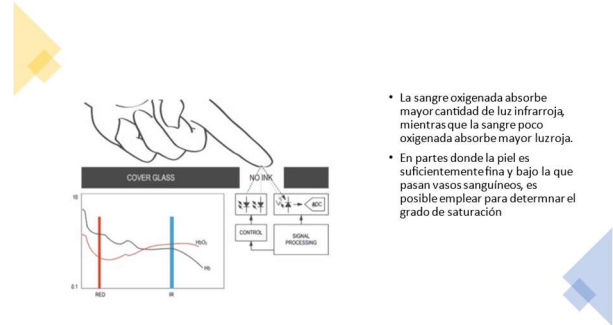


Figura 1. Presentación de avances de la semana 11.

Debido a que se mostró interés especial en dos tipos de sensores se comenzó la investigación más profunda y a detalle de estos.

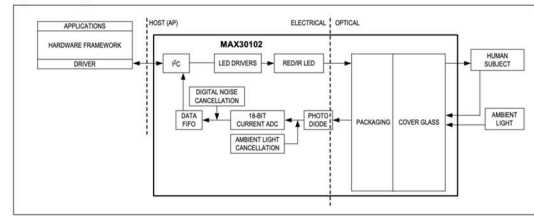


- La sangre oxigenada absorbe mayor cantidad de luz infrarroja, mientras que la sangre poco oxigenada absorbe mayor luz roja.
- En partes donde la piel es suficientemente fina y bajo la que pasan vasos sanguíneos, es posible emplear para determinar el grado de saturación

Objetivos de la semana

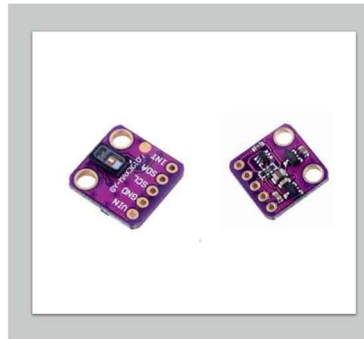
- Investigar como funciona el sensor MAX30102
- Hacer comparativa de sensores luminiscentes

System Diagram



Sensor MAX30102

- Esta integrado por las funciones de un pulsómetro y oxímetro para usarse con un procesador como Arduino.
- Toma el distinto comportamiento que la sangre tiene ante la luz, en función de su grado de saturación de oxígeno.
- Utiliza un led rojo y otro infrarrojo, se pone por ejemplo en el dedo o muñeca y el sensor detecta la luz reflejada y determina el grado de saturación



	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3
Objetivos	Determinación de gradientes de oxígeno en tejidos utilizando un sensor fluorescente con protocolo de 3D y de partes de oxígeno in vivo in vivo	Determinación de gradientes de oxígeno en tejidos utilizando un sensor fluorescente con protocolo de 3D y de partes de oxígeno in vivo in vivo	Determinación de gradientes de oxígeno en tejidos utilizando un sensor fluorescente con protocolo de 3D y de partes de oxígeno in vivo in vivo
Descripción	Determinación de gradientes de oxígeno en tejidos utilizando un sensor fluorescente con protocolo de 3D y de partes de oxígeno in vivo in vivo	Determinación de gradientes de oxígeno en tejidos utilizando un sensor fluorescente con protocolo de 3D y de partes de oxígeno in vivo in vivo	Determinación de gradientes de oxígeno en tejidos utilizando un sensor fluorescente con protocolo de 3D y de partes de oxígeno in vivo in vivo
Tipo	Sensor de nanopartículas fluorescentes	Sensor fluorescente	Sensor fluorescente
Materiales y métodos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Caracterización de la concentración de oxígeno a partir de mediciones ópticas. 2. Síntesis de nanopartículas fluorescentes de óxido de zinc (ZnO) con un núcleo de ZnO y una capa de ZnS. 3. Síntesis de nanopartículas fluorescentes de óxido de zinc (ZnO) con un núcleo de ZnO y una capa de ZnS. 4. Síntesis de nanopartículas fluorescentes de óxido de zinc (ZnO) con un núcleo de ZnO y una capa de ZnS. 5. Medición de la distribución de tensiones de nanopartículas fluorescentes de óxido de zinc (ZnO) con un núcleo de ZnO y una capa de ZnS. 6. Calificación de la intensidad de fluorescencia de nanopartículas fluorescentes de óxido de zinc (ZnO) con un núcleo de ZnO y una capa de ZnS. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Preparación de la muestra 2. Medición de la muestra 3. Caracterización de la muestra 4. Medición de la muestra 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Diseño del sensor 2. Montaje del sensor 3. Medición de la muestra 4. Medición de la muestra
Uso	Mediciones de manera cuantitativa de la concentración de oxígeno en tejidos en 3D in vivo y vasos sanguíneos in vivo.	Determinación de gradientes de oxígeno en tejidos cuando láseres de sonda, láseres de control, láseres de excitación y láseres de detección, que son sensibles al oxígeno.	Determinación de gradientes de oxígeno en tejidos cuando láseres de sonda, láseres de control, láseres de excitación y láseres de detección, que son sensibles al oxígeno.

Figura 2. Presentación de avances de la semana 11.

Se investigó cómo funcionan a nivel macro y micro el funcionamiento de los sensores, así como también sus propiedades.

Sensor medidor de oxígeno

Semana 11

Paulina Gutiérrez
Paulina Zatarain

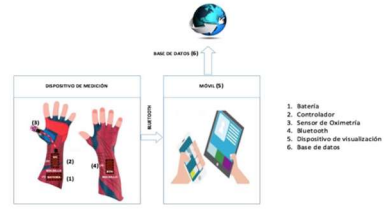


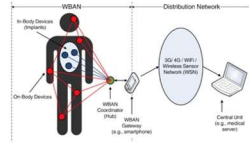
Figura 4.3. Esquema de la indumentaria para el monitoreo continuo de constantes vitales.

Sistema de adquisición de señales



Tabla 2.3. Características de los dispositivos de transmisión de datos WLAN.

Parámetro	Bluetooth	ZIGBEE	Intermeto	WiFi
Estándar	IEEE 802.15.1	IEEE 802.15.4	IEEE 802.11	IEEE 802.11
Rango	2-100m	10-100m	100m	100m
Velocidad	1-3 Mbps	20-250 Kbps	2-54 Mbps	2-54 Mbps
Consumo	Bajo	Bajo	Alto	Alto
Seguridad	Alta	Baja	Baja	Baja
Aplicaciones	Alta	Baja	Baja	Baja
Costo	Bajo	Bajo	Alto	Alto
Compatibilidad	Alta	Baja	Baja	Baja
Consumo	10mA	10mA	100mA	100mA
Alimentación	3V	3V	5V	5V
Velocidad	1-3 Mbps	20-250 Kbps	2-54 Mbps	2-54 Mbps
Seguridad	Alta	Baja	Baja	Baja
Aplicaciones	Alta	Baja	Baja	Baja
Costo	Bajo	Bajo	Alto	Alto
Compatibilidad	Alta	Baja	Baja	Baja



	Sensor 1	Sensor 2
Características	Nanopartículas fosforescentes para mediciones cuantitativas de perfiles de oxígeno in vivo in vivo	Determinación de gradientes de oxígeno en tejido de ingeniería utilizando un sensor fluorescente
Características	<ul style="list-style-type: none"> Plataforma sensible al oxígeno TEG-Su (fluoróforo) (Ru-TEG) Diligentes reacciones de bajo peso molecular, solución empaque. 	<ul style="list-style-type: none"> Sensor óptico Cámaras luminiscentes sensibles al O2 Folícula húmeda con 60 micrometros de espesor Pizca rectangular de 0.3x1.2 mm².

Sensor 1

Nanopartículas fosforescentes para mediciones cuantitativas de perfiles de oxígeno in vivo

Sensor 2

Determinación de gradientes de oxígeno en tejido de ingeniería utilizando un sensor fluorescente

Tabla 4.1. Análisis comparativo de sensores inalámbricos (Wi-Fi, BT, ZigBee).

Parámetro	Wi-Fi	BT	ZigBee
Protocolo	IEEE 802.11	IEEE 802.15.1	IEEE 802.15.4
Rango	100m	100m	100m
Velocidad	2-54 Mbps	2-3 Mbps	20-250 Kbps
Consumo	Alto	Bajo	Bajo
Seguridad	Baja	Alta	Baja
Aplicaciones	Baja	Alta	Baja
Costo	Alto	Bajo	Bajo
Compatibilidad	Baja	Alta	Baja

Tabla 4.2. Análisis comparativo de dispositivos de comunicación (Wi-Fi, BT, ZigBee).

Parámetro	Wi-Fi	BT	ZigBee
Protocolo	IEEE 802.11	IEEE 802.15.1	IEEE 802.15.4
Rango	100m	100m	100m
Velocidad	2-54 Mbps	2-3 Mbps	20-250 Kbps
Consumo	Alto	Bajo	Bajo
Seguridad	Baja	Alta	Baja
Aplicaciones	Baja	Alta	Baja
Costo	Alto	Bajo	Bajo
Compatibilidad	Baja	Alta	Baja

Tabla 4.3. Análisis comparativo de sensores inalámbricos (Wi-Fi, BT, ZigBee).

Parámetro	Wi-Fi	BT	ZigBee
Protocolo	IEEE 802.11	IEEE 802.15.1	IEEE 802.15.4
Rango	100m	100m	100m
Velocidad	2-54 Mbps	2-3 Mbps	20-250 Kbps
Consumo	Alto	Bajo	Bajo
Seguridad	Baja	Alta	Baja
Aplicaciones	Baja	Alta	Baja
Costo	Alto	Bajo	Bajo
Compatibilidad	Baja	Alta	Baja

Tabla 4.4. Análisis comparativo de sensores inalámbricos (Wi-Fi, BT, ZigBee).

Parámetro	Wi-Fi	BT	ZigBee
Protocolo	IEEE 802.11	IEEE 802.15.1	IEEE 802.15.4
Rango	100m	100m	100m
Velocidad	2-54 Mbps	2-3 Mbps	20-250 Kbps
Consumo	Alto	Bajo	Bajo
Seguridad	Baja	Alta	Baja
Aplicaciones	Baja	Alta	Baja
Costo	Alto	Bajo	Bajo
Compatibilidad	Baja	Alta	Baja

Figura 3. Presentación de avances de la semana 12.

Posteriormente se investigó sobre la biocompatibilidad y sobre el funcionamiento de un ejemplo de un trabajo de investigación ya realizado.

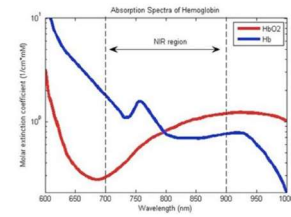


Figura 4.4. Absorción de energía diferencial de la hemoglobina desoxigenada (Hb) y la hemoglobina oxigenada (HbO2) en las longitudes de onda roja e infrarroja [58]

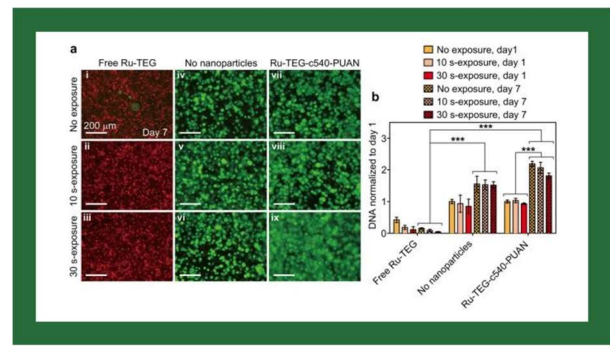


Figura 4. Presentación de avances de la semana 13.

Finalmente, se investigó distintas características de las partes que podía formar el sensor para realizar una comparativa con lo que se requiere.

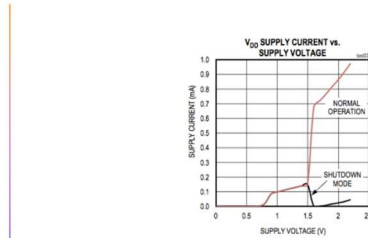
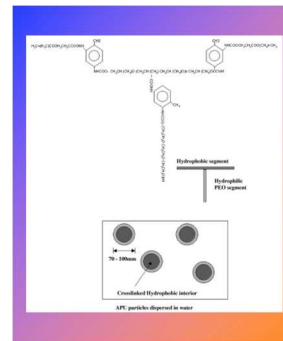


Figura 4.14. Corriente de suministro de VDD vs. Voltaje de suministro [58]

Parametros técnicos	Baterías		
	Ni-MH	LIPO	LI-ION
Composición	Niquel-Hidruro Metálico	Polimero de Litio	Iones de Litio
Voltaje	3.7 V	3.7V	3.7V
Peso	567 g	27.5 g	40 g
Tamaño	9.5mm x 3.8mm x 7.6mm	9mm x 30mm x 54mm	66mm x 46mm x 3mm
Pin de monitoreo de carga	No	No	Si
Pin de monitoreo de temperatura	No	No	Si
Riesgo de inflamación	Casi Nula	Si	Casi Nula



- Representación de las cadenas UAN y nanopartículas APU
- UAN – Urethane Acrylate Nonionomer
- APU – Amphiphilic Polyurethane
- PPO – Polypropylene Oxide
- PEO – Polyethylene Oxide

Figura 5. Presentación de avances de la semana 14.

3. Resultados del trabajo profesional

En el presente proyecto se desarrollaron dos metodologías estudiadas para realizar las mediciones de oxígeno, cada una de ellas tiene diferentes cualidades que se presentaran a continuación.

3.1 Sensor Max30102 para la medición de oxígeno en la sangre

Para la determinación de oxígeno disuelto la pulsioximetría óptica es uno de los métodos no invasivos, su funcionamiento radica en que la hemoglobina y hemoglobina saturada tienen distintos coeficientes de absorción de luz para distintas longitudes de onda (Llamas, 2020).

Con la medición óptica que utiliza un microprocesador con un par de diodos emisores de luz (LED) enfocados hacia un fotodiodo que envía unos trenes de impulsos que atraviesan una parte translúcida del cuerpo del paciente. Un LED tiene una longitud de onda de 660 nm (rojo) y el otro de 940 nm (infrarrojo), esta medición se puede realizar desde el lóbulo de la oreja o un dedo. La absorción de la luz de las diferentes longitudes de onda varía significativamente dependiendo la parte de la sangre cargada de oxígeno y en la ausencia de oxígeno, la hemoglobina oxigenada absorbe más radiación infrarroja y permite pasar más luz roja mientras que la hemoglobina en ausencia de oxígeno absorbe más luz roja y permite pasar más radiación infrarroja. Posteriormente para obtener un resultado cuantitativo se crea una curva de oximetría y que al ser determinada por cada pico durante un minuto se obtiene la concentración de oxígeno en la sangre (Damián, 2021).

Para hacer posible esto la literatura propone un oxímetro con un sensor llamado Max30102 (figura 6) en compañía de un Arduino.

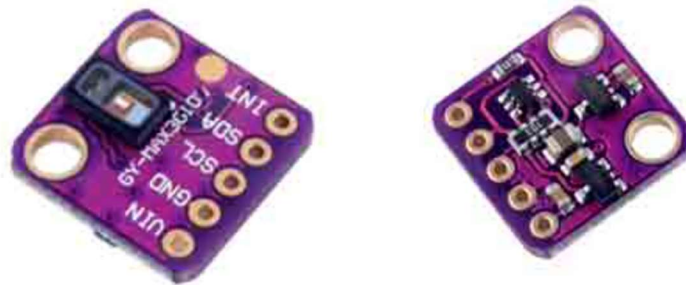


Figura 6. Sensor Max30102

El sensor Max30102 del fabricante Maxim Integrated incorpora las funciones de pulsímetro y oxímetro en uno solo, utilizándolo con un procesador como Arduino, con este sensor se puede realizar la medición sobre la piel ya sea el dedo o la muñeca. El sensor detecta la luz reflejada y determina el grado de saturación (Llamas, 2020).

En la figura 7 podemos observar el prototipo realizado por el autor para el sistema de monitoreo que consta de:

- Fuente de energía: brinda la energía suficiente para que se ponga en marcha los dispositivos electronicos.
- Controlador: este realiza el procesamiento, toma de decisiones y envío constante de las señales vitales hacia el dispositivo móvil, es el dispositivo principal.
- Sensor de oximetría: este obtiene la lectura de constantes vitales, con un mínimo margen de error y tamaño adecuado.
- Dispositivo de comunicación: este permite la comunicación del guante con el dispositivo de visualización, debe ser de bajo consumo energético, compatible con el controlador y fácil administración. Dispositivo principal después del controlador.
- Dispositivo de visualización: debe soportar la conexión inalámbrica y que permita el envío de señales de emergencia en caso de ser necesario.
- Base de datos: lugar donde se van a registrar los datos de las constantes vitales y van a brindar un registro al dispositivo de visualización.

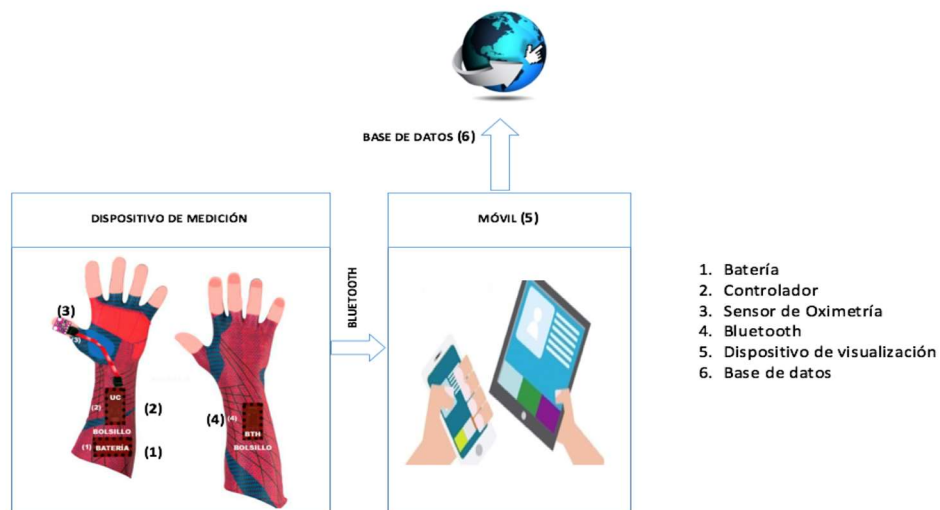


Figura 7. Esquema de indumentaria para el monitoreo continuo de constantes vitales

La literatura propone establecer un sistema de adquisición de señales (figura 7) vitales ya que el tratamiento y obtención conlleva un proceso más complejo que cualquier otro tipo

de señal. Se inicia primero con la detección de la señal fisiológica por medio de un sensor, este es el encargado de la transformación de la señal vital a señal eléctrica, después viene una etapa de acondicionamiento, en esta fase se realiza un proceso de amplificación y filtrado analógico. Posteriormente la señal tomada como muestra y convertida a señal digital para su procesamiento mediante herramientas electrónicas (Ruiz, 2018).

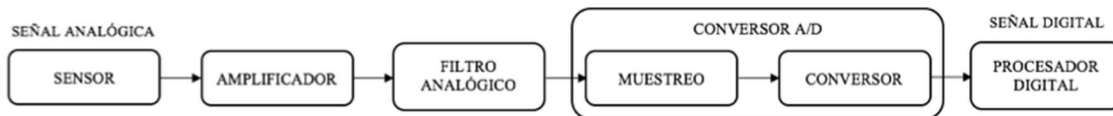


Figura 8. Sistema de adquisición de señales.




Además, se necesita un dispositivo de transmisión de datos WBAN para el cual realizaron una tabla comparativa de las características que se muestra a continuación (tabla 3), en la fila de alcance máximo se plasmaron los valores a los que estos dispositivos son capaces de transmitir sus datos, así como también en otra de las filas se aprecia el consumo energético Tx y RX de cada dispositivo.

Tabla 3. Características de los dispositivos de transmisión de datos WBAN.

Parámetro	Tecnología			
	Bluetooth	ZIGBEE	Infrarrojo	UWB
Estándar	IEEE 802.15.1	IEEE 802.15.4	IRDA	IEEE 802.15.3
Frecuencia	2.4 Ghz	2.4 Ghz / 915 Mhz / 868 Mhz	850 nm	7.5Ghz
Modulación	GFSK	BPSK - QPSK	RZI - PPM	BPSK - QPSK
Alcance Máximo	10 metros	75 metros	Menor a 10 metros	50 metros
Capacidad Máxima	720 kbps	250 kbps / 40 kbps / 20 kbps	4Mbps	Entre 110 y 480 Mbps
Número de Nodos	8	65000	1	8
Penetración en el mercado	Alta	Media	En desuso	Baja
Consumo energético Tx	57 mA	24.7 mA	55mA aprox.	227.3 mA aprox.
Consumo Energético RX	46 mA	27 mA	55mA aprox.	227.3 mA aprox.




Se realizó también un análisis comparativo de placas electrónicas (tabla 4) tomando en cuenta la accesibilidad, parámetros técnicos y de soporte, del cual tomando en cuenta las características técnicas y de funcionalidad de cada opción, seleccionaron al Arduino pro-micro como controlador central, ya que cumple con los requerimientos: voltaje, corriente de operación, número de entradas y salidas, tamaño, fácil acceso geográfico y su costo.

Tabla 4. Análisis comparativo de placas electrónicas

Parámetros Técnicos	Controlador		
	Arduino Pro Micro	Arduino Lilypad	Flora Adafruit
			
Controlador	Atmega32u4	Atmega328/P	Atmega32u4
Voltaje de operación	5 – 12V	2.7 – 5.5 V	3.5 – 16V
Pines de entrada o salida digital	12	14	8
Pines de entradas analógicas	4	6	4
Pines PWM	5	6	4
Corriente de pines entrada y salida	40mA	40mA	40mA
EEPROM	1 KB	512 bytes	1 KB
SRAM	2.5 KB	1 KB	2.5 KB
Memoria Flash	32 KB	16 KB	23 KB
Velocidad de reloj	16 MHz	8 MHz	8MHz
Comunicaciones	SPI /I2C/UART	SPI /I2C/UART	SPI /I2C/UART
Dimensiones	3.31 x 1.78 cm	4.9 x 0.3 cm	4.5 x 0.7 cm
Peso	2 g	5 g	4.7 g
Interfaz de programación	Micro USB	FTDI	Micro USB
Sócalo de batería	No	No	Si
Lavable	No	Si	Si
Precio	11.25 USD	19,95 USD	14.95 USD

Posteriormente también se analizaron los sensores de oximetría (tabla 5) tomando en cuenta que fueran dispositivos que permitan el monitoreo en tiempo real y que sea compatible con el controlador central y se encontrara dentro del rango de trabajo energético del sistema. El elegido fue el sensor MAX30102, por sus características de voltaje, temperatura de funcionamiento y comunicación.

Tabla 5. Análisis comparativo de sensores oximetría.

Sensor de Pulsioximetría			
	MAX30102	MAX30100	Keyestudio FR-4
Parámetros técnicos			
Accesibilidad	Determinadas zonas geográficas	Determinadas zonas geográficas	Determinadas zonas geográficas
Métodos de adquisición	Oximetría de Pulso	Oximetría de pulso	Frecuencia de pulso
Dispositivo interno	Maxim Integrate MAX30102	Maxim Integrate MAX30100	FR-4
Dimensiones	12.7 x 12.7 mm	23.5 x 19 mm	33 x 25 mm
Voltaje de Operación	3.1 – 5.25 V	5 V	5 V
Consumo energético	600 μ A	600 μ A	20 mA
Temperatura de Operación	-40°C a 85°C	-40°C a 85°C	-30°C a 70°C
Aditamentos necesarios	No	No	No
Wearable	Si	Si	Adaptable
Lavable	Adaptable	No	No
Precio	10 USD	30 USD	2.12 USD

Finalmente, el análisis comparativo de baterías (tabla 6) en el cual fue considerado el tamaño. Ser recargable, mayor durabilidad, seguridad y mayor tiempo de conexión. Tomaron la decisión de utilizar las baterías LI-ON por su posibilidad de carga, accesibilidad y monitoreo frente a las de LIPO ya que se vuelven inestables al pasar el tiempo y si exceden sus valores de carga tienden a explotar.

Tabla 6. Análisis comparativo de baterías.

Baterías			
	Ni-MH	LIPO	LI-ION
Parametros técnicos			
Composición	Níquel-Hidruro Metálico	Polímero de Litio	Iones de Litio
Voltaje	3.7 V	3.7V	3.7V
Peso	567 g	27.5 g	40 g
Tamaño	9.5mm x 3.8mm x 7.6mm	9mm x 30mm x 54mm	66mm x 46mm x 3mm
Pin de monitoreo de carga	No	No	Si
Pin de monitoreo de temperatura	No	No	Si
Riesgo de inflamación	Casi Nula	Si	Casi Nula

Para finalizar la investigación me parece interesante mencionar que ellos utilizan un modo reposo para cuando no se está utilizando el dispositivo que ayuda a ahorrar bastante energía. Como se puede observar en la figura 9, cuando el sistema se cuenta en modo reposo según el voltaje y la corriente suministrada ayuda a ser un dispositivo de bajo consumo (Ruíz, 2018).

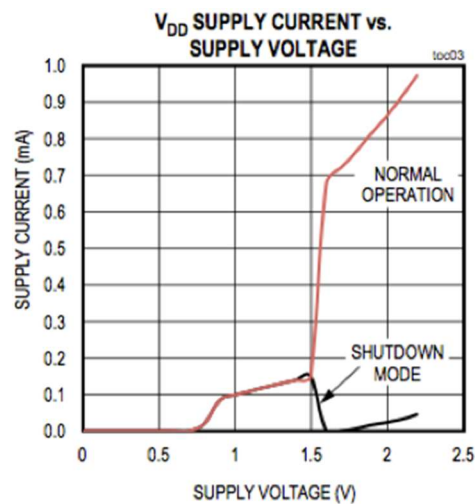


Figura 9. Corriente de suministro de VDD vs. Voltaje de suministro

3.2 Sensores con propiedades luminiscentes

La obtención de imágenes de oxígeno tisular in vivo presenta una problemática desafiante y de importancia en la fisiología y medicina moderna. El oxígeno es un metabolito clave, y la hipoxia tisular es un parámetro crítico con respecto a diferentes patologías tisulares como enfermedades de retina, anomalías cerebrales y cáncer (Berkowitz, et al., 1999). Además, la concentración de oxígeno en tejido juega un papel importante en otros procesos biológicos como el desarrollo embrionario, vascular y óseo, así como en la función de las células madre y heridas de curación.

Obtener imágenes de oxígeno por medio de la medición de extinción de la fosforescencia proporciona un medio no invasivo para controlar la concentración de oxígeno molecular disuelto en sistemas biológicos, tanto in vivo como in vitro (Rumsey, et al., 1988). Para esta medición los fósforos más utilizados se basan en platino, que tiene una sección transversal intrínsecamente baja para la absorción de dos fotones y una vida útil relativamente larga; la combinación de esas dos características ha dado lugar a señales que son inherentemente tenues y con frecuencia ruidosas para la obtención de datos cuantitativos. Para la resolución del problema, Finikova, et al. demostró un complejo de dendrímero de platino con moléculas de antena que mejoraba significativamente la sección transversal de absorción de fotones (Finikova, et al., 2008). La carga de colorantes dentro de micropartículas presenta una alternativa simple para la encapsulación, pero el tamaño grande de la partícula es un problema para la dispersión óptica y la perturbación de las características mecánicas y ópticas del medio en el que se dispersan.

En el artículo que se evalúa para esta parte de la investigación, se trabajó en andamios tridimensionales sembrados con células tumorales cultivadas in vitro y también se trabajó in vivo, en la sangre de una arteria y una vena de ratones como se muestra en la figura 10.

También, en la figura 10 en el inciso a, se muestra un gráfico de Stern-Volmer que muestra la vida útil de las nanopartículas de Ru-TEG-PUAN dispersas en agua. En el apartado b, se muestra un esquema de la plataforma de imágenes de oxígeno in vivo. En el inciso c, se muestra la incisión de piel del ratón, en la que se ve expuesta la vasculatura safena. En el

inciso d, se presenta una imagen multifotónica de vasos safenos de la región de interés resaltada (en el cuadro blanco) después de la inyección intracardiaca de las nanopartículas detectoras de oxígeno. En el apartado e, se muestra el decaimiento de la vida útil de la fosforescencia de las nanopartículas en la arteria safena (puntos rojos) y la vena (puntos azules). En el último inciso, el f, se observa la concentración de oxígeno en la arteria del ratón mientras varía la presión parcial de oxígeno en el gas portador de anestesia.

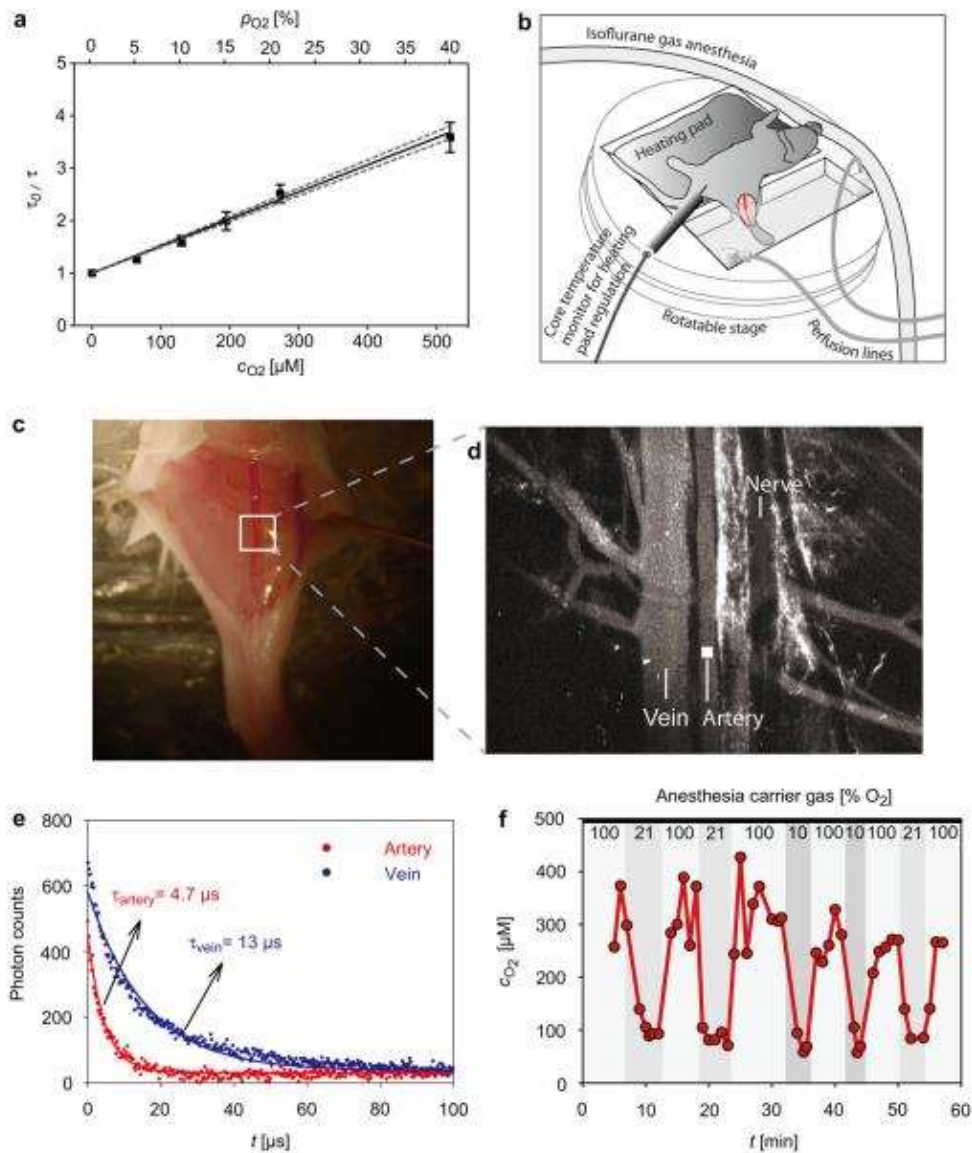


Figura 10. Cuantificación de la concentración de oxígeno in vivo.

Choi, et al., evalúa la síntesis y aplicaciones de nanopartículas detectoras de oxígeno para la obtención de imágenes cuantitativas de la distribución de oxígeno en cultivos in vivo e in vitro. Sintetizando nanopartículas poliméricas que contienen fósforo sensible al oxígeno y demostrando que la encapsulación del fosforo elimina la toxicidad que este presenta disuelto libremente en un organismo. Se emplea un fósforo a base de rutenio que interactúa con el estado de excitación del metal de transición, pudiendo usar esta estructura para ajustar la vida útil de la fosforescencia a un equilibrio óptimo entre la buena sensibilidad al oxígeno y velocidad de formación de imágenes razonable (Briñas, et al., 2005).

Para llevar a cabo la síntesis del fósforo sensible al oxígeno, se llevó a cabo una reacción de dos equivalentes del ligando trietilenglicol-bipiridina (TEG-bpy; bis-(4,-methyl-4'-(trietilenglicolmetiléter) metiletil-2,2'-bipiridina) con RuCl_3 en 2-metoxietanol, produciendo el precursor $[(\text{TEG-bpy})_2\text{RuCl}_2]$.

En el apartado **a** de la figura 11 se muestra la estructura química del fósforo sensible al oxígeno. En el **b** el oligómero reactivo anfifílico, no ionómero de acrilato de uretano, este consiste en un segmento de óxido de polietileno hidrofílico y un segmento de óxido de polipropileno hidrofóbico, con grupos de vinilo reactivos. En el **c**, se presenta una nanopartícula de no ionómero de acrilato de uretano cargada con Ru-TEG (que corresponde al círculo rojo en la figura). El Ru-Teg, es Rutenio-trietilenglicol. El **d** es la nanopartícula de Ru-TEG-PUAN (poli (no ionómero de acrilato de uretano)), la cual es sintetizada por polimerización de reticulación química. En el apartado **e**, la nanopartícula ahora tiene incorporado un fluoróforo de referencia, que es la cumarina540 (representado en la figura con un círculo verde). En el apartado **f**, se ve representado el sistema ya con la adición de oxígeno. Las flechas moradas representan la luz de excitación incidente. La roja representa la emisión de fosforescencia de Ru-TEG en presencia y ausencia de las moléculas de oxígeno (Choi, et al., 2012).

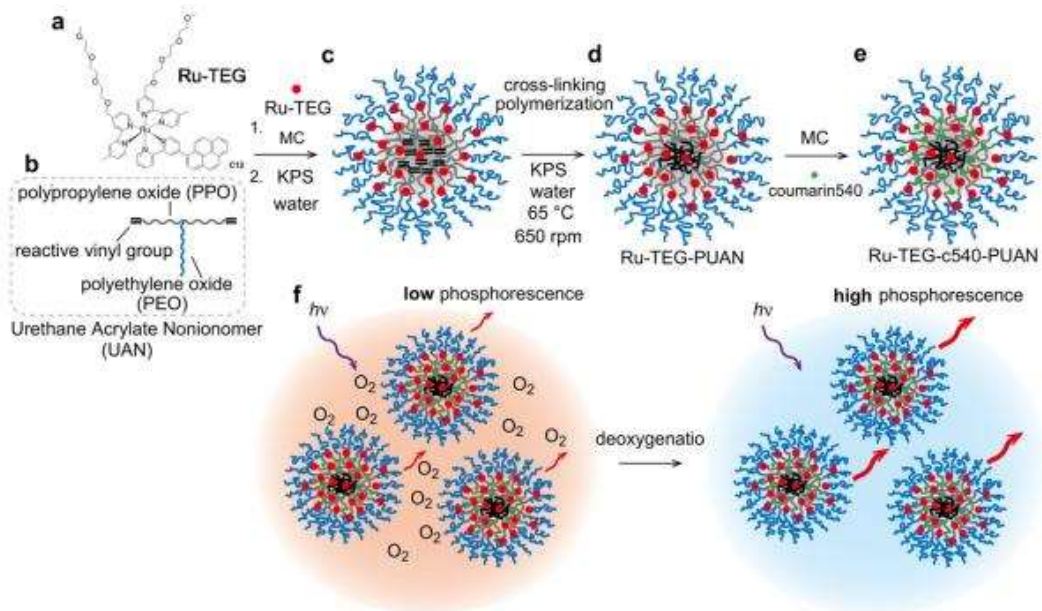


Figura 11. Representación esquemática de la síntesis de nanopartículas.

Dada la biocompatibilidad y toxicidad del fósforo es importante que este sea encapsulado en las nanopartículas ya que los fósforos sensibles al oxígeno pueden llegar a ser altamente tóxicos para las células, porque son moléculas anfifílicas que albergan bicapas lipídicas celulares. Además, su interacción con el oxígeno da como resultado la producción de especies de oxígeno singlete altamente energéticas que son de corta duración, pero muy reactivas (Valko, et al., 2005).

Se ha demostrado recientemente que los dendrímeros fosforescentes pegilados no son fototóxicos, esto demuestra que la incorporación de nanopartículas es una ruta viable para la biocompatibilidad del fósforo. Y para evaluar la toxicidad del Ru-TEG, se hicieron cultivos de OSCC-3 en discos de alginato en contacto con fósforo disuelto libremente en los discos y encapsulados en nanopartículas (Verbridge, et al., 2010). Y resultó que los cultivos que tenían el Ru-TEG libre resultaron en una muerte celular significativa, indicando que presenta una toxicidad directa para las células. Por otro lado, los que fueron cultivados con el fósforo encapsulado en las nanopartículas mostraron una viabilidad celular alta en comparación con los discos de control. Estos resultados demuestran que la encapsulación

de fósforos dentro de las nanopartículas elimina la toxicidad de los luminóforos (Choi, et al., 2012).

En la figura 12, se muestran las células que fueron viables en el experimento con el fosforo libre, las de control y con el fosforo encapsulado en las nanopartículas de no ionómero de acrilato de uretano. También a diferentes tiempos de exposición a la luz de exposición y en ausencia de esta.

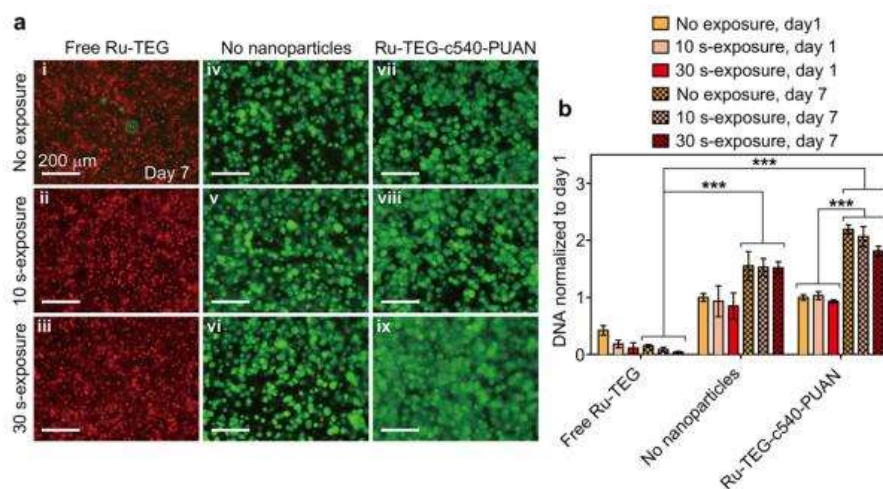


Figura 12. Biocompatibilidad de las nanopartículas.

Además de hacer pruebas in vitro, se observó en ratones inyectados con las nanopartículas, que no mostraron ninguna toxicidad inmediata y se mantuvieron vivos hasta un mes después de la inyección sin ningún efecto adverso aparente. La compatibilidad biológica de las nanopartículas de PUAN (Poliuretano acrilato no ionómero) se ha demostrado previamente mediante el uso de partículas similares para la administración de agentes quimioterapéuticos (Choi, et al., 2012).

Las nanopartículas estudiadas son de poliuretano anfifílico que se sintetizan mediante una polimerización reticulada de nano agregados de uretano no ionómero de acrilato. Las cadenas del uretano no ionómero de acrilato no se disuelven en agua, simplemente se dispersan en ella para formar nano agregados, o sea las nanopartículas de poliuretano anfifílico, incluso en concentraciones muy bajas, las cadenas de uretano no se disuelven porque son insolubles en agua.

Como se muestra en la figura 13, las cadenas de UAN tienen una parte hidrofóbica basada en óxido de polipropileno y un segmento hidrofílico en la misma cadena de óxido de polietileno hidrofílico, que es el PEO que se ve en la imagen. Por lo que, al contacto con agua, los segmentos de PEO solubles en agua en las cadenas UAN se separan en micro fase del segmento hidrofóbico y se orientan hacia la fase acuosa para formar una capa externa. Los segmentos hidrofóbicos basados en PPO se asocian entre sí para formar un interior hidrofóbico, lo que lleva a formar agregados nanométricos similares a micelas de cadena UAN que son las nanopartículas APU que se ven en la imagen. Las nanopartículas están estabilizadas por cadenas PEO ubicadas en su capa exterior como las micelas de los tensioactivos no iónicos. Y finalmente, la estructura agregada de nanopartículas de APU está bloqueada permanentemente por una reacción de reticulación química (Kim & Shim, 2001).

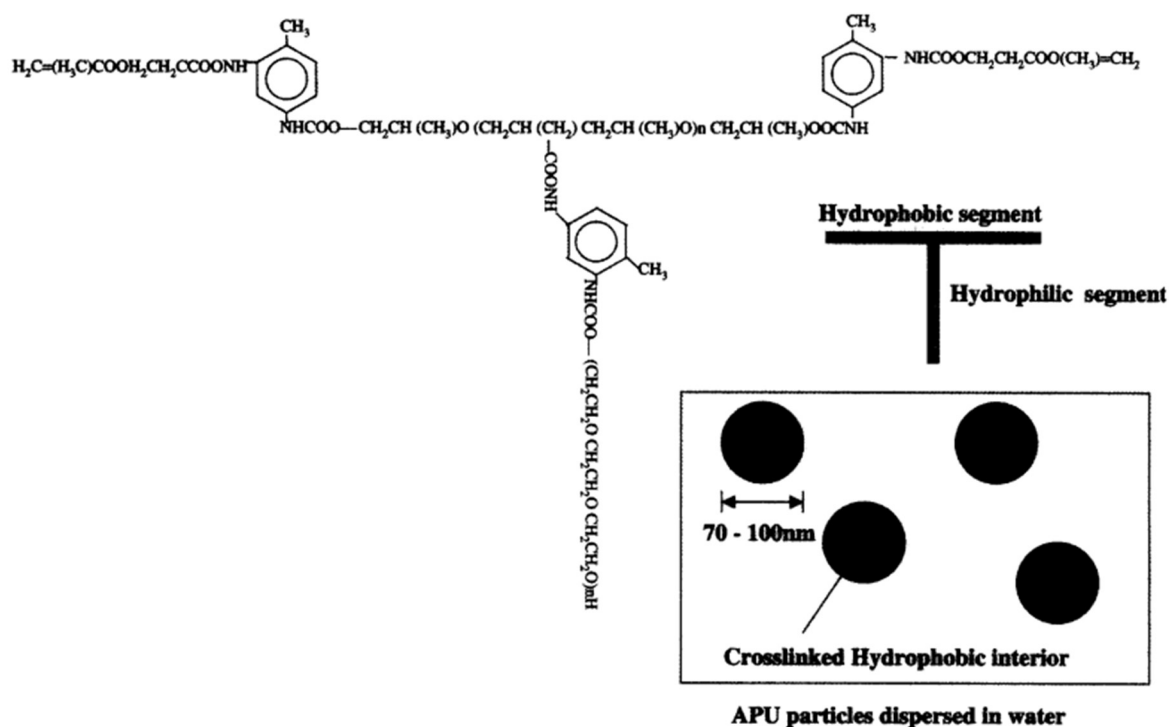


Figura 13. Representación esquemática de las cadenas de uretano noionómero de acrilato y partículas de poliuretano anfifílico.

4. Reflexiones del alumno o alumnos sobre sus aprendizajes, las implicaciones éticas y los aportes sociales del proyecto

Paulina Gutiérrez Gileta

- Aprendizajes profesionales

Las competencias que fui desarrollando a lo largo de las investigaciones, fue la comprensión de todos los nuevos conceptos que se fueron presentando. El no comprender del todo un tema, sin duda es un reto que requiere un poco de más dedicación.

Como aprendizajes del contexto, puedo mencionar que desconocía de algunas enfermedades de las cuales el monitoreo de la oxigenación es primordial. Actualmente es el COVID-19 el que ha necesitado más atención a los niveles de oxígeno en sangre y la enfermedad que ha aumentado la demanda de dispositivos en los últimos 2 años debido a la necesidad del monitoreo constante de una persona enferma de COVID.

Para llevar a cabo la investigación de los sensores luminiscentes, es necesario tener al menos un conocimiento básico de química y biología para comprender ciertos conceptos y fundamentos que se mencionan en los artículos, por lo que desempeñe mis conceptos de estas dos ciencias.

Para mi proyecto de vida profesional, aprendí que es importante siempre tener una organización de lo que es necesario tomar en cuenta para una investigación, debe haber una secuencia lógica en ella y se debe tener conocimiento de las necesidades del proyecto para el cual se realiza la investigación. Aprendí también sobre algunos diferentes tipos de sensores a nivel nano y las innovaciones que se pueden llevar a cabo en la nanotecnología y que hace una muy buena mancuerna con biotecnología.

- Aprendizajes sociales

En el ámbito social, el desarrollo de sensores de signos vitales es de suma importancia en el área médica, incluso simplemente para personas interesadas en el monitoreo constante de sus signos vitales en su vida cotidiana. El monitoreo constante de los signos vitales en una persona con algún padecimiento de salud podría marcar la diferencia en la atención que se le brinda para la prevención de alguna tragedia. El desarrollo de un cosechador de energía que mida varios signos vitales podría ser una buena alternativa para el ahorro de gastar en

varios equipos de monitoreo y esto podría hacer una diferencia para quienes no tienen todos los recursos para adquirirlos en caso de necesitarlo. Habría que ver si el desarrollo de un cosechador de energía como el que se lleva a cabo en este proyecto es una alternativa viable para personas de escasos recursos. Pero considero que en un sector en el que se tengan recursos para adquirir un sensor que mida varios signos a la vez, puede marcar la diferencia en cuestión de tiempos de censado e impactando de manera positiva en muchas otras áreas en las que sea necesario invertir tiempo.

- Aprendizajes éticos

Considero que para el desarrollo de un proyecto como el que se está llevando a cabo es necesario tomar en cuenta que los materiales que son utilizados no sean parte y contribución a la contaminación ambiental. En caso de trabajar con reactivos tóxicos para el ambiente, tomar en cuenta alternativas de reactivos o ver la forma de desechar los residuos de manera responsable.

- Aprendizajes en lo personal

En general, la situación del cambio de PAP me dio la oportunidad de ver un poco como funcionan algunas industrias y lo que no me gusta del sistema que manejan, para saber que mis capacidades como profesionista dan para más de lo que algunas empresas pueden ofrecer para desenvolverme como tal. La transición del PAP me dio la oportunidad de ver que soy capaz de adaptarme a un nuevo equipo aún en un proyecto ya avanzado y eso no tiene que ser un obstáculo para mi desempeño.

Paulina Zatarain Osuna

- Aprendizajes profesionales

Las competencias desarrolladas a lo largo de este proyecto fueron la aplicación de conocimientos previos de la materia de biosensores, puse en práctica mis conocimientos sobre metodología de la investigación, además, pude adquirir nuevos conceptos sobre sensores y nanotecnología. A pesar de tener un poco de bases sobre el tema fue difícil en algunas ocasiones el comprender ciertos conceptos, se requirió de tiempo y dedicación. Gracias a la investigación puse observar de cerca ciertas cifras sobre enfermedades y la

dificultad que tienen algunas personas para acceder a dispositivos para la salud, es triste pensar que se pierden vidas por esta limitante. Mis saberes puestos a prueba fueron los conocimientos de la materia de biosensores, la capacidad de investigación y la resolución de problemas. Los aprendizajes que me llevo para mi vida profesional es la gran relación que existe entre biotecnología y nanotecnología creo que estas dos áreas en conjunto pueden desarrollar cosas muy buenas.

- Aprendizajes sociales

Creo que esta innovación puede tener un gran impacto en la sociedad sobre todo si se consigue que este dispositivo llegue a comunidades de escasos recursos ya que ellos son los principales necesitados, considero siempre que ayudar debe ser el objetivo más grande de cualquier innovación. Después de este proyecto adquirí más herramientas para llevar a cabo un proyecto de impacto social y además de utilizar mis conocimientos de biotecnología para mezclarlos con alguna otra disciplina.

- Aprendizajes éticos

A lo largo del desarrollo de este PAP se tomaron muchas decisiones importantes, una de las principales fue dejar el otro PAP en el que no estaba aprendiendo nada para unirme a uno que me lleno de conocimientos, creo que fue la mejor decisión que pude tomar porque gracias a eso conocí un mundo de nuevos conceptos aplicables para mi vida profesional en el futuro, adquirí una nueva perspectiva sobre la nanotecnología y su utilidad.

- Aprendizajes en lo personal

El PAP me hizo conocer más mi capacidad de resolución de problemas y que con ganas e iniciativa se pueden lograr muchas cosas. También me hizo ver que los valores y la palabra es muy importante y valiosa, no se encuentran en cualquier lugar, creo que apreciarla debe ser primordial. El estar en una empresa como PISA con anterioridad y después trabajar con personas del ITESO me hizo apreciar la bonita comunidad que tenemos, es triste salir de la burbuja y darte cuenta de que no en todos lados es igual, pero me lo llevo como aprendizaje para cuando salga a trabajar.

5. Conclusiones

Paulina Gutiérrez Gileta

Puedo concluir que se logró realizar una extensa investigación de sensores luminiscentes y fue interesante adquirir conocimientos de sensores a nivel de nanopartículas.

Aprendí que la organización es clave para llevar a cabo un proyecto de investigación.

Con lo anterior mencionado, es importante el desarrollo de alternativas que aprovechen las energías con las que contamos para la mejora de dispositivos actuales.

En cuanto a las nanopartículas estudiadas, resultan ser una herramienta viable para medir oxígeno en tejidos y además podrían tener más aplicaciones. Las nanopartículas dieron un resultado positivo en la encapsulación del rutenio, porque lo aíslan del organismo y no permiten que resulte tóxico para este. Las características y propiedades de las nanopartículas podrían resultar de interés en el desarrollo de cosechadores de energía, porque se usan materiales y técnicas versátiles que podrían ser adaptadas a proyectos con un enfoque similar para la medición de oxígeno.

Paulina Zatarain Osuna

Al término de este proyecto se puede concluir que se aprendieron muchos nuevos conceptos sobre sensores y su aplicación en mediciones de signos vitales, en especial sobre el funcionamiento profundo del sensor MAX30102 ya que se analizó un artículo donde exponen toda la metodología que les tomó realizar para hacer un dispositivo de censo de signos vitales que fue para mí vital para comprender a profundidad el funcionamiento de estos. Además, con la elaboración de este documento pudimos investigar y observar la problemática que es para la sociedad no tener un sistema de censo al alcance, el no tenerlo puede costar la vida de personas, ya que muchas enfermedades requieren del constante monitoreo y una variación o dato no captado puede ser fatal para el paciente.

6. Bibliografía

- Bencomo Solibella, Villazana Sergio & Salas Bruno. (2016). Design and construction of a pulse oximeter, de Revista Ingeniería UC Sitio web: <https://www.redalyc.org/pdf/707/70746634007.pdf>
- Choi, N. W., Verbridge, S. S., Williams, R. M., Chen, J., Kim, J. Y., Schmehl, R., Farnum, C. E., Zipfel, W. R., Fischbach, C., & Stroock, A. D. (2012). Phosphorescent nanoparticles for quantitative measurements of oxygen profiles in vitro and in vivo. *Biomaterials*, 33(9), 2710–2722. <https://doi.org/10.1016/j.biomaterials.2011.11.048>
- American Thoracic Society. (2011). Oximetría de pulso, de American Thoracic Society Sitio web: <https://www.thoracic.org/patients/patient-resources/resources/spanish/pulse-oximetry.pdf>
- Ruiz Narvárez Luis Alberto. (2018). Sistema de telemedicina para monitoreo continuo de constantes vitales en lactantes menores para evitar el síndrome de muerte súbita, de Universidad técnica de abato Sitio web: [https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/27823/1/Tesis %20t1396ec.pdf](https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/27823/1/Tesis_%20t1396ec.pdf)
- Simon, M. C., & Keith, B. (2008). The role of oxygen availability in embryonic development and stem cell function. *Nature reviews. Molecular cell biology*, 9(4), 285–296. <https://doi.org/10.1038/nrm2354>
- Mejía Salas, Héctor, & Mejía Suárez, Mayra. (2012). Oximetría de pulso. *Revista de la Sociedad Boliviana de Pediatría*, 51(2), 149-155, de http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1024-06752012000200011&lng=es&tlng=es.
- OPS. (2020). Aspectos técnicos y regulatorios sobre el uso de oxímetros de pulso en el monitoreo de pacientes con COVID-19., de Organización Panamericana de la Salud

Sitio

web:

https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/52551/OPSHSSMTCOVID-19200029_spa.pdf?sequence=1&isAllowed=y

UNICEF. (2020). Para cada infancia. de UNICEF Sitio web:

<https://www.unicef.org/es/comunicados-prensa/todos-los-años-42-millones-de-niños-sufren-desesperadamente-la-falta-de-ox%C3%ADgeno>

Llamas Luis. (2020). Pulsímetro y oxímetro con arduino y Max30102. de Ingeniería, informática y diseño Sitio web:

<https://www.luisllamas.es/pulsimetro-y-oximetro-con-arduino-y-max30102/>

Rumsey, W. L., Vanderkooij, J. M., & Wilson, D. F. (1988). Imaging of phosphorescence: a novel method for measuring oxygen distribution in perfused tissue. *Science (New York, N.Y.)*, 241(4873), 1649–1651. <https://doi.org/10.1126/science.241.4873.1649>

Briñas, R. P., Troxler, T., Hochstrasser, R. M., & Vinogradov, S. A. (2005). Phosphorescent oxygen sensor with dendritic protection and two-photon absorbing antenna. *Journal of the American Chemical Society*, 127(33), 11851–11862. <https://doi.org/10.1021/ja052947c>

Hartmann, P., & Trettnak, W. (1996). Effects of polymer matrices on calibration functions of luminescent oxygen sensors based on porphyrin ketone complexes. *Analytical chemistry*, 68(15), 2615–2620. <https://doi.org/10.1021/ac960008k>

Berkowitz, B. A., Kowluru, R. A., Frank, R. N., Kern, T. S., Hohman, T. C., & Prakash, M. (1999). Subnormal retinal oxygenation response precedes diabetic-like retinopathy. *Investigative ophthalmology & visual science*, 40(9), 2100–2105.

Finikova, O. S., Lebedev, A. Y., Aprelev, A., Troxler, T., Gao, F., Garnacho, C., Muro, S., Hochstrasser, R. M., & Vinogradov, S. A. (2008). Oxygen microscopy by two-photon-excited phosphorescence. *Chemphyschem: a European journal of chemical physics*

- and physical chemistry, 9(12), 1673–1679.
<https://doi.org/10.1002/cphc.200800296>
- Valko, M., Morris, H., & Cronin, M. T. (2005). Metals, toxicity and oxidative stress. Current medicinal chemistry, 12(10), 1161–1208.
<https://doi.org/10.2174/0929867053764635>
- Verbridge, S. S., Choi, N. W., Zheng, Y., Brooks, D. J., Stroock, A. D., & Fischbach, C. (2010). Oxygen-controlled three-dimensional cultures to analyze tumor angiogenesis. Tissue engineering. Part A, 16(7), 2133–2141.
<https://doi.org/10.1089/ten.tea.2009.0670>
- Kim, JY. & Shim, SB. (2001). The Use of Amphiphilic Polyurethane Nanoparticles for Desorption of Phenanthrene from Aquifer Materials., de Samchok National University Sitio web:
<https://www.cheric.org/research/tech/periodicals/view.php?seq=373832>
- Batteries4Pro. (2014). Tamaños y formatos de pilas y baterías., de Batteries4Pro Sitio web:
<https://www.batteries4pro.com/es/blog/26-tailles-et-formats-des-piles-et-batteries>