

1. INTRODUCCIÓN

La medicina es una ciencia que permite conocer las enfermedades y es un arte que capacita a los médicos para tratar, curar o aliviar al hombre enfermo. El conocimiento del proceso morboso permite establecer la naturaleza y la extensión de sus repercusiones orgánicas y psíquicas en la totalidad del organismo enfermo. Solo así se podrán prescribir las bases de un plan terapéutico, que siempre ha de tender a la erradicación de la enfermedad, o al menos, a suprimir sus manifestaciones, subjetivas u objetivas. El enfermo consulta con su médico porque algo le duele o le molesta; algo que interfiere con su bienestar físico-mental, menoscaba su productividad o hiere su sentido estético. Por ello, toda enfermedad tiene su vertiente personal, síntomas que se exteriorizan por unos síntomas. Pero junto a estos “*sentimientos*” todo proceso morboso provoca unas alteraciones objetivas o signos que han de ser detectados y evaluados por el médico. Solo después de una cuidadosa interpretación de los síntomas de una enfermedad (sintomatología) y de sus signos (semiología) el médico podrá identificar la enfermedad (diagnóstico), establecer su origen (etiología), analizar el modo cómo la causa morbosa ha obrado sobre el organismo (patogenia) y juzgar la trascendencia que pueda tener para el futuro del individuo afectado (pronóstico) [1].

A diferencia de los primeros cien años de la práctica de la anestesia, durante los cuales el médico dependía fundamentalmente de sus propios sentidos, en los últimos veinte años, el extraordinario progreso de la tecnología en la ingeniería electrónica y digital permite mayor capacidad para el cuidado y medición de la mayoría de las funciones vitales, particularmente en el área de la anestesiología. El origen de la oximetría se remonta al año 1862, cuando el profesor alemán de química aplicada, Félix Hoppe Seyler, acuña el término de hemoglobina (Hb) y reconoce que la sangre oxigenada se puede diferenciar de la no oxigenada. En 1864, George Stokes reporta que la hemoglobina transporta O₂ (oxígeno) en la sangre. Robert Bunsen y Gustav Kirchoff, en 1869, construyen el primer espectroscopio y demuestran que cada material tiene un espectro específico. Siete años después, en 1876, Karl von Vierordt usa el espectroscopio para la medición del O₂, con la utilización de la transmisión de la luz. En 1935, Karl Matthes, fabrica el primer aparato auricular para medir la saturación de O₂ con dos longitudes de onda, roja y verde, por transiluminación de los tejidos. Durante la Segunda Guerra Mundial, Glen Millikan (1942) desarrolla un método óptico destinado a la medición de la saturación de hemoglobina con O₂ en pilotos que volaban a grandes alturas, e introduce el término de *oxímetro*. En 1949, Earl Wood, en la Clínica Mayo, modifica la pieza auricular de Millikan. Aumenta una cápsula de presión con dos ventajas: mayor exactitud y lectura absoluta de saturación de O₂. Estos adelantos y modificaciones dan inicio a la oximetría moderna, con Shaw en 1964, quien ensambla el primer oxímetro auricular, autocalibrable, utiliza ocho longitudes de onda, y el método de calentar el lóbulo de la oreja para *arterializar* los capilares sanguíneos. A pesar de que se convirtió en un modelo clínico y demostró seguridad para la monitorización intraoperatoria, su tamaño, costo y la dificultad del sensor auricular impidieron su aceptación como monitor de rutina. Posteriormente, en Tokio, en 1975, el ingeniero Takuo Aoyagi diseña el primer oxímetro auricular comercial, por el análisis de la *absorbancia* de la luz pulsátil. Finalmente, en 1980, el anestesiólogo William New desarrolla y distribuye el “oxímetro de pulso”. A partir de 1986, la Sociedad Americana de Anestesiólogos (ASA) apoya el uso de la oximetría de pulso durante todas las anestесias como método para asegurar la oxigenación. En México, la Norma Oficial Mexicana para la práctica de la anestesiología (NOM-170-SSAI-1998), dentro de los lineamientos para el manejo transanestésico, establece vigilar continuamente la saturación de oxígeno mediante la oximetría de pulso en todo procedimiento anestésico [2].

Antes del desarrollo de la oximetría de pulso, los métodos que generalmente se usaban para evaluar la oxigenación de los pacientes eran visuales, por ejemplo, se observaba la palidez o la presencia de *cianosis* y el análisis de sangre arterial; ambos métodos tienen inconvenientes considerables. La observación directa no es un indicador uniforme ni fidedigno de hipoxia. El análisis de sangre arterial, aunque exacto, es invasivo, costoso y lento, y la oxigenación del paciente puede cambiar antes de que se reciban los resultados de laboratorio; además, esta técnica proporciona solo indicios intermitentes de la saturación de la sangre arterial. Los oxímetros de pulso son muy fáciles de comprender y usar y, aunque no han reemplazado el muestreo de sangre arterial, han reducido la frecuencia de los análisis de gases sanguíneos, con lo cual han eliminado muchos procedimientos costosos de laboratorio.

Los oxímetros de pulso monitorean de forma no invasiva la saturación de oxígeno (expresada como porcentaje o en decimales) de la hemoglobina arterial midiendo los cambios de absorción de luz que resultan de las pulsaciones del flujo de la sangre arterial; su uso permite el monitoreo continuo e instantáneo de la oxigenación. Se denomina SpO_2 cuando se determina a partir de una muestra de sangre arterial. La mayoría de los oxímetros de pulso también ofrecen otras características de representación visual de los datos, incluida frecuencia de pulso, límites de alarma relativos a la saturación de oxígeno y pletismogramas (gráficos de cálculos análogos o de barras que indican la amplitud del pulso), y diversos mensajes del estado del sistema y de los errores. En los equipos modulares, esta representación visual de datos forma parte del dispositivo principal al cual está conectado el equipo. Las alarmas sonoras generalmente se activan cuando se sobrepasan los límites de la SpO_2 o de la frecuencia del pulso, y a menudo el tono que marca cada pulso variará conforme a los cambios de la SpO_2 . La mayoría de las alarmas sonoras pueden desactivarse manualmente, ya sea momentánea o permanentemente.

En el segundo capítulo se verá la importancia que tienen las *constantes vitales* para detectar o monitorizar problemas de la salud así como el empleo del “Oxímetro de Pulso” en la medicina, también se verán los principios de funcionamiento, características y consideraciones de diseño del sistema, por ser un equipo de instrumentación no invasivo.

En el capítulo 3 están los objetivos generales y específicos del proyecto.

Para el capítulo 4 se verá la base teórica de la fisiología como son: principales componentes sanguíneos, circulación, pulso, frecuencia cardiaca, forma de onda fotopletismográfica; ley de Beer-Lambert y microcontroladores.

En el quinto capítulo se presenta el diseño y la implementación del sistema electrónico tomando en cuenta las características de la señal fisiológica a medir; se hace la designación de los dispositivos a utilizar, en donde se toman en cuenta los criterios para elegir los dispositivos electrónicos, firmware y software de programación; la infraestructura y recursos con que cuenta el departamento de Instrumentación del INCICH (Instituto Nacional de Cardiología Ignacio Chávez).

Para el sexto capítulo se presentará un protocolo de prueba para verificar si el sistema está operando bien, se hará la calibración del prototipo empleando un oxímetro comercial de la marca Nellcor tomando sus valores de saturación y frecuencia cardiaca como valores de referencia.

En el capítulo 7 se anotan los resultados del proyecto: se alimenta con 12 V, demanda una corriente de 278 mA, consume una potencia de 3.33 W; % Error $_{SpO_2}$ = 5.45 y % Error $_{FC}$ = 11.08