

## 2. ANTECEDENTES GENERALES

### 2.1 MEDICION DE LAS CONTANTES VITALES PARA LA VALORACIÓN DE PACIENTES EN MEDICINA

El pulso, la frecuencia respiratoria, la presión arterial y la temperatura se consideran los indicadores basales del estado de salud del paciente: por ello se los conoce como constantes vitales. Pueden medirse en fases muy tempranas de la exploración física o integrarse en diferentes partes de ésta.

#### *FRECUENCIA RESPIRATORIA*

La frecuencia respiratoria se determina mediante inspección simple, observando el ascenso y descenso del tórax del paciente y la facilidad o dificultad con que se efectúa la respiración. Se determinará el número de ciclos respiratorios (inspiración y espiración) que se producen en un minuto, para determinar la frecuencia respiratoria. En los lactantes, la elevación y el descenso del abdomen con la respiración facilitan el recuento. Se observarán igualmente la regularidad y el ritmo del patrón respiratorio.

#### *PRESION ARTERIAL*

La medición de la presión arterial es una medida periférica de la función cardiovascular. La medida indirecta de la presión arterial se realiza mediante un estetoscopio y un esfigmomanómetro aneroide o de mercurio. También existen esfigmomanómetros electrónicos, que no precisan el empleo del estetoscopio. El esfigmomanómetro está compuesto por un manguito en cuyo interior se encuentra alojada una cámara inflable, un manómetro y una perilla de goma provista de una válvula de control de presión, con la que se infla y desinfla la cámara del manguito. El esfigmomanómetro electrónico dispone de un sensor de vibraciones que las convierte en impulsos eléctricos. Estos impulsos se transmiten a un dispositivo que los traduce a un valor numérico mostrado en una pantalla digital. Se trata de un aparato relativamente sensible y puede medir al mismo tiempo la frecuencia del pulso. Sin embargo, no proporciona indicación alguna en cuanto a la calidad, el ritmo y otras características del pulso, por lo que no se debe emplear como sustitución de la palpación personal.

#### *TEMPERATURA*

La determinación de la temperatura corporal proporciona con frecuencia una indicación valiosa en cuanto a la gravedad de la patología del paciente. En los casos de infección bacteriana puede constituir el parámetro diagnóstico más importante, sobre todo en niños de corta edad y pacientes ancianos. La determinación de la temperatura corporal puede realizarse en diversas zonas del organismo, siendo las más frecuentes la boca, el recto y la axila. Otro lugar que cada vez tiene más aceptación es la membrana timpánica, que es de fácil y rápido acceso y de naturaleza no invasiva. La determinación electrónica de la temperatura ha hecho disminuir el tiempo necesario para obtener valores precisos [3].

El proceso de tomar mediciones en conjunto favorece al establecimiento de una mayor relación entre las variables obtenidas, su fusión nos ayuda a la valoración veraz y eficaz del paciente, así como también ayuda a identificar alteraciones y tomar los correctivos inmediatos que sean necesarios. Por tanto, el tomar por separado las mediciones clínicas de los signos vitales consume mucho tiempo, las tomas son de carácter subjetivo y carecen de expresión gráfica.

## **2.2 LA OXIGENACIÓN**

En el pasado la guía para el anestesiólogo era la coloración de la piel, dentro del campo quirúrgico, se percataba de un episodio de hipoxemia cuando el paciente cambiaba al color cianótico o sangre oscura alertaba al cirujano, y si ninguno se percataba de estos datos, entonces el paciente sufría en la mayoría de los casos un paro cardíaco fatal. Cuando el anestesiólogo tuvo a disposición con la oximetría de pulso para el monitoreo de la oxigenación, se evitaron muchas muertes al detectar de forma precoz la hipoxemia. Después de dos décadas de encontrar en la oximetría de pulso una herramienta para vigilar a los pacientes durante un procedimiento anestésico, aún se discute si la oximetría de pulso en realidad garantiza la seguridad de los pacientes. Pocas investigaciones afirman que la oximetría de pulso puede cambiar el tratamiento pero no cambia la mortalidad. En la práctica diaria la oximetría de pulso ha permitido detectar la desaturación antes que el propio anestesiólogo lo advierta. Es por esto que la lectura del oxímetro de pulso se acompañe de otros medios de monitoreo y no cometer el error de dejar todo el monitoreo de la oxigenación al oxímetro de pulso. En una intubación endotraqueal antes del oxímetro de pulso está el uso correcto del estetoscopio para la auscultación de campos pulmonares, después de marcar 80% de  $SpO_2$  proceder a escuchar los campos pulmonares es sólo prolongar el tiempo de daño. Observar el patrón respiratorio, la frecuencia respiratoria, sentir en la bolsa de reservorio resistencia u obstrucción de la vía aérea y auscultación de campos pulmonares, todo acompañado de la oximetría de pulso son las partes que aseguran al paciente y no sólo dejar la seguridad de la oxigenación del paciente al oxímetro de pulso [4].

La oximetría de pulso mide la saturación de oxígeno en la sangre, pero no mide la presión de oxígeno ( $PaO_2$ ), tampoco la presión de dióxido de carbono ( $PaCO_2$ ) o el pH. Por tanto, no sustituye a la gasometría en la valoración completa de los enfermos respiratorios. Sin embargo supera a la gasometría en rapidez y en la monitorización de estos enfermos. Los aparatos disponibles en la actualidad son muy fiables para valores entre el 80 y el 100%, pero su fiabilidad disminuye por debajo de estas cifras.

## **2.3 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE LOS OXIMETROS DE PULSO**

La oximetría de pulso se fundamenta en la espectrofotometría clásica que permite calcular la concentración de una sustancia en solución a partir de su absorción óptica a una longitud de onda determinada; con la Ley de Beer. La sustancia que se esta analizando se ilumina y se mide cuanto absorbe; de tal medida se calcula la concentración. El oxímetro de pulso es un aparato que combina los principios de la oximetría por espectrofotometría y la pletismografía [5].

Se descubrió en la década de 1860 que la sustancia de color, la hemoglobina, transportaba oxígeno. Al mismo tiempo se notó que la absorción de la luz visible por una solución de hemoglobina varió con la oxigenación. Esto es porque las dos formas comunes de la molécula, Oxihemoglobina ( $HbO_2$ ) y la hemoglobina reducida (Hb), tienen significativamente espectros diferentes en el rango de 600 nm a 1000 nm [6], como se muestra en la figura 1.

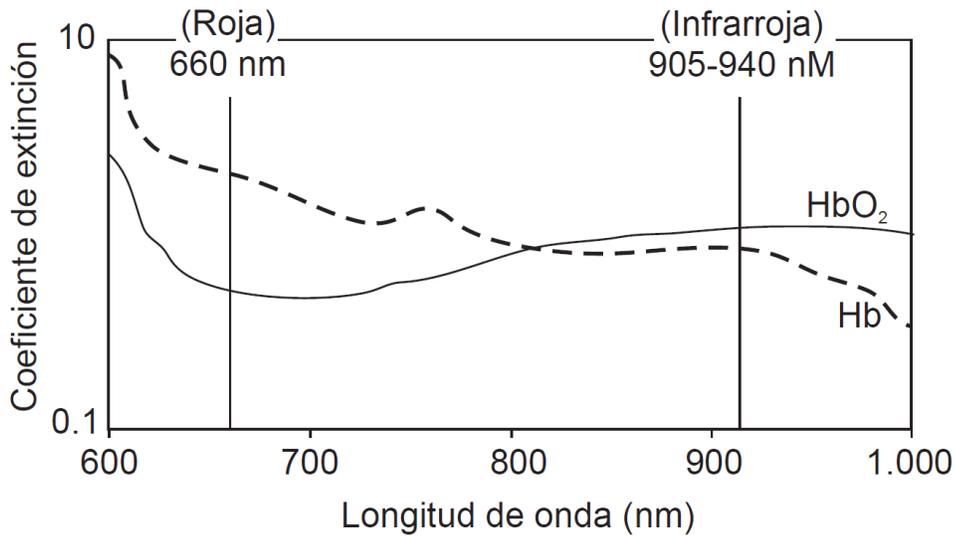


Figura 1: Espectro de absorción de la HbO<sub>2</sub> y la Hb para las longitudes de onda de 660 nm y 920 nm [4].

El oxímetro de pulso determina la SaO<sub>2</sub> al analizar solo la parte pulsátil (ac), que es la componente de luz transmitida a través de la piel durante la fase sistólica del flujo sanguíneo en el tejido, figura 2. Este enfoque logra la medición del contenido de sangre arterial solamente con dos longitudes de onda. La componente de dc de la luz transmitida, el cual representa la absorción de luz debida al pigmento de la piel y otros tejidos, es usado para normalizar la señal ac. Ha sido desarrollado un oxímetro de reflectancia transcutáneo basado en una técnica pletismográfica similar. La ventaja del **oxímetro de reflectancia** es que puede monitorear SaO<sub>2</sub> transcutáneo en varias partes sobre la superficie del cuerpo (por ejemplo, mejilla, frente y extremidades) que en la oximetría convencional por transmitancia no podría realizarse [7].

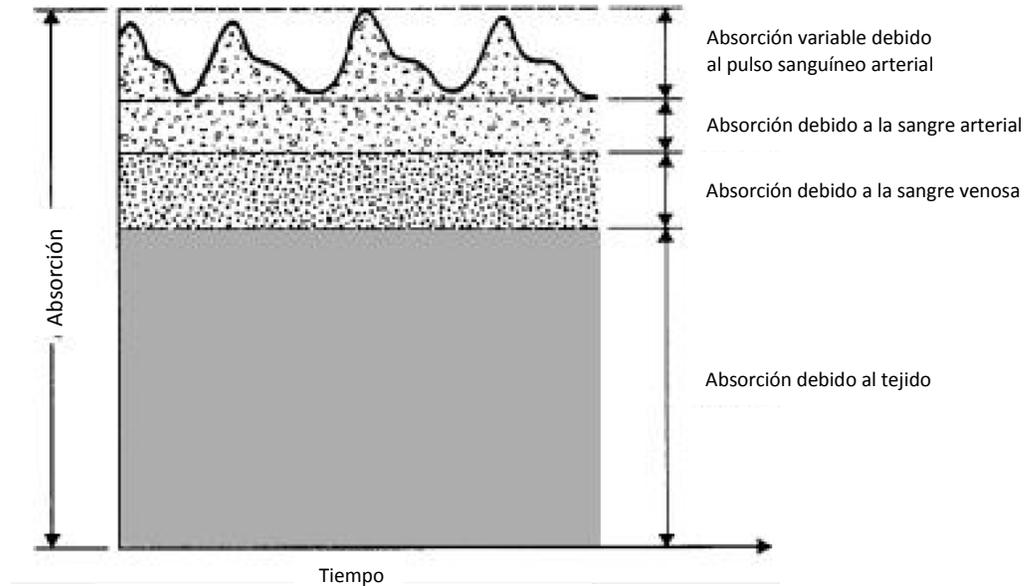


Figura 2: El oxímetro de pulso solo analiza la absorción de luz que varía con el tiempo de sangre arterial oxigenada [8].

## 2.4 CARACTERISTICAS Y CONSIDERACION DE DISEÑO DE LOS OXIMETROS DE PULSO

Por investigaciones realizadas se emplean dos longitudes de onda, una  $\lambda_r = 660$  nm (luz roja) y otra  $\lambda_{ir} = 940$  nm (luz infrarroja). La absorción de luz de las mismas son considerables al hacerse pasar por un elemento constituido por hemoglobina (Hb) y Oxi-hemoglobina (HbO<sub>2</sub>).

Es posible que el sensor pueda moverse súbitamente debido al movimiento inconsciente del paciente haciendo que la forma de la señal fotopleletismográfica sea corrompida causando lecturas inválidas, para la solución de este problema se le agrega un filtro paso bajas y un controlador automático de ganancia para posicionar una señal de DC a un nivel de referencia.

El sensor debe, en la medida de lo posible, eliminar cualquier luz externa para que no exista interferencia con las fuentes de luz roja e infrarroja. Se pueden hacer pruebas de medición bajo una lámina (para tapar luz externa).

Se debe procurar la correcta (libre) circulación de sangre por las arterias, vasos sanguíneos permitiendo que el dedal no presione en demasía el dedo de medición.

Es importante que las salidas (forma de la onda fotopleletismográfica y valores numéricos) del dispositivo muestren lecturas correctas; por lo tanto el dispositivo deberá tener un código que pueda detectar errores debidos al movimiento.

También debe tomarse en cuenta la potencia luminiscente para no calentar el dedo del paciente.

Los oxímetros comerciales regularmente tienen un error de +/-2 dígitos en el rango de 70 a 100% en la medición de la saturación de oxígeno y de +/- 3 dígitos en el rango de 20 a 250 lpm (latidos por minuto) [9, 10].

Todos los oxímetros de pulso han sido calibrados empíricamente al desaturar a voluntarios sanos en un rango de oxihemoglobina de 100% al 70%. Al medir oxihemoglobina en numerosos puntos estables dentro de este rango, puede generarse una curva de calibración mediante la recopilación de datos de absorción de ambas longitudes de onda, roja e infrarroja [11].

En la oximetría de pulso, la exactitud de cualquier medida de SpO<sub>2</sub> depende de la exactitud de la curva de calibración de los oxímetros. Este enfoque es seguido por la mayoría de fabricantes y la razón detrás al utilizar un procedimiento de calibración *in vivo* [12].

Los valores de saturación que son desplegados no son instantáneos, son los promedios tomados de 3 a 10 segundos para ayudar a reducir el efecto de las variaciones de la onda de presión debido al movimiento del sujeto [13]; para calibrar a los oxímetros de pulso emplean como referencia a los Co-oxímetros o hemogasómetros como el estándar de oro [14].

## 2.5 DIAGRAMA GENERAL A BLOQUES DE UN PULSIOXIMETRO

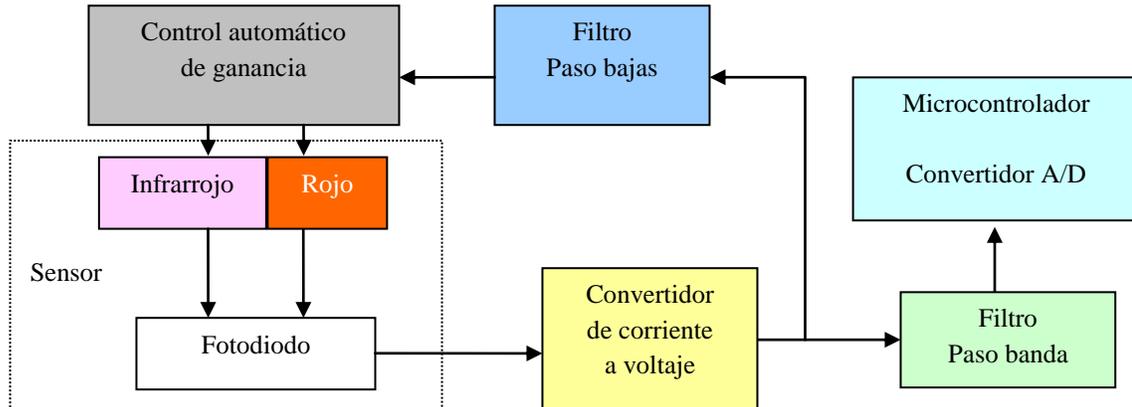


Figura 3: Diagrama general a bloques de un oxímetro de pulso empleando el método de transmitancia.

La sonda o sensor del oxímetro de pulso, figura 3, se aplica a una región del cuerpo, por ejemplo, a un dedo de la mano o del pie, o a la oreja. La sonda transmite dos longitudes de onda de luz (por ej. 660 nm [roja] y 930 nm [infrarroja]) a través de la piel. Estas longitudes son absorbidas diferencialmente por la oxihemoglobina. El fotodetector al otro lado del tejido transforma la luz transmitida en señales eléctricas proporcionales a la absorción.

Luego, la señal entra a una etapa de acondicionamiento para obtener una señal útil, para después ser procesada por el microprocesador del equipo y se obtenga la medición por algún medio de representación visual.

El control automático de ganancia controla la intensidad de los LEDs, es requerido para mantener un nivel de DC constante sin importar el grosor del dedo que se le pueda colocar al sensor [15].

Cada pulso de la sangre arterial hace que el lecho capilar se expanda y se relaje. Las variaciones cíclicas resultantes en la longitud de la trayectoria de la luz transmitida permiten al dispositivo distinguir entre la saturación de hemoglobina de la sangre arterial (pulsante) y la de la sangre venosa, y los componentes tisulares porque no hay ningún pulso del tejido circundante y el pulso de la sangre venosa es insignificante. Algunos equipos sincronizan las mediciones de absorción con la onda R de la señal de electrocardiograma (ECG) para detectar artefactos de movimiento (esta técnica impide que las señales extrañas se confundan con las señales de pulso) y algunos tienen memoria para seguir la tendencia de la SpO<sub>2</sub> de un paciente a lo largo del tiempo. A fin de reducir las pequeñas variaciones de los valores presentados de saturación de oxígeno y contrarrestar los valores falsos de las formas de onda resultantes de artefactos, los oxímetros de pulso emplean algoritmos para promediar los datos y reconocer los artefactos.