

## DISEÑO DE PROCEDIMIENTOS PARA LA CALIBRACIÓN DE PULSIOXIMETROS

### design of procedures for the calibration of pulse-oximeters

#### RESUMEN

En el contenido de éste artículo se hace referencia al procedimiento de calibración de Pulsioxímetros SpO<sub>2</sub>; procedimiento para el cual no existe una norma técnica específica y que el grupo de electrofisiología diseñó en el marco de un proyecto aprobado por COLCIENCIAS que tiene como objetivo principal acreditar un laboratorio de calibración/ensayo de equipo electromédico.

**PALABRAS CLAVES:** Metrología electromédica, trazabilidad, calibración, equipo electromédico, pulsioxímetros.

#### ABSTRACT

*In the content of this one article reference to the procedure is made of calibration of Pulse-oximeters SpO<sub>2</sub>; procedure for which a technical norm doesn't exist specifies and that the electrophysiology group designed in the frame of a project approved by COLCIENCIAS that has as principal aim credit a laboratory of calibration / test of medical equipment.*

**KEYWORDS:** *Electromedical metrology, trazability, calibration, tests, electromedical equipment, Pulse-oximeters.*

#### LUIS G. MEZA CONTRERAS

Profesor Departamento de física  
Jefe de Calibración Laboratorio de  
Metrología - Variables Eléctricas  
Departamento de física.  
Universidad Tecnológica de Pereira  
lgmeza@utp.edu.co

#### LUIS ENRIQUE LLAMOSA R

Profesor Titular  
Director Laboratorio de Metrología  
Departamento de Física  
Universidad Tecnológica de Pereira  
lellamo@utp.edu.co

#### SILVIA PATRICIA CEBALLOS

Auxiliar de Calibración  
Laboratorio de Metrología -  
Variables Eléctricas  
Estudiante de Ingeniería física  
Departamento de física.  
silveria19@hotmail.com

### UNIVERSIDAD TECNOLOGICA DE PEREIRA

## 1. INTRODUCCIÓN

**1.1 Historia:** El interés por la medida de la oxigenación de los pacientes es muy antiguo. En 1930 se empieza ya a investigar sobre la Saturación de oxígeno (SO<sub>2</sub>) mediante la absorción de luz. En la II Guerra Mundial se renueva el interés, ante los graves accidentes por hipoxia de los pilotos de aviación [3]. En 1950, Clark diseña su electrodo de PO<sub>2</sub> construido con un ánodo de plata-cloruro de plata, y un cátodo de plata, con un voltaje de polarización entre ambos de -0,6 Voltios. En 1960, con la idea original de Millikan [4], se diseña el primer oxímetro, comercializándose en 1970 un equipo con un sensor o pieza de oreja, que funcionaba con ocho longitudes de onda, apareciendo también en 1970, un catéter de fibra óptica para medir en vivo la saturación en la arteria pulmonar. En 1972, la Universidad de Washington diseña un equipo para medir la saturación de oxígeno en la arteria umbilical, comercializándose una de las marcas pioneras, en 1977. A partir de 1981, el mercado se inunda de pulsioxímetros, existiendo en 1992, más de 35 firmas que los comercializan, pasando la pulsioximetría a ser el quinto signo vital [1].

**¿Qué es pulsioximetría?** La pulsioximetría es la medición, no invasiva, del oxígeno transportado por la hemoglobina en el interior de los vasos sanguíneos. También informa de la frecuencia y pulso del ritmo periférico.

**¿Qué parámetros físicos se miden?** Los parámetros físicos que se miden con la técnica de pulsioximetría encontrados en el alcance de éste trabajo son:

- \* Saturación de oxígeno (%)
- \* Frecuencia cardíaca (BPM)

**1.2 Saturación de oxígeno en la sangre:** El cuerpo humano está compuesto de diferentes sistemas que se encargan de regular el correcto funcionamiento del organismo, uno de ellos es el sistema circulatorio el cual se encarga de hacer llegar, a través de las venas y las arterias, la sangre a todas las partes del cuerpo.



Figura 1. Pulsioxímetro.

Típicamente la sangre es de color rojo el cual cambia su tonalidad dependiendo de la cantidad de oxígeno que contiene, La sangre saturada con oxígeno es de

color rojo vivo y la sangre que ha perdido su oxígeno es de color rojo azulado oscuro<sup>1</sup>.

La sangre saturada de oxígeno se encarga de llevarlo, a través de las arterias, hasta los tejidos y células del organismo donde lo descarga y recoge productos de desecho, como el dióxido de carbono, generados del metabolismo celular, regresando a los pulmones a través de las venas y los capilares donde cede el dióxido de carbono para su correspondiente eliminación y se satura nuevamente de oxígeno para realizar el mismo ciclo.

La sangre se satura con oxígeno a través de los pulmones debido a la molécula de hemoglobina contenida en los glóbulos rojos que conforman la sangre. Cuando la hemoglobina está saturada de oxígeno se denomina oxihemoglobina o hemoglobina oxigenada dando el color rojo vivo a la sangre arterial, cuando la hemoglobina a perdido el oxígeno se le conoce como hemoglobina reducida lo que ocasiona el color rojo azulado oscuro típico de la sangre que circular a través de las venas.

La hemoglobina es una proteína de la cual se piensa que tiene forma elipsoidal. Estudios con Rayos X han demostrado que está formada por dos medias moléculas idénticas. Cada media molécula contiene dos diferentes cadenas polipeptídicas que se han designado como alfa y beta. La secuencia de aminoácidos de dichas cadenas está determinada bajo control genético y empieza muy temprano en la vida fetal. También contiene lo que se llama un grupo hemo que es una estructura que contiene hierro en forma de quelato en una estructura protoporfirínica.

Así pues cada molécula de hemoglobina contiene:

- 4 Moléculas polipeptídicas
- 4 Moléculas protoporfirínicas
- 4 Átomos de Hierro.

Cada cadena está unida a una molécula de hemo como se ilustra en la figura 2. [2]

**1.3 Frecuencia cardíaca:** La frecuencia cardíaca o pulso es el número de latidos cardíacos por minuto. Estos latidos son generados por el corazón. Se deben a que el corazón es una bomba de tejido muscular y como cualquier bomba, el corazón necesita una fuente de energía para poder funcionar. La acción de bombeo del corazón proviene de un sistema integrado de conducción eléctrica (Figura 3).

El nódulo sinusal (también llamado nódulo sinoauricular, nódulo SA, o también sinoatrial), que es una pequeña masa de tejido especializado localizada en la aurícula (también llamada atrio) derecha (la cavidad superior derecha) del corazón, genera un impulso eléctrico. En condiciones normales, el nódulo sinusal genera un impulso eléctrico cada vez que el corazón late (60 a 190 veces por minuto, en función de la edad del individuo y de su grado de actividad). Ese estímulo eléctrico viaja a través de las vías de conducción (de forma parecida a como viaja la corriente eléctrica por los cables desde la central eléctrica hasta nuestras casas) y hace que las cavidades bajas del corazón se contraigan y bombeen la sangre hacia fuera, debido a esto la sangre se comporta como un fluido pulsátil, lo que permite que se realice la medición usando el pulsioxímetro. La aurícula derecha e

izquierda (las dos cavidades superiores del corazón) son estimuladas en primer lugar, y se contraen durante un breve período de tiempo antes de que lo hagan los ventrículos derecho e izquierdo (las dos cavidades inferiores del corazón).

El impulso eléctrico viaja desde el nodo sinusal hasta el nódulo aurículoventricular o atrioventricular (AV), donde se retrasan los impulsos durante un breve instante, y continúa por la vía de conducción a través del haz de His hacia los ventrículos. El haz de His se divide en la rama derecha y en la rama izquierda, para llevar el estímulo eléctrico a los dos ventrículos.

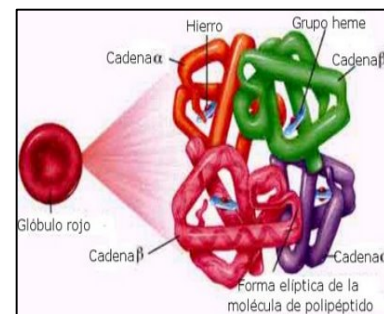


Figura 2. Molécula de hemoglobina.

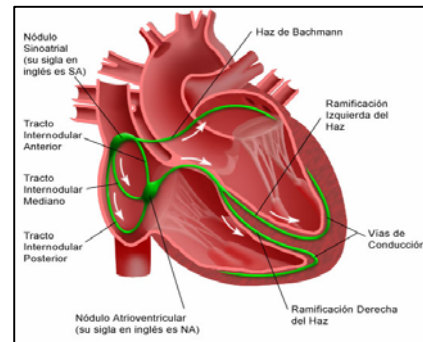


Figura 3. Sistema eléctrico del corazón.

Normalmente, el impulso eléctrico se mueve a través del sistema de conducción del corazón y éste se contrae. Cada contracción de los ventrículos representa un latido. Las aurículas se contraen una fracción de segundo antes que los ventrículos para que la sangre que contienen se vacíe en los ventrículos antes de que éstos se contraigan.

En determinadas condiciones, casi todo el tejido cardíaco es capaz de iniciar un latido, o de convertirse en el "marcapasos", al igual que el nódulo sinusal [3].

**1.4 Funcionamiento:** El pulsioxímetro mide la saturación de oxígeno en los tejidos midiendo la diferencia del haz de luz absorbido por la hemoglobina. Tiene un transductor con dos piezas, un emisor de luz y un fotodetector, generalmente en forma de pinza que se suele colocar en la punta de los dedos de la mano o el lóbulo de la oreja. Después

<sup>1</sup> [http://www.umm.edu/esp\\_ency/article/003215.htm](http://www.umm.edu/esp_ency/article/003215.htm)

se espera recibir la información en la pantalla: la saturación de oxígeno, frecuencia cardíaca y curva de pulso [4] [5].

El modelo matemático para el pulsioxímetro se basa en medir el tiempo en que la intensidad de la luz pasa a través del tejido fino como por ejemplo a través de la extremidad del dedo. El procesado de la señal se basa en este modelo simple y la en ley de la Beer-Lambert.

El dispositivo emite luz con dos longitudes de onda de 660 nm (roja) y 940 nm (infrarroja) que son características respectivamente de la oxihemoglobina y la hemoglobina reducida. La mayor parte de la luz es absorbida por el tejido conectivo, piel, hueso y sangre venosa en una cantidad constante, produciéndose un pequeño incremento de esta absorción en la sangre arterial con cada latido, lo que significa que es necesaria la presencia de pulso arterial para que el aparato reconozca alguna señal. Mediante la comparación de la luz que absorbe durante la onda pulsátil con respecto a la absorción basal, se calcula el porcentaje de oxihemoglobina. Sólo se mide la absorción neta durante una onda de pulso, lo que minimiza la influencia de tejidos, venas y capilares en el resultado [5].

La sangre saturada de oxígeno absorbe la luz de manera diferente que la sangre que no está saturada, de esta manera, la cantidad de luz roja o infrarroja que absorbe la sangre cuando circula a través de un área periférica adecuada, normalmente un dedo en adultos y un pie en neonatos, se puede utilizar para calcular la proporción de hemoglobina oxigenada en comparación con la hemoglobina total de la sangre arterial. El monitor muestra esta proporción como un porcentaje de SpO<sub>2</sub>. Los valores normales generalmente van de 95 a 100% a nivel del mar.

La razón por la que se utilizan diodos electroluminosos (LED) en dos longitudes de onda: 660 nm (rojo) y 940 nm (cerca de infrarrojo), es porque son valores en los cuales la separación es la más alta entre la hemoglobina y los espectros de absorción de la oxihemoglobina. Mientras que la luz emitida pasa a través del dedo o del lóbulo de la oreja, algo de la energía es absorbida por la sangre arterial y venosa, el tejido fino y las pulsaciones variables de la sangre arterial. Usando circuitos electrónicos, se igualan las señales en las longitudes de onda infrarrojas y rojas y se calcula la relación de transformación de la luz de roja-infrarroja, que se relaciona directamente con el SpO<sub>2</sub> mediante el pulso oximétrico. Cada segundo, se realizan aproximadamente 600 medidas individuales y mediante un algoritmo implementado en el interior del microprocesador, se compara con valores obtenidos anteriormente y después se usan fórmulas específicas a cada fabricante. El valor visualizado se obtiene realizando un promedio entre los 3-6 valores anteriores y actualizado cada (0,5 - 1,0) s. El promedio se utiliza debido a que tiende a reducir los efectos de señales erróneas.

La exactitud de los pulsioxímetros comerciales es generalmente (2 - 3)% de fallo en el rango de (70 -100)%. Por debajo, la exactitud se obtiene por extrapolación y, por tanto, los valores de exactitud no son confiables. La exactitud varía con el tipo y la localización de las sondas [6].

La calidad de las mediciones de SpO<sub>2</sub> depende de la aplicación correcta y del tamaño del sensor, de una circulación adecuada en el sitio en donde está el sensor y de la

exposición a la luz ambiental [4]. El incremento de longitudes de onda en el rango de 600 nm a 940 nm aumenta la exactitud [7].

Algunas de las limitaciones del pulsioxímetro en el momento de tomar las medidas se deben al movimiento, la mala posición, la dependencia del pulso, la interferencia de sustancias y la luz ambiente entre otras.

Por otro lado existen numerosas ventajas que han hecho del pulsioxímetro un instrumento tan empleado en la práctica médica, entre otras se tiene que: es una técnica no invasora, es fácil de utilizar y tiene un grado de exactitud aceptable para la práctica clínica.

## 2. DEFINICIONES

**2.1 Definiciones metroológicas fundamentales:** Este procedimiento utiliza las definiciones metroológicas de conformidad con la norma NTC-2194, vocabulario de términos básicos y generales en metrología y la norma NTC-IEC-60601-1, Equipo Electromédico. Parte 1: Requisitos Generales para la seguridad, ellas son:

**2.1.1 Exactitud de medición.** Cercanía del acuerdo entre el resultado de una medición y un valor verdadero de la magnitud por medir [11].

**2.1.2 Instrumento de medición digital.** Instrumento de medición que suministra una señal de salida en forma digital [11].

**2.1.3 Instrumento de medición analógico.** Instrumento de medición en el cual la salida o la presentación de la información es una función continua de la magnitud por medir o de la señal de entrada [11].

**2.1.4 Patrón de trabajo.** Patrón que se utiliza rutinariamente para calibrar o comprobar, instrumentos de medida [11].

**2.1.5 Error de medición.** Resultado de una medición menos un valor verdadero de la magnitud por medir.

Nota. Cuando se necesita distinguir entre “error” y “error relativo”, el primero a veces se denomina **error absoluto de medición**. Este no se debe confundir con el **valor absoluto de error**, que es el módulo del error [11].

**2.1.6 Repetibilidad de un instrumento de medición.** Aptitud de un instrumento de medición para dar indicaciones muy cercanas, en aplicaciones repetidas de la misma magnitud por medir bajo las mismas condiciones de medición [11].

**2.1.7 Incertidumbre de la medición.** Parámetro asociado con el resultado de una medición, que caracteriza a la dispersión de los valores que en forma razonable se le podrían atribuir a la magnitud por medir.

Nota1: El parámetro puede ser, por ejemplo, una desviación estándar (o un múltiplo dado de ella), o la

semi-longitud de un intervalo que tenga un nivel de confianza determinado [11].

**2.1.8 Evaluación (de incertidumbre) Tipo A.** Método para evaluar la incertidumbre mediante el análisis estadístico de una serie de observaciones [13].

**2.1.9 Evaluación (de incertidumbre) Tipo B.** Método para evaluar la incertidumbre por otro medio que no sea el análisis estadístico de una serie de observaciones [13].

**2.1.10 Calibración.** Conjunto de operaciones que establecen, bajo condiciones específicas, la relación entre los valores de las magnitudes que indiquen un instrumento de medición o un sistema de medición, o valores representados por una medida materializada o por un material de referencia, y los valores correspondientes determinados por medio de los patrones [11].

**2.1.11 Equipo electromédico.** Equipo eléctrico, provisto de una sola conexión con la red de alimentación y destinado a diagnosticar, tratar rehabilitar y/o vigilar al paciente bajo supervisión médica y que tiene contacto físico con el paciente y/o transfiere energía, y/o recibe energía [9].

## 2. CALIBRACIÓN DE PULSIOXIMETROS SpO2

El Analizador de Pulsioxímetros (SpO<sub>2</sub>) METRON DAG (figura 4), permite la verificación simple y correcta de los Pulsioxímetros. El analizador no sólo realiza la simulación de (SpO<sub>2</sub>), sino que también realiza una verificación eléctrica de la sonda y la medición de la calidad de los LEDs rojo e infrarrojo.

El analizador simula una amplia variedad de condiciones de paciente para verificar los más modernos pulsioxímetros. Los nuevos modelos de pulsioxímetros pueden ser fácilmente añadidos al menú del equipo.

El concepto de la sonda de dedo ofrece excelentes prestaciones a bajo costo. Las sondas son calibradas como unidades independientes y por tanto son intercambiables entre equipos [8].

Esta calibración está basada en la aplicación de métodos y normatividades internacionales, con equipos trazados a patrones internacionales, y certificados de acuerdo a normas internacionales aceptadas, para proveer las variables necesarias en la calibración de pulsioxímetros [10].

**3.1 equipo y materiales empleados:** Patrón de trabajo: Analizador de pulsioxímetros SpO<sub>2</sub> METRON DAEG, sonda de dedo DAEG AFP-1, adaptador de prueba de sonda PTA-1 y conectores, ver figura 5.

**3.2 preparación y precauciones para el ensayo:**

**3.2.1 Condiciones de temperatura y humedad relativa:** El laboratorio realiza los ensayos de pulsioxímetros SpO<sub>2</sub>, bajo las siguientes condiciones ambientales:

Humedad Relativa: 10% a 80%

Temperatura ambiente: 15 °C a 35 °C

Para verificar estos valores, el laboratorio emplea un termohigrómetro que proporciona el registro de las variables de Temperatura y Humedad Relativa presentes en el lugar donde se realiza el ensayo.

**3.2.2 Preparación del analizador de pulsioxímetros SpO<sub>2</sub> METRON DAEG:** El analizador de pulsioxímetros SpO<sub>2</sub> se

activa después de encenderse por lo que su estado de operación es inmediato.

**3.2.3 Preparación del equipo para el ensayo: \*** Ubicar el equipo bajo prueba en un área segura, alejado de los pacientes.

\* Conectar el equipo bajo prueba a una red de alimentación referenciada a tierra.



Figura 4. Analizador de Pulsioxímetros SpO<sub>2</sub> METRON DAEG.

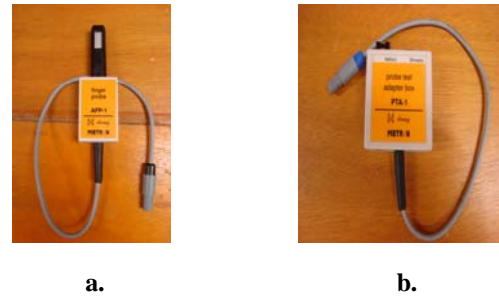


Figura 5. a) Sonda de dedo DAEG AFP-1. b) Adaptador PTA-1 para prueba de sonda.

**3.3 Prueba con el analizador de pulsioxímetros spo2 metron daeg [8]:** El analizador de pulsioxímetros SPO<sub>2</sub> METRON DAEG se encarga de generar los diferentes parámetros a ser analizados en pulsioxímetros.

El propósito general de los valores medidos es diagnosticar el funcionamiento pertinente del equipo bajo prueba.

Los parámetros a ser analizados en pulsioxímetros son los siguientes:

Análisis de la sonda: Diodo, continuidad, infrarrojo (%), luz roja (%).

Simulación de pulsioxímetros: SpO<sub>2</sub> (%), Pulso Cardíaco (BPM).

Límites de alarma: Nivel de saturación SpO<sub>2</sub> (%), Pulso Cardíaco (BPM), Amplitud del pulso (%), Tiempo de activación de la alarma (s).

## 4. REGISTRO DE CALIBRACIÓN Y ESTIMACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE DE DE ENSAYO DE PULSIOXÍMETROS [12], [13].

Las pruebas llevadas a cabo durante el ensayo de un pulsioxímetro son las siguientes:

- \* Análisis de sonda
- \* Simulación de pulsioxímetros SpO<sub>2</sub> – ensayo pigmentación de la piel
- \* Simulación de pulsioxímetros SpO<sub>2</sub> – Medidas Especiales, parámetro: SpO<sub>2</sub> (%)
- \* Simulación de pulsioxímetros SpO<sub>2</sub> – Medidas Especiales, parámetro: Pulso cardíaco (BPM)
- \* Límites de alarma.

<b>UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA</b>	
<b>LABORATORIO DE METROLOGÍA - VARIABLES ELÉCTRICAS</b>	
<b>Estimación de la incertidumbre de ensayo – Pulsioxímetros SpO<sub>2</sub></b>	
Código: LME-FOR-084	Código: LME-FOR-084

Fecha de ensayo: 2007-09-06	Hora: 13:11
<b>Datos del solicitante</b>	
Representante de la empresa: Luis Enrique Llamosa	
Empresa: Laboratorio de metrología de variables eléctricas	

<b>Datos del equipo electromédico</b>			
Equipo: Pulsioxímetro	Marca: ALLIED	Modelo: 71000A1	
Número de Serie: 701590014	Tipo: BF	Clase: III	Procedimiento: LME-PDE-014

<b>CARACTERÍSTICAS SEGÚN EL MANUAL DEL EQUIPO</b>	
<b>Pulse Rate</b>	
Range: 30-254 BPM	
Accuracy: ± 2 % at 30-254 BPM	
Averagin: 8 second average	
Display update rate: 1 Hz	
<b>SPO<sub>2</sub></b>	
Range: 0-99 %	
Accuracy: ± 2 % at 70-99 %	
Averagin: 8 pulse beat average	
Display update rate: 1 Hz (SPO <sub>2</sub> ) 60 Hz (pulse strength)	
<b>Sensors</b>	
Red: 660 nm, 2 mW (Typical)	
Infrared: 905 nm, 2-2,4 mW (Typical)	

**ANÁLISIS DE RESULTADOS**

**REGISTRO DE ENSAYO**

<b>Función simulada:</b> Análisis de sonda					
<b>Parámetros:</b> Diodo, Continuidad y Sensibilidad de la fuente de luz					
<b>Diodo</b>	Pasa	<b>X</b>	<b>Continuidad</b>	Pasa	<b>X</b>
	Falla			Falla	
<b>Sensibilidad de la fuente de luz</b>			Infrarrojo (%)	<b>5%</b>	
			Rojo (%)	<b>7%</b>	

**Nota1.** Marque con una X si los parámetros diodo y continuidad pasan o fallan.

<b>Parámetro: Amb. L</b>			
Luz artificial (60 Hz)	<b>X</b>	Luz normal	

**Nota2.** Marque con una X el tipo de luz usado en el sitio donde se realiza el ensayo.

<b>MAKE</b>	<b>BCI International</b>
-------------	--------------------------

**Nota3.** Seleccione el modelo del equipo correcto para el ensayo.

<b>Tipo de prueba:</b> Simulación de pulsioxímetros SpO <sub>2</sub> – ensayo pigmentación de la piel							
Tipo de pigmentación	Parámetro	Lecturas del analizador Ar	Lectura del equipo Ai				
Bajo	SpO <sub>2</sub> (%)	98	98	98	98	98	98
	Pulso Cardíaco (BPM)	60	60	64	64	60	60
Medio	SpO <sub>2</sub> (%)	98	98	98	98	98	98
	Pulso Cardíaco (BPM)	60	60	62	60	60	62
Alto	SpO <sub>2</sub> (%)	98	98	98	98	98	98
	Pulso Cardíaco (BPM)	60	60	60	60	60	60

<b>Cálculo de incertidumbre:</b> Ensayo pigmentación de la piel							
Tipo de pigmentación	Parámetro	Āi	Ar	Error	Tolerancia	k	Ue
Bajo	SpO <sub>2</sub> (%)	98,0	98,0	0,0	1,96	1,96	0,98
	Pulso Cardíaco (BPM)	61,3	60,0	1,3	1,2	2,01	3,4
Medio	SpO <sub>2</sub> (%)	98,0	98,0	0,0	1,96	1,96	0,98
	Pulso Cardíaco (BPM)	60,7	60,0	0,7	1,2	1,96	3,0
Alto	SpO <sub>2</sub> (%)	98,0	98,0	0,0	1,96	1,96	0,98
	Pulso Cardíaco (BPM)	60,0	60,0	0,0	1,2	1,65	2,4

<b>Tipo de prueba:</b> Simulación de pulsioxímetros SpO <sub>2</sub> – Medidas especiales							
Clasificación	Parámetro	Lecturas del analizador Ar	Lectura del equipo Ai				
Normal	SpO <sub>2</sub> (%)	98	98	98	98	98	98
	Pulso Cardíaco (BPM)	60	60	60	60	60	60
Débil	SpO <sub>2</sub> (%)	90	90	90	90	90	90
	Pulso Cardíaco (BPM)	95	95	95	95	95	95
Bradycardia	SpO <sub>2</sub> (%)	88	88	88	88	88	88
	Pulso Cardíaco (BPM)	45	45	45	45	47	45
Taquicardia	SpO <sub>2</sub> (%)	85	86	86	85	85	85
	Pulso Cardíaco (BPM)	130	131	130	136	130	128
Geriátrico	SpO <sub>2</sub> (%)	92	91	91	90	91	92
	Pulso Cardíaco (BPM)	95	95	95	98	96	95

Obeso	SpO2 (%)	93	92	92	93	92	92	92
	Pulso Cardíaco (BPM)	90	90	90	90	90	90	90

Cálculo de incertidumbre: Simulación de pulsioxímetros SpO2 – Medidas Especiales							
Tipo de pigmentación	Parámetro	Āi	Ar	Error	Tolerancia	k	Ue
Normal	SpO2 (%)	98,0	98,0	0,0	1,96	1,96	0,98
	Pulso Cardíaco (BPM)	60,0	60,0	0,0	1,2	1,65	2,4
Débil	SpO2 (%)	90,0	90,0	0,0	1,8	1,96	0,98
	Pulso Cardíaco (BPM)	95,0	95,0	0,0	1,9	1,65	2,4
Bradicardia	SpO2 (%)	88,0	88,0	0,0	1,76	1,96	0,98
	Pulso Cardíaco (BPM)	45,3	45,0	0,3	0,9	1,96	3,0
Taquicardia	SpO2 (%)	85,2	85,0	0,2	1,7	2,01	1,2
	Pulso Cardíaco (BPM)	130,8	130,0	0,8	2,6	2,04	3,8
Geriatrico	SpO2 (%)	91,0	92,0	-1,0	1,84	1,96	1,1
	Pulso Cardíaco (BPM)	95,7	95,0	0,7	1,9	1,96	3,0
Obeso	SpO2 (%)	92,2	93,0	-0,8	1,86	1,96	1,0
	Pulso Cardíaco (BPM)	90,0	90,0	0,0	1,8	1,65	2,4
En movimiento	SpO2 (%)	95,0	96,0	-1,0	1,92	1,96	0,98
	Pulso Cardíaco (BPM)	75,5	75,0	0,5	1,5	1,96	3,0

Elaborado por: \_\_\_\_\_  
Auxiliar de Calibración/Ensayo

Revisado por: \_\_\_\_\_  
Auxiliar de Calibración/Ensayo

## 5. CONCLUSIONES

\* El anterior procedimiento está diseñado para realizar calibración/ensayos a pulsioxímetros; se incluyó el correspondiente procedimiento general para realizar el respectivo cálculo de incertidumbre.

\* El Laboratorio de Metrología – Variables Eléctricas en su área electromédica, cuenta ya con la documentación necesaria para cumplir con el sistema de calidad de acuerdo a la norma NTC-ISO-IEC 17025, por lo que se pretende obtener la acreditación del laboratorio ante la Superintendencia de Industria y Comercio (SIC) en lo relacionado a los procedimientos e instructivos para la calibración/ensayo de equipo electromédico, con lo que será posible certificar la

calidad de las entidades prestadoras de salud asegurando que los equipos de medición y diagnóstico utilizados para tal fin cumplen con la seguridad y exactitud de los valores especificados por el fabricante.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

- [1] TREMPER KK; BARKER SJ. Pulse Oximetry Anesthesiology 1989.
- [2] BADIASEGURA, Santiago. Análisis clínico. Disponible en: <http://analisisclinicos.blogspot.com/2007/05/hemoglobina.html>
- [3] Universidad de Virginia. Los trastornos cardiovasculares. Disponible en [http://www.healthsystem.virginia.edu/UVAHealth/peds\\_cardiac\\_sp/arrhythm.cfm](http://www.healthsystem.virginia.edu/UVAHealth/peds_cardiac_sp/arrhythm.cfm)
- [4] Revista médica del Hospital General de México. Oximetría de pulso: A la vanguardia en la monitorización no invasiva de la oxigenación. Disponible en <http://www.medigraphic.com/pdfs/h-gral/hg-2003/hg033h.pdf>
- [5] NOGUEROL CASADO, MJ; SECO GONZÁLEZ, A. Técnicas en AP: Pulsioximetría. La Coruña. España. Documento disponible en: <http://www.fisterra.com>
- [6] CAMPOS CANTON ,I; MARTINEZ GARZA , L.A; RODRIGUEZ LOPEZ P.C. Instrumentación virtual de un pulsioxímetro. Disponible en <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/570/57065314.pdf>
- [7] [http://www.ucm.es/info/secivema/apuntesanest/08\\_monitorizacion.pdf](http://www.ucm.es/info/secivema/apuntesanest/08_monitorizacion.pdf).
- [8] Manual de uso y servicio del analizador para pulsioxímetros: DAEG – SPO2.
- [9] Norma NTC-IEC-60601-2-4, Equipo Electromédico. Parte 2: Requisitos particulares de seguridad para los desfibriladores y monitores desfibriladores cardíacos.
- [10] NTC-ISO-17025 Requisitos generales de competencia de laboratorios de ensayos y calibración.
- [11] Norma NTC-2194 Vocabulario de términos básicos y generales en metrología.
- [12] GTC 51, Guía para la Expresión de Incertidumbre en Mediciones. 2000: Bogotá D.C.
- [13] EA 4/02, Expresión of the Uncertainty of Measurement in Calibration.