

# 6. PROTOCOLO DE CALIBRACION Y PRUEBAS

## 6.1 PRUEBA PARA VERIFICAR LA VARIACION DEL PARAMETRO R QUE DETERMINARA EL CORRECTO FUNCIONAMIENTO DEL PROTOTIPO

En el presente capítulo se dará el orden y la forma en que se realizaron los ajustes y pruebas, así como los equipos de medición, herramientas y equipos auxiliares necesarios para cada uno de estos.

Un parámetro importante para observar la correcta operación del prototipo, al cual le llamaremos valor  $R$ , se obtendrá al agregarle al código fuente (programa principal) un algoritmo de cálculo, se compilará y cargará el programa al microcontrolador. El proceso de obtención del valor  $R$  se explica a continuación:

Condiciones iniciales:  $R_{actual-1}=1$ ,  $R_{actual-2}=1$ ,  $R_{actual-3}=1$  y  $R_{actual-4}=1$

Después entra a un loop infinito para actualizarse constantemente el valor  $R$ ,

$$De : \begin{cases} 376 \text{ muestras del arreglo 1 se obtienen } 2 \text{ valores} & \begin{cases} r_{\max} : \text{valor máximo de } r \\ r_{\min} : \text{valor mínimo de } r \end{cases} \\ 376 \text{ muestras del arreglo 2 se obtienen } 2 \text{ valores} & \begin{cases} ir_{\max} : \text{valor máximo de } ir \\ ir_{\min} : \text{valor mínimo de } ir \end{cases} \end{cases}$$

Se calcula :

$$R_{actual} = \frac{r_{\max} - r_{\min}}{ir_{\max} - ir_{\min}} \quad \dots (12)$$

Sustituyen do  $R_{actual}$  en (13)

$$R_{prom} = \frac{R_{actual} + R_{actual-1} + R_{actual-2} + R_{actual-3} + R_{actual-4}}{5} \quad \dots (13)$$

Conforme el programa se esta corriendo los valores se van actualizan do, así :

$$R_{actual-4} = R_{actual-3}$$

$$R_{actual-3} = R_{actual-2}$$

$$R_{actual-2} = R_{actual-1}$$

$$R_{actual-1} = R_{actual}$$

El valor que nos interesa es por lo tanto:

$$R = R_{prom}$$

Las 376 muestras del arreglo1 corresponden a los datos obtenidos de la señal útil producidos por  $\lambda_r$ , de igual manera se obtuvieron las 376 muestras del arreglo2 correspondientes a  $\lambda_{ir}$ .

Para obtener estos valores  $R$ , se requirió de estar conectado el dedal a un sujeto sano.

Se realiza el promedio móvil de 5 valores, es decir, un valor actual mas cuatro valores anteriores, con el fin de evitar y/o minimizar dispersión entre los mismos.

El material que se empleó para realizar esta prueba fue:

- 1 display (SED1278F) de prueba para desplegar el valor  $R$ .
- 1 mascarilla
- 1 bolsa flexible de 6 ó mas litros de capacidad

Las condiciones bajo las cuales se realizó esta prueba son las siguientes:

- 1-Se deja fijo el ciclo de trabajo a 25 %
- 2-Frecuencia de operación de cada LED: 250 Hz
- 3-Técnica de inducción de hipoxia (ligeramente modificada) empleada por Rebeck [34, 35] y compañía, imagen 4.

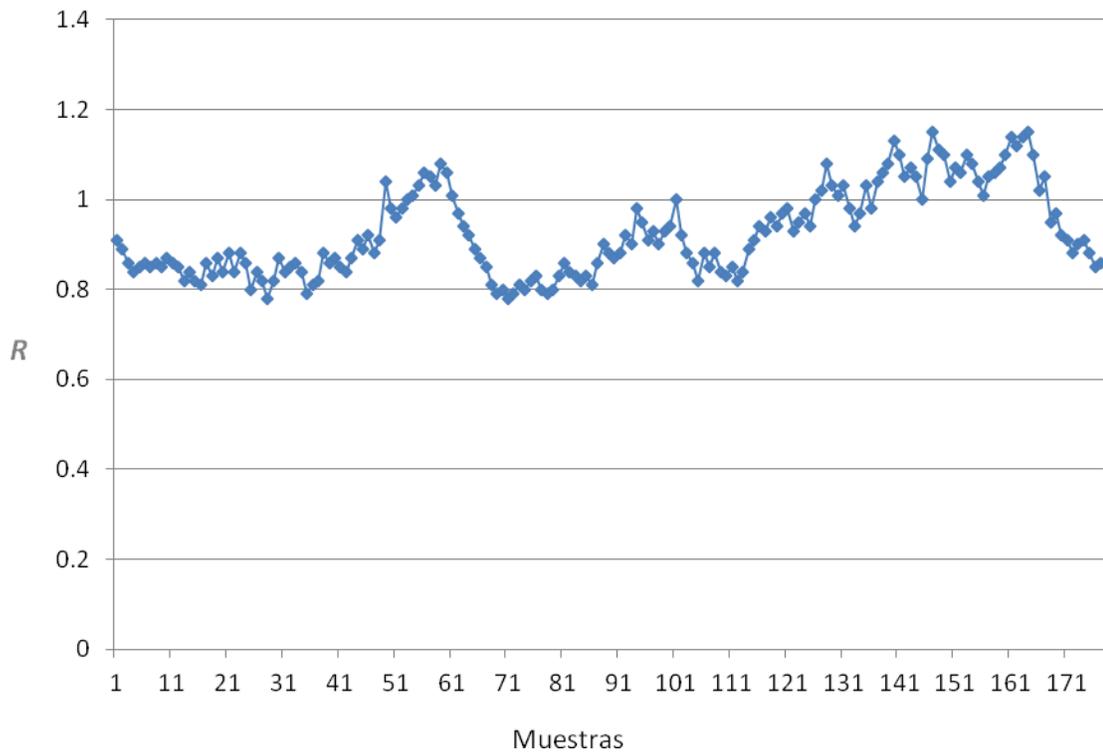


Imagen 4: Técnica empleada para inducir hipoxia progresiva.

Con el sensor colocado en el dedo índice de la mano y encendido el prototipo, con una videocámara se pone a grabar el conjunto de valores  $R$  y enseguida se coloca la mascarilla como se muestra en imagen 4 para causar hipoxia progresiva (la respiración debe ser espontánea), se quita la mascarilla hasta que el sujeto de prueba lo soporte o antes de que empiece a sentir estragos (mareo), tomando dos o tres inspiraciones/exhalaciones para recuperarse; nuevamente se coloca la mascarilla para repetir la prueba.

Los datos de  $R$  se almacenaron y graficaron en Excel

En la gráfica 1 se muestra la variación del parámetro  $R$  conforme se induce hipoxia progresiva a un sujeto sano, estos valores calculados por el microcontrolador se obtienen cada 1.5 s.



Gráfica 1: Valor  $R$  (adimensional) que aumenta conforme disminuye el nivel de saturación de oxígeno, se realizó dos veces la prueba para verificar su correcta operación; el microcontrolador envía este valor cada 1.5 s.

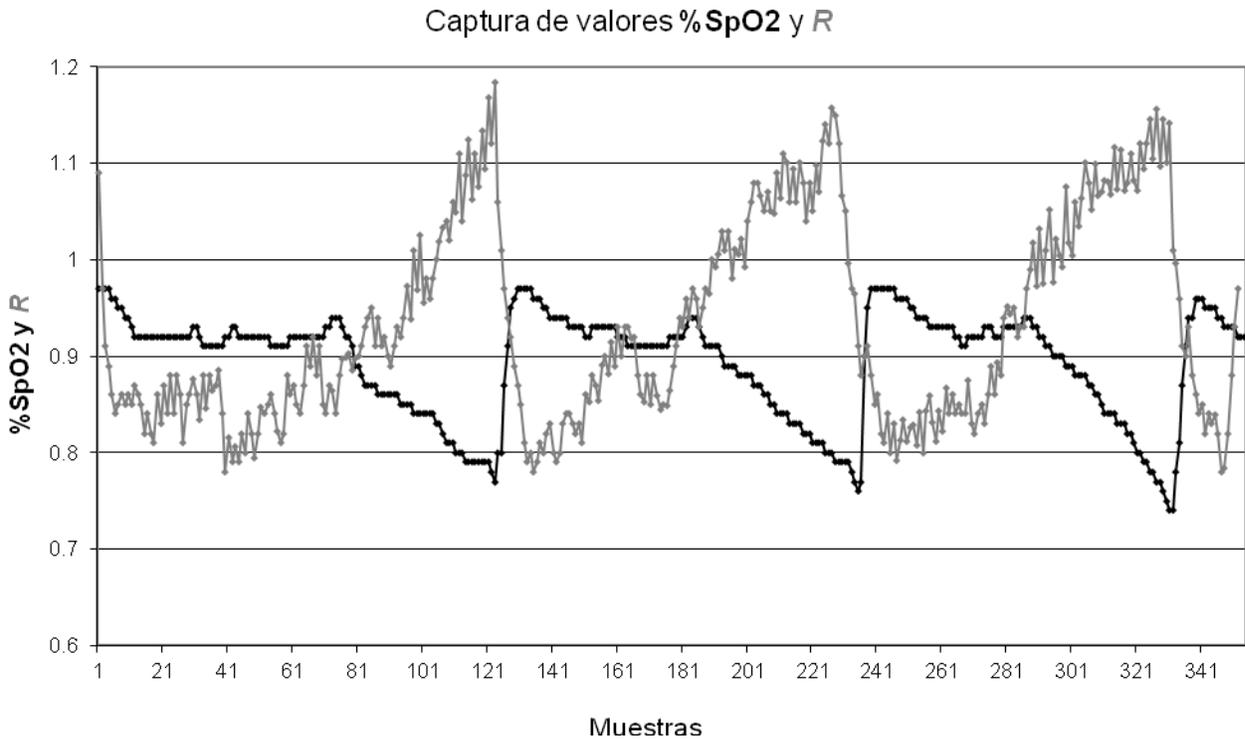
Como se puede ver, se confirma que el parámetro  $R$  va aumentando conforme existe una disminución de saturación de oxígeno, esta prueba se repitió 2 veces para asegurar repetitividad.

## 6.2 CALIBRACION DEL PROTOTIPO: OBTENCION DE VALORES $R$ (PROYECTO) Y $\%SpO_2$ (REFERENCIA), INDUCIENDO HIPOXIA

En esta prueba se va a utilizar un oxímetro comercial de la marca NELLCOR modelo N-595, donde sus medidas servirán como valores de referencia para poder obtener una curva de “calibración” ya que actualmente no existe un método de calibración estándar o universal más que métodos empíricos [36] y cada fabricante de oxímetros de pulso emplea su propio método y curva de calibración [37].

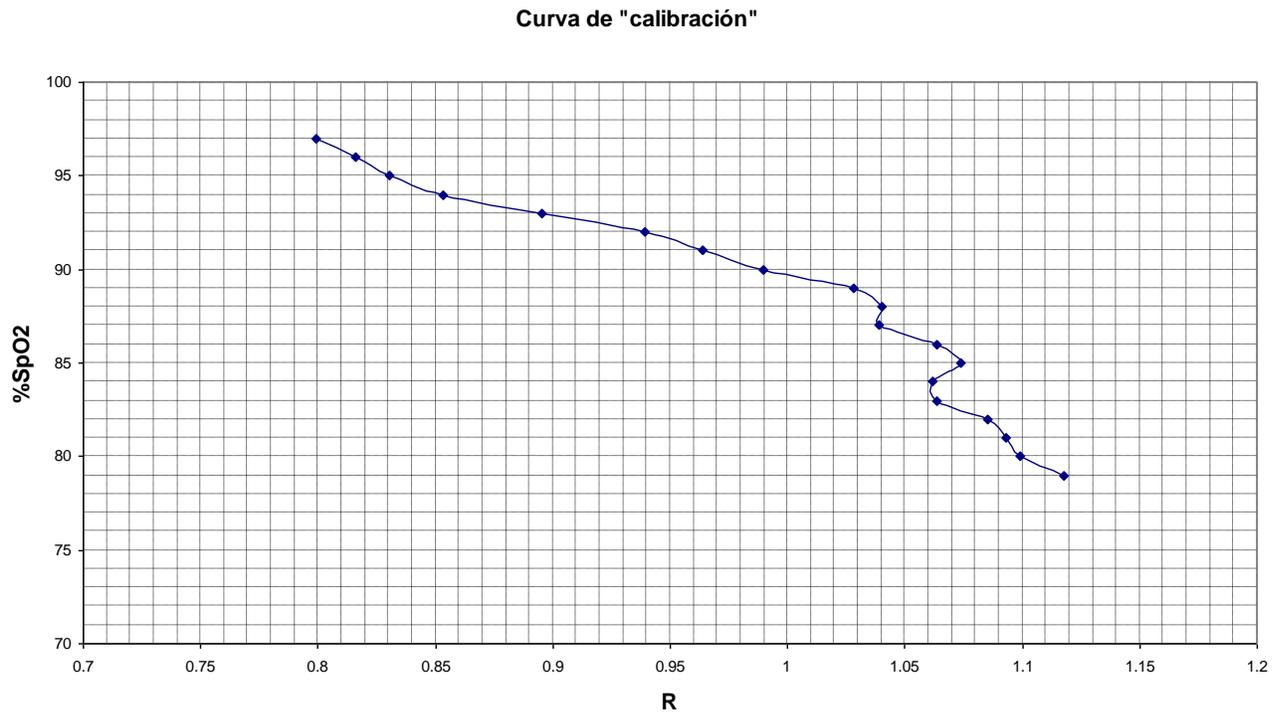
Se registran ambos de valores de  $R$  y  $SpO_2$ , una vez guardados estos datos en una tabla se podrán graficar el comportamiento de ambas muestras conforme se induce hipoxia 3 veces consecutivamente.

En la gráfica 2 se muestran los valores de  $\%SpO_2$  normalizados y los valores de  $R$  adimensionales, estos valores se obtienen cada 1.5 s.



Gráfica 2: Muestras en el tiempo de la Saturación de Oxígeno (puntos de color negro) en unidades normalizadas y  $R$  (puntos de color gris) adimensional.

Para obtener la gráfica 3, que corresponde a la curva de “calibración”, se procedió realizar el promedio de varios valores de  $R$  cuando el oxímetro de referencia marcaba un valor %SpO<sub>2</sub>.



Gráfica 3: Curva de “calibración” obtenida al registrar de ambos equipos los valores  $R$  y %SpO<sub>2</sub>.