



## Práctica 1

# Mediciones de variables físicas y fisiológicas

Rafael Augusto Vázquez Reveles

Facultad de Ciencias

Universidad Nacional Autónoma de México

*Mediciones: 19 de agosto de 2026*



### Resumen

Se realizaron mediciones de temperatura, masa, estatura, presión arterial, frecuencia cardíaca y saturación periférica de oxígeno en el laboratorio, obteniéndose una muestra de 20 sujetos. Los datos recopilados se utilizaron para realizar un análisis antropométrico y estudiar características como la estatura y la masa corporal. Asimismo, esta práctica permitió comparar los distintos instrumentos de medición empleados, analizar su funcionamiento y considerar las incertidumbres asociadas a cada uno de ellos.

*Palabras clave:* medición, incertidumbre, presión arterial, temperatura, frecuencia cardíaca, IMC.

### Abstract

Temperature, body mass, height, blood pressure, heart rate, and peripheral oxygen saturation were measured in the laboratory, yielding a sample of 20 subjects. The collected data were used to perform an anthropometric analysis and examine characteristics such as height and body mass. This laboratory exercise also allowed the different measuring instruments to be compared, their operating principles to be analyzed, and the uncertainties associated with each instrument to be considered.

*Keywords:* measurement, uncertainty, blood pressure, temperature, heart rate, BMI.

## 1. Introducción

Medir una magnitud implica definir la propiedad que se desea conocer y establecer un procedimiento para asignarle un valor y una unidad. La interpretación de una medición requiere considerar la incertidumbre, las condiciones de adquisición y la variación del sistema estudiado. Dos instrumentos pueden producir lecturas diferentes aunque ambos estén destinados a estimar la misma variable.<sup>[1]</sup>

Los instrumentos utilizados en esta práctica relacionan fenómenos físicos con variables fisiológicas: la presión corresponde a una interacción mecánica en un fluido; la termometría utiliza propiedades sensibles al estado térmico; la auscultación detecta vibraciones, y la oximetría emplea señales ópticas. La comparación de métodos permite examinar si las diferencias observadas son compatibles con las incertidumbres instrumentales consideradas.

### 1.1. Objetivos

Se buscó identificar las magnitudes, unidades y principios de funcionamiento de los instrumentos; comparar

sus lecturas en una muestra de 20 sujetos; describir las distribuciones de masa, estatura e IMC, y distinguir la dispersión entre personas de la incertidumbre de medición. También se realizó una valoración orientativa del sujeto 1, correspondiente al autor de este reporte.

## 1.2. Medición e incertidumbre

El mensurando es la magnitud que se pretende medir. La resolución es el menor cambio que un instrumento puede mostrar; la incertidumbre expresa la dispersión atribuible al resultado. El error de medición requiere una comparación con un valor de referencia. Por ello, la incertidumbre relativa no debe confundirse con el error verdadero ni con una evaluación completa de la exactitud.[1]

En este reporte,  $\Delta x$  representa la incertidumbre absoluta indicada para cada magnitud. Su contribución relativa se calculó mediante

$$r_x = \frac{\Delta x}{|x|} 100 \%. \quad (1)$$

No se asignó a las incertidumbres instrumentales una distribución probabilística ni un nivel de confianza que no estuvieran especificados. La comparación entre lecturas se trató de forma descriptiva.

## 1.3. Fundamentos físicos de los instrumentos

La presión es la fuerza normal por unidad de área:

$$p = \frac{F_{\perp}}{A}, \quad [p] = \text{Pa}. \quad (2)$$

En un fluido en reposo, una diferencia vertical produce una diferencia de presión de magnitud  $\rho g |\Delta z|$ . En medicina se utiliza habitualmente el milímetro de mercurio, con  $1 \text{ mmHg} \approx 133.322 \text{ Pa}$ . La circulación sanguínea es pulsátil y no queda descrita únicamente por una relación hidrostática.[2]

La presión sistólica y la diastólica corresponden a los niveles máximo y mínimo del ciclo arterial. Los esfigmomanómetros automáticos detectan oscilaciones del manguito y estiman ambas componentes mediante algoritmos. La geometría del manguito, la postura y la posición del punto de medición influyen en el resultado.[5]

La temperatura caracteriza el estado térmico, mientras que el calor es energía transferida por una diferencia de temperatura. Los termómetros de contacto requieren estabilizar su respuesta al intercambiar energía con el sitio de medición. La ley cero de la termodinámica fundamenta la comparación de temperaturas mediante un sensor.[3]

El termómetro clínico de mercurio utiliza la dilatación del líquido; el termistor modifica su resistencia eléctrica, y el termómetro infrarrojo detecta radiación térmica. La axila y la frente son sitios diferentes, por lo que sus lecturas pueden diferir por razones fisiológicas además de instrumentales.[7]

Para calcular una incertidumbre relativa de temperatura se emplea la escala absoluta,

$$T/\text{K} = t/^{\circ}\text{C} + 273.15. \quad (3)$$

Una diferencia de  $1^{\circ}\text{C}$  equivale a  $1 \text{ K}$ , pero dividir entre una temperatura en Celsius produce una razón dependiente de un cero convencional.

Para una onda periódica, frecuencia  $f$ , periodo  $\tau$ , longitud de onda  $\lambda$  y rapidez de propagación  $v$  satisfacen[4]

$$f = \frac{1}{\tau}, \quad v = \lambda f. \quad (4)$$

El estetoscopio transmite vibraciones acústicas. La frecuencia de repetición del ciclo cardiaco se obtiene al identificar sus ciclos; no corresponde al contenido de frecuencias del sonido auscultado. Si se cuentan  $N$  ciclos durante  $t$  segundos,

$$\text{FC} = \frac{60N}{t} \quad \text{en lat/min}. \quad (5)$$

El conteo, la duración del intervalo y la identificación de cada ciclo afectan la medición.

El oxímetro utiliza señales ópticas para estimar la saturación periférica de oxígeno ( $\text{SpO}_2$ ) y la frecuencia de pulso. La saturación se relaciona con la proporción de hemoglobina oxigenada, y su lectura puede verse afectada por la perfusión, la pigmentación y la temperatura de la piel.[8]

## 1.4. Antropometría, dispersión y error estándar

El índice de masa corporal relaciona masa y estatura:

$$I = \text{IMC} = \frac{m}{h^2}, \quad [I] = \text{kg/m}^2, \quad (6)$$

con  $m$  en kilogramos y  $h$  en metros. Es una medida de tamizaje; su interpretación depende de la edad y no distingue grasa de masa muscular.[9, 10]

Para  $n$  observaciones, la media, la desviación estándar muestral y el error estándar de la media son

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i, \quad (7)$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}, \quad (8)$$

$$s_{\bar{x}} = \frac{s}{\sqrt{n}}. \quad (9)$$

En una muestra de personas,  $s$  describe diferencias entre individuos y no la repetibilidad de un equipo. El error estándar tampoco sustituye la incertidumbre instrumental. Su interpretación inferencial requiere un modelo de muestreo apropiado. Las lecturas de distintos métodos en una persona no se trataron como repeticiones independientes de un mismo procedimiento.

## 2. Metodología

### 2.1. Muestra y organización de las mediciones

Las mediciones se realizaron el 19 de agosto de 2026. Se obtuvo una muestra de 20 sujetos: 18 de sexo masculino y 2 de sexo femenino, con edades de 18 a 22 años. Se conservaron los números de registro del conjunto general para relacionar las variables de cada participante.

**El sujeto 1 fue el propio autor, Rafael Augusto Vázquez Reveles, de sexo masculino y 18 años y 10 meses.** Sus mediciones corresponden al **registro 19** de las tablas generales.

### 2.2. Instrumentos e incertidumbres

Se emplearon flexómetro, báscula mecánica, báscula digital, termómetro clínico de mercurio, termómetro infrarrojo, termistor, esfigmomanómetros de brazo y muñeca, oxímetro, estetoscopio y cronómetro. Las incertidumbres absolutas utilizadas se muestran en la tabla 1.

**Tabla 1.** Incertidumbres absolutas consideradas.

| Instrumento o magnitud         | $\Delta x$         |
|--------------------------------|--------------------|
| Termómetro clínico             | 0.1 °C             |
| Termómetro infrarrojo          | 1 °C               |
| Termistor                      | 1 °C               |
| Báscula mecánica               | 0.5 kg             |
| Báscula digital                | 0.01 kg            |
| Flexómetro                     | 0.05 cm            |
| Presión sistólica y diastólica | 1 mmHg             |
| Frecuencia cardíaca o de pulso | 1 lat/min          |
| Saturación periférica          | 1 punto porcentual |

Las incertidumbres se aplicaron con signo  $\pm$  a cada lectura. Para saturación,  $98 \pm 1\%$  representa un intervalo de 97 a 99 %.

### 2.3. Procedimiento y tratamiento de datos

La estatura se obtuvo marcando la altura en una pared y midiendo la distancia hasta el suelo con el flexómetro. La masa se midió mediante las básculas mecánica y digital. El termómetro clínico y el termistor se colocaron en la axila, mientras que el infrarrojo se orientó a la frente.

Cada participante realizó su propia auscultación. La frecuencia cardíaca se obtuvo mediante conteo manual, estetoscopio y las indicaciones de los equipos electrónicos. La presión arterial se midió con los esfigmomanómetros de brazo y muñeca, y la saturación se obtuvo con el oxímetro.

Se dispuso de una lectura por sujeto y método. No se especificaron tiempos de estabilización, intervalo

de conteo, orden de adquisición, talla del manguito ni condiciones precisas de reposo. Estas limitaciones se consideraron al interpretar las diferencias.

El IMC de cada participante se calculó con su masa digital y estatura mediante la ecuación (6). Se recalcularon medias, desviaciones estándar, errores estándar, mínimos, máximos y frecuencias de los histogramas a partir de las 20 observaciones individuales. Se utilizó  $n - 1$  en la desviación estándar muestral.

Se construyeron histogramas con intervalos de 7 kg para masa, 5 cm para estatura y 3 kg/m<sup>2</sup> para IMC. Los intervalos fueron cerrados por la izquierda y abiertos por la derecha, salvo el último, que incluyó su extremo superior. Las barras representan conteos observados.

La comparación de instrumentos se realizó mediante diferencias de lecturas emparejadas del mismo participante. Las incertidumbres relativas del sujeto 1 se calcularon con la ecuación (1); en temperatura se utilizó el valor expresado en kelvin. No se eliminaron lecturas extremas únicamente por diferir de las demás.

### 3. Resultados y análisis

#### 3.1. Mediciones de los 20 sujetos

Las tablas 2 y 3 reúnen las mediciones individuales. El registro 19, destacado como S1, corresponde al autor. El IMC se calculó con masa digital y estatura; se presentan dos decimales.

**Tabla 2.** Datos demográficos, antropométricos y de temperatura.

| Registro       | Edad<br>(años) | Sexo | Masa mec.<br>(kg) | Masa dig.<br>(kg) | Estatura<br>(cm) | IMC<br>(kg/m <sup>2</sup> ) | Clínico<br>(°C) | Infrarrojo<br>(°C) | Termistor<br>(°C) |
|----------------|----------------|------|-------------------|-------------------|------------------|-----------------------------|-----------------|--------------------|-------------------|
| 1              | 19             | M    | 61.0              | 61.55             | 169.8            | 21.35                       | 35.8            | 35.4               | 35.0              |
| 2              | 19             | M    | 57.0              | 58.80             | 165.1            | 21.57                       | 36.1            | 35.8               | 35.0              |
| 3              | 19             | M    | 76.0              | 76.60             | 174.0            | 25.30                       | 36.0            | 37.2               | 34.5              |
| 4              | 19             | M    | 55.0              | 55.70             | 168.0            | 19.73                       | 36.4            | 36.0               | 34.5              |
| 5              | 18             | M    | 68.0              | 68.80             | 181.0            | 21.00                       | 36.1            | 35.8               | 33.7              |
| 6              | 19             | M    | 60.0              | 60.85             | 176.7            | 19.49                       | 36.4            | 35.8               | 34.8              |
| 7              | 19             | M    | 76.0              | 76.30             | 182.0            | 23.03                       | 35.7            | 36.3               | 34.4              |
| 8              | 20             | M    | 75.0              | 75.60             | 184.5            | 22.21                       | 36.1            | 34.9               | 33.6              |
| 9              | 18             | M    | 72.0              | 72.50             | 176.0            | 23.41                       | 36.5            | 36.4               | 35.0              |
| 10             | 19             | F    | 84.0              | 84.50             | 166.1            | 30.63                       | 36.2            | 35.1               | 35.5              |
| 11             | 19             | M    | 85.0              | 85.70             | 184.0            | 25.31                       | 36.6            | 37.3               | 34.0              |
| 12             | 19             | F    | 87.0              | 87.75             | 160.6            | 34.02                       | 36.2            | 36.2               | 34.3              |
| 13             | 20             | M    | 70.0              | 69.90             | 174.6            | 22.93                       | 36.0            | 35.7               | 35.1              |
| 14             | 19             | M    | 69.0              | 69.05             | 177.5            | 21.92                       | 36.3            | 36.7               | 35.6              |
| 15             | 19             | M    | 47.5              | 48.20             | 168.8            | 16.92                       | 36.1            | 35.2               | 35.2              |
| 16             | 19             | M    | 70.5              | 70.70             | 166.5            | 25.50                       | 36.0            | 35.6               | 33.4              |
| 17             | 19             | M    | 55.0              | 55.85             | 166.3            | 20.19                       | 35.2            | 35.1               | 34.3              |
| 18             | 22             | M    | 56.0              | 56.30             | 163.0            | 21.19                       | 36.7            | 37.8               | 34.8              |
| <b>19 (S1)</b> | 18             | M    | 57.0              | 57.70             | 171.0            | 19.73                       | 36.0            | 35.9               | 34.0              |
| 20             | 19             | M    | 70.0              | 70.75             | 175.0            | 23.10                       | 36.4            | 35.1               | 34.6              |

M: masculino; F: femenino. Incertidumbres: masa mecánica  $\pm 0.5$  kg, masa digital  $\pm 0.01$  kg, estatura  $\pm 0.05$  cm, temperatura clínica  $\pm 0.1$  °C, infrarroja y por termistor  $\pm 1$  °C.

**Tabla 3.** Presión arterial, saturación periférica y frecuencia cardiaca o de pulso.

| Registro       | PA brazo<br>(mmHg) | PA muñeca<br>(mmHg) | SpO <sub>2</sub><br>(%) | FC brazo | FC muñeca | Manual<br>Frecuencia (lat/min) | Estetoscopio | Oxímetro |
|----------------|--------------------|---------------------|-------------------------|----------|-----------|--------------------------------|--------------|----------|
| 1              | 100/45             | 100/80              | 98                      | 52       | 57        | 66                             | 66           | 60       |
| 2              | 104/59             | 109/61              | 98                      | 62       | 60        | 60                             | 66           | 60       |
| 3              | 122/72             | 129/90              | 96                      | 75       | 73        | 80                             | 80           | 85       |
| 4              | 112/65             | 107/66              | 99                      | 63       | 65        | 78                             | 72           | 70       |
| 5              | 87/58              | 102/70              | 95                      | 70       | 82        | 80                             | 75           | 65       |
| 6              | 100/62             | 112/84              | 97                      | 67       | 60        | 60                             | 60           | 68       |
| 7              | 109/65             | 126/79              | 96                      | 64       | 69        | 84                             | 60           | 73       |
| 8              | 121/76             | 113/85              | 96                      | 75       | 78        | 72                             | 90           | 78       |
| 9              | 118/72             | 112/76              | 96                      | 55       | 70        | 80                             | 67           | 60       |
| 10             | 109/66             | 111/74              | 97                      | 77       | 79        | 84                             | 84           | 75       |
| 11             | 145/119            | 115/69              | 94                      | 81       | 81        | 80                             | 80           | 75       |
| 12             | 119/77             | 157/101             | 98                      | 88       | 95        | 90                             | 96           | 87       |
| 13             | 115/74             | 114/82              | 95                      | 66       | 61        | 64                             | 64           | 64       |
| 14             | 98/46              | 113/72              | 100                     | 69       | 63        | 60                             | 72           | 60       |
| 15             | 109/61             | 109/80              | 98                      | 65       | 68        | 72                             | 78           | 70       |
| 16             | 105/60             | 88/60               | 94                      | 60       | 61        | 60                             | 60           | 62       |
| 17             | 107/62             | 120/70              | 95                      | 63       | 70        | 72                             | 72           | 62       |
| 18             | 130/85             | 130/89              | 98                      | 84       | 73        | 77                             | 70           | 75       |
| <b>19 (S1)</b> | 116/64             | 102/75              | 98                      | 49       | 51        | 50                             | 56           | 56       |
| 20             | 105/66             | 124/78              | 94                      | 66       | 64        | 72                             | 73           | 69       |

PA: sistólica/diastólica, cada componente con  $\pm 1$  mmHg. Saturación:  $\pm 1$  punto porcentual. Todas las frecuencias:  $\pm 1$  lat/min. Las frecuencias electrónicas corresponden a estimaciones de pulso.

### 3.2. Distribuciones antropométricas

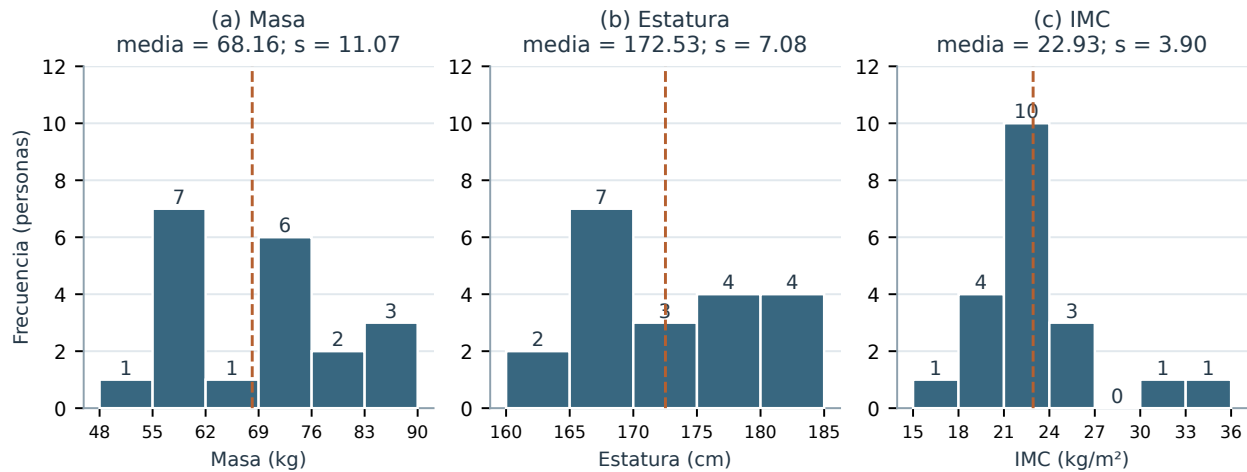


**Figura 1.** Histogramas de masa digital, estatura e IMC calculados con las 20 mediciones individuales. La línea discontinua indica la media;  $s$  representa la desviación estándar muestral. Las cifras sobre las barras indican el número de sujetos.

**Tabla 4.** Estadísticas antropométricas de la muestra ( $n = 20$ ).

| Variable     | Media   | $s$    | $s_{\bar{x}}$ | Mínimo | Máximo | Unidad            |
|--------------|---------|--------|---------------|--------|--------|-------------------|
| Masa digital | 68.155  | 11.068 | 2.475         | 48.20  | 87.75  | kg                |
| Estatura     | 172.525 | 7.079  | 1.583         | 160.60 | 184.50 | cm                |
| IMC          | 22.927  | 3.900  | 0.872         | 16.92  | 34.02  | kg/m <sup>2</sup> |

Incertidumbres instrumentales:  $\pm 0.01$  kg en masa digital y  $\pm 0.05$  cm en estatura. Estas cantidades describen cada medición;  $s$  y  $s_{\bar{x}}$  describen propiedades estadísticas de la muestra.

La masa digital presentó una media de 68.155 kg y una desviación estándar de 11.068 kg. El intervalo de 55 a 62 kg tuvo la mayor frecuencia, con 7 sujetos, seguido del intervalo de 69 a 76 kg, con 6. Ambos reunieron 65 % de la muestra. Los valores extremos fueron 48.20 y 87.75 kg.

La estatura media fue 172.525 cm, con  $s = 7.079$  cm. El intervalo modal fue 165–170 cm, con 7 sujetos. La dispersión relativa,  $s/\bar{x}$ , fue 4.10 % para estatura y 16.2 % para masa; por tanto, la estatura fue relativamente más homogénea.

El IMC medio fue 22.927 kg/m<sup>2</sup>, con  $s = 3.900$  kg/m<sup>2</sup>. El intervalo modal, 21–24 kg/m<sup>2</sup>, incluyó 10 sujetos (50 %). Al consultar los datos individuales se encontraron 11 valores en  $20 \leq \text{IMC} < 24$  kg/m<sup>2</sup>. El valor adicional, 20.195 kg/m<sup>2</sup>, perteneció al intervalo 18–21 del histograma.

El IMC varió de 16.916 a 34.022 kg/m<sup>2</sup>. Los dos valores superiores a 30 kg/m<sup>2</sup> extendieron la distribución hacia la derecha. La forma observada no se utilizó por sí sola para afirmar normalidad ni para atribuir un estado clínico al grupo.

Las incertidumbres instrumentales de masa y es-

tatura fueron mucho menores que sus desviaciones estándar. Esto es consistente con que la dispersión observada se deba principalmente a diferencias entre personas, aunque no descarta efectos sistemáticos compartidos por las mediciones.

No se documentó un muestreo aleatorio. Por ello, las estadísticas describen a los participantes de la práctica y no se generalizaron a toda la población universitaria. Además, las edades de 18 a 22 años requieren distinguir referencias antropométricas por edad antes de asignar categorías clínicas individuales.[9, 10]

### 3.3. Comparación entre instrumentos

#### Temperatura y masa

La temperatura media fue  $36.140^{\circ}\text{C}$  con el termómetro clínico,  $35.965^{\circ}\text{C}$  con el infrarrojo y  $34.565^{\circ}\text{C}$  con el termistor. La tabla 5 resume sus dispersiones y las de otras variables fisiológicas.

**Tabla 5.** Media y dispersión entre sujetos ( $n = 20$ ).

| Magnitud o método                 | Media | $s$   |
|-----------------------------------|-------|-------|
| Clínico ( $^{\circ}\text{C}$ )    | 36.14 | 0.34  |
| Infrarrojo ( $^{\circ}\text{C}$ ) | 35.96 | 0.80  |
| Termistor ( $^{\circ}\text{C}$ )  | 34.56 | 0.61  |
| Saturación (%)                    | 96.60 | 1.76  |
| Pulso: brazo (lat/min)            | 67.55 | 10.20 |
| Pulso: muñeca (lat/min)           | 69.00 | 10.36 |
| FC manual (lat/min)               | 72.05 | 10.49 |
| FC: estetoscopio (lat/min)        | 72.05 | 10.44 |
| Pulso: oxímetro (lat/min)         | 68.70 | 8.64  |

La dispersión entre participantes no equivale a la incertidumbre de cada instrumento.

El termistor indicó temperaturas inferiores a las del clínico en los 20 sujetos. La diferencia termistor menos clínico fue, en promedio,  $-1.575^{\circ}\text{C}$ , con extremos de  $-2.6$  y  $-0.7^{\circ}\text{C}$ . En 13 sujetos su magnitud superó la suma de las incertidumbres indicadas,  $1.0 + 0.1 = 1.1^{\circ}\text{C}$ .

La diferencia infrarrojo menos clínico fue  $-0.175^{\circ}\text{C}$  en promedio, con extremos de  $-1.3$  y  $+1.2^{\circ}\text{C}$ . Solo tres pares superaron  $1.1^{\circ}\text{C}$  en valor absoluto. En esta comparación también intervino el cambio de sitio anatómico: mediciones en frente y axila.[7]

La dirección consistente de las diferencias del termistor sugiere un efecto asociado al método. El contacto, la estabilización y la calibración son explicaciones posibles, pero los datos no identifican una causa única ni permiten determinar qué instrumento es más exacto.

La masa digital superó a la mecánica en 19 sujetos. La diferencia media fue  $+0.605\text{ kg}$  y varió entre  $-0.10$  y  $+1.80\text{ kg}$ . En 13 casos superó en magnitud  $0.5 + 0.01 = 0.51\text{ kg}$ . Esta tendencia puede relacionarse con puesta a cero, calibración o condiciones de uso y no se explicó completamente por las incertidumbres indicadas.

#### Presión arterial y frecuencia cardiaca

Las medias sistólica/diastólica fueron  $111.55/67.70\text{ mmHg}$  en brazo y  $114.65/77.05\text{ mmHg}$  en muñeca. Las diferencias emparejadas se presentan en la tabla 6.

**Tabla 6.** Diferencias de presión: muñeca menos brazo.

| Estadístico                     | Sistólica | Diastólica |
|---------------------------------|-----------|------------|
| Media (mmHg)                    | +3.10     | +9.35      |
| Mínimo (mmHg)                   | -30       | -50        |
| Máximo (mmHg)                   | +38       | +35        |
| Pares con $ d  > 2\text{ mmHg}$ | 15        | 17         |

Las mayores discrepancias incluyeron al registro 11, con  $145/119\text{ mmHg}$  en brazo y  $115/69\text{ mmHg}$  en muñeca, y al registro 12, con  $119/77$  y  $157/101\text{ mmHg}$ , respectivamente. Estos valores se conservaron en el análisis. Una lectura aislada y su discrepancia entre dispositivos no establecen por sí solas el comportamiento habitual de la presión.

Las diferencias pueden incluir efectos de postura, manguito y variación fisiológica entre tomas. Al no contar con repeticiones ni un método de referencia, no se atribuyó toda la discrepancia a un equipo específico.

Las medias de frecuencia fueron  $67.55\text{ lat/min}$  en el equipo de brazo,  $69.00$  en el de muñeca,  $72.05$  mediante conteo manual,  $72.05$  con estetoscopio y  $68.70$  con oxímetro. La igualdad de las medias de conteo y auscultación no significa que ambos métodos coincidieran en cada participante; sus pares individuales mostraron diferencias.

La saturación media fue  $96.60\%$ , con valores de  $94$  a  $100\%$ . Cada lectura se expresó con incertidumbre de  $\pm 1$  punto porcentual. Su interpretación depende también de las condiciones ópticas y fisiológicas de la medición.[8]

### 3.4. Incertidumbres relativas del sujeto 1

Las incertidumbres relativas se calcularon con las lecturas del registro 19. Para temperatura se utilizó la escala kelvin; para presión se evaluaron por separado las componentes sistólica y diastólica.

**Tabla 7.** Incertidumbres relativas del sujeto 1.

| Magnitud o método               | $r_x$ (%) |
|---------------------------------|-----------|
| Masa mecánica                   | 0.877     |
| Masa digital                    | 0.0173    |
| Estatura                        | 0.0292    |
| Temperatura clínica, en K       | 0.0323    |
| Temperatura infrarroja, en K    | 0.324     |
| Temperatura por termistor, en K | 0.326     |
| FC manual                       | 2.00      |
| FC por estetoscopio             | 1.79      |
| Pulso por oxímetro              | 1.79      |
| Pulso por equipo de brazo       | 2.04      |
| Pulso por equipo de muñeca      | 1.96      |
| Sistólica, brazo                | 0.862     |
| Diastólica, brazo               | 1.56      |
| Sistólica, muñeca               | 0.980     |
| Diastólica, muñeca              | 1.33      |
| Saturación periférica           | 1.02      |

La báscula digital presentó una incertidumbre relativa de  $100(0.01/57.70) = 0.0173\%$ . Para saturación, la incertidumbre absoluta de un punto porcentual dio  $100(1/98) = 1.02\%$  relativo. Estas dos formas de expresar la incertidumbre de saturación no son intercambiables:  $\pm 1$  punto porcentual y  $1.02\%$  relativo describen cantidades distintas relacionadas por la ecuación (1).

La menor contribución relativa de un instrumento no demuestra por sí sola una calibración superior. La comparación entre métodos mostró que la estabilidad de la variable, la técnica de uso y los efectos sistemáticos también importaron.

### 3.5. Análisis del estado de salud del sujeto 1

El sujeto 1 corresponde a **Rafael Augusto Vázquez Reveles, autor del reporte, de sexo masculino y 18 años y 10 meses**. Se utilizaron sus mediciones del registro 19. La valoración fue orientativa: no se contó con información sobre síntomas, medicamentos, entrenamiento, condiciones precisas de reposo ni electrocardiograma.

### Estado antropométrico

Con  $m = 57.70$  kg y  $h = 1.710$  m se obtuvo

$$\text{IMC} = \frac{57.70}{(1.710)^2} = 19.73 \text{ kg/m}^2.$$

Para el sujeto 1, de 18 años y 10 meses (226 meses cumplidos), se utilizó la referencia masculina del CDC de IMC para la edad y el sexo. El IMC de  $19.73 \text{ kg/m}^2$  correspondió aproximadamente al percentil 14.0. Al ubicarse entre el percentil 5 y un valor inferior al 85, fue compatible con la categoría de peso saludable.[10, 11]

### Presión arterial y oxigenación

Las lecturas de 116/64 mmHg en brazo y 102/75 mmHg en muñeca se ubicaron en la categoría normal de presión arterial de la AHA: sistólica menor de 120 y diastólica menor de 80 mmHg. Esta clasificación se aplica a las lecturas obtenidas y no establece por sí sola el comportamiento habitual de la presión.[6]

La saturación fue  $\text{SpO}_2 = (98 \pm 1)\%$ , equivalente a un intervalo de 97 a 99 %. Tanto la lectura como ese intervalo quedaron dentro de los valores de 95–100 % descritos por la FDA para la mayoría de las personas sanas. El resultado fue compatible con oxigenación periférica conservada durante la medición.[8]

## Frecuencia cardiaca y temperatura

Los cinco métodos registraron 49, 50, 51, 56 y 56 lat/min. Si las lecturas correspondieron a reposo, fueron compatibles con bradicardia por el criterio habitual de menos de 60 lat/min en adultos. Este hallazgo no permite identificar el origen eléctrico del ritmo ni afirmar que se trate de bradicardia sinusal.[12]

Una frecuencia baja puede presentarse en personas entrenadas o relacionarse con medicamentos y alteraciones de conducción, entre otras causas. No se atribuyó una causa concreta sin antecedentes y evaluación clínica. Si persiste y no es habitual, amerita valoración médica; si se acompaña de desmayo, dolor torácico o dificultad respiratoria importante, requiere atención urgente.[12, 13]

Las temperaturas fueron  $(36.0 \pm 0.1)^\circ\text{C}$  con el clínico,  $(35.9 \pm 1.0)^\circ\text{C}$  con el infrarrojo y  $(34.0 \pm 1.0)^\circ\text{C}$  con el termistor. La diferencia termistor menos clínico fue  $-2.0^\circ\text{C}$ , superior a la suma de  $1.1^\circ\text{C}$  de sus incertidumbres indicadas. La temperatura central no puede inferirse directamente de estas lecturas discordantes de axila y frente.[7]

La hipotermia se define por temperatura corporal central inferior a  $35^\circ\text{C}$ . La lectura axilar del termistor no basta para establecerla y debe verificarse con técnica y dispositivo apropiados. Una temperatura corporal confirmada inferior a  $35^\circ\text{C}$  o acompañada de confusión y deterioro clínico requiere atención urgente.[14]

**Impresión orientativa.** Varón de 18 años y 10 meses con IMC compatible con peso saludable para edad y sexo, lecturas de presión y saturación dentro de referencias habituales, y frecuencia cardiaca baja de causa no determinada. La discordancia térmica requirió verificación. El conjunto de mediciones no permitió certificar el estado general de salud ni establecer una enfermedad específica.

mostraron discrepancias variables. Las incertidumbres instrumentales consideradas no explicaron por sí solas todas las diferencias observadas.

La revisión de las 20 mediciones permitió calcular directamente los IMC individuales y distinguir entre incertidumbre instrumental, dispersión muestral y error estándar. Los resultados describieron a los participantes del laboratorio, sin justificar una generalización poblacional.

En el sujeto 1, autor del reporte y varón de 18 años y 10 meses, el IMC fue compatible con peso saludable para edad y sexo; las lecturas de presión y saturación se encontraron dentro de referencias habituales. Destacó una frecuencia cardiaca de 49–56 lat/min cuya interpretación requirió contexto clínico, junto con temperaturas discordantes que necesitaron verificación.

## 4. Conclusiones

La práctica permitió analizar una muestra de 20 sujetos y comparar instrumentos basados en distintos principios físicos. Las medias de masa digital, estatura e IMC fueron 68.155 kg, 172.525 cm y  $22.927 \text{ kg/m}^2$ , respectivamente. La estatura presentó menor dispersión relativa que la masa, y la distribución del IMC se extendió hacia valores altos.

El termistor indicó temperaturas inferiores a las del clínico en todos los participantes, con diferencia media de  $-1.575^\circ\text{C}$ . La masa digital superó a la mecánica en 19 sujetos, mientras que los equipos de presión

## Referencias

- [1] B. N. Taylor y C. E. Kuyatt. *Guidelines for Evaluating and Expressing the Uncertainty of NIST Measurement Results*. NIST Technical Note 1297, edición de 1994. <https://www.nist.gov/pml/nist-technical-note-1297>.
- [2] S. J. Ling, J. Sanny y W. Moebs. *University Physics*, vol. 1, sección 14.1: Fluids, Density, and Pressure. OpenStax, 2016. <https://openstax.org/books/university-physics-volume-1/pages/14-1-fluids-density-and-pressure>.
- [3] S. J. Ling, J. Sanny y W. Moebs. *University Physics*, vol. 2, sección 1.1: Temperature and Thermal Equilibrium. OpenStax, 2016. <https://openstax.org/books/university-physics-volume-2/pages/1-1-temperature-and-thermal-equilibrium>.
- [4] S. J. Ling, J. Sanny y W. Moebs. *University Physics*, vol. 1, sección 16.1: Traveling Waves. OpenStax, 2016. <https://openstax.org/books/university-physics-volume-1/pages/16-1-traveling-waves>.
- [5] P. Muntner et al. *Measurement of Blood Pressure in Humans: A Scientific Statement From the American Heart Association*. Hypertension 73 (2019), e35–e66. <https://doi.org/10.1161/HYP.0000000000000087>.
- [6] American Heart Association. *Understanding Blood Pressure Readings*. <https://www.heart.org/en/health-topics/high-blood-pressure/understanding-blood-pressure-readings>.
- [7] MedlinePlus, U.S. National Library of Medicine. *Temperature measurement*. <https://medlineplus.gov/ency/article/003400.htm>.
- [8] U.S. Food and Drug Administration. *Pulse Oximeter Basics*. <https://www.fda.gov/consumers/consumer-updates/pulse-oximeter-basics>.
- [9] Centers for Disease Control and Prevention. *Adult BMI Categories*. <https://www.cdc.gov/bmi/adult-calculator/bmi-categories.html>.
- [10] Centers for Disease Control and Prevention. *Child and Teen BMI Categories*. <https://www.cdc.gov/bmi/child-teen-calculator/bmi-categories.html>.
- [11] Centers for Disease Control and Prevention. *CDC Growth Charts Data Files*. Tablas LMS de IMC para edad y sexo, referencia masculina para 226 meses cumplidos (fila de 226.5 meses). <https://www.cdc.gov/growthcharts/cdc-data-files.htm>.
- [12] American Heart Association. *Bradycardia: Slow Heart Rate*. <https://www.heart.org/en/health-topics/arrhythmia/about-arrhythmia/bradycardia--slow-heart-rate>.
- [13] Mayo Clinic. *Bradycardia: Symptoms and causes*. <https://www.mayoclinic.org/diseases-conditions/bradycardia/symptoms-causes/syc-20355474>.
- [14] Mayo Clinic. *Hypothermia: Symptoms and causes*. <https://www.mayoclinic.org/diseases-conditions/hypothermia/symptoms-causes/syc-20352682>.

Fuentes electrónicas consultadas el 2 de septiembre de 2026.