

## EJERCICIOS CIFRAS SIGNIFICATIVAS

### Resultados de aprendizaje

Conocer y aplicar las normas en la determinación de cifras significativas en el entrega de resultados.

### Contenidos

1. Conteo de número de cifras significativas en un número.
2. Cifras significativas en suma, resta, multiplicación y división.
3. Entrega de resultados según número de cifras significativas.

### Números Exactos e Inciertos

Los números exactos, como su nombre lo indica, se conocen con exactitud, por ejemplo un kg siempre corresponde a 1000 g, una docena siempre corresponde a 12 unidades, el número 1, en cualquier factor de conversión también es un número exacto, cuando contamos objetos, el resultado también es un número exacto, en cambio hay otros números cuyos valores tienen cierta incertidumbre y corresponden a los números inexactos o inciertos, como por ejemplo, los números que se obtienen como resultado de una medida.

En este caso el resultado depende tanto del instrumento que se utiliza como del operador, ya que si ponemos a 5 estudiantes a determinar la masa de una moneda, en 5 balanzas diferentes que puedan medir, por ejemplo hasta 5 cifras en total, se van a encontrar pequeñas diferencias entre los resultados, que van a depender, de las condiciones de cada balanza y también de cómo el estudiante hace la medida.

El conteo de números muy grandes de objetos por lo general conlleva también cierto error, por ejemplo los resultados del censo de un país, o los resultados de una elección presidencial. Lo importante de tener en cuenta es que “siempre hay incertidumbre en las magnitudes medidas”

Si determinamos la masa de un objeto en una balanza capaz de medir hasta la cuarta cifra decimal y la balanza nos indica un valor de 4,0257, se considera que la última cifra es incierta por lo tanto informaríamos que la masa del objeto es  $4,02547 \pm 0,0001$  g, porque si dispusiéramos de una balanza que permitiera determinar hasta la quinta cifra decimal el valor obtenido podría ser 4,02568 o 4,02572, por ejemplo.

En general omitimos la notación  $\pm$  en el entendido que existe una incertidumbre de por lo menos una unidad en el último dígito del valor medido. Por lo tanto “las cantidades medidas se informan de tal manera que sólo el último dígito es incierto”.

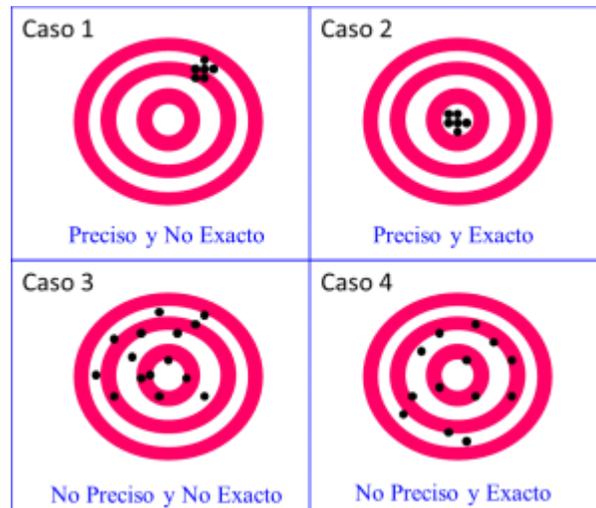
Para graficar lo anterior consideremos un termómetro, que esté graduado de 5 en 5, si el termómetro marca una temperatura que está entre  $35^{\circ}$  y  $40^{\circ}$  podríamos estimar que la

temperatura es 37º pero no estaríamos seguros del 2º dígito, por lo tanto sólo podríamos decir que la temperatura es aproximadamente 37º.

Todos los dígitos de una cantidad medida, incluido el incierto, se denominan cifras significativas. Si al determinar una masa informamos un resultado de 4,24 g lo estamos dando con 3 cifras significativas, en cambio si el resultado es 4,2387 g lo estamos dando con cinco cifras significativas. (Lo que indica que utilizamos una balanza con mayor precisión para determinar la masa). Cuanto mayor es el número de cifras significativas, mayor es la exactitud de una medición.

### Precisión y Exactitud

La precisión es una medida de la concordancia de mediciones individuales entre sí. (En el caso de las balanzas se dice que una balanza es más precisa cuando nos entrega un mayor número de cifras significativas). La exactitud se refiere a que tanto, las mediciones individuales se acercan al valor correcto o verdadero. En el Laboratorio es frecuente hacer varias veces una medida para asegurarse de su precisión, (para descartar errores en la operación), sin embargo, las mediciones precisas pueden ser inexactas. Por ejemplo si una balanza está mal calibrada, las masas medidas serán consistentemente demasiado altas o demasiado bajas. Serán inexactas aunque sean precisas. **(Desde luego lo primero que debe hacer un operador antes de utilizar una balanza es constatar que la balanza esté bien calibrada).**



Ejemplo de precisión y exactitud en una medida cualquiera.

**Ejemplo 1:** Indique qué diferencia hay entre 2,0 g y 2,00 g

Solución: 2,0 g tiene dos cifras significativas y la última es incierta, por lo tanto el valor real está entre 1,9 y 2,1 lo que se indica como:  $2,0 \pm 0,1$ . La precisión de la balanza utilizada para su determinación es de 0,1.

2,00 g tiene tres cifras significativas y la última es incierta, por lo tanto el valor real está entre 1,99 y 2,01 lo que se indica como  $2,00 \pm 0,01$ . La precisión de la balanza utilizada para su determinación es de 0,01, por consiguiente el valor entregado por esta balanza es de mayor exactitud que el anterior.

**Ejemplo 2:** Si una balanza tiene una precisión de 0,0001 g. ¿Con cuántas cifras significativas deberá informarse la masa de una sustancia de alrededor de 15 g?

Solución: Con 5 ya que la balanza nos está indicando 4 cifras decimales. La masa podría ser 14,9997 o 15,0234 o cualquier otra cercana a 15 pero con cuatro decimales.

### ¿Cuándo el cero es significativo?

Dependerá de su ubicación en el número correspondiente. Se pueden dar las siguientes reglas:

- 1.- Los ceros que están entre dígitos distintos de cero son siempre significativos. Ejs.: 2004 L tiene 4 cifras significativas (CS), 5,40 g tiene tres CS.
- 2.- Los ceros al principio de un número nunca son significativos, simplemente indican la posición de la coma decimal. Ejs. 0,24 cm tiene dos CS, 0,0005 g tiene una CS. (De aquí el dicho: “eres un cero a la izquierda”).
- 3.- Los ceros que están al final de un número, después de la coma decimal, siempre son significativos. Ejs.: 5,0 mg tiene 2 CS, 3,200 g tiene 4 CS.
- 4.- Cuando un número termina en ceros, pero no tiene coma decimal, los ceros podrían ser significativos o no. Ejs.: 120 cm (2 o 3 CS), 10500 kg (3,4 o 5 CS). El empleo de notación científica evita esa ambigüedad. Por ejemplo los 10500 kg podríamos escribirlo en notación científica con 3, 4 o 5 CS:

1,05 · 10<sup>4</sup> kg      tres CS

1,050 · 10<sup>4</sup> kg      cuatro CS

1,0500 · 10<sup>4</sup> kg      cinco CS

En estos números, todos los ceros a la derecha de la coma decimal son significativos (reglas 1 y 3). Todas las CS se colocan antes del exponente y el término exponencial no aumenta el número de CS.

Los números exactos se tratan como si tuvieran un número infinito de CS. En conversión de unidades por ejemplo, si decimos que 1 m tiene 100 cm, tanto el 1 como el 100 son números exactos y no debemos preocuparnos por las CS.

**Ejemplo 3:** ¿Cuántas CS tiene cada uno de los siguientes números: a) 7,005 b)  $6,02 \cdot 10^4$  y c) 9000?

Solución: a) cuatro, b) tres y c) cuatro, tres, dos o una (regla 4).

**Ejemplo 4:** ¿Cuántas CS tiene cada una de las siguientes mediciones: a) 1,234 g b) 0,00279 g y c)  $7,9 \cdot 10^4$  cm?

Solución: a) cuatro, b) tres y c) solo dos cifras significativas (7,9)

### Cifras significativas en cálculos

Al utilizar variables (masa, temperatura, etc) medidas en cálculos hay que tener presente que:

- 1.- La medición menos precisa empleada en un cálculo limita la precisión del resultado entregado.
- 2.- La respuesta final de todo cálculo debe informarse con sólo un dígito incierto.

En las multiplicaciones y divisiones, el resultado debe informarse con el mismo número de CS que tiene la medición con menos CS. Si el resultado tiene más CS debe redondearse de acuerdo a las reglas dadas más adelante.

**Ejemplo 5:** Determine el área de un rectángulo cuyos lados miden 3,427 cm y 7,1 cm

Solución:  $A = 3,427 \text{ cm} \times 7,1 \text{ cm} = 24,3317 \text{ cm}^2$  que redondeando a 2 CS  $24 \text{ cm}^2$ . El resultado debe entregarse con sólo dos CS ya el dato con menor precisión tiene sólo dos CS.

Para llegar a este resultado es necesario aplicar las siguientes reglas:

- 1.- Si el dígito que está más a la izquierda, de los que se desea eliminar, es menor que 5, el dígito precedente no se modifica. Por ejemplo si 6,427 se quiere expresar con 2 CS, como el 2 es menor que 5, simplemente se elimina el 27 y queda 6,4.
- 2.- Si el dígito que está más a la izquierda, de los que se desea eliminar, es mayor que 4, el número precedente se incrementa en 1. Así si 2,753 se desea expresar con 2 CS, hay que eliminar el 53 y como el 5 (el que está más a la izquierda, de los que se desea eliminar) es mayor que 4, el número precedente (el 7) se aumenta en 1, quedando, el resultado final en 2,8.

**Al sumar y restar, el resultado no puede tener más cifras decimales que la medición que tiene menos cifras decimales.**

**Ejemplo 6:** Determine el resultado de la siguiente suma:  $17,2 + 8,246 + 59$ .

Solución:	<b>17,2</b>	una cifra decimal
	<b>8,246</b>	tres cifras decimales
	<b>+ 79</b>	ninguna cifra decimal
	<b>104,446</b>	se redondea a <b>104</b> por dos razones:

1.- La respuesta final de todo cálculo debe informarse con sólo un dígito incierto (aparecen en negrita los dígitos inciertos en los sumandos y en el primer resultado) y

2.- El resultado no puede tener más cifras decimales que la medición que tiene menos cifras decimales. (el 79 no tiene ninguna cifra decimal, por lo tanto el resultado final tampoco puede tenerla, ya que no se sabe si el 79 es 78,9 o 79,1 u otro número parecido).

Cuando en un cálculo intervienen dos o más pasos y se anotan los resultados intermedios conviene retener al menos un dígito adicional, (además de los que corresponden según las cifras significativas). Este procedimiento impide que los errores que se cometen en el redondeo afecten el resultado final.

Lo ideal es tratar de poner todos los pasos en una misma operación y trabajando con una calculadora utilizar todas las cifras que van resultando y solo redondear el resultado final. Con este procedimiento los resultados son más exactos.

Para lograr lo anterior es muy útil utilizar factores de conversión para transformar las distintas unidades de medida.

### **Análisis dimensional y factores de conversión**

El análisis dimensional ayuda a resolver los ejercicios y asegura que el resultado de los mismos tenga las unidades que correspondan. Para esto todos los datos deben utilizarse con su correspondiente unidad y las unidades pueden multiplicarse, dividirse, “cancelarse”, etc. Para hacerlo es necesario hacer transformación de unidades, para lo cual lo más conveniente es utilizar factores de conversión.

Un factor de conversión, o factor unitario es una fracción cuyo numerador y denominador son equivalentes pero están expresados en distintas unidades, por lo que los números que acompañan a estas unidades son diferentes.

**Ejemplo** la presión de 1 atmósfera (atm) es equivalente a la presión que ejercen 76 cm de mercurio (Hg). Si expresamos lo anterior como factores de conversión tenemos:

$$1 \text{ atm} \rightarrow 76 \text{ cm de Hg} \quad \text{y} \quad 76 \text{ cm de Hg} \rightarrow 1 \text{ atm}$$

Utilizamos uno u otro de estos factores dependiendo de cuál es la unidad que queremos utilizar.

**Ejemplo 7:** Determine cuál es la presión, en atm, ejercida por una columna de mercurio de 1,2 metros.

Solución: Tenemos 1,2 m de Hg, pero la equivalencia de 1 atm está dada en cm, por lo tanto, debemos utilizar otro factor de conversión para llevar primero el metro a centímetros, y después llevar los cm a atm:

$$1,2 \text{ m de Hg} \times \frac{100 \text{ cm de Hg}}{1 \text{ m de Hg}} \times \frac{1 \text{ atm}}{76 \text{ cm de Hg}} = 1,5789 = 1,6 \text{ atm}$$

El metro de mercurio se cancela con el m de Hg, los cm de Hg con los cm de Hg y el resultado, que resulta de multiplicar y/o dividir, los números correspondientes, queda en atm., con sólo dos CS ya que 76 es el número con menos CS. Los 1 son números exactos ya que corresponden a una equivalencia definida previamente y por consiguiente se considera que tiene todas las CS que necesite.

En los factores de conversión el numerador es exactamente equivalente al denominador por lo tanto multiplicar cualquier dato por un factor de conversión equivale a multiplicarlo por 1 por lo tanto no afecta el valor intrínseco del dato, solo lo expresa en otra unidad. Por consiguiente la presión ejercida por 1,2 m de Hg es la misma que la ejercida por 1,6 atm.

**Ejemplo 8:** Si una persona pesa 120 libras, ¿Cuál es su peso en g?

Solución: Tenemos que buscar en una tabla de unidades cuál es la relación existente entre libras y g.

Encontramos que:

$$1 \text{ kg} = 2,2046 \text{ lb} \quad \text{y} \quad \text{que} \quad 1 \text{ kg} = 1000 \text{ g}$$

Tenemos 120 lb y queremos eliminar lb por lo tanto ponemos, en el factor de conversión, la lb como denominador:

$$120 \text{ lb} \times \frac{1 \text{ kg}}{2,2046 \text{ lb}} \times 1000 \text{ g} = 54431,64 = 5,44 \times 10^4 \text{ g}$$

Con tres CS que es lo que tiene el dato que tiene menos CS

**Ejercicios de práctica:**

1. Determine el número de cifras significativas en:
  - a) 3 m
  - b) 0,03 cm
  - c) 0,00005030
  - d) 5,689
  - e) 34
2. Resuelva las siguientes operaciones.
  - a)  $1,61 + 0,3 =$
  - b)  $5,935 - 4,51 =$
  - c)  $152,06\text{m} \times 0,24\text{m} =$
  - d)  $58,93\text{cm} \times 0,1\text{cm} =$
3. Un adulto tiene en promedio 5,2 L de sangre. ¿Cuál es el volumen de sangre expresado en  $\text{m}^3$ ?
4. La densidad de un líquido a su punto de ebullición (77K) es  $0,808 \text{ g/cm}^3$ . Convierta la densidad a unidades de  $\text{kg/m}^3$  y la temperatura a  $^{\circ}\text{C}$ .
5. La presión atmosférica es de 1 atm. Convierta esta presión a pascales y milímetros de mercurio (mmHg).