**TRABAJO PRÁCTICO Nº 1-B:**

**ERRORES CASUALES: ESTUDIO ESTADÍSTICO**

* **RESUMEN:**

Actualmente, los certificades de calidad o de calibración que expresan incertezas lo hacen a partir de distribuciones o métodos estadísticos, en particular la distribución Normal.

La metrología está presente en nuestra vida cotidiana: en la calibración de los medidores del consumo eléctrico y de gas en los hogares, en los surtidores de combustible, en las mediciones fidedignas de los aparatos médicos que permitan realizar diagnósticos correctos, fabricar y comerciar productos bien manufacturados y controlados, la correcta medición de los componentes de un medicamento, etc.

En la República Argentina el máximo órgano técnico en el campo de la metrología es el **Instituto Nacional de Tecnología Industrial** (INTI), siendo definidas sus competencias por la Ley Nº 19511/72 y el Decreto 960/2017.

* **OBJETIVOS:**

1. Introducción en la estadística para el estudio de los errores casuales.
2. Aplicar los conceptos de: valor medio, varianza, desviación estándar, error del promedio para cuantificar los errores casuales.
3. Que el alumno se inicie en conocimientos de análisis de tablas de datos, resultados y gráficas, así también, en la fiabilidad y calidad de la medición o el proceso de medición.
* **MATERIALES:**
	+ 1 Péndulo: varilla metálica o cuerpo colgante
	+ 1 Soporte universal
	+ 1 Cronómetro digital de acción manual.
	+ 1 Regla plástica de uso escolar.
	+ Material para escritura y cálculo.
	+ Planilla Excel
* **INTRODUCCIÓN:**

Los conceptos de medición e incerteza son fundamentales en la actividad científica, pues sin una correcta medición experimental la ciencia teórica sería una mera especulación incontrastable.

La medición de una magnitud física (**x**) se halla afectada de incertezas, por lo que es necesario dar su valor como **x = xo ± ∆x**, donde **xo** es el valor representativo y **∆x** la incerteza total.

Las principales fuentes de incerteza son: el instrumento utilizado, el proceso de medición y el observador. Las dos últimas las agruparemos en lo que llamamos error de operación **eo** y el error producido por el instrumento como error instrumental (también llamado error de lectura) **ei**. De esta manera la incerteza total quedará determinar por la suma de estos errores.

$$∆x=e\_{i}+e\_{0}$$

Si se elige el instrumento adecuado, puede lograrse que $e\_{i}\gg e\_{o}$ y $∆x≅e\_{i} $ pero si eso no ocurre, entonces la manera de acotar el error de operación es a partir de realizar un estudio estadístico de la medición.

Si se toman **N** mediciones de una magnitud (siendo N suficientemente grande) se obtendrán valor repetidos, agrupando cada valor con la cantidad de veces que se repite se puede realizar una **tabla de frecuencia** y un **gráfico de frecuencias** como se ejemplifica en la figura 1, (se llama frecuencia a la cantidad de veces que se repite una medición).

77

**Figura 1**: Tabla y gráfico de frecuencia con N=77

 En el gráfico de frecuencias se puede observar que hay una acumulación de dtos alrededor de un valor central que se llama **promedio** ($\overbar{X}$) y se calcula como

$$\overbar{X}=\frac{x\_{1}+x\_{2}+…+x\_{N}}{N}$$

En el ejemplo

$$\overbar{X}=\frac{x\_{1}+x\_{2}+…+x\_{77}}{77}=4,754$$

Que es el valor mas representativo de la serie y se adopta como el valor representativo de la medición (**xo**), representado en el gráfico con la línea y representa el valor central del intervalo de incertidumbre.

Para calcular la incerteza de la medición podría considerarse la desviación, de cada valor medido, respecto del promedio $d\_{i}=x\_{i}-x\_{0}$ y tomar el valor medio de estos valores.

$$D=\frac{1}{N}\sum\_{i=1}^{N}d\_{i}$$

pero este promedio tiene como resultado cero. Se resuelve el problema tomando el promedio de las desviaciones al cuadrado, se llama **Varianza**, de la muestra o serie de mediciones

$$V\_{X}=\frac{1}{N}\sum\_{i=1}^{N}\left(X\_{i}-X\_{0}\right)^{2} $$

 En la varianza, los valores de X están elevados al cuadrado por lo que se toma la raíz cuadrada de la varianza, llamada **desviación standard** ($σ\_{x}$)

$σ\_{x}=\sqrt{V\_{x}}$

Finalmente, para evitar tomar una sola medición, se estimará mediante el “método insesgado”

$$σ\_{x}=\sqrt{\frac{1}{N(N-1)}\sum\_{i=1}^{N}\left(X\_{i}-X\_{0}\right)^{2} }$$

Que se denomina “error del promedio” y representa lo que llamamos error de operación, por lo cual la incerteza de la medición queda determinada de la siguiente manera

$$∆x=e\_{i}+σ\_{x}$$

 Con el valor promedio y la desviación standard se puede realizar una distribución estadística, que indica como están distribuidos los valores medidos alrededor del valor más probable. Existen varios tipos de distribuciones estadísticas, la mas común es la **Distribución Normal**.

 La distribución Normal es la más usual en estadística y está definida por el promedio y la desviación standard, el promedio indica el “medio o centro” de la distribución y la desviación standard el “ancho” de la distribución.

 La desviación estándar es un parámetro que se relaciona con la calidad del proceso de medición y, en términos de probabilidad, es la incerteza del conjunto de mediciones.

 El gráfico de la distribución Normal se suele llamar **Curva de Gauss**

La teoría estadística demuestra que de cada 100 mediciones el 68% de ellos caerá dentro del intervalo $(\overbar{x}-σ\_{x} ; \overbar{x}+σ\_{x})$, el ancho de este intervalo puede relacionarse con la calidad de la medición pues indica la dispersión de los valores alrededor del promedio.

**Figura 2**: Curva de Gauss, valor promedio, intervalo de incerteza

 $\overbar{x}-σ\_{x} \overbar{x} \overbar{x}+σ\_{x}$

 **Figura 3**: Gráfico de frecuencia y curva de Gauss

* **DESARROLLO DEL TRABAJO PRÁCTICO:**
* Se medirá el tiempo de una oscilación (período) de un péndulo empleando el siguiente proceso de medición: midiendo 4 veces el tiempo de 4 oscilaciones, el tiempo de una oscilación se obtendrá dividiendo por 16 la suma de las 4 mediciones. Este proceso se realizará 30 veces obteniéndose 30 datos correspondientes al tiempo de una oscilación El error de lectura para el tiempo de las 4 oscilaciones será el error instrumental, por lo tanto, el error en el período será igual al error instrumental dividido cuatro.
* Con las mediciones obtenidas se confeccionará una tabla de datos en una planilla de Excel, se analizarán los resultados y gráficos obtenidos. (Ver apéndice 2)
* Indique la precisión del método de medición e indique si la cantidad de mediciones fue suficiente para despreciar los errores asistemáticos.
* **CUESTIONARIO:**
1. ¿Qué significa la desviación standard de una medición?
2. ¿Qué significado tiene el error del promedio de una serie de mediciones?
3. Si se realizaran infinitas mediciones ¿el resultado de la incerteza sería nulo?
4. Investigue como podrá determinar la cantidad mínima de N mediciones para eliminar la influencia de los errores casuales.

**APÉNDICE 1**

 **INCERTIDUMBRE EXPANDIDA, COMBINADA, FACTOR DE COBETURA**

En la teoría estadística se hace referencia a incertidumbre tipo A o tipo B, según como se haya realizado la medición del mesurando.

Se llama incertidumbre del tipo A a las que se obtienen por métodos estadísticos y de tipo B a las que se calculan sin usar métodos estadísticos (manual del fabricante, certificado de calibración, etc).

* **INCERTIDUMBRE COMBINADA (*u*)**

Es una incertidumbre de tipo A y es una estimación de la desviación standard que se utiliza para mediciones indirectas.

Si la medición de una magnitud se obtiene a partir de la medición de otras magnitudes, supongamos dos, X; Y, entonces la desviación standard de Z se calcula como:

$$σ\_{Z}=Z\_{0}\sqrt{\left(\frac{σ\_{X}}{Xo}\right)^{2}+\left(\frac{σ\_{y}}{Yo}\right)^{2}}$$

Siendo esta la desviación standard de la magnitud Z

* **INCERTIDUMBRE EXPANDIDA (U) Y FACTOR DE COBERTURA**

Es una incertidumbre del tipo A y proporciona un intervalo, centrado en el valor mas probable de la medición, en el cual se espera encontrar un número alto de las mediciones. Esta incertidumbre considera a las generadas por el error sistemático y por el error asistemático.

Se calcula multiplicando la incertidumbre combinada por el factor de cobertura (K)

$$U=Ku$$

El valor de cobertura es un parámetro relacionado con un nivel **de confianza**, que indica el grado “seguridad” de encontrar el valor mas probable dentro de un rango de valores preestablecidos.

|  |  |
| --- | --- |
| **K** | **Nivel de Confianza** |
| 1,48 | 68% |
| 1,64 | 90% |
| 1,98 | 95% |
| 2,56 | 99% |

**APÉNDICE 2**

**INSTRUCTIVO DE USO DE LA PLANILLA EXCEL**

 Esta planilla fue confeccionada para introducir los datos de los tiempos medidos y analizar los resultados y gráficos que se obtienen a partir de las mediciones.

 La planilla tiene 4 hojas. Las dos primeras para el TP 1-A y las dos últimas para el TP 1-B

En la primera hoja (Gráfico alumnos 1) se vuelcan las mediciones del tiempo de las 4 oscilaciones en la tabla que comienza en la celda A35, obteniéndose el valor de 30 períodos. Se copian estos valores en la tabla A1 y se ordenan en la tabla B1, se completa la tabla de frecuencias con la cual se arma la curva de Gauss.

En la segunda hoja (Excel alumnos1) se copian los 30 períodos en la columna C6, automáticamente se obtienen los resultados: Promedio, Varianza, Desviación estándar.

En la tercera hoja (diam cil) se copian los valores de las mediciones del diámetro del cilindro en la columna C5, obteniéndose el promedio y la incerteza del diámetro

En la cuarta hoja (altur cil) se copian los valores de la medición de la altura del cilindro en la columna C5, obteniéndose el promedio y la incerteza de la altura. Además se obtiene la incerteza combinada, la calidad de la medición, y se compara con el resultado obtenido en el TP 1-A