Evaluación de la incertidumbre expandida

Concepto de incertidumbre expandida

Aunque $u_c(y)$ puede ser utilizada universalmente para expresar la incertidumbre de un resultado de medida, frecuentemente es necesario, en ciertas aplicaciones comerciales, industriales o reglamentarias, o en los campos de la salud o la seguridad, dar una medida de la incertidumbre que defina, alrededor del resultado de medida, un intervalo en el interior del cual pueda esperarse encontrar gran parte de la distribución de valores que podrían ser razonablemente atribuidos al mensurando.

La nueva expresión de la incertidumbre, que satisface la anterior exigencia, se denomina incertidumbre expandida, y se representa por U.

Concepto de incertidumbre expandida

La incertidumbre expandida U se obtiene multiplicando la incertidumbre típica combinada $u_c(y)$ por un factor de cobertura k:

$$U = k \cdot u_c(y)$$

- La utilización de intervalos de incertidumbre con una probabilidad de cobertura aproximadamente igual es esencial para comparar los resultados de diferentes mediciones como, por ejemplo

  - cuando se evalúan los resultados de una comparación entre laboratorios,
  - cuando se comprueba el cumplimiento de una especificación o,
  - cuando se establecen las incertidumbres del alcance de acreditación de un laboratorio de calibración.

Concepto de incertidumbre expandida

Resultado de la medida: Y = y ± U

- Lo que se interpreta como:
  - La mejor estimación del valor atribuible al mensurando Y es y
  - puede esperarse que en el intervalo que va de $y - U$ a $y + U$ esté comprendida una fracción importante de la distribución de valores que podrían ser razonablemente atribuidos a Y
  - Tal intervalo puede también expresarse por $y - U \leq Y \leq y + U$
  - Siempre que sea posible, debe estimarse e indicarse el nivel de confianza p asociado al intervalo definido por U.

Concepto de incertidumbre expandida

- El valor del factor de cobertura k se elige en función del nivel de confianza requerido para el intervalo $y - U$ a $y + U$.

- En general, k toma un valor entre 2 y 3. No obstante, en aplicaciones especiales, k puede tomarse fuera de dicho margen de valores.

- Idealmente, debería poderse escoger un valor específico del factor de cobertura k que proporcionase un intervalo $Y = y \pm U = y \pm k\, u_c(y)$ correspondiente a un nivel de confianza particular p, por ejemplo, un 95 o un 99 por ciento.

- De forma equivalente, para un valor dado de k, debería ser posible enunciar de forma inequívoca el nivel de confianza asociado a dicho intervalo. Sin embargo, no es fácil lograr esto en la práctica puesto que se requiere un conocimiento amplio de la distribución de probabilidad caracterizada por el resultado de medida y, y su incertidumbre típica combinada $u_c(y)$.

Concepto de incertidumbre expandida

El factor de cobertura se determina en función de la probabilidad de cobertura (nivel de confianza) deseada

Nivel de confianza p (en porcentaje)	Factor de cobertura k_p
68,27	1
90	1,645
95	1,960
95,45	2
99	2,576
99,73	3

factor de cobertura k_p que proporciona un intervalo correspondiente a un nivel de confianza p, suponiendo una distribución normal.

Distribución del resultado

- Asimilable a una normal
  - con estimación de la incertidumbre típica suficientemente fiable, o
  - con estimación de la incertidumbre típica no suficientemente fiable.
- No asimilable a una normal.

Distribución normal del resultado u(y) fiable

Si la variable que representa el resultado se obtiene a través de varios componentes de la incertidumbre (por ejemplo, N ≥ 3), derivados de distribuciones de probabilidad bien definidas de magnitudes independientes (por ejemplo, distribuciones normales o rectangulares),

Si realizan contribuciones comparables a la incertidumbre típica asociada a la estimación de salida.

Se cumplen las condiciones del Teorema Central del Límite y puede suponerse, con un elevado grado de aproximación, que la distribución de la estimación de salida es normal.

Distribución normal del resultado u(y) fiable

La fiabilidad de la incertidumbre típica asociada a la estimación de salida se determina por sus grados efectivos de libertad

La fiabilidad de u(y) se considera suficiente:

- Si ninguna de las contribuciones <u>tipo A</u> empleadas en la determinación de u(y) se ha efectuado con menos de diez valores.
- Las estimaciones <u>tipo B son seguras</u>.

Si se dan las dos condiciones anteriores [normalidad y fiabilidad de u(y)], debe utilizarse k=2 para una incertidumbre expandida correspondiente a una probabilidad de cobertura del 95 %, aproximadamente.

Distribución normal del resultado u(y) no fiable

Las estimaciones **tipo A** se consideran con sus grados de libertad (**ν = n-1** en modelos sencillos)

Las estimaciones **tipo B** se admiten como muy seguras por lo que **$\nu = \infty$**

Se recomienda la fórmula de Welch-Satterthwaite para combinar los grados de libertad de cada variable y obtener el número de grados de libertad efectivos, ν_{ef}.

$$\nu_{ef} = \frac{u_c^4(y)}{\sum_{i=1}^{N} \frac{u_i^4(y)}{\nu_i}}$$

Determinación de los grados efectivos de libertad

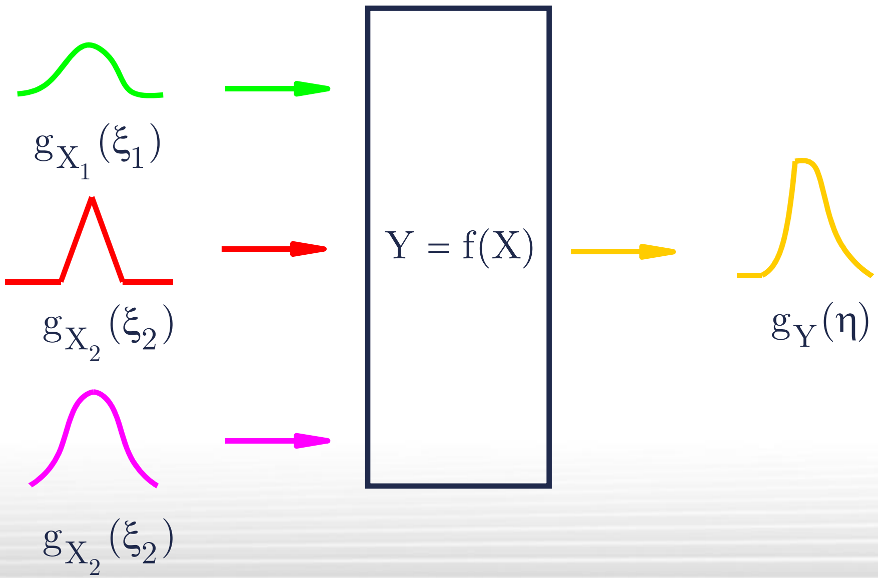
Grados de libertad	Fracción p (%)					
ν	68,27 [a)]	90	95	95,45 [a)]	99	99,73 [a)]
1	1,84	6,31	12,71	13,97	63,66	235,80
2	1,32	2,92	4,30	4,53	9,92	19,21
3	1,20	2,35	3,18	3,31	5,84	9,22
4	1,14	2,13	2,78	2,87	4,60	6,62
5	1,11	2,02	2,57	2,65	4,03	5,51
6	1,09	1,94	2,45	2,52	3,71	4,90
7	1,08	1,89	2,36	2,43	3,50	4,53
8	1,07	1,86	2,31	2,37	3,36	4,28
9	1,06	1,83	2,26	2,32	3,25	4,09
10	1,05	1,81	2,23	2,28	3,17	3,96
11	1,05	1,80	2,20	2,25	3,11	3,85
12	1,04	1,78	2,18	2,23	3,05	3,76
13	1,04	1,77	2,16	2,21	3,01	3,69
14	1,04	1,76	2,14	2,20	2,98	3,64
15	1,03	1,75	2,13	2,18	2,95	3,59

Determinación de los grados efectivos de libertad

Grados de libertad	**Fracción p (%)**					
ν	**68,27 [a)]**	**90**	**95**	**95,45 [a)]**	**99**	**99,73 [a)]**
16	1,03	1,75	2,12	2,17	2,92	3,54
17	1,03	1,74	2,11	2,16	2,90	3,51
18	1,03	1,73	2,10	2,15	2,88	3,48
19	1,03	1,73	2,09	2,14	2,86	3,45
20	1,03	1,72	2,09	2,13	2,85	3,42
25	1,02	1,71	2,06	2,11	2,79	3,33
30	1,02	1,70	2,04	2,09	2,75	3,27
35	1,01	1,70	2,03	2,07	2,72	3,23
40	1,01	1,68	2,02	2,06	2,70	3,20
45	1,01	1,68	2,01	2,06	2,69	3,18
50	1,01	1,68	2,01	2,05	2,68	3,16
100	1,005	1,660	1,984	2,025	2,626	3,077
∞	1,000	1,645	1,960	2,000	2,576	3,000

a) Para una magnitud z descrita por una distribución normal de esperanza matemática μ_z y desviación típica σ, el intervalo $\mu_z \pm k\sigma$ comprende respectivamente las fracciones p = 68,27 %; 95,45 % y 99,73 % de la distribución, para los valores k = 1, 2 y 3.

Hipótesis de normalidad no asumible



Forma de expresar la incertidumbre

Magnitud de entrada x_i	Incertidumbre típica $u(x_i)$	Distribución de probabilidad	Coeficiente de sensibilidad c_i	Contribución a la incertidumbre $u_i(y)$	Grados de libertad υ_i
x_1					
x_2					
.					
.					
x_n					
y					

Forma de expresar la incertidumbre

$$U = k \cdot u_c(y)$$

- Se ha de indicar sin signo
- Redondeo de U por exceso
    - Proporciona mayor seguridad.
- Redondeo por defecto, siempre y cuando no reduzca el valor numérico de la incertidumbre de medición en más de un 5%.

Forma de expresar la incertidumbre

$$U = k \cdot u_c(y)$$

- El valor numérico de la incertidumbre de medida debe expresarse, como máximo, con dos cifras significativas.

- En general, el valor numérico del resultado de la medición debe redondearse en su expresión final a la menor cifra significativa en el valor de la incertidumbre expandida asignada al resultado de la medición.

Forma de expresar la incertidumbre

y = (xxx ± xxx) [unidades] donde el número que sigue al símbolo ± es el valor numérico de una incertidumbre expandida $U = k \cdot u_c$, con U determinada a partir de una incertidumbre típica combinada u_c = **xxx [unidades]** y un factor de cobertura k = **xxx** basado en una distribución normal, la cual define un intervalo con un nivel de confianza del **xxx** %.

y = (xxx ± xxx) [unidades] donde el número que sigue al símbolo ± es el valor numérico de una incertidumbre expandida $U = k \cdot u_c$, con U determinada a partir de una incertidumbre típica combinada u_c = **xxx [unidades]** y un factor de cobertura k = **xxx** basado en una distribución t con **xxx** grados de libertad, la cual define un intervalo con un nivel de confianza del **xxx** %.