

# EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN A AGENTES QUÍMICOS. NORMA UNE-EN 689:2019

27 de Junio 2023

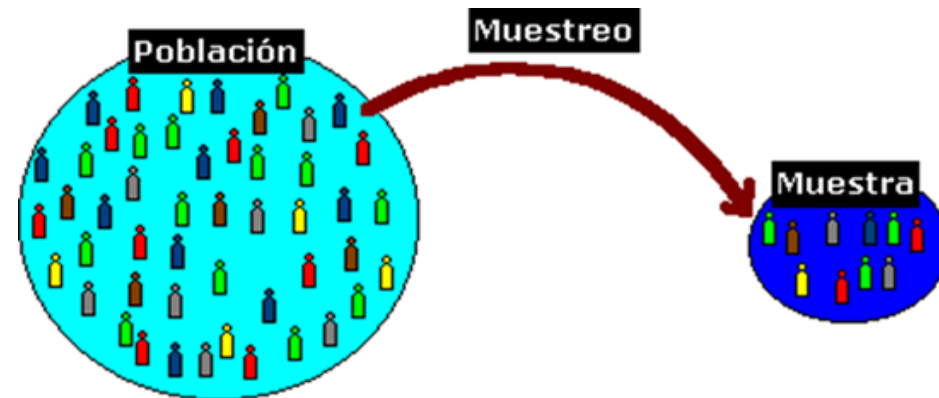
Jose Luis Sanz  
INSST-CNVM



1. **Estrategia** mediciones representativas de la exposición del trabajador

2. **Procedimiento** para verificar la **CONFORMIDAD** de la exposición con los VLA.

EN 689:2018



# NORMA UNE-EN 689:2019. ESTRATEGIA PARA VERIFICAR LA CONFORMIDAD CON LOS VLA

## 1. EVALUACIÓN INICIAL

### 1. Caracterización Básica

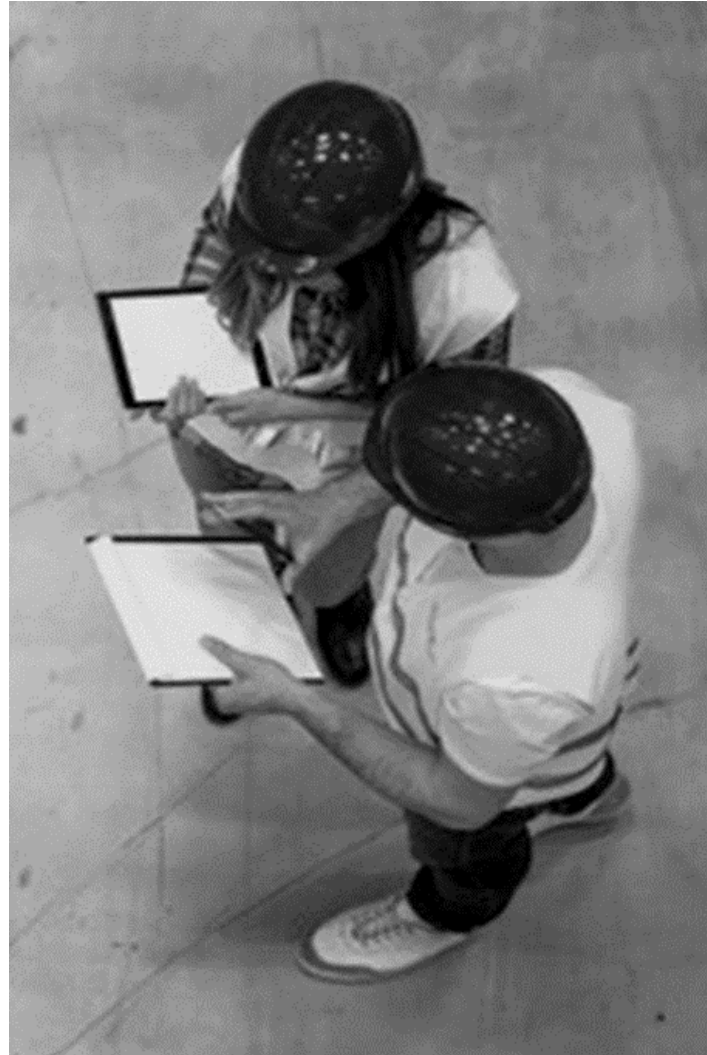
- Estimación de la exposición

### 2. Mediciones de la exposición

- Constitución de los GES
- Procedimiento de medida
- Validación de resultados y GES

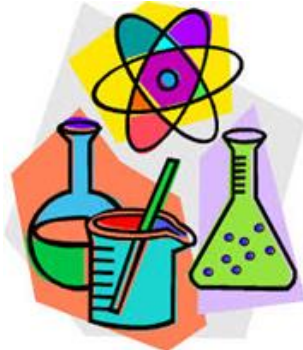
### 3. Comparación con el VLA

- Prueba Preliminar
- Prueba Estadística



## 2. REEVALUACIÓN PERIÓDICA

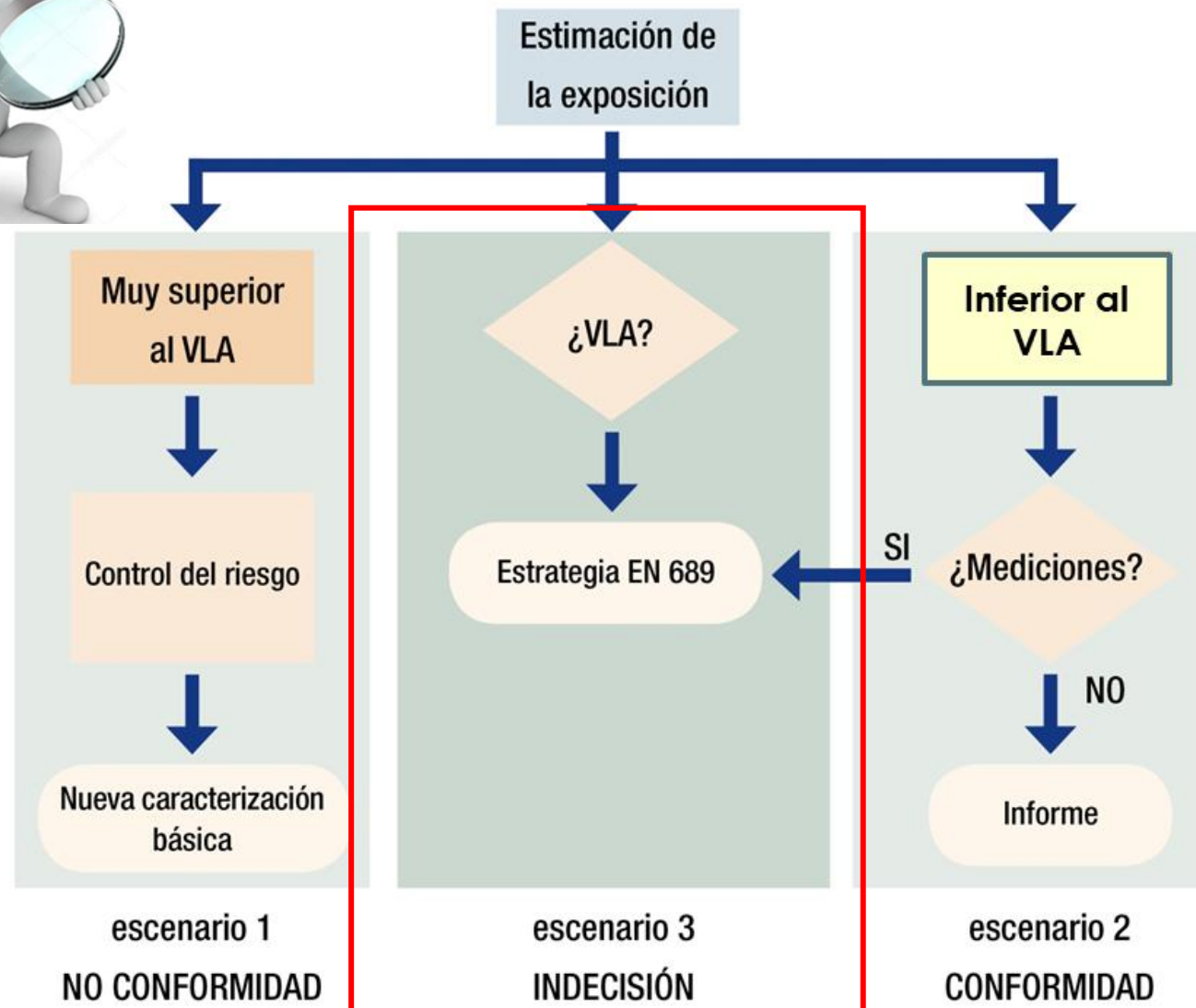
### 1. Mediciones periódicas



A.Q. más peligrosos y mayor presencia en el ambiente

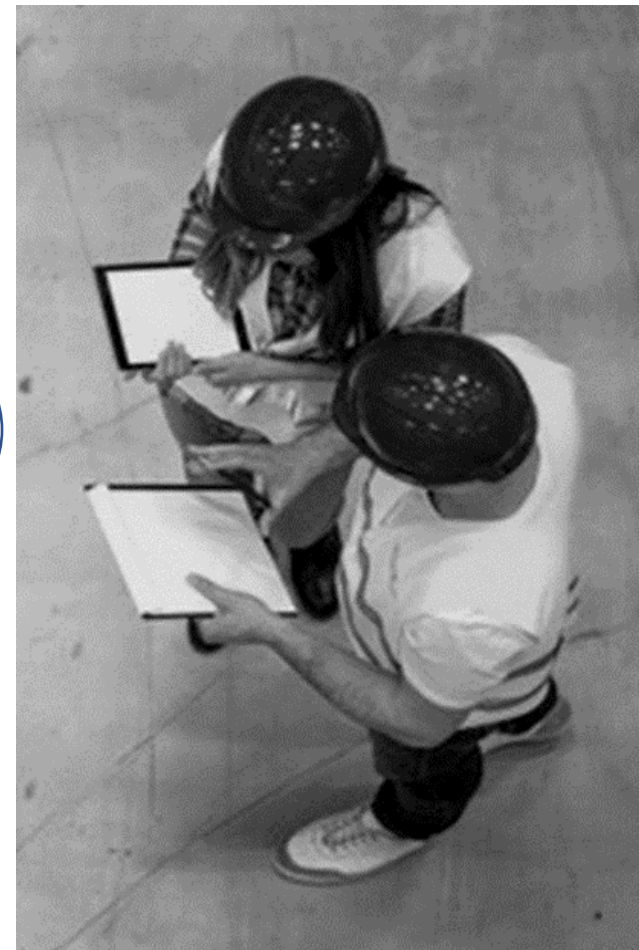
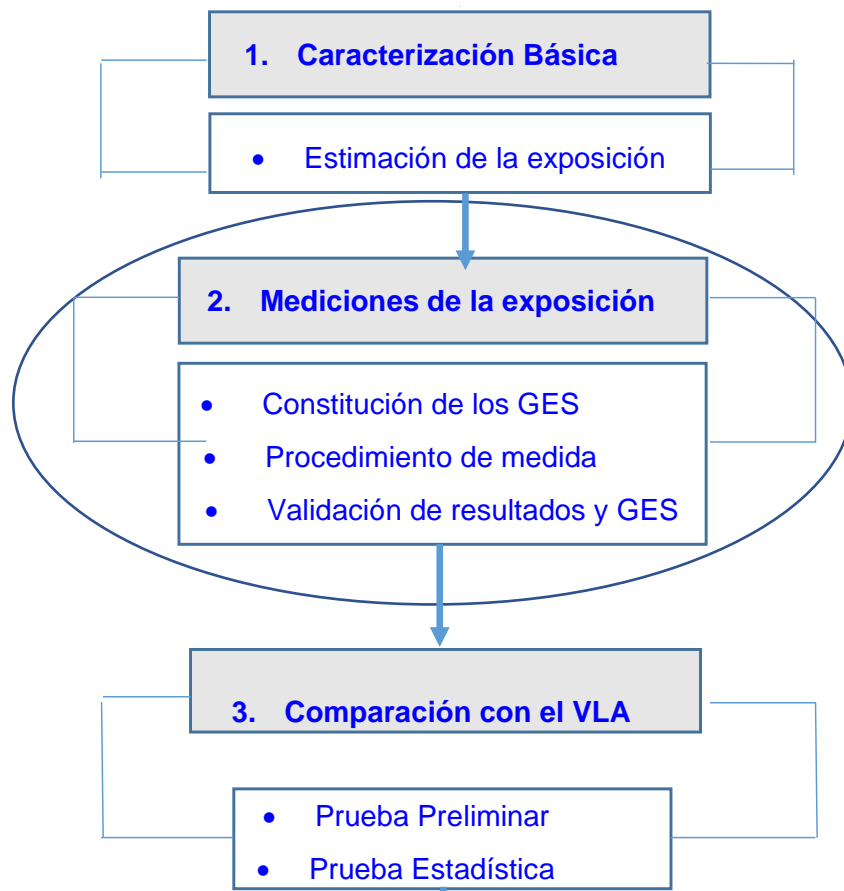


GES



# NORMA UNE-EN 689:2019. ESTRATEGIA PARA VERIFICAR LA CONFORMIDAD CON LOS VLA

## 1. EVALUACIÓN INICIAL



## ESTRATEGIA DE MUESTREO

### SENSIBILIDAD

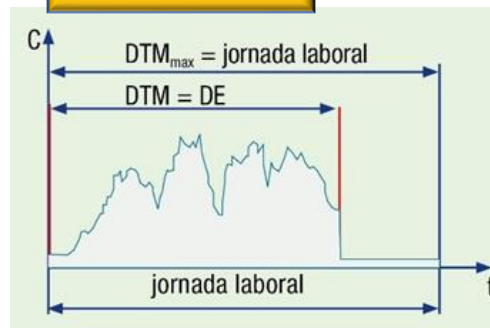
### REPRESENTATIVIDAD

$$V_{\text{minimo}} = \frac{LOq_{\text{mg/filtro}}}{0,1 \text{ VLA} - ED_{\text{mg/m}^3}}$$

$$V_m \geq V_{\text{mínimo}}$$

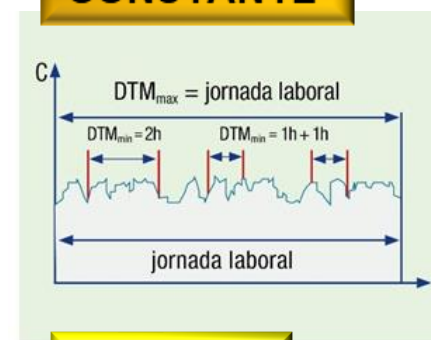
## Duración total del muestreo (DTM)

### VARIABLE



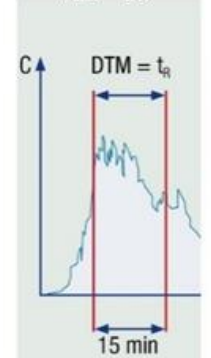
DTM ≥ 80% DE

### CONSTANTE

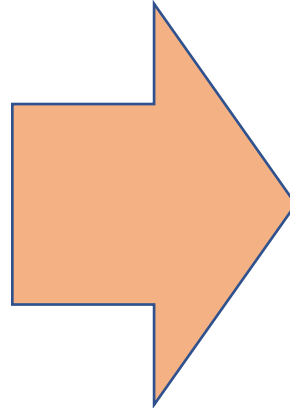
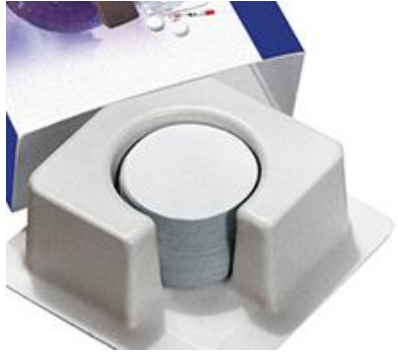


DTM ≥ 2 horas

### VLA - EC



DTM = 15 min.

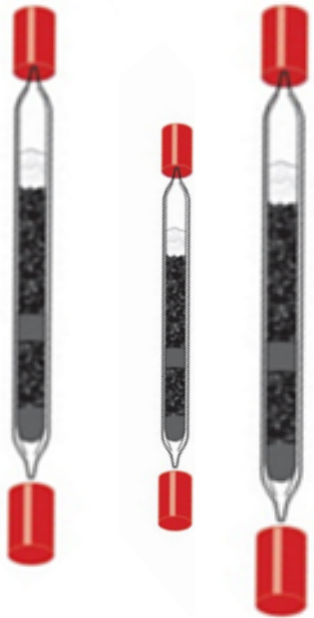


~~V Máximo~~

V Máximo

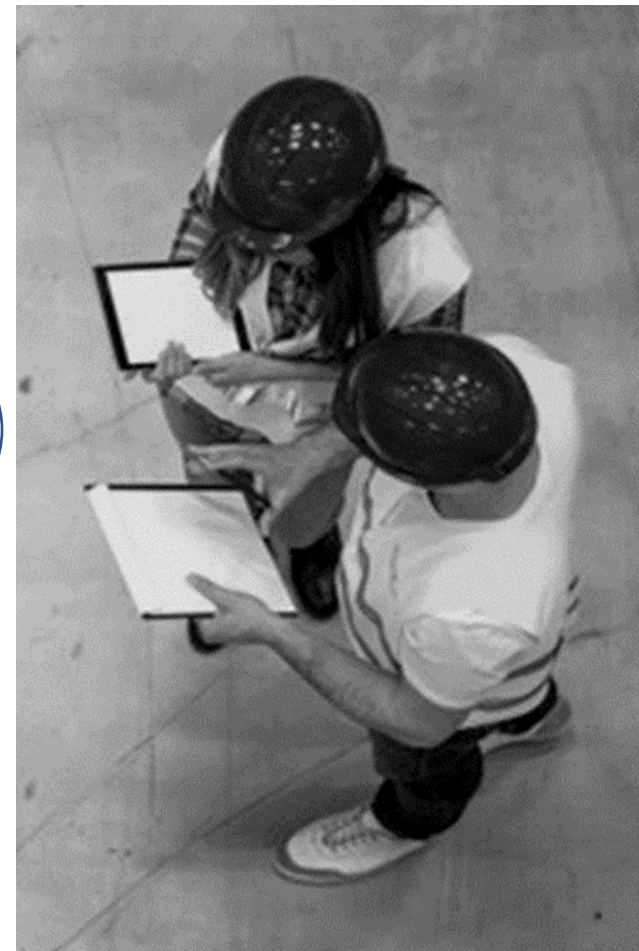
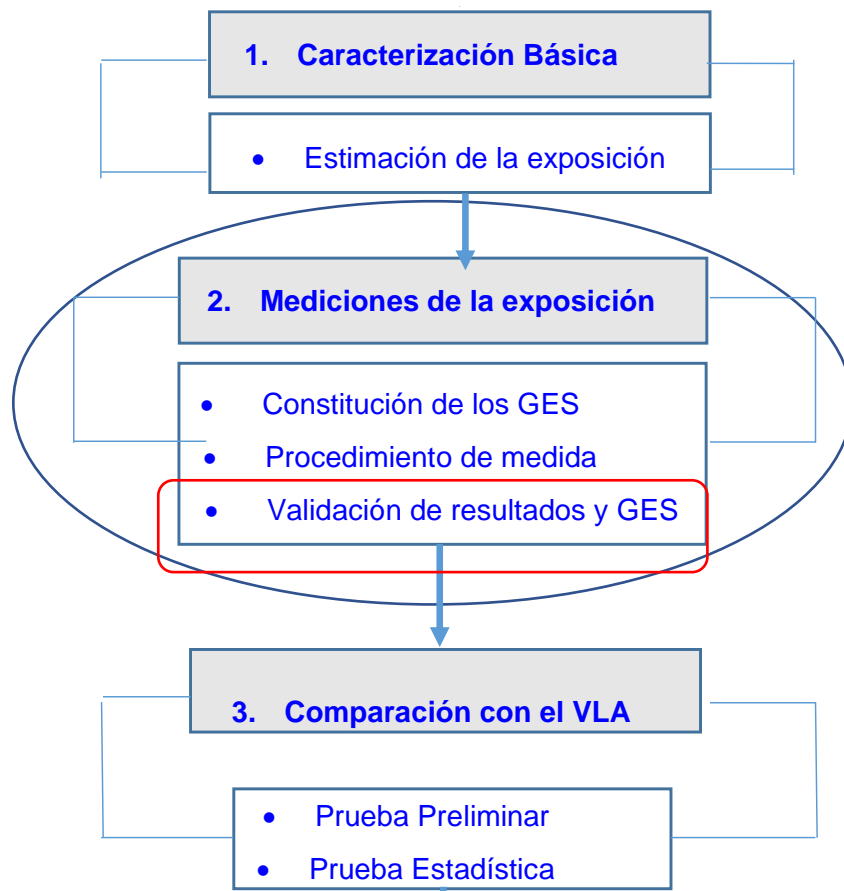
Diferente para cada compuesto

Definido para muchos vapores orgánicos.

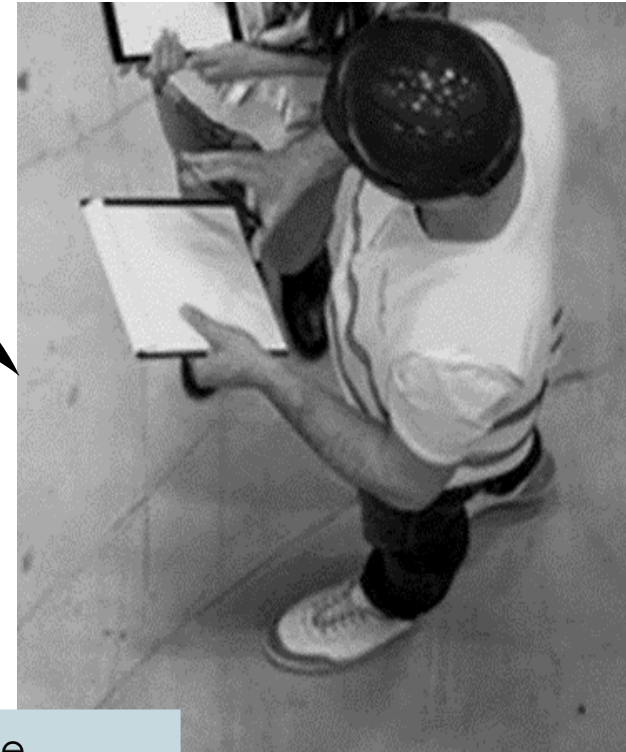
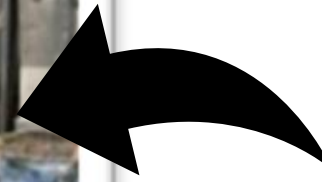


# NORMA UNE-EN 689:2019. ESTRATEGIA PARA VERIFICAR LA CONFORMIDAD CON LOS VLA

## 1. EVALUACIÓN INICIAL



## VALIDACIÓN DE RESULTADOS Y GES

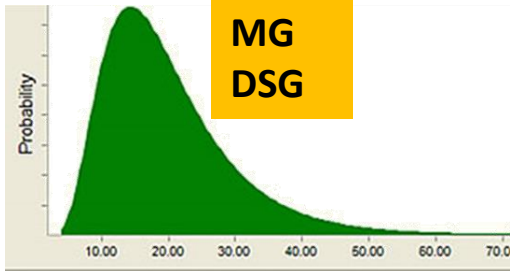


**GES:** Grupo de trabajadores que tienen el mismo perfil de exposición para el agente químico estudiado, debido a la similitud y frecuencia de las tareas realizadas, los procesos y los materiales con los que trabajan y a la similitud de la manera que realizan las tareas.

# EN 689:2018

**Fundamento:** Si las condiciones de exposición no sufren cambios importantes y/o los **GES** están bien constituidos, los resultados de las mediciones se ajustan a una distribución **log normal** o a una distribución **normal**.

Distribución log normal



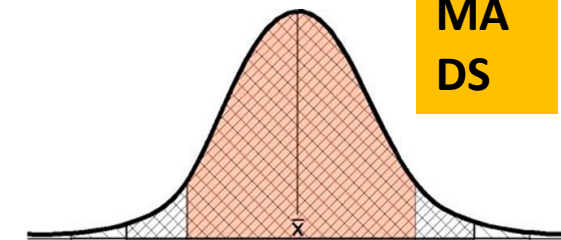
23  
14  
45  
31  
29  
17

Resultados

Resultados

23  
14  
45  
31  
29  
17

Distribución normal

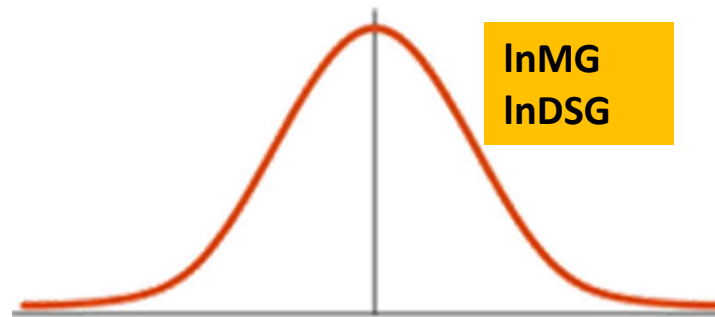
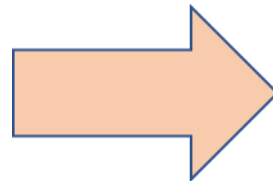


Resultados

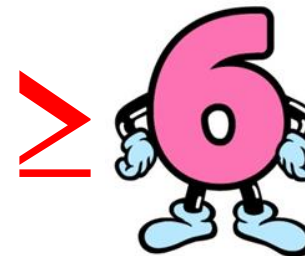
23  
14  
45  
31  
29  
17

Ln resultados

3,135  
2,639  
3,807  
3,434  
3,367  
2,833

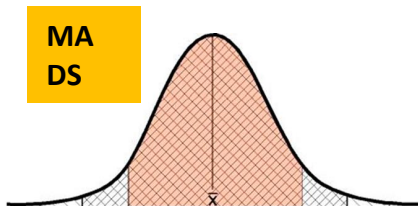


# 2 TIPOS DE MÉTODOS



## 1. Métodos estadísticos

**PRUEBA SHAPIRO-WILK**



Resultados

W1



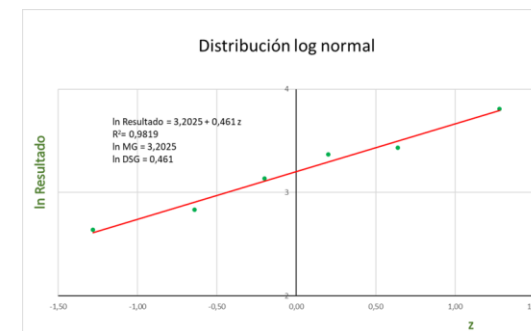
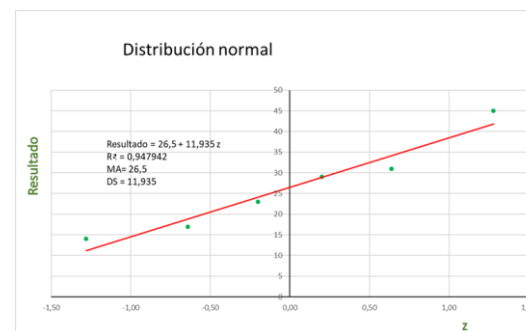
Ln resultados

W2

Wc

## 2. Métodos gráficos

**REGRESIÓN DEL RESULTADO  
o LN RESULTADO SOBRE Z**



# 1. MÉTODO ESTADÍSTICO: PRUEBA SHAPIRO-WILK

|                         |       |       |       |       |       |       |
|-------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Resultados ( $x_i$ )    | 23    | 14    | 45    | 31    | 29    | 17    |
| Ln resultados ( $x_i$ ) | 3,135 | 2,639 | 3,807 | 3,434 | 3,367 | 2,833 |

1. Ordenar los resultados de menor a mayor

2. Calcular el estadístico W (W1; W2)

$$W = \frac{b^2}{SS}$$

$$SS = \sum (x_i - x_m)^2$$

$$b = \sum_{j=1}^m a_{jn} (X_{n+1-j} - X_j)$$

$x_m$  = valor medio

$n$  = número de resultados

$a_{jn}$  = coeficientes tabulados (tabla 3)

$m = n/2$  (para  $n$  par);

$m = (n-1)/2$  (para  $n$  impar)

**TABLA 3: Coeficientes  $a_{jn}$**

| $j$ | $n$ |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|-----|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|     | 1   | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      | 7      | 8      | 9      | 10     |
| 1   |     | 0'7071 | 0'7071 | 0'6872 | 0'6646 | 0'6431 | 0'6233 | 0'6052 | 0'5888 | 0'5739 |
| 2   |     |        | 0'0000 | 0'1677 | 0'2413 | 0'2806 | 0'3031 | 0'3164 | 0'3244 | 0'3291 |
| 3   |     |        |        |        | 0'0000 | 0'0875 | 0'1401 | 0'1743 | 0'1976 | 0'2141 |
| 4   |     |        |        |        |        |        | 0'0000 | 0'0561 | 0'0947 | 0'1224 |
| 5   |     |        |        |        |        |        |        |        | 0'0000 | 0'0399 |

| $j$ | $n$    |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|     | 11     | 12     | 13     | 14     | 15     | 16     | 17     | 18     | 19     | 20     |
| 1   | 0'5601 | 0'5475 | 0'5359 | 0'5251 | 0'5150 | 0'5056 | 0'4968 | 0'4886 | 0'4808 | 0'4734 |
| 2   | 0'3315 | 0'3325 | 0'3325 | 0'3318 | 0'3306 | 0'3290 | 0'3273 | 0'3253 | 0'3232 | 0'3211 |
| 3   | 0'2260 | 0'2347 | 0'2412 | 0'2495 | 0'2495 | 0'2521 | 0'2540 | 0'2553 | 0'2561 | 0'2565 |
| 4   | 0'1429 | 0'1586 | 0'1707 | 0'1802 | 0'1878 | 0'1988 | 0'1988 | 0'2027 | 0'2059 | 0'2085 |
| 5   | 0'0695 | 0'0922 | 0'1099 | 0'1240 | 0'1353 | 0'1447 | 0'1524 | 0'1587 | 0'1641 | 0'1686 |
| 6   | 0'0000 | 0'0303 | 0'0539 | 0'0727 | 0'0880 | 0'1005 | 0'1109 | 0'1197 | 0'1271 | 0'1334 |
| 7   |        |        | 0'0000 | 0'0240 | 0'0433 | 0'0593 | 0'0725 | 0'0837 | 0'0932 | 0'1013 |
| 8   |        |        |        |        | 0'0000 | 0'0196 | 0'0359 | 0'0496 | 0'0612 | 0'0711 |
| 9   |        |        |        |        |        |        | 0'0000 | 0'0163 | 0'0303 | 0'0422 |
| 10  |        |        |        |        |        |        |        |        | 0'0000 | 0'0140 |

### 3. Calcular el estadístico $W$ crítico ( $\alpha = 0,05$ ); Tabla 4

| $n$ | $\alpha$ |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-----|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|     | 0'01     | 0'02  | 0'05  | 0'1   | 0'5   | 0'9   | 0'95  | 0'98  | 0'99  |
| 3   | 0'753    | 0'756 | 0'767 | 0'789 | 0'959 | 0'998 | 0'999 | 1'000 | 1'000 |
| 4   | 0'687    | 0'707 | 0'748 | 0'792 | 0'935 | 0'987 | 0'992 | 0'996 | 0'997 |
| 5   | 0'686    | 0'715 | 0'762 | 0'806 | 0'927 | 0'979 | 0'986 | 0'991 | 0'993 |
| 6   | 0'713    | 0'743 | 0'788 | 0'826 | 0'927 | 0'974 | 0'981 | 0'986 | 0'989 |
| 7   | 0'730    | 0'760 | 0'803 | 0'838 | 0'928 | 0'972 | 0'979 | 0'985 | 0'988 |
| 8   | 0'749    | 0'778 | 0'818 | 0'851 | 0'932 | 0'972 | 0'978 | 0'984 | 0'987 |
| 9   | 0'764    | 0'791 | 0'829 | 0'859 | 0'935 | 0'972 | 0'978 | 0'984 | 0'986 |
| 10  | 0'781    | 0'806 | 0'842 | 0'869 | 0'938 | 0'972 | 0'978 | 0'983 | 0'986 |
| 11  | 0'792    | 0'817 | 0'850 | 0'876 | 0'940 | 0'973 | 0'979 | 0'984 | 0'986 |
| 12  | 0'805    | 0'828 | 0'859 | 0'883 | 0'943 | 0'973 | 0'979 | 0'984 | 0'986 |
| 13  | 0'814    | 0'837 | 0'866 | 0'889 | 0'945 | 0'974 | 0'979 | 0'984 | 0'986 |
| 14  | 0'825    | 0'846 | 0'874 | 0'895 | 0'947 | 0'975 | 0'980 | 0'984 | 0'986 |
| 15  | 0'835    | 0'855 | 0'881 | 0'901 | 0'950 | 0'975 | 0'980 | 0'984 | 0'987 |
| 16  | 0'844    | 0'863 | 0'887 | 0'906 | 0'952 | 0'976 | 0'981 | 0'985 | 0'987 |
| 17  | 0'851    | 0'869 | 0'892 | 0'910 | 0'954 | 0'977 | 0'981 | 0'985 | 0'987 |

### 4. Comparar el estadístico ( $W_i$ ) con el $W$ crítico ( $W_c$ )

\* Si  $W_i > W_c \rightarrow$  Distribución normal

\* Si  $W_i < W_c \rightarrow$  Distribución **NO** normal

## EJEMPLO: Determinar tipo de distribución

|                         |       |       |       |       |       |       |
|-------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Resultados ( $x_i$ )    | 23    | 14    | 45    | 31    | 29    | 17    |
| Ln resultados ( $x_i$ ) | 3,135 | 2,639 | 3,807 | 3,434 | 3,367 | 2,833 |

### Supuesto A: Distribución normal

1. Ordenar los resultados de menor a mayor

|                      |    |    |    |    |    |    |
|----------------------|----|----|----|----|----|----|
| Resultados ( $x_i$ ) | 14 | 17 | 23 | 29 | 31 | 45 |
|----------------------|----|----|----|----|----|----|

2. Calcular el estadístico W ( $W_1$ )

$$W = \frac{b^2}{SS}$$

$$n = 6$$

$$m = 3$$

$$SS = \sum (x_i - x_m)^2$$

$$x_m = (14 + 17 + 23 + 29 + 31 + 45) / 6 = 26,5$$

$$SS = \sum (x_i - x_m)^2 = (14 - 26,5)^2 + (17 - 26,5)^2 + (23 - 26,5)^2 + (29 - 26,5)^2 + (31 - 26,5)^2 + (45 - 26,5)^2 = 627,5$$

$$\mathbf{b} = \sum_{j=1}^m \mathbf{a}_{jn} (\mathbf{X}_{n+1-j} - \mathbf{X}_j) \quad \begin{array}{l} n=6 \\ m=3 \end{array}$$

$$\mathbf{b} = \mathbf{a}_{1,6}(X_6 - X_1) + \mathbf{a}_{2,6}(X_5 - X_2) + \mathbf{a}_{3,6}(X_4 - X_3) = 0,6431(45 - 14) + 0,2806(31 - 17) + 0,0875(29 - 23) = 24,3895$$

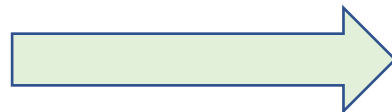
$$W = \frac{\mathbf{b}^2}{SS}$$

$$\mathbf{b}^2 = 24,3895^2 = 594,8477$$

$$W = \frac{594,8477}{627,5} = 0,9479$$

$$W_c = 0,788$$

$$W_1 = 0,9479 > W_c$$



Distribución normal

**TABLA 3: Coeficientes  $a_{jn}$**

| $j$ | $n$ |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|-----|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|     | 1   | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      | 7      | 8      | 9      | 10     |
| 1   |     | 0'7071 | 0'7071 | 0'6872 | 0'6646 | 0'6431 | 0'6233 | 0'6052 | 0'5888 | 0'5739 |
| 2   |     |        | 0'0000 | 0'1677 | 0'2413 | 0'2806 | 0'3031 | 0'3164 | 0'3244 | 0'3291 |
| 3   |     |        |        |        | 0'0000 | 0'0875 | 0'1401 | 0'1743 | 0'1976 | 0'2141 |
| 4   |     |        |        |        |        |        | 0'0000 | 0'0561 | 0'0947 | 0'1224 |
| 5   |     |        |        |        |        |        |        |        | 0'0000 | 0'0399 |

| $j$ | $n$    |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|     | 11     | 12     | 13     | 14     | 15     | 16     | 17     | 18     | 19     | 20     |
| 1   | 0'5601 | 0'5475 | 0'5359 | 0'5251 | 0'5150 | 0'5056 | 0'4968 | 0'4886 | 0'4808 | 0'4734 |
| 2   | 0'3315 | 0'3325 | 0'3325 | 0'3318 | 0'3306 | 0'3290 | 0'3273 | 0'3253 | 0'3232 | 0'3211 |
| 3   | 0'2260 | 0'2347 | 0'2412 | 0'2495 | 0'2495 | 0'2521 | 0'2540 | 0'2553 | 0'2561 | 0'2565 |
| 4   | 0'1429 | 0'1586 | 0'1707 | 0'1802 | 0'1878 | 0'1988 | 0'1988 | 0'2027 | 0'2059 | 0'2085 |
| 5   | 0'0695 | 0'0922 | 0'1099 | 0'1240 | 0'1353 | 0'1447 | 0'1524 | 0'1587 | 0'1641 | 0'1686 |
| 6   | 0'0000 | 0'0303 | 0'0539 | 0'0727 | 0'0880 | 0'1005 | 0'1109 | 0'1197 | 0'1271 | 0'1334 |
| 7   |        |        | 0'0000 | 0'0240 | 0'0433 | 0'0593 | 0'0725 | 0'0837 | 0'0932 | 0'1013 |
| 8   |        |        |        |        | 0'0000 | 0'0196 | 0'0359 | 0'0496 | 0'0612 | 0'0711 |
| 9   |        |        |        |        |        |        | 0'0000 | 0'0163 | 0'0303 | 0'0422 |
| 10  |        |        |        |        |        |        |        |        | 0'0000 | 0'0140 |

**TABLA 3: Valores de W crítico**

| <i>n</i> | <i>Q</i> |       |       |       |       |       |       |       |       |
|----------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|          | 0'01     | 0'02  | 0'05  | 0'1   | 0'5   | 0'9   | 0'95  | 0'98  | 0'99  |
| 3        | 0'753    | 0'756 | 0'767 | 0'789 | 0'959 | 0'998 | 0'999 | 1'000 | 1'000 |
| 4        | 0'687    | 0'707 | 0'748 | 0'792 | 0'935 | 0'987 | 0'992 | 0'996 | 0'997 |
| 5        | 0'686    | 0'715 | 0'762 | 0'806 | 0'927 | 0'979 | 0'986 | 0'991 | 0'993 |
| 6        | 0'713    | 0'743 | 0'788 | 0'826 | 0'927 | 0'974 | 0'981 | 0'986 | 0'989 |
| 7        | 0'730    | 0'760 | 0'803 | 0'838 | 0'928 | 0'972 | 0'979 | 0'985 | 0'988 |
| 8        | 0'749    | 0'778 | 0'818 | 0'851 | 0'932 | 0'972 | 0'978 | 0'984 | 0'987 |
| 9        | 0'764    | 0'791 | 0'829 | 0'859 | 0'935 | 0'972 | 0'978 | 0'984 | 0'986 |
| 10       | 0'781    | 0'806 | 0'842 | 0'869 | 0'938 | 0'972 | 0'978 | 0'983 | 0'986 |
| 11       | 0'792    | 0'817 | 0'850 | 0'876 | 0'940 | 0'973 | 0'979 | 0'984 | 0'986 |
| 12       | 0'805    | 0'828 | 0'859 | 0'883 | 0'943 | 0'973 | 0'979 | 0'984 | 0'986 |
| 13       | 0'814    | 0'837 | 0'866 | 0'889 | 0'945 | 0'974 | 0'979 | 0'984 | 0'986 |
| 14       | 0'825    | 0'846 | 0'874 | 0'895 | 0'947 | 0'975 | 0'980 | 0'984 | 0'986 |
| 15       | 0'835    | 0'855 | 0'881 | 0'901 | 0'950 | 0'975 | 0'980 | 0'984 | 0'987 |
| 16       | 0'844    | 0'863 | 0'887 | 0'906 | 0'952 | 0'976 | 0'981 | 0'985 | 0'987 |
| 17       | 0'851    | 0'869 | 0'892 | 0'910 | 0'954 | 0'977 | 0'981 | 0'985 | 0'987 |



|                         |       |       |       |       |       |       |
|-------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Resultados ( $x_i$ )    | 23    | 14    | 45    | 31    | 29    | 17    |
| Ln resultados ( $x_i$ ) | 3,135 | 2,639 | 3,807 | 3,434 | 3,367 | 2,833 |

### Supuesto B: Distribución log normal

1. Ordenar los resultados de menor a mayor

|                       |       |       |       |       |       |       |
|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Resultados $\ln(x_i)$ | 2,639 | 2,833 | 3,135 | 3,367 | 3,434 | 3,807 |
|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|

2. Calcular el estadístico W ( $W_2$ )

$$W = \frac{b^2}{SS} \quad \begin{array}{l} n=6 \\ m=3 \end{array}$$

$$SS = \sum (x_i - x_m)^2 \quad x_m = (2,639 + 2,833 + 3,135 + 3,367 + 3,434 + 3,807) / 6 = 3,2025$$

$$SS = \sum (x_i - x_m)^2 = (2,639 - 3,2025)^2 + (2,833 - 3,2025)^2 + (3,135 - 3,2025)^2 + (3,367 - 3,2025)^2 + (3,434 - 3,2025)^2 + (3,807 - 3,2025)^2 = 0,9047$$

$$b = \sum_{j=1}^m a_{jn} (X_{n+1-j} - X_j) \quad \begin{matrix} n=6 \\ m=3 \end{matrix}$$

$$b = a_{1,6}(X_6 - X_1) + a_{2,6}(X_5 - X_2) + a_{3,6}(X_4 - X_3) = 0,6431(3,807 - 2,639) + 0,2806(3,434 - 2,833) + 0,0875(3,367 - 3,135) = 0,94008$$

$$b^2 = 0,94008^2 = 0,88375$$

$$W = \frac{b^2}{SS}$$

$$W = \frac{0,88375}{0,9047} = 0,9768$$

$$W_c = 0,788$$

$$W_2 = 0,9768 > W_c$$

Distribución log normal

$$W_1 = 0,9479$$

$$W_2 = 0,9768$$

$$W_2 > W_1$$

Distribución log normal

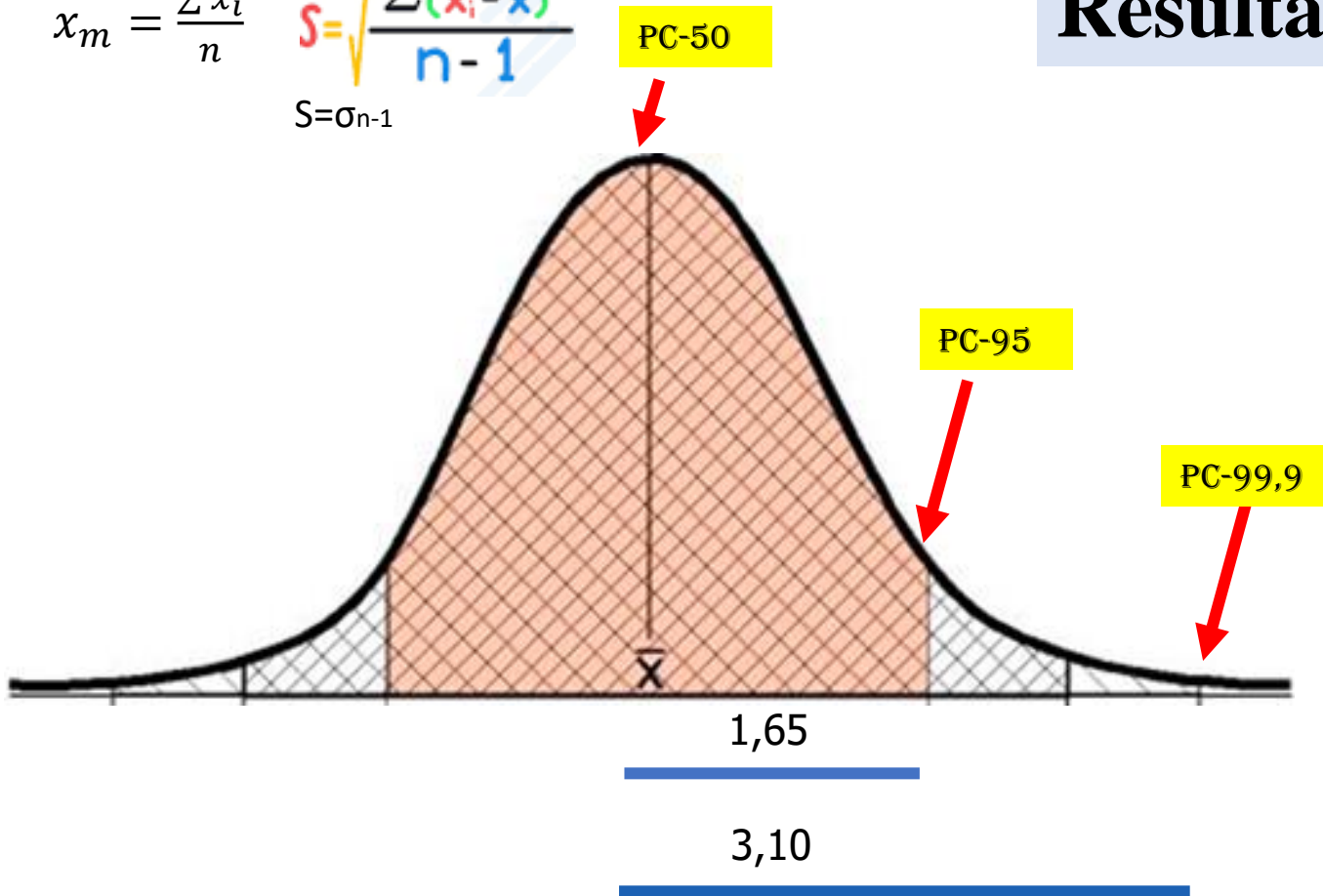
# 1. MÉTODOS GRÁFICOS: REGRESIÓN DEL RESULTADO SOBRE Z

$$x_m = \frac{\sum x_i}{n}$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

$S = \sigma_{n-1}$

$$\text{Resultado (Yi)} = X_m + z S$$



PC-50 ;  $z = 0$   
PC-95 ;  $z = 1,65$   
PC-99,9 ;  $z = 3,10$

**Z: PC; TABULADOS**

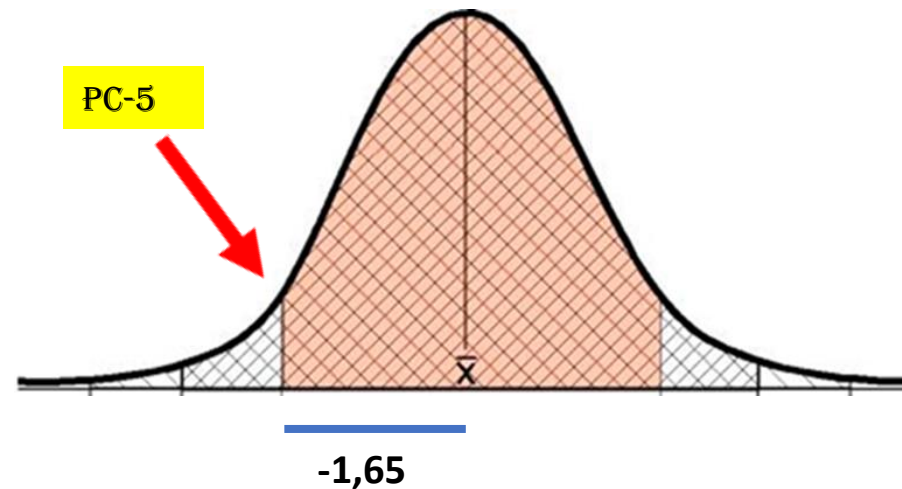
| Z    | P      | Z    | P      | Z    | P      | Z    | P      | Z    | P      | Z    | P      | Z    | P      |
|------|--------|------|--------|------|--------|------|--------|------|--------|------|--------|------|--------|
| 3,15 | 0,9992 | 2,65 | 0,9960 | 2,15 | 0,9842 | 1,65 | 0,9505 | 1,15 | 0,8749 | 0,65 | 0,7422 | 0,15 | 0,5596 |
| 3,14 | 0,9992 | 2,64 | 0,9959 | 2,14 | 0,9838 | 1,64 | 0,9495 | 1,14 | 0,8729 | 0,64 | 0,7389 | 0,14 | 0,5557 |
| 3,13 | 0,9991 | 2,63 | 0,9957 | 2,13 | 0,9834 | 1,63 | 0,9484 | 1,13 | 0,8708 | 0,63 | 0,7357 | 0,13 | 0,5517 |
| 3,12 | 0,9991 | 2,62 | 0,9956 | 2,12 | 0,9830 | 1,62 | 0,9474 | 1,12 | 0,8686 | 0,62 | 0,7324 | 0,12 | 0,5478 |
| 3,11 | 0,9991 | 2,61 | 0,9955 | 2,11 | 0,9826 | 1,61 | 0,9463 | 1,11 | 0,8665 | 0,61 | 0,7291 | 0,11 | 0,5438 |
| 3,1  | 0,9990 | 2,6  | 0,9953 | 2,1  | 0,9821 | 1,6  | 0,9452 | 1,1  | 0,8643 | 0,6  | 0,7257 | 0,1  | 0,5398 |
| 3,09 | 0,9990 | 2,59 | 0,9952 | 2,09 | 0,9817 | 1,59 | 0,9441 | 1,09 | 0,8621 | 0,59 | 0,7224 | 0,09 | 0,5359 |
| 3,08 | 0,9990 | 2,58 | 0,9951 | 2,08 | 0,9812 | 1,58 | 0,9429 | 1,08 | 0,8599 | 0,58 | 0,7190 | 0,08 | 0,5319 |
| 3,07 | 0,9989 | 2,57 | 0,9949 | 2,07 | 0,9808 | 1,57 | 0,9418 | 1,07 | 0,8577 | 0,57 | 0,7157 | 0,07 | 0,5279 |
| 3,06 | 0,9989 | 2,56 | 0,9948 | 2,06 | 0,9803 | 1,56 | 0,9406 | 1,06 | 0,8554 | 0,56 | 0,7123 | 0,06 | 0,5239 |
| 3,05 | 0,9989 | 2,55 | 0,9946 | 2,05 | 0,9798 | 1,55 | 0,9394 | 1,05 | 0,8531 | 0,55 | 0,7088 | 0,05 | 0,5199 |
| 3,04 | 0,9988 | 2,54 | 0,9945 | 2,04 | 0,9793 | 1,54 | 0,9382 | 1,04 | 0,8508 | 0,54 | 0,7054 | 0,04 | 0,5160 |
| 3,03 | 0,9988 | 2,53 | 0,9943 | 2,03 | 0,9788 | 1,53 | 0,9370 | 1,03 | 0,8485 | 0,53 | 0,7019 | 0,03 | 0,5120 |
| 3,02 | 0,9987 | 2,52 | 0,9941 | 2,02 | 0,9783 | 1,52 | 0,9357 | 1,02 | 0,8461 | 0,52 | 0,6985 | 0,02 | 0,5080 |
| 3,01 | 0,9987 | 2,51 | 0,9940 | 2,01 | 0,9778 | 1,51 | 0,9345 | 1,01 | 0,8438 | 0,51 | 0,6950 | 0,01 | 0,5040 |
| 3    | 0,9987 | 2,5  | 0,9938 | 2    | 0,9772 | 1,5  | 0,9332 | 1    | 0,8413 | 0,5  | 0,6915 | 0    | 0,5000 |

| Z    | P      | Z    | P      | Z    | P      | Z    | P      | Z    | P      | Z    | P      | Z    | P      |
|------|--------|------|--------|------|--------|------|--------|------|--------|------|--------|------|--------|
| 3,49 | 0,9998 | 2,99 | 0,9986 | 2,49 | 0,9936 | 1,99 | 0,9767 | 1,49 | 0,9319 | 0,99 | 0,8389 | 0,49 | 0,6879 |
| 3,48 | 0,9997 | 2,98 | 0,9986 | 2,48 | 0,9934 | 1,98 | 0,9761 | 1,48 | 0,9306 | 0,98 | 0,8365 | 0,48 | 0,6844 |
| 3,47 | 0,9997 | 2,97 | 0,9985 | 2,47 | 0,9932 | 1,97 | 0,9756 | 1,47 | 0,9292 | 0,97 | 0,8340 | 0,47 | 0,6808 |
| 3,46 | 0,9997 | 2,96 | 0,9985 | 2,46 | 0,9931 | 1,96 | 0,9750 | 1,46 | 0,9279 | 0,96 | 0,8315 | 0,46 | 0,6772 |
| 3,45 | 0,9997 | 2,95 | 0,9984 | 2,45 | 0,9929 | 1,95 | 0,9744 | 1,45 | 0,9265 | 0,95 | 0,8289 | 0,45 | 0,6736 |
| 3,44 | 0,9997 | 2,94 | 0,9984 | 2,44 | 0,9927 | 1,94 | 0,9738 | 1,44 | 0,9251 | 0,94 | 0,8264 | 0,44 | 0,6700 |
| 3,43 | 0,9997 | 2,93 | 0,9983 | 2,43 | 0,9925 | 1,93 | 0,9732 | 1,43 | 0,9236 | 0,93 | 0,8238 | 0,43 | 0,6664 |
| 3,42 | 0,9997 | 2,92 | 0,9982 | 2,42 | 0,9922 | 1,92 | 0,9726 | 1,42 | 0,9222 | 0,92 | 0,8212 | 0,42 | 0,6628 |
| 3,41 | 0,9997 | 2,91 | 0,9982 | 2,41 | 0,9920 | 1,91 | 0,9719 | 1,41 | 0,9207 | 0,91 | 0,8186 | 0,41 | 0,6591 |
| 3,4  | 0,9997 | 2,9  | 0,9981 | 2,4  | 0,9918 | 1,9  | 0,9713 | 1,4  | 0,9192 | 0,9  | 0,8159 | 0,4  | 0,6554 |
| 3,39 | 0,9997 | 2,89 | 0,9981 | 2,39 | 0,9916 | 1,89 | 0,9706 | 1,39 | 0,9177 | 0,89 | 0,8133 | 0,39 | 0,6517 |
| 3,38 | 0,9996 | 2,88 | 0,9980 | 2,38 | 0,9913 | 1,88 | 0,9699 | 1,38 | 0,9162 | 0,88 | 0,8106 | 0,38 | 0,6480 |
| 3,37 | 0,9996 | 2,87 | 0,9979 | 2,37 | 0,9911 | 1,87 | 0,9693 | 1,37 | 0,9147 | 0,87 | 0,8078 | 0,37 | 0,6443 |
| 3,36 | 0,9996 | 2,86 | 0,9979 | 2,36 | 0,9909 | 1,86 | 0,9686 | 1,36 | 0,9131 | 0,86 | 0,8051 | 0,36 | 0,6406 |
| 3,35 | 0,9996 | 2,85 | 0,9978 | 2,35 | 0,9906 | 1,85 | 0,9678 | 1,35 | 0,9115 | 0,85 | 0,8023 | 0,35 | 0,6368 |
| 3,34 | 0,9996 | 2,84 | 0,9977 | 2,34 | 0,9904 | 1,84 | 0,9671 | 1,34 | 0,9099 | 0,84 | 0,7995 | 0,34 | 0,6331 |
| 3,33 | 0,9996 | 2,83 | 0,9977 | 2,33 | 0,9901 | 1,83 | 0,9664 | 1,33 | 0,9082 | 0,83 | 0,7967 | 0,33 | 0,6293 |
| 3,32 | 0,9995 | 2,82 | 0,9976 | 2,32 | 0,9898 | 1,82 | 0,9656 | 1,32 | 0,9066 | 0,82 | 0,7939 | 0,32 | 0,6255 |
| 3,31 | 0,9995 | 2,81 | 0,9975 | 2,31 | 0,9896 | 1,81 | 0,9649 | 1,31 | 0,9049 | 0,81 | 0,7910 | 0,31 | 0,6217 |
| 3,3  | 0,9995 | 2,8  | 0,9974 | 2,3  | 0,9893 | 1,8  | 0,9641 | 1,3  | 0,9032 | 0,8  | 0,7881 | 0,3  | 0,6179 |
| 3,29 | 0,9995 | 2,79 | 0,9974 | 2,29 | 0,9890 | 1,79 | 0,9633 | 1,29 | 0,9015 | 0,79 | 0,7852 | 0,29 | 0,6141 |
| 3,28 | 0,9995 | 2,78 | 0,9973 | 2,28 | 0,9887 | 1,78 | 0,9625 | 1,28 | 0,8997 | 0,78 | 0,7823 | 0,28 | 0,6103 |
| 3,27 | 0,9995 | 2,77 | 0,9972 | 2,27 | 0,9884 | 1,77 | 0,9616 | 1,27 | 0,8980 | 0,77 | 0,7794 | 0,27 | 0,6064 |
| 3,26 | 0,9994 | 2,76 | 0,9971 | 2,26 | 0,9881 | 1,76 | 0,9608 | 1,26 | 0,8962 | 0,76 | 0,7764 | 0,26 | 0,6026 |
| 3,25 | 0,9994 | 2,75 | 0,9970 | 2,25 | 0,9878 | 1,75 | 0,9599 | 1,25 | 0,8944 | 0,75 | 0,7734 | 0,25 | 0,5987 |
| 3,24 | 0,9994 | 2,74 | 0,9969 | 2,24 | 0,9875 | 1,74 | 0,9591 | 1,24 | 0,8925 | 0,74 | 0,7704 | 0,24 | 0,5948 |
| 3,23 | 0,9994 | 2,73 | 0,9968 | 2,23 | 0,9871 | 1,73 | 0,9582 | 1,23 | 0,8907 | 0,73 | 0,7673 | 0,23 | 0,5910 |
| 3,22 | 0,9994 | 2,72 | 0,9967 | 2,22 | 0,9868 | 1,72 | 0,9573 | 1,22 | 0,8888 | 0,72 | 0,7642 | 0,22 | 0,5871 |
| 3,21 | 0,9993 | 2,71 | 0,9966 | 2,21 | 0,9864 | 1,71 | 0,9564 | 1,21 | 0,8869 | 0,71 | 0,7611 | 0,21 | 0,5832 |
| 3,2  | 0,9993 | 2,7  | 0,9965 | 2,2  | 0,9861 | 1,7  | 0,9554 | 1,2  | 0,8849 | 0,7  | 0,7580 | 0,2  | 0,5793 |
| 3,19 | 0,9993 | 2,69 | 0,9964 | 2,19 | 0,9857 | 1,69 | 0,9545 | 1,19 | 0,8830 | 0,69 | 0,7549 | 0,19 | 0,5753 |
| 3,18 | 0,9993 | 2,68 | 0,9963 | 2,18 | 0,9854 | 1,68 | 0,9535 | 1,18 | 0,8810 | 0,68 | 0,7517 | 0,18 | 0,5714 |
| 3,17 | 0,9992 | 2,67 | 0,9962 | 2,17 | 0,9850 | 1,67 | 0,9525 | 1,17 | 0,8790 | 0,67 | 0,7486 | 0,17 | 0,5675 |
| 3,16 | 0,9992 | 2,66 | 0,9961 | 2,16 | 0,9846 | 1,66 | 0,9515 | 1,16 | 0,8770 | 0,66 | 0,7454 | 0,16 | 0,5636 |

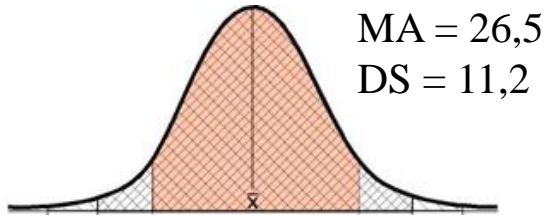
## Anexo 4 Guia Agentes Químicos Libro de Estadística

$$\text{Resultado (Yi)} = X_m + z S$$

Z puede ser negativo



## DISTRIBUCIÓN NORMAL



Resultados: 23, 14, 45, 31, 29, 17  
Xm= MA; S =DS

$$\text{Resultado (Yi)} = X_m + z S$$

$$\text{Resultado (Yi)} = MA + z DS$$

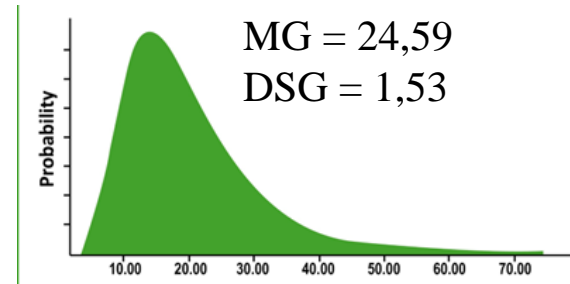
$$PC-50 = MA + 0 DS = 26,5$$

$$PC-95 = MA + 1,65 \times DS = 44,98$$

$$PC-99,9 = MA + 3,1 \times DS = 61,2$$

$$PC-40 = MA - 0,25 \times DS = 23,7$$

## DISTRIBUCIÓN LOG NORMAL



Resultados: 23, 14, 45, 31, 29, 17  
Xm= MG; S =DSG

Ln Resultados: 3,135; 2,639; 3,807; 3,434; 3,367; 2,833

$$X_m = \ln MG; S = \ln DSG$$

$$\ln MG = 3,2025$$

$$\ln DSG = 0,425$$

$$\ln \text{Resultado (Yi)} = \ln MG + z \ln DSG$$

$$\ln PC-50 = \ln MG + 0 \ln DSG = 3,2025$$

$$\ln PC-95 = \ln MG + 1,65 \times \ln DSG = 3,903$$

$$\ln PC-99,9 = \ln MG + 3,1 \times \ln DSG = 4,52$$

$$\ln PC-40 = \ln MG - 0,25 \times \ln DSG = 3,096$$

INV ln

$$PC-50 = 24,59$$

$$PC-95 = 49,55$$

$$PC-99,9 = 91,83$$

$$PC-40 = 22,11$$

## DISTRIBUCIÓN NORMAL

$$\text{Resultado } (Y_i) = MA + z DS$$

$$Y_i = f(z) \quad \text{recta}$$

Ordenada en el origen = MA

Pendiente = DS

Coefficiente de regresión ( $R^2$ ) = 1

**DETECCIÓN DE ANÓMALOS:** Realizar el gráfico y detectar puntos considerablemente alejados de la recta.

## DISTRIBUCIÓN LOG NORMAL

$$\text{Ln Resultado } (Y_i) = \text{LnMG} + z \text{LnDSG}$$

$$\text{Ln } Y_i = f(z) \quad \text{recta}$$

Ordenada en el origen = Ln MG

Pendiente = Ln DSG

Coefficiente de regresión ( $R^2$ ) = 1

## **Gráfico**: Procedimiento para realizar el gráfico

1. Ordenar los resultados de menor a mayor
2. Asignar a cada resultado el valor de k
3. Asignar a cada resultado el valor del percentil. Norma ISO 5479
4. Asignar a cada percentil el valor de z correspondiente (tablas).
5. Hacer el gráfico: Resultados = f (z) ; In Resultados = f(z)

**EJEMPLO**

|                                   |           |           |           |           |           |           |
|-----------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| <b>Resultados (x<sub>i</sub>)</b> | <b>23</b> | <b>14</b> | <b>45</b> | <b>31</b> | <b>29</b> | <b>17</b> |
| Ln resultados (x <sub>i</sub> )   | 3,135     | 2,639     | 3,807     | 3,434     | 3,367     | 2,833     |

**1. Ordenar los resultados de menor a mayor**

|                   |           |           |           |           |           |           |
|-------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| <b>Resultados</b> | <b>14</b> | <b>17</b> | <b>23</b> | <b>29</b> | <b>31</b> | <b>45</b> |
| Ln resultados     | 2,639     | 2,833     | 3,135     | 3,367     | 3,434     | 3,807     |

**2. Asignar a cada resultado el valor de k**

|                   |           |           |           |           |           |           |
|-------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| <b>Resultados</b> | <b>14</b> | <b>17</b> | <b>23</b> | <b>29</b> | <b>31</b> | <b>45</b> |
| Ln resultados     | 2,639     | 2,833     | 3,135     | 3,367     | 3,434     | 3,807     |
| K                 | 1         | 2         | 3         | 4         | 5         | 6         |

**3. Asignar a cada resultado el valor del percentil. Norma ISO 5479**

$$P_C = \frac{(k - \frac{3}{8})}{(n + \frac{1}{4})}$$

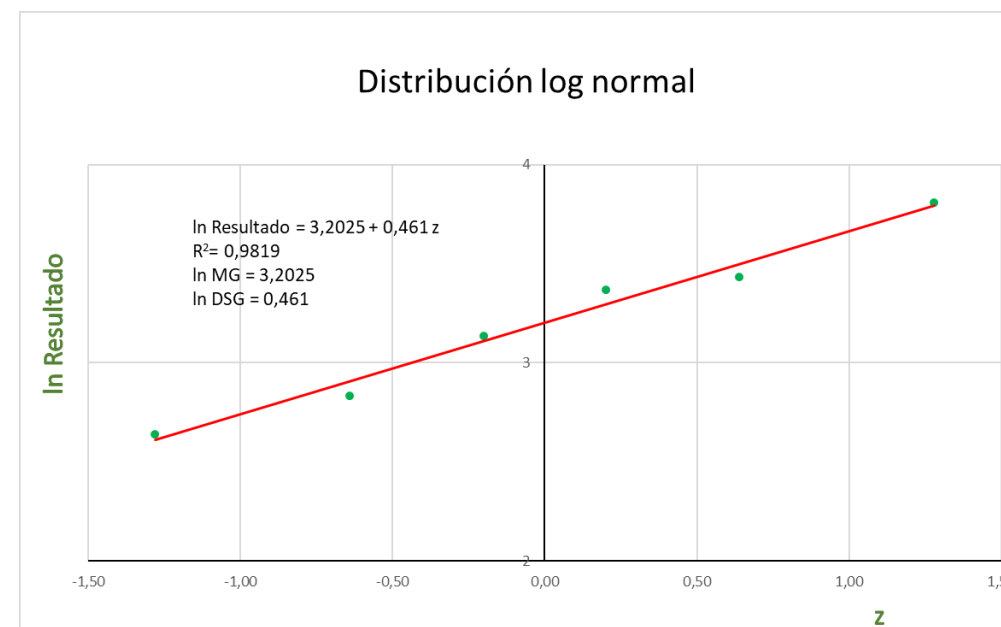
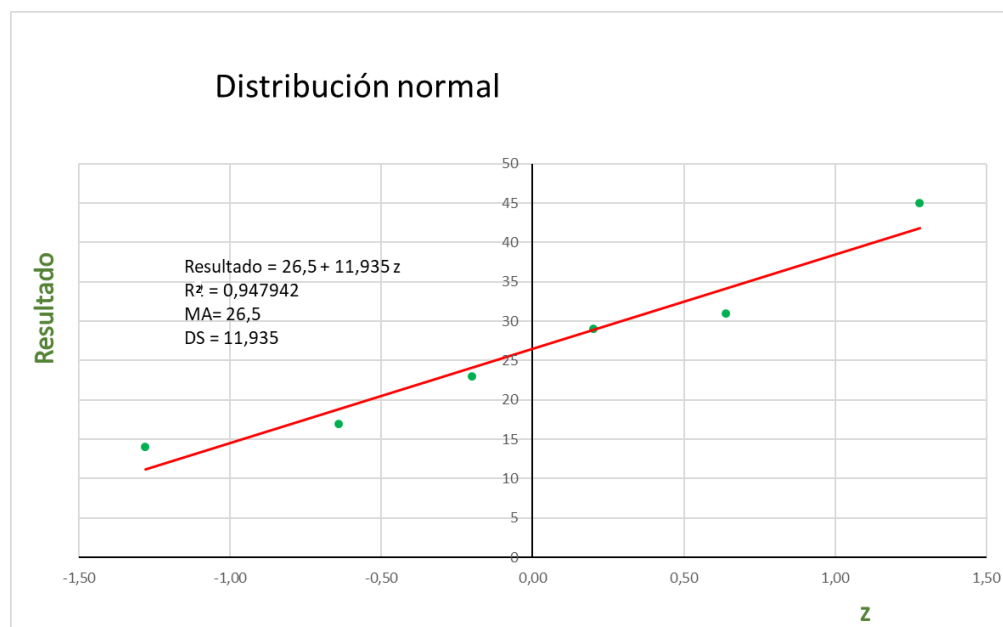
| <b>Resultados</b> | <b>14</b> | <b>17</b> | <b>23</b> | <b>29</b> | <b>31</b> | <b>45</b> |
|-------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Ln resultados     | 2,639     | 2,833     | 3,135     | 3,367     | 3,434     | 3,807     |
| K                 | 1         | 2         | 3         | 4         | 5         | 6         |
| %Pc               | 10        | 26        | 42        | 58        | 74        | 90        |

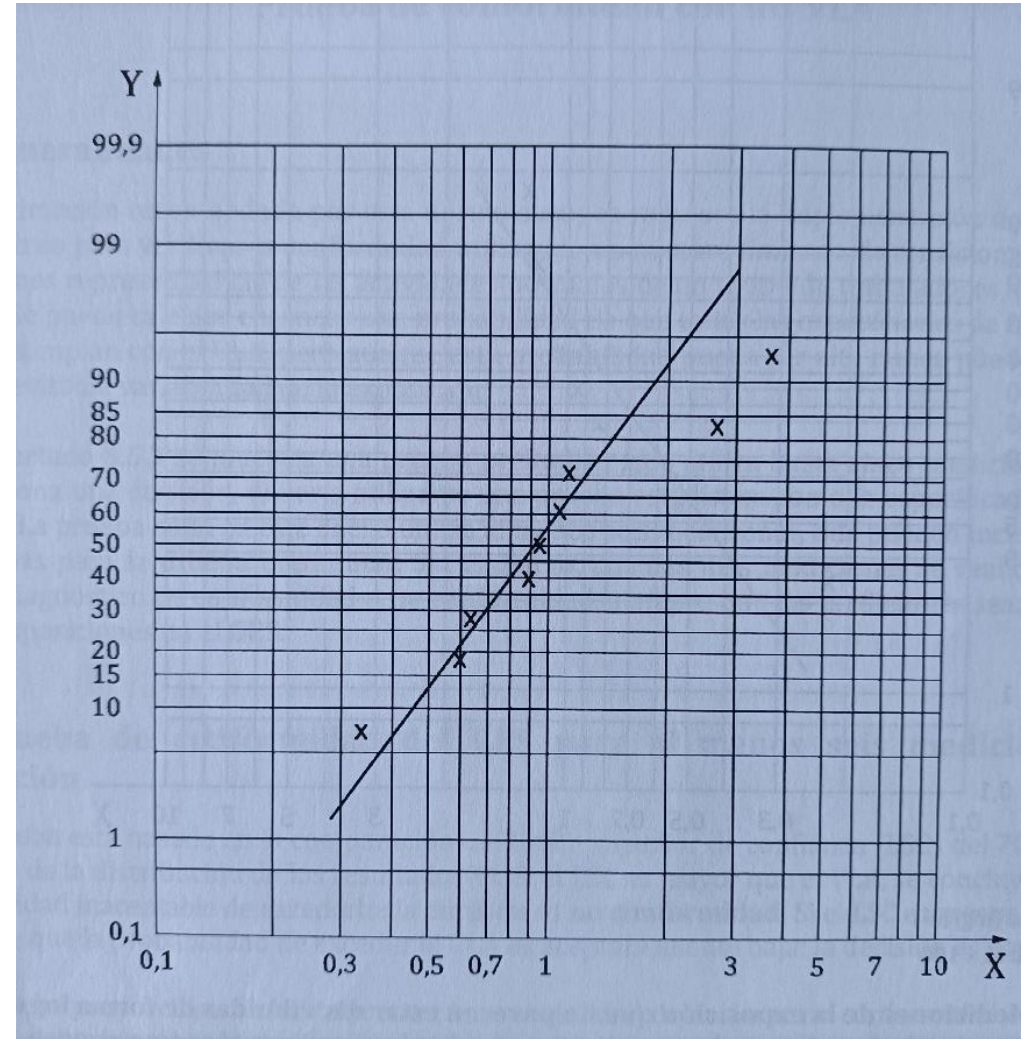
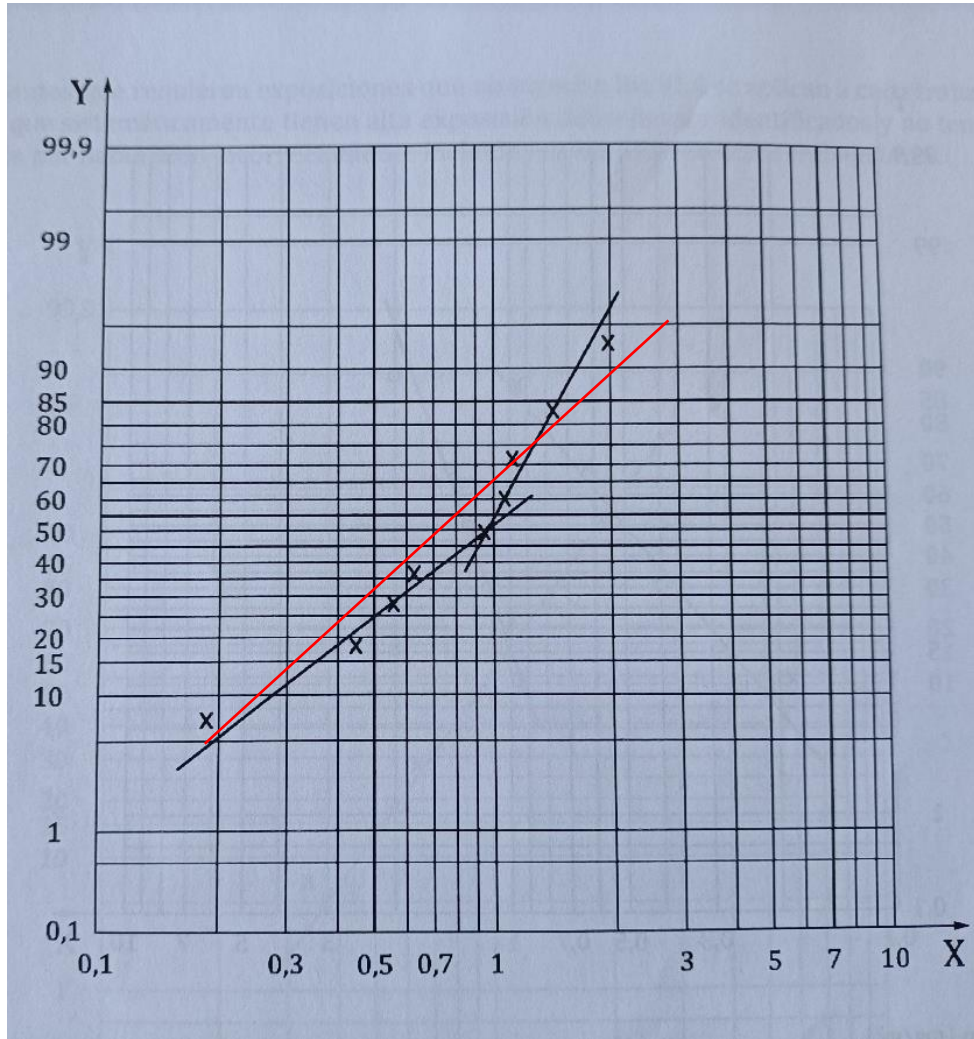
#### 4. Asignar a cada percentil el valor de z correspondiente (tablas).

| <b>Resultados</b> | <b>14</b> | <b>17</b> | <b>23</b> | <b>29</b> | <b>31</b> | <b>45</b> |
|-------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Ln resultados     | 2,639     | 2,833     | 3,135     | 3,367     | 3,434     | 3,807     |
| K                 | 1         | 2         | 3         | 4         | 5         | 6         |
| %Pc               | 10        | 26        | 42        | 58        | 74        | 90        |
| z                 | -1,28     | -0,64     | -0,2      | 0,2       | 0,64      | 1,28      |

## 5. Hacer el gráfico: Resultados = f (z) ; ln Resultados = f(z)

|                   |           |           |           |           |           |           |
|-------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| <b>Resultados</b> | <b>14</b> | <b>17</b> | <b>23</b> | <b>29</b> | <b>31</b> | <b>45</b> |
| Ln resultados     | 2,639     | 2,833     | 3,135     | 3,367     | 3,434     | 3,807     |
| K                 | 1         | 2         | 3         | 4         | 5         | 6         |
| %Pc               | 10        | 26        | 42        | 58        | 74        | 90        |
| z                 | -1,28     | -0,64     | -0,2      | 0,2       | 0,64      | 1,28      |





# RESUMIENDO

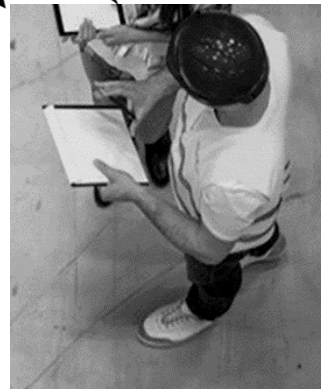
## VALIDACIÓN DE RESULTADOS Y GES

### 1. Métodos estadísticos

**PRUEBA SHAPIRO-WILK**

### 2. Métodos gráficos

**REGRESIÓN DEL RESULTADO  
o LN RESULTADO SOBRE **Z****



**GES:** Grupo de trabajadores que tienen el mismo perfil de exposición para el agente químico estudiado, debido a la similitud y frecuencia de las tareas realizadas, los procesos y los materiales con los que trabajan y a la similitud de la manera que realizan las tareas.

# Esto es todo amigos

MAÑANA CONTINUAMOS

GRACIAS POR  
SU ATENCIÓN

