

**CICE**

Comité de infraestructuras para la  
Calidad de la Edificación

**CSIC**

CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

INSTITU  
TO  
EDUAR  
DO  
TOR  
ROJA

**SACE**

Subcomisión Administrativa para la  
Calidad de la Edificación

# ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE ACÚSTICA

TIEMPO DE REVERBERACIÓN - ZONA 15



## T20 FRECUENCIA 100 HZ (seg)

### Introducción

#### Criterios de análisis establecidos

El procedimiento llevado a cabo para analizar los resultados del ensayo "TIEMPO DE REVERBERACIÓN", está basado en los protocolos EILA20 y las normas UNE 82009-2:1999 y UNE-EN ISO/IEC 17043:2010 y es, para cada laboratorio, el que sigue:

**01. Análisis A: Estudio pre-estadístico.** Antes de comenzar con los cálculos matemáticos, los datos son minuciosamente analizados para determinar si deben ser incluidos (✓) o descartados (X) en función, de si cumplen o no, con unos criterios mínimos previamente establecidos y que pueden afectar a los resultados, tales como:

- A. No cumplir con el criterio de validación de la norma de ensayo, en caso de existir éste.
- B. No haber realizado el ensayo conforme a la norma de estudio, sin justificar los motivos por los cuales se ha hecho.
- C. No haber cumplido con las especificaciones particulares del ensayo descritas en los protocolos (pueden incluir aportar algún dato adicional no especificado en la norma).
- D. No haber especificado la fecha de verificación y/o de calibración de los equipos utilizados durante el ensayo (los resultados pueden verse afectados).
- E. No haber aportado, como mínimo, el resultado de dos determinaciones puesto que la desviación típica inter-laboratorio se ve afectada notablemente por ello.
- F. Expresiones erróneas de los resultados que no pudieran explicarse o no tuvieran sentido.
- G. No haber completado total y correctamente las hojas de ensayo, pues es posible que falte información para analizar parámetros importantes o que ayuden a explicar datos incorrectos.
- H. Cualquier otra incidencia o desviación de los resultados que afecte al conjunto de los datos analizados.

**02. Análisis B: Mandel, Cochran y Grubbs.** Los resultados aportados por los laboratorios que hayan superado el paso anterior, se verán sometidos al análisis estadístico compuesto por los métodos de Mandel, Cochran y Grubbs. Los criterios de análisis que se han seguido para considerar los resultados como aptos (✓) o no aptos (X) por éste procedimiento son:

- A. Para cada laboratorio se llevan a cabo los cálculos necesarios para determinar los estadísticos "h y k" de Mandel, "C" de Cochran y "GSimp y GDoB" de Grubbs, pudiendo salir un resultado correcto (X sobre fondo blanco), anómalo (X\* sobre fondo rosa) o aberrante (X\*\* sobre fondo morado), para todos o cada uno de ellos.
- B. Un laboratorio será considerado como apto, si el binomio Mandel-Cochran y el método de Grubbs no demuestran la presencia de resultados anómalos o aberrantes en comparación con los del resto de participantes. En caso contrario, el laboratorio afectado será excluido y por ende no tenido en cuenta para someterlo al análisis Z-Score.
- C. Binomio Mandel-Cochran. Si el ensayo de Mandel justifica para algún laboratorio (en cualquiera de sus estadísticos) la presencia de un valor anómalo o aberrante, antes de considerarlo como no apto se analiza el parámetro de Cochran. En caso de que éste último sea correcto, los resultados del laboratorio se considerarán aceptables. En caso contrario, el laboratorio será descartado.
- D. Método de Grubbs. Si el ensayo de Grubbs Simple demuestra que los resultados de alguno de los laboratorios son aberrantes o anómalos, finaliza el análisis y el laboratorio en cuestión deberá ser excluido. En caso de que éste método no demuestre la existencia de algún valor extraño, se lleva a cabo entonces el ensayo de Grubbs Doble aplicando los mismos criterios que para el método simple.

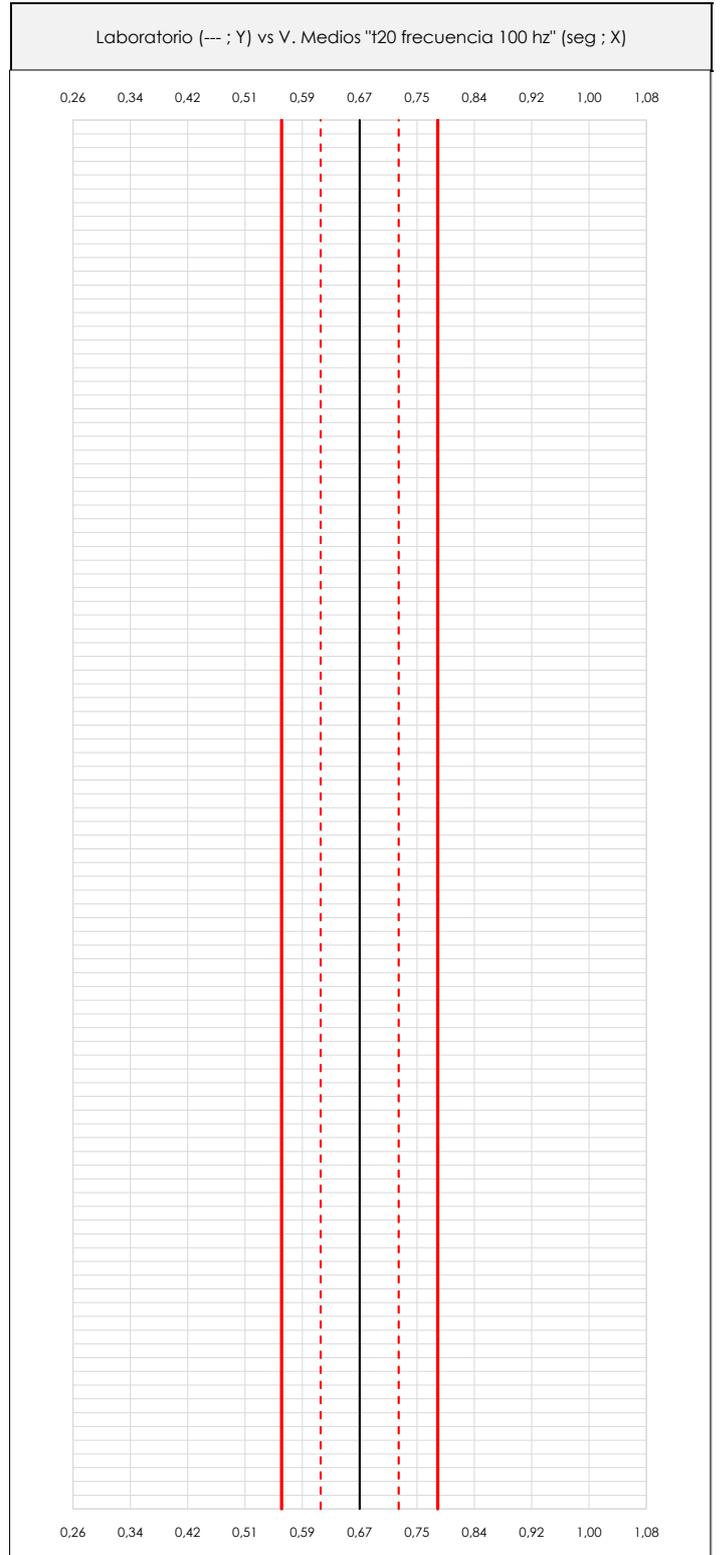
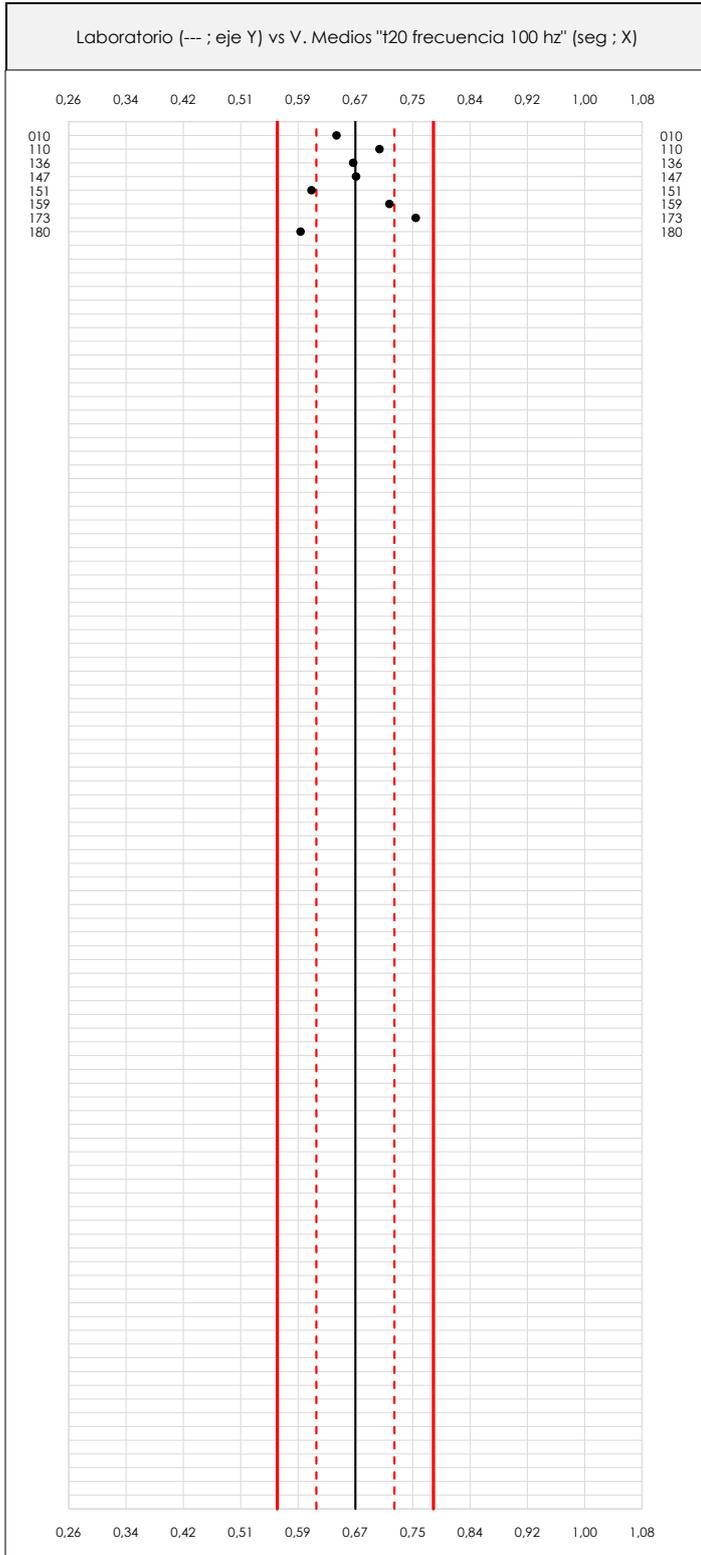
**03. Análisis C: Evaluación Z-Score.** La totalidad de los laboratorios que hayan superado el "Análisis B" serán estudiados por éste método. En él, se determina si los parámetros Z-Score obtenidos para cada participante son satisfactorios (S), dudosos (D) o insatisfactorios (I), en función de que estén o no dentro de unos límites críticos establecidos.

**04. Análisis D: Estudio post-estadístico.** Una vez superados los tres análisis anteriores, haremos un último barrido de los datos para ver como quedan los resultados de los laboratorios implicados mediante los diagramas "Box-Plot" o de caja y bigotes antes y después de llevar a cabo los descartes.

## T20 FRECUENCIA 100 HZ (seg)

### Análisis A. Estudio pre-estadístico

#### Apartado A.1. Gráficos de dispersión de valores medios



#### ANÁLISIS GRÁFICO DE DISPERSIÓN MEDIA (ANTES DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO)

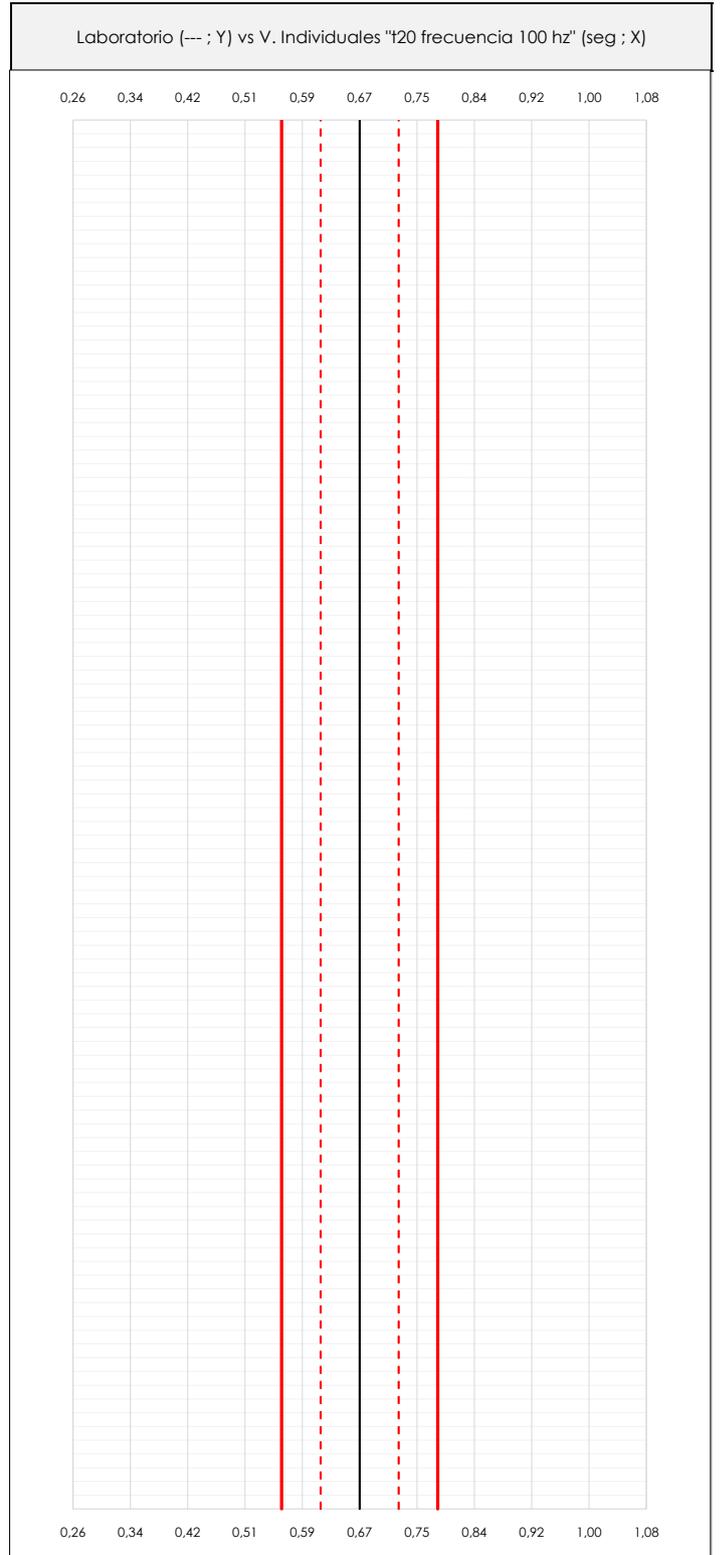
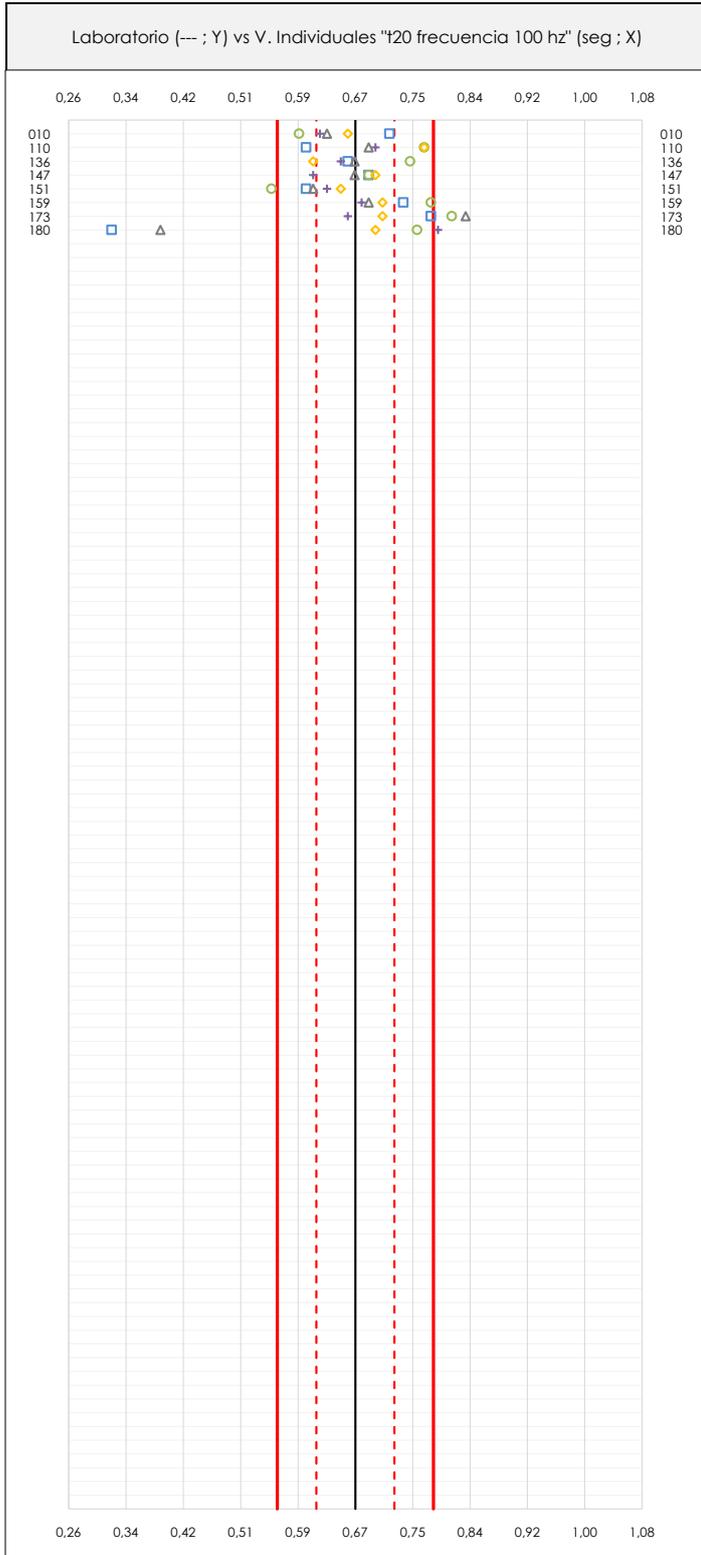
Dispersión de las medias aritméticas intra-laboratorios respecto de la media aritmética inter-laboratorios (0,67 ; línea negra de trazo continuo), la media aritmética inter-laboratorios más/menos la desviación típica (0,73/0,61 ; líneas rojas de trazo punteado) y la media aritmética inter-laboratorios más/menos el doble de la desviación típica (0,78/0,56 ; líneas rojas de trazo continuo).

En el eje Y (adimensional) quedan reflejados los códigos de los laboratorios participantes y en el eje X (las unidades son las mismas que las del ensayo que se está analizando) las medias aritméticas intra-laboratorios representadas por punto de color negro.

## T20 FRECUENCIA 100 HZ (seg)

### Análisis A. Estudio pre-estadístico

#### Apartado A.2. Gráficos de dispersión de valores individuales



#### ANÁLISIS GRÁFICOS DE DISPERSIÓN INDIVIDUAL (ANTES DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO)

Dispersión de los valores individuales respecto de la media aritmética inter-laboratorios (0,67 ; línea negra de trazo continuo), la media aritmética inter-laboratorios más/menos la desviación típica (0,73/0,61 ; líneas rojas de trazo punteado) y la media aritmética inter-laboratorios más/menos el doble de la desviación típica (0,78/0,56 ; líneas rojas de trazo continuo).

En el eje Y (adimensional) queda reflejado el código del laboratorio participante y en el eje X (las unidades son las de los resultados del ensayo que se está analizando) los resultados individuales: el primero ( $X_{1,1}$ ) se representa con un cuadrado azul, el segundo ( $X_{1,2}$ ) con un círculo verde, el tercero ( $X_{1,3}$ ) con un triángulo gris y el cuarto ( $X_{1,4}$ ) con un rombo amarillo.



## T20 FRECUENCIA 100 HZ (seg)

### Análisis A. Estudio pre-estadístico

#### Apartado A.3. Determinaciones matemáticas

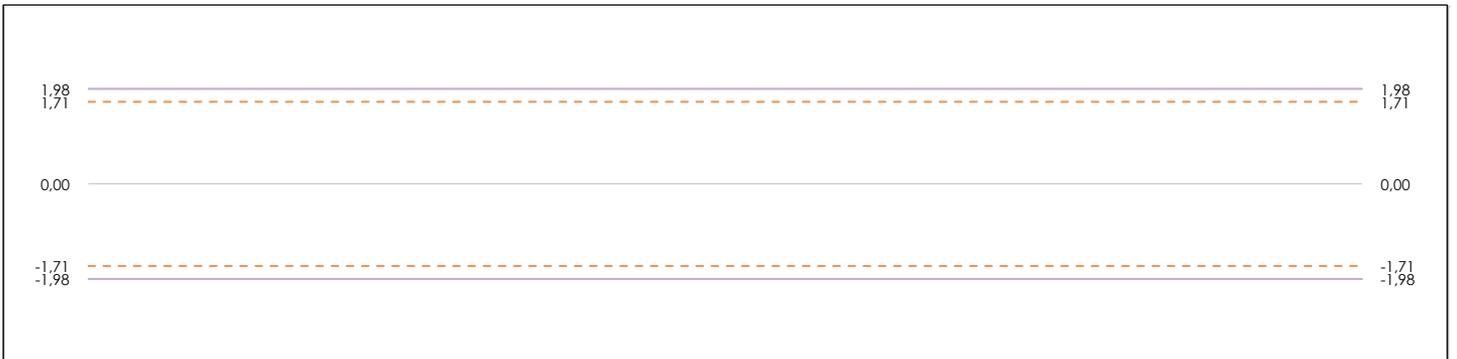
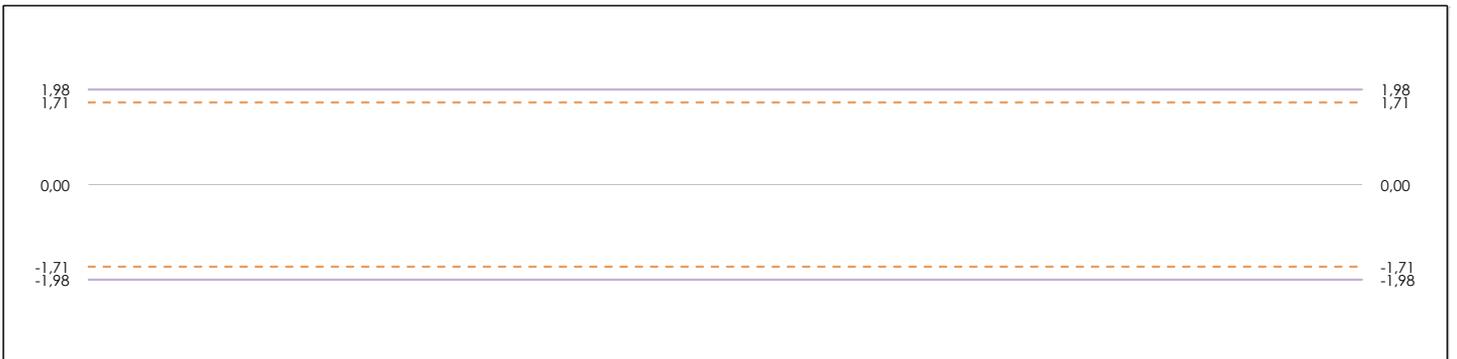
Lab	$X_{i1}$	$X_{i2}$	$X_{i3}$	$X_{i4}$	$X_{i5}$	$\bar{X}_{i\text{arit}}$	$S_{Li}$	$D_{i\text{arit}}\%$	Pasa A	Observaciones
10	0,72	0,59	0,63	0,66	0,62	0,64	0,049	-4,02	✓	
110	0,60	0,77	0,69	0,77	0,70	0,71	0,070	5,22	✓	
136	0,66	0,75	0,67	0,61	0,65	0,67	0,051	-0,45	✓	
147	0,69	0,69	0,67	0,70	0,61	0,67	0,036	0,15	✓	
151	0,60	0,55	0,61	0,65	0,63	0,61	0,038	-9,39	✓	
159	0,74	0,78	0,69	0,71	0,68	0,72	0,041	7,30	✓	
173	0,78	0,81	0,83	0,71	0,66	0,76	0,071	12,97	✓	
180	0,32	0,76	0,39	0,70	0,79	0,59	0,220	-11,77	✓	

**NOTAS:**

- <sup>01</sup> " $X_{ij}$ " con  $j = 1, 2, 3, 4, 5$ " es cada uno de los resultados individuales aportados por cada laboratorio, " $\bar{X}_{i\text{arit}}$ " es la media aritmética intralaboratorio calculada sin redondear.
- <sup>02</sup> " $S_{Li}$ " es la desviación típica intralaboratorios y " $D_{i\text{arit}}\%$ " la desviación, en porcentaje, de la media aritmética intralaboratorios calculada respecto de la media aritmética interlaboratorios.
- <sup>03</sup> Los resultados aportados por los laboratorios podrán ser descartados (X) si no cumplen con los criterios establecidos en el protocolo EILA o si no han realizado el ensayo conforme a norma.
- <sup>04</sup> El código colorimétrico empleado para las celdas es: [máximo] [mínimo]

**T20 FRECUENCIA 100 HZ (seg)**  
**Análisis B. Mandel, Cochran y Grubbs**

Apartado B.1. Gráfico de consistencia inter-laboratorios "h" de Mandel



**ANÁLISIS GRÁFICO DE CONSISTENCIA INTER-LABORATORIOS**

Análisis gráfico de consistencia inter-laboratorios "h" de Mandel. En él se representan las medias aritméticas inter-laboratorios y los indicadores estadísticos para un 1% y un 5% de significación (valores obtenidos de la tabla 6 norma UNE 82009-2:1999 o mediante ecuación matemática, en función del número de laboratorios participantes).

Las líneas continuas de color morado (indicador estadístico para un 1% de significación) marca el límite a partir del cual un valor es considerado aberrante y las discontinuas de color rosáceo (indicador estadístico para un 5% de significación), cuando es considerado anómalo. Una equis de color rojo (X) sobre el eje cero indica que el laboratorio ha sido descartado.

**CICE**  
Comité de infraestructuras para la  
Calidad de la Edificación

**SACE**  
Subcomisión Administrativa para la  
Calidad de la Edificación



**T20 FRECUENCIA 100 HZ (seg)**  
**Análisis B. Mandel, Cochran y Grubbs**

Apartado B.2. Gráfico de consistencia intra-laboratorios "k" de Mandel



**ANÁLISIS GRÁFICO DE CONSISTENCIA INTRA-LABORATORIOS**

Análisis gráfico de consistencia intra-laboratorios "k" de Mandel. En él se representan las medias aritméticas intra-laboratorios y los indicadores estadísticos para un 1% y un 5% de significación (valores obtenidos de la tabla 6 norma UNE 82009-2:1999 o mediante ecuación matemática, en función del número de laboratorios participantes y el número de ensayos efectuados).

Las líneas continuas de color morado (indicador estadístico para un 1% de significación) marca el límite a partir del cual un valor es considerado aberrante y las discontinuas de de color rosaceo (indicador estadístico para un 5% de significación), cuando es considerado anómalo. Una equis de color rojo (X) sobre el eje cero indica que el laboratorio ha sido descartado.



## T20 FRECUENCIA 100 HZ (seg)

### Análisis B. Mandel, Cochran y Grubbs

Apartado B.3. Determinaciones matemáticas

Lab	$X_{i1}$	$X_{i2}$	$X_{i3}$	$X_{i4}$	$X_{i5}$	$\bar{X}_{i \text{arit}}$	$S_{Li}$	$D_{i \text{arit}} \%$	$h_i$	$k_i$	$C_i$	$G_{\text{sim Inf}}$	$G_{\text{sim Sup}}$	$G_{\text{Dob Inf}}$	$G_{\text{Dob Sup}}$	Pasa B	
10	0,720	0,590	0,630	0,660	0,620	0,644	0,049	-5,61	-0,77	0,94				0,3659		✓	
110	0,60	0,770	0,690	0,770	0,700	0,706	0,070	3,48	0,47	1,33						✓	
136	0,66	0,750	0,670	0,610	0,650	0,668	0,051	-2,09	-0,29	0,97						✓	
147	0,69	0,690	0,670	0,700	0,610	0,672	0,036	-1,51	-0,21	0,69						✓	
151	0,60	0,550	0,610	0,650	0,630	0,608	0,038	-10,89	-1,49	0,72		1,485		0,3659		✓	
159	0,74	0,780	0,690	0,710	0,680	0,720	0,041	5,53	0,75	0,77					0,3519	✓	
173	0,78	0,810	0,830	0,710	0,660	0,758	0,071	11,10	1,51	1,35			1,514		0,3519	✓	
180	0,32	0,760	0,390	0,700	0,790	0,592	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	X

**NOTAS:**

<sup>01</sup> " $X_{ij}$  con  $j = 1, 2, 3, 4, 5$ " es cada uno de los resultados individuales aportados por cada laboratorio, " $\bar{X}_{i \text{arit}}$ " es la media aritmética intralaboratorio calculada sin redondear.

<sup>02</sup> " $S_{Li}$ " es la desviación típica intralaboratorios y " $D_{i \text{arit}} \%$ " la desviación, en porcentaje, de la media aritmética intralaboratorios calculada respecto de la media aritmética interlaboratorios.

<sup>03</sup> " $h_i$  y  $k_i$ ", " $C_i$ ", " $G_{\text{sim}}$  y  $G_{\text{Dob}}$ " hacen referencia a los estadísticos de Mandel, Cochran y Grubbs, respectivamente, obtenidos para cada laboratorio en función de los resultados aportados.

<sup>04</sup> El código colorimétrico empleado para las celdas es:

[aberrante]

[anómalo]

[máximo]

[mínimo]

**CICE**  
Comité de infraestructuras para la  
Calidad de la Edificación

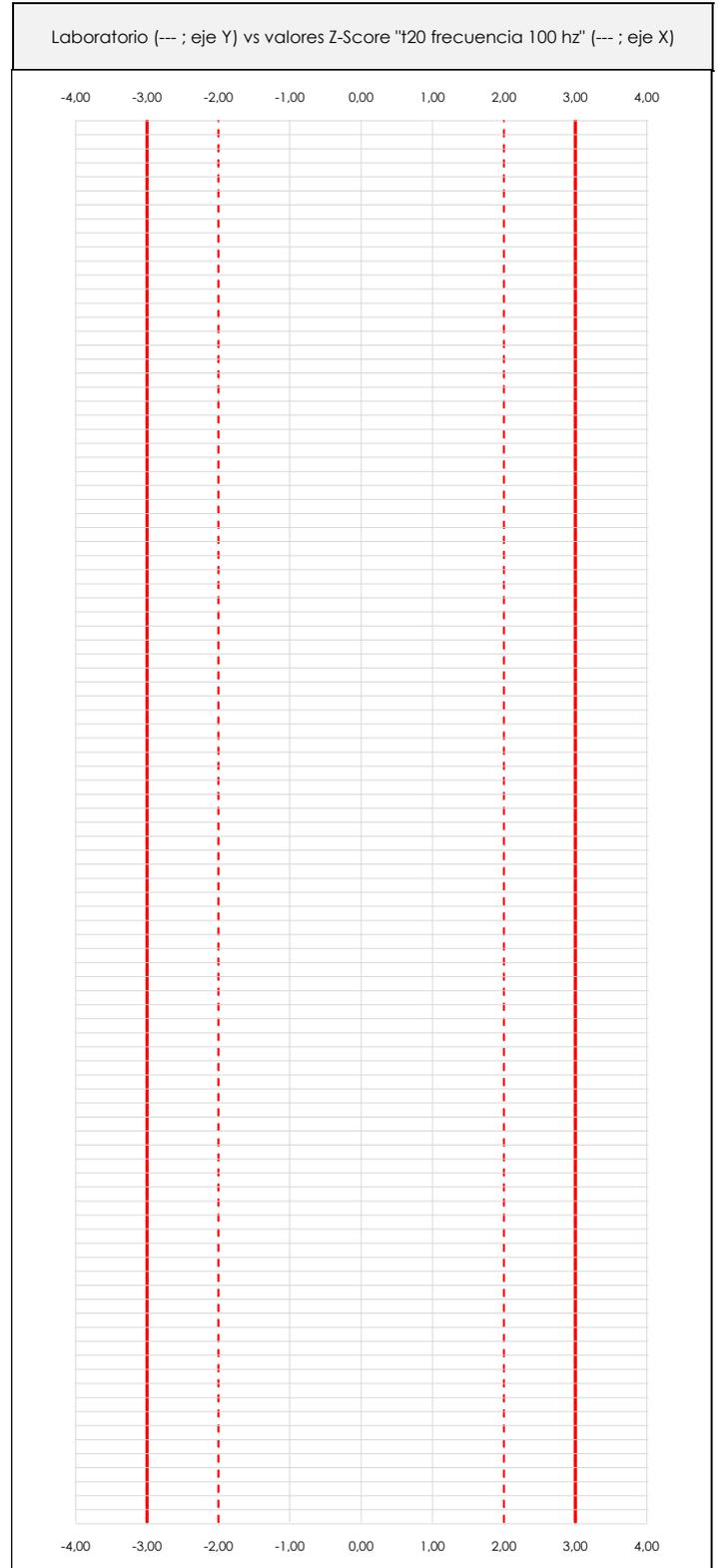
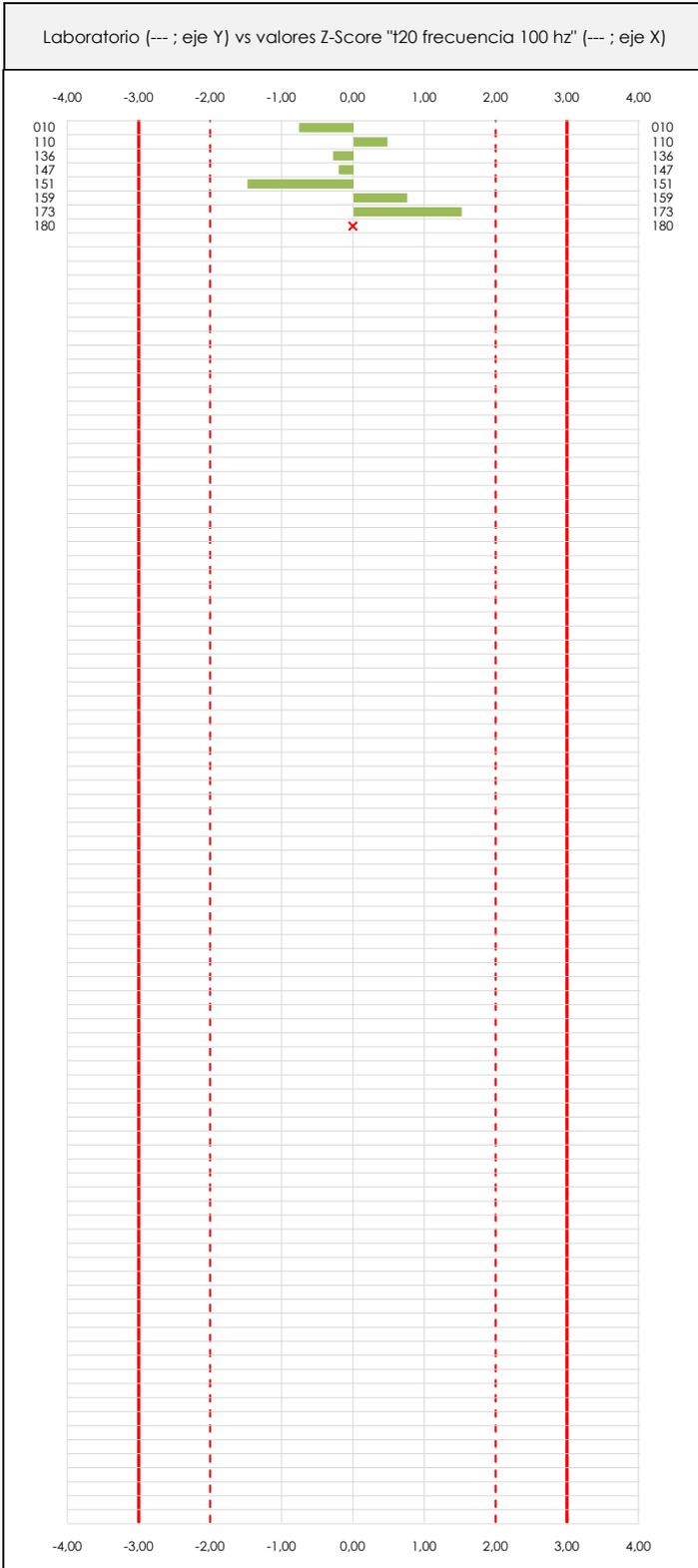
**SACE**  
Subcomisión Administrativa para la  
Calidad de la Edificación



## T20 FRECUENCIA 100 HZ (seg)

### Análisis C. Evaluación Z-Score

#### Apartado C.1. Análisis gráfico Altman Z-Score



#### ANÁLISIS GRÁFICO Z-SCORE

Diagrama Z-Score para los resultados aportados por los laboratorios. Estos se considerarán satisfactorios (S) si el valor absoluto del Z-Score es menor o igual a 2 unidades, dudoso si está comprendido entre 2 y 3 unidades e insatisfactorio si es mayor o igual a 3 unidades.

Los resultados satisfactorios quedan reflejados entre las dos líneas rojas discontinuas, líneas de referencia en la evaluación Z-Score.



## T20 FRECUENCIA 100 HZ (seg)

### Análisis C. Evaluación Z-Score

#### Apartado C.2. Determinaciones matemáticas

Lab	X <sub>i1</sub>	X <sub>i2</sub>	X <sub>i3</sub>	X <sub>i4</sub>	X <sub>i5</sub>	$\bar{X}_{i\text{arit}}$	S <sub>L1</sub>	D <sub>iarit</sub> %	Pasa A	Pasa B	Total	Causa	Iteración	Z-Score	Evaluación
10	0,72	0,59	0,63	0,66	0,62	0,64	0,049	-5,61	✓	✓	✓			-0,765	S
110	0,60	0,77	0,69	0,77	0,70	0,71	0,070	3,48	✓	✓	✓			0,474	S
136	0,66	0,75	0,67	0,61	0,65	0,67	0,051	-2,09	✓	✓	✓			-0,286	S
147	0,69	0,69	0,67	0,70	0,61	0,67	0,036	-1,51	✓	✓	✓			-0,206	S
151	0,60	0,55	0,61	0,65	0,63	0,61	0,038	-10,89	✓	✓	✓			-1,485	S
159	0,74	0,78	0,69	0,71	0,68	0,72	0,041	5,53	✓	✓	✓			0,754	S
173	0,78	0,81	0,83	0,71	0,66	0,76	0,071	11,10	✓	✓	✓			1,514	S
180	0,32	0,76	0,39	0,70	0,79	0,59	---	---	✓	X	X	AB	0	---	---

**NOTAS:**

<sup>01</sup> "X<sub>i j</sub> con j = 1, 2, 3, 4, 5" es cada uno de los resultados individuales aportados por cada laboratorio, " $\bar{X}_{i\text{arit}}$ " es la media aritmética intralaboratorio calculada sin redondear.

<sup>02</sup> "S<sub>L1</sub>" es la desviación típica intralaboratorios y "D<sub>iarit</sub> %" la desviación, en porcentaje, de la media aritmética intralaboratorios calculada respecto de la media aritmética interlaboratorios.

<sup>03</sup> La evaluación Z-Score (ZS) será considerada de tipo: [Satisfactorio (S) - si | ZS | ≤ 2] [Dudoso (D) - si 2 < | ZS | ≤ 3] [Insatisfactorio (I) - si | ZS | > 3].

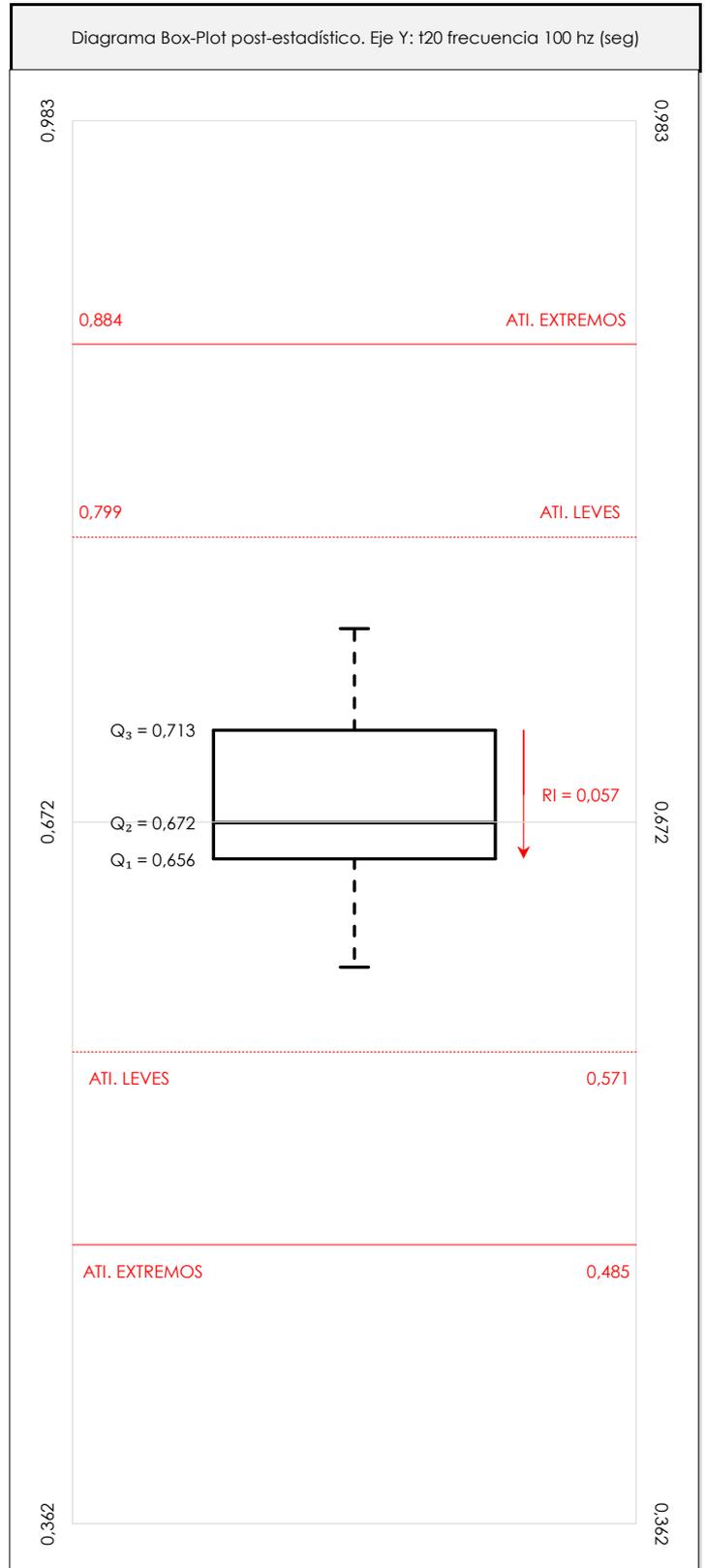
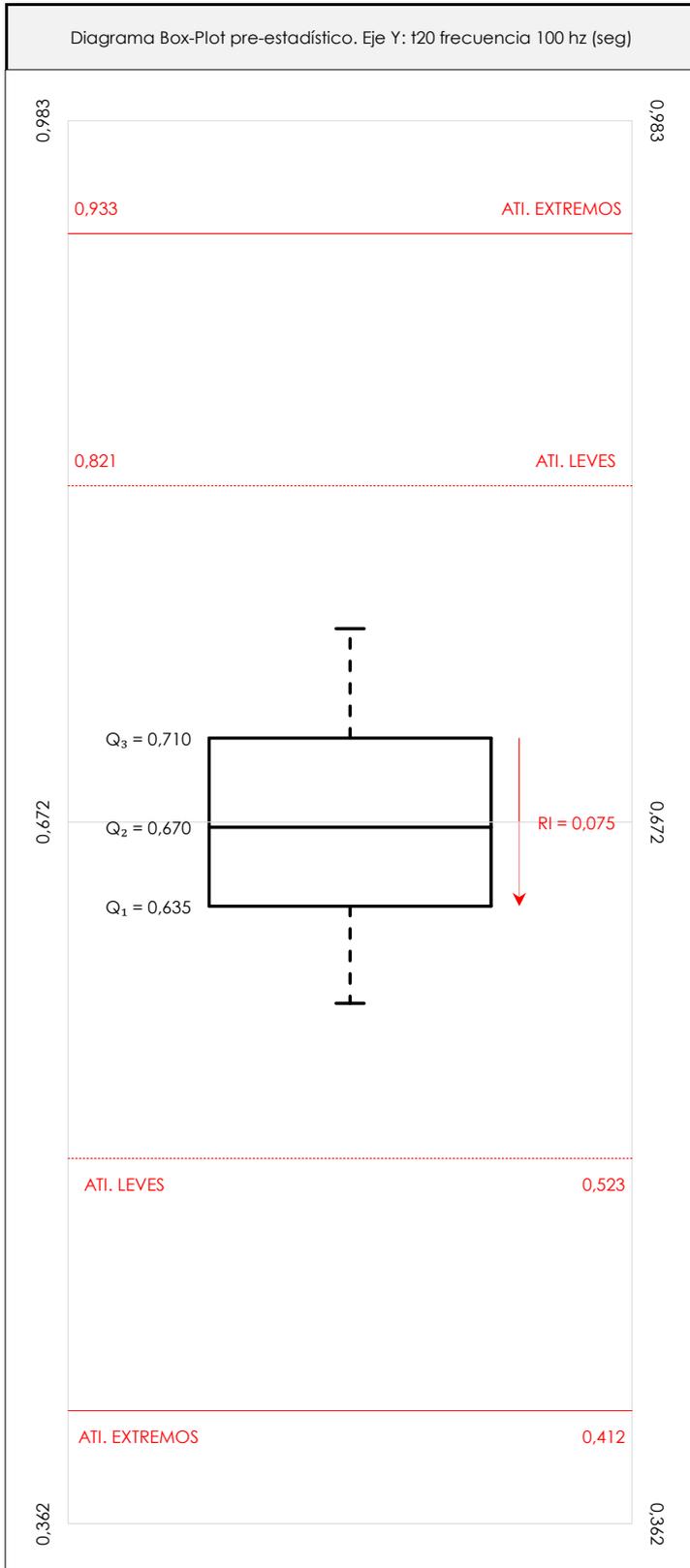
<sup>04</sup> El código colorimétrico empleado para las celdas es:

[dudoso]

[insatisfactorio]

**T20 FRECUENCIA 100 HZ (seg)**  
**Análisis D. Estudios post-estadísticos**

Apartado D.3. Diagramas Box-Plot o de Caja y Bigotes



**ANÁLISIS GRÁFICO DE CAJA Y BIGOTES (ANTES Y DESPUÉS DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO)**

Diagramas de caja y bigotes (Box Plot) de las medias aritméticas de los resultados aportados por los laboratorios antes (diagrama de la izquierda. Este incluye valores aberrantes y anómalos) y después (diagrama de la derecha. No incluye los valores descartados a lo largo del estudio) de análisis estadístico.

En ambos se han representado: el primer cuartil (Q<sub>1</sub> ; 25% de los datos), el segundo cuartil o la mediana (Q<sub>2</sub> ; 50% de los datos), el tercer cuartil (Q<sub>3</sub> ; 75% de los datos), el rango intercuartílico (RI ; cuartil tres menos cuartil uno) y los límites de valores atípicos leves (f<sub>3</sub> y f<sub>1</sub> para el máximo y mínimo respectivamente ; líneas discontinuas de color rojo) y extremos (f<sub>3</sub>\* y f<sub>1</sub>\* para el máximo y mínimo respectivamente ; líneas continuas de color rojo).

**CICE**Comité de infraestructuras para la  
Calidad de la Edificación**SACE**Subcomisión Administrativa para la  
Calidad de la Edificación**T20 FRECUENCIA 100 HZ (seg)****Conclusiones**

## Determinación de la repetibilidad y reproducibilidad

El análisis estadístico EILA20 para el ensayo "T20 FRECUENCIA 100 HZ", ha contado con la participación de un total de 8 laboratorios, debiendo haber aportado cada uno de ellos, un total de 5 determinaciones individuales además de su valor medio.

Tras analizar los resultados podemos concluir que, para cumplir con los criterios estadísticos establecidos en el informe, un total de 1 laboratorios han sido apartados de la evaluación final: 0 en el Análisis Pre-Estadístico (por no cumplir el criterio de validación y/o el procedimiento de ejecución recogido en la norma de ensayo) y 1 en el Análisis Estadístico (por resultar anómalos o aberrantes en las técnicas gráficas de consistencia de Mandel y en los ensayos de detección de resultados numéricos de Cochran y Grubbs), al cabo de 2 iteraciones.

De cada uno de los análisis (pre-estadístico y estadístico), se obtienen las siguientes tablas:

TIPO DE ANALISIS	PRE-ESTADISTICO						ESTADISTICO					
Variables	$X_{i1}$	$X_{i2}$	$X_{i3}$	$X_{i4}$	$X_{i5}$	$\bar{X}_{i\text{arit}}$	$X_{i1}$	$X_{i2}$	$X_{i3}$	$X_{i4}$	$X_{i5}$	$\bar{X}_{i\text{arit}}$
<b>Valor Máximo (max ; %)</b>	0,78	0,81	0,83	0,77	0,79	0,76	0,78	0,81	0,83	0,77	0,70	0,76
<b>Valor Mínimo (min ; %)</b>	0,32	0,55	0,39	0,61	0,61	0,59	0,60	0,55	0,61	0,61	0,61	0,61
<b>Valor Promedio (M ; %)</b>	0,64	0,71	0,65	0,69	0,67	0,67	0,68	0,71	0,68	0,69	0,65	0,68
<b>Desviación Típica (SDL ; ---)</b>	0,14	0,09	0,12	0,05	0,06	0,06	0,07	0,10	0,07	0,05	0,03	0,05
<b>Coef. Variación (CV ; ---)</b>	0,22	0,13	0,19	0,07	0,09	0,08	0,10	0,14	0,10	0,08	0,05	0,07
VARIABLES	$S_r^2$	r	$S_L^2$	$S_R^2$	R	$S_r^2$	r	$S_L^2$	$S_R^2$	R		
<b>Valor Calculado</b>	0,008	0,255	0,001	0,010	0,277	0,003	0,146	0,002	0,005	0,191		
<b>Valor Referencia</b>												

Asimismo, acompañando a éstas tablas y dependiendo del análisis que se esté llevando a cabo, se introducen los indicadores estadísticos "h y k" de Mandel y los valores críticos "C" de Cochran y " $G_{\text{sim}}$  y  $G_{\text{Dob}}$ " de Grubbs, todos ellos adimensionales, obtenidos de las tablas 4, 5, 6 y 7 de la norma UNE 82009-2:1999 o mediante ecuación matemática, en función del número de laboratorios y del número de ensayos efectuados por cada uno de ellos:

TIPO DE ANALISIS	PRE-ESTADISTICO					ESTADISTICO				
VARIABLES	h	k	C	$G_{\text{sim}}$	$G_{\text{Dob}}$	h	k	C	$G_{\text{sim}}$	$G_{\text{Dob}}$
<b>Nivel de Significación 1%</b>	1,98	1,70	0,463	2,139	0,0308	1,98	1,70	0,508	2,139	0,0308
<b>Nivel de Significación 5%</b>	1,71	1,49	0,391	2,020	0,0708	1,71	1,49	0,431	2,020	0,0708

Con los resultados de los laboratorios, que tras los dos análisis estadísticos son evaluados por Z-Score, se han obtenido: 7 resultados satisfactorios, 0 resultados dudosos y 0 resultados insatisfactorios.

Respecto a los métodos para determinar la repetibilidad y la reproducibilidad de las mediciones se van a basar en la evaluación estadística recogida en la ISO 17025, sobre las dispersiones de los resultados individuales y su media, en forma de varianzas o desviaciones estándar, también conocida como ANOVA (siglas de analysis of variance).

Sabiendo que una varianza es la suma de cuadrados dividida por un número, que se llama grados de libertad, que depende del número de participantes menos 1, se puede decir que la imprecisión del ensayo se descompone en dos factores: uno de ellos genera la imprecisión mínima, presente en condiciones de repetibilidad (variabilidad intralaboratorio) y el otro la imprecisión adicional, obtenida en condiciones de reproducibilidad (variabilidad debida al cambio de laboratorio).

Las condiciones de repetibilidad de este ensayo son: mismo laborante, mismo laboratorio y mismo equipo de medición utilizado dentro de un período de tiempo corto. Por ende, las condiciones de reproducibilidad para la misma muestra y ensayo, cambian en: el laborante, el laboratorio, el equipo y las condiciones de uso y tiempo.

**CICE**

Comité de infraestructuras para la  
Calidad de la Edificación



**SACE**

Subcomisión Administrativa para la  
Calidad de la Edificación

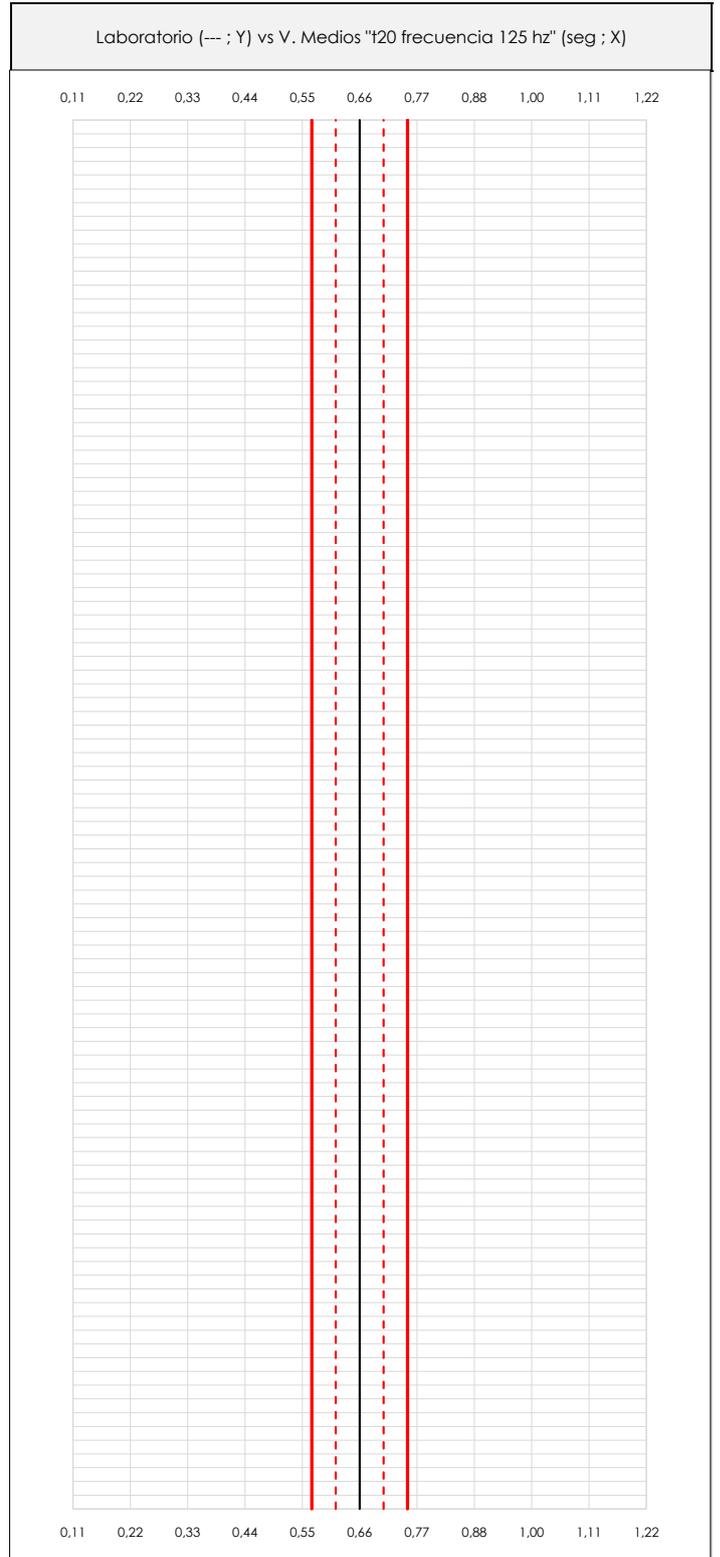
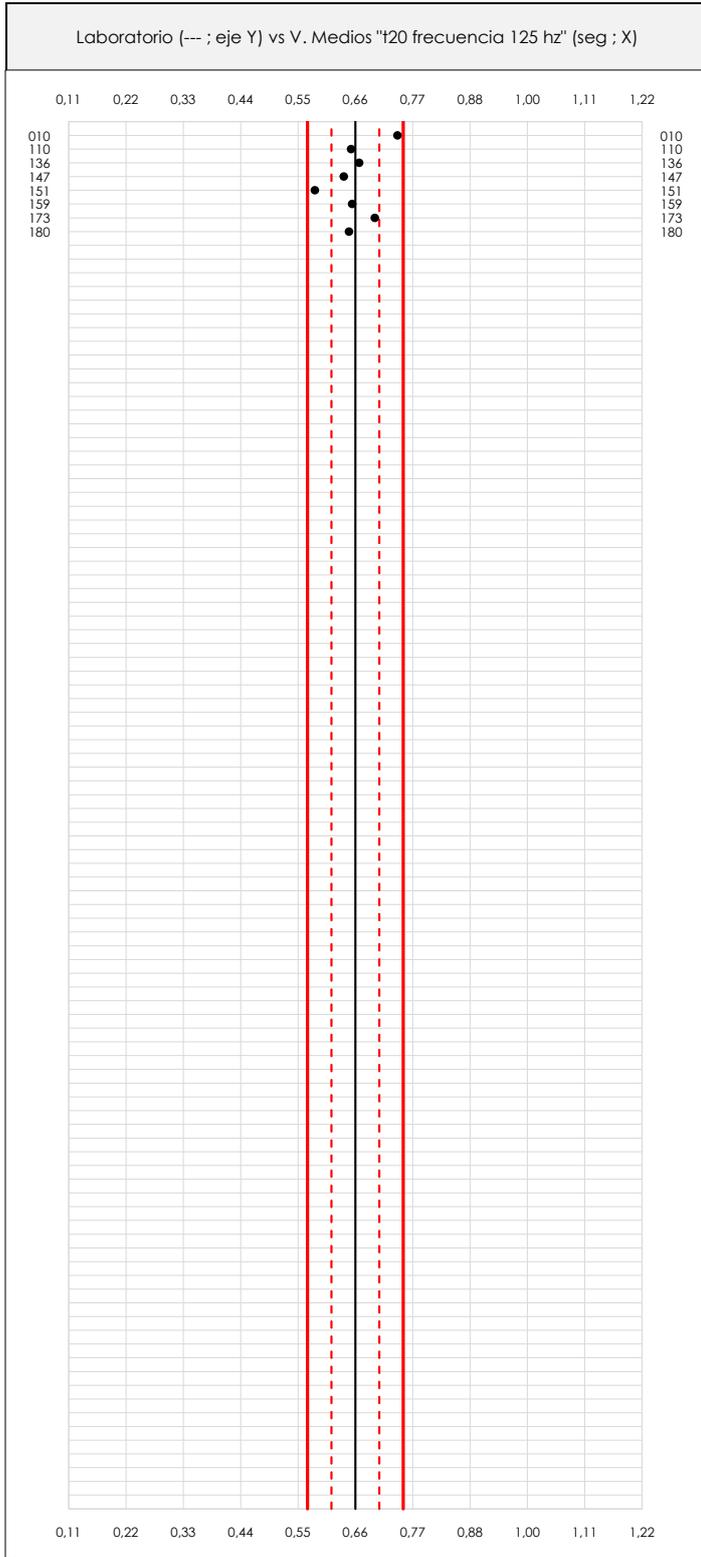
# ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE ACÚSTICA

T20 FRECUENCIA 125 HZ

## T20 FRECUENCIA 125 HZ (seg)

### Análisis A. Estudio pre-estadístico

#### Apartado A.1. Gráficos de dispersión de valores medios



#### ANÁLISIS GRÁFICO DE DISPERSIÓN MEDIA (ANTES DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO)

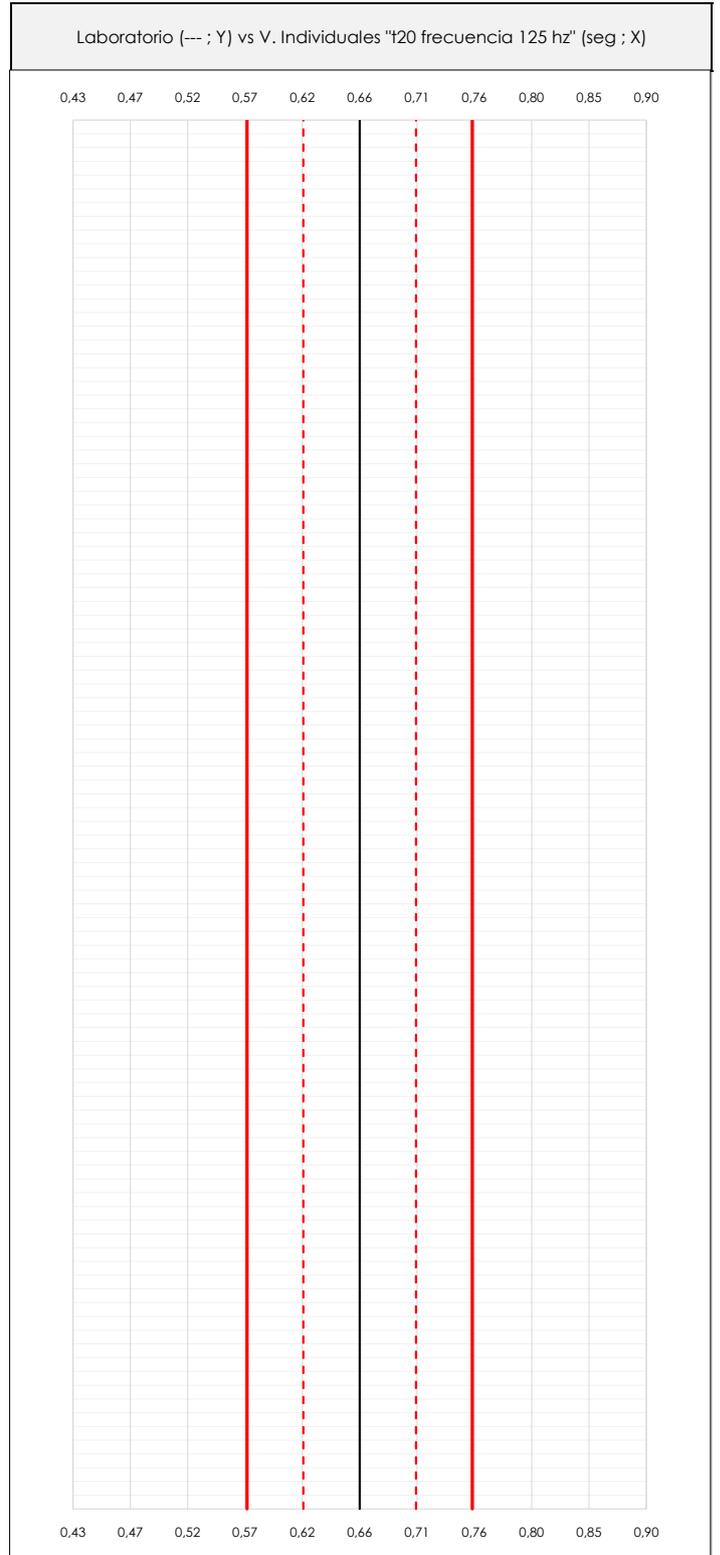
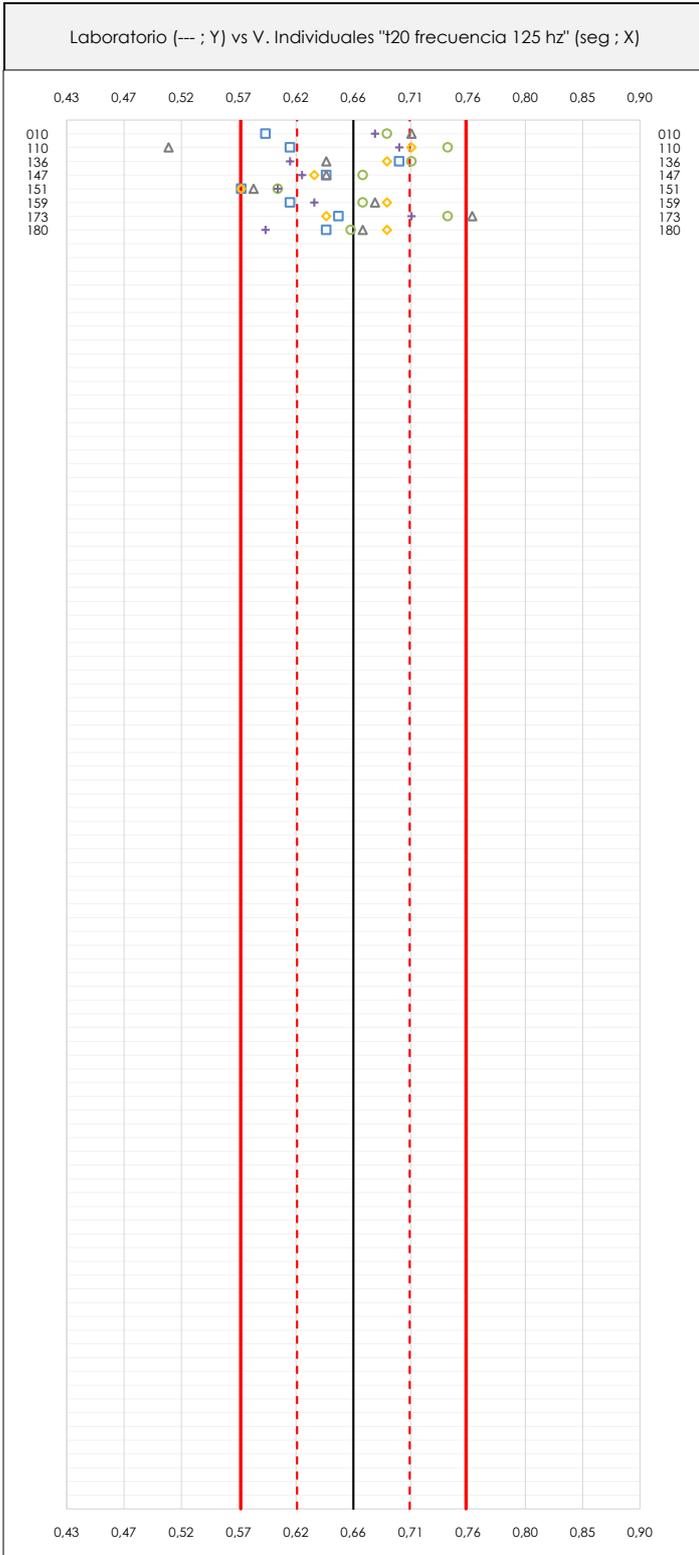
Dispersión de las medias aritméticas intra-laboratorios respecto de la media aritmética inter-laboratorios (0,66 ; línea negra de trazo continuo), la media aritmética inter-laboratorios más/menos la desviación típica (0,71/0,62 ; líneas rojas de trazo punteado) y la media aritmética inter-laboratorios más/menos el doble de la desviación típica (0,75/0,57 ; líneas rojas de trazo continuo).

En el eje Y (adimensional) quedan reflejados los códigos de los laboratorios participantes y en el eje X (las unidades son las mismas que las del ensayo que se está analizando) las medias aritméticas intra-laboratorios representadas por punto de color negro.

## T20 FRECUENCIA 125 HZ (seg)

### Análisis A. Estudio pre-estadístico

#### Apartado A.2. Gráficos de dispersión de valores individuales



#### ANÁLISIS GRÁFICOS DE DISPERSIÓN INDIVIDUAL (ANTES DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO)

Dispersión de los valores individuales respecto de la media aritmética inter-laboratorios (0,66 ; línea negra de trazo continuo), la media aritmética inter-laboratorios más/menos la desviación típica (0,71/0,62 ; líneas rojas de trazo punteado) y la media aritmética inter-laboratorios más/menos el doble de la desviación típica (0,75/0,57 ; líneas rojas de trazo continuo).

En el eje Y (adimensional) queda reflejado el código del laboratorio participante y en el eje X (las unidades son las de los resultados del ensayo que se está analizando) los resultados individuales: el primero ( $X_{i,1}$ ) se representa con un cuadrado azul, el segundo ( $X_{i,2}$ ) con un círculo verde, el tercero ( $X_{i,3}$ ) con un triángulo gris y el cuarto ( $X_{i,4}$ ) con un rombo amarillo.



## T20 FRECUENCIA 125 HZ (seg)

### Análisis A. Estudio pre-estadístico

#### Apartado A.3. Determinaciones matemáticas

Lab	$X_{i1}$	$X_{i2}$	$X_{i3}$	$X_{i4}$	$X_{i5}$	$\bar{X}_{i \text{ arit}}$	$S_{Li}$	$D_{i \text{ arit}} \%$	Pasa A	Observaciones
10	0,59	0,69	0,71	1,05	0,68	0,74	0,177	12,34	✓	
110	0,61	0,74	0,51	0,71	0,70	0,65	0,094	-1,25	✓	
136	0,70	0,71	0,64	0,69	0,61	0,67	0,043	1,17	✓	
147	0,64	0,67	0,64	0,63	0,62	0,64	0,019	-3,36	✓	
151	0,57	0,60	0,58	0,57	0,60	0,58	0,015	-11,82	✓	
159	0,61	0,67	0,68	0,69	0,63	0,66	0,034	-0,94	✓	
173	0,65	0,74	0,76	0,64	0,71	0,70	0,053	5,70	✓	
180	0,64	0,66	0,67	0,69	0,59	0,65	0,038	-1,85	✓	

**NOTAS:**

- <sup>01</sup> " $X_{ij}$  con  $j = 1, 2, 3, 4, 5$ " es cada uno de los resultados individuales aportados por cada laboratorio, " $\bar{X}_{i \text{ arit}}$ " es la media aritmética intralaboratorio calculada sin redondear.
- <sup>02</sup> " $S_{Li}$ " es la desviación típica intralaboratorios y " $D_{i \text{ arit}} \%$ " la desviación, en porcentaje, de la media aritmética intralaboratorios calculada respecto de la media aritmética interlaboratorios.
- <sup>03</sup> Los resultados aportados por los laboratorios podrán ser descartados (X) si no cumplen con los criterios establecidos en el protocolo EILA o si no han realizado el ensayo conforme a norma.
- <sup>04</sup> El código colorimétrico empleado para las celdas es: [máximo] [mínimo]

**T20 FRECUENCIA 125 HZ (seg)**  
**Análisis B. Mandel, Cochran y Grubbs**

Apartado B.1. Gráfico de consistencia inter-laboratorios "h" de Mandel



**ANÁLISIS GRÁFICO DE CONSISTENCIA INTER-LABORATORIOS**

Análisis gráfico de consistencia inter-laboratorios "h" de Mandel. En él se representan las medias aritméticas inter-laboratorios y los indicadores estadísticos para un 1% y un 5% de significación (valores obtenidos de la tabla 6 norma UNE 82009-2:1999 o mediante ecuación matemática, en función del número de laboratorios participantes).

Las líneas continuas de color morado (indicador estadístico para un 1% de significación) marca el límite a partir del cual un valor es considerado aberrante y las discontinuas de de color rosaceo (indicador estadístico para un 5% de significación), cuando es considerado anómalo. Una equis de color rojo (X) sobre el eje cero indica que el laboratorio ha sido descartado.

**CICE**  
Comité de infraestructuras para la  
Calidad de la Edificación

**SACE**  
Subcomisión Administrativa para la  
Calidad de la Edificación



## T20 FRECUENCIA 125 HZ (seg)

### Análisis B. Mandel, Cochran y Grubbs

Apartado B.2. Gráfico de consistencia intra-laboratorios "k" de Mandel



#### ANÁLISIS GRÁFICO DE CONSISTENCIA INTRA-LABORATORIOS

Análisis gráfico de consistencia intra-laboratorios "k" de Mandel. En él se representan las medias aritméticas intra-laboratorios y los indicadores estadísticos para un 1% y un 5% de significación (valores obtenidos de la tabla 6 norma UNE 82009-2:1999 o mediante ecuación matemática, en función del número de laboratorios participantes y el número de ensayos efectuados).

Las líneas continuas de color morado (indicador estadístico para un 1% de significación) marca el límite a partir del cual un valor es considerado aberrante y las discontinuas de de color rosaceo (indicador estadístico para un 5% de significación), cuando es considerado anómalo. Una equis de color rojo (X) sobre el eje cero indica que el laboratorio ha sido descartado.



## T20 FRECUENCIA 125 HZ (seg)

### Análisis B. Mandel, Cochran y Grubbs

#### Apartado B.3. Determinaciones matemáticas

Lab	X <sub>i1</sub>	X <sub>i2</sub>	X <sub>i3</sub>	X <sub>i4</sub>	X <sub>i5</sub>	$\bar{X}_{i \text{arit}}$	S <sub>Li</sub>	D <sub>i arit</sub> %	h <sub>i</sub>	k <sub>i</sub>	C <sub>i</sub>	G <sub>sim Inf</sub>	G <sub>sim Sup</sub>	G <sub>Dob Inf</sub>	G <sub>Dob Sup</sub>	Pasa B	
10	0,590	0,690	0,710	1,050	0,680	0,744	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	X
110	0,61	0,740	0,510	0,710	0,700	0,654	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	X
136	0,70	0,710	0,640	0,690	0,610	0,670	0,043	1,03	0,29	1,10	---	---	---	---	0,0604	---	✓
147	0,64	0,670	0,640	0,630	0,620	0,640	0,019	-3,50	-1,00	0,48	---	0,997	---	0,4669	---	---	✓
151	0,57	0,600	0,580	0,570	0,600	0,584	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	X
159	0,61	0,670	0,680	0,690	0,630	0,656	0,034	-1,09	-0,31	0,88	---	---	---	---	---	---	✓
173	0,65	0,740	0,760	0,640	0,710	0,700	0,053	5,55	1,58*	1,36	0,371	---	1,582	---	0,0604	---	✓
180	0,64	0,660	0,670	0,690	0,590	0,650	0,038	-1,99	-0,57	0,97	---	---	---	0,4669	---	---	✓

**NOTAS:**

<sup>01</sup> "X<sub>i j</sub> con j = 1, 2, 3, 4, 5" es cada uno de los resultados individuales aportados por cada laboratorio, " $\bar{X}_{i \text{arit}}$ " es la media aritmética intralaboratorio calculada sin redondear.

<sup>02</sup> "S<sub>Li</sub>" es la desviación típica intralaboratorios y "D<sub>i arit</sub> %" la desviación, en porcentaje, de la media aritmética intralaboratorios calculada respecto de la media airtmética interlaboratorios.

<sup>03</sup> "h<sub>i</sub> y k<sub>i</sub>", "C<sub>i</sub>", "G<sub>sim</sub> y G<sub>Dob</sub>" hacen referencia a los estadísticos de Mandel, Cochran y Grubbs, respectivamente, obtenidos para cada laboratorio en función de los resultados aportados.

<sup>04</sup> El código colorimétrico empleado para las celdas es:

[aberrante]	[anómalo]	[máximo]	[mínimo]
-------------	-----------	----------	----------

**CICE**  
Comité de infraestructuras para la  
Calidad de la Edificación

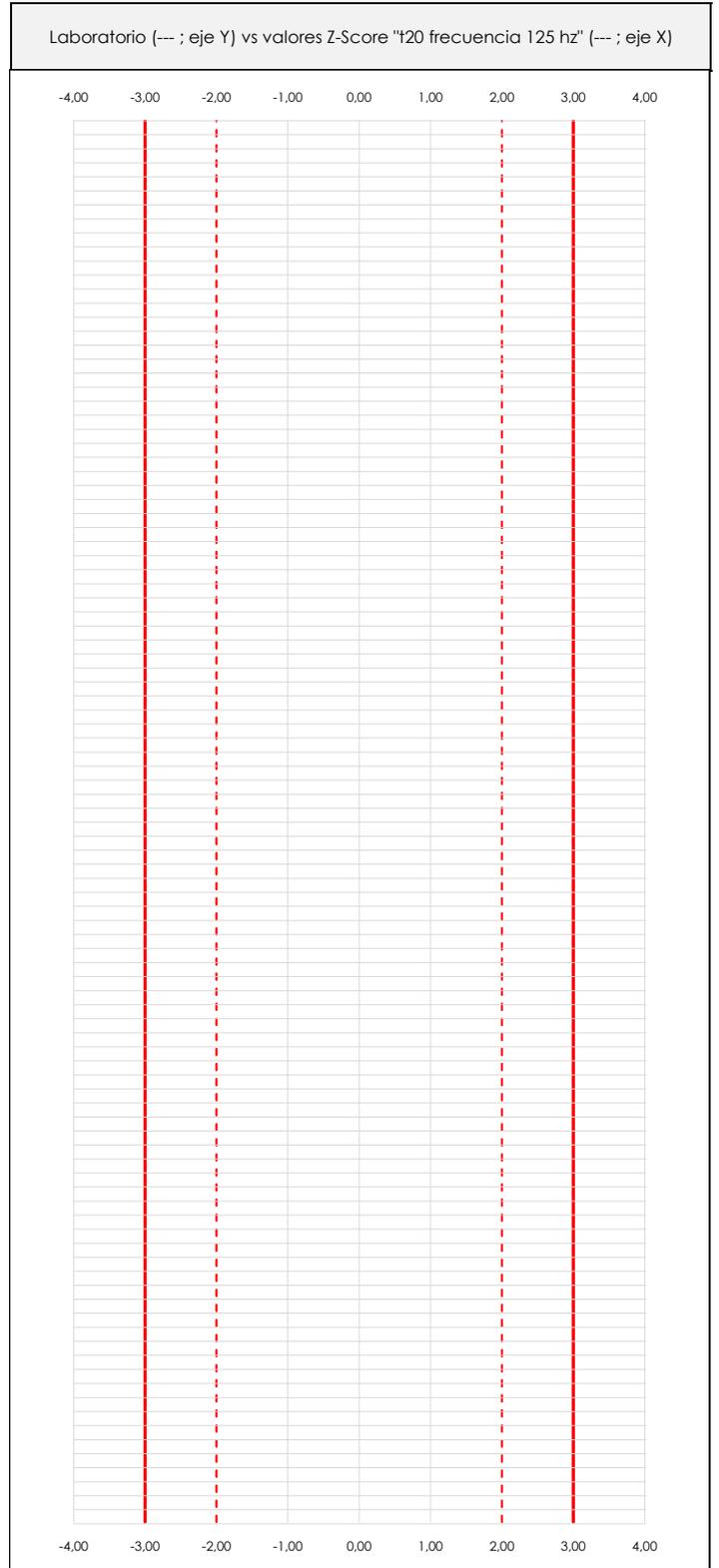
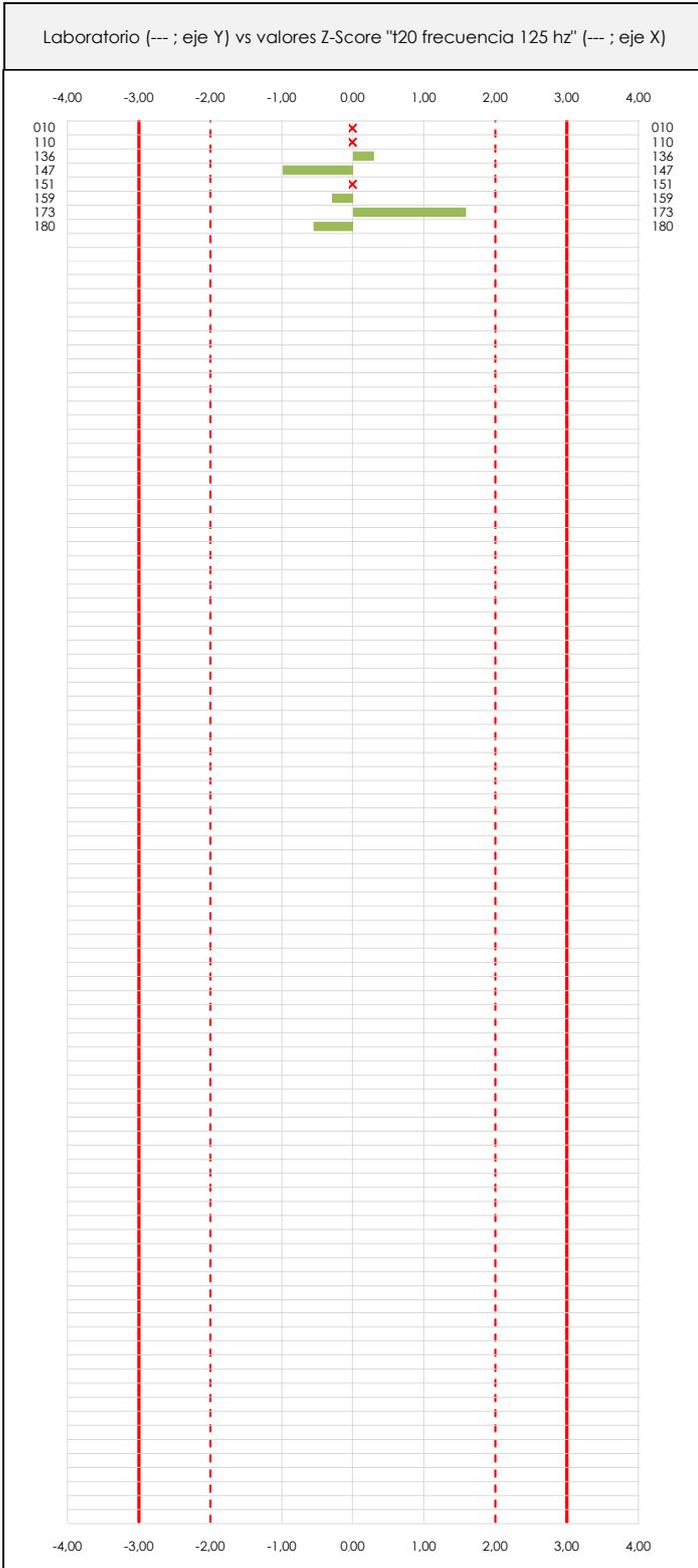
**SACE**  
Subcomisión Administrativa para la  
Calidad de la Edificación



## T20 FRECUENCIA 125 HZ (seg)

### Análisis C. Evaluación Z-Score

#### Apartado C.1. Análisis gráfico Altman Z-Score



#### ANÁLISIS GRÁFICO Z-SCORE

Diagrama Z-Score para los resultados aportados por los laboratorios. Estos se considerarán satisfactorios (S) si el valor absoluto del Z-Score es menor o igual a 2 unidades, dudoso si está comprendido entre 2 y 3 unidades e insatisfactorio si es mayor o igual a 3 unidades.

Los resultados satisfactorios quedan reflejados entre las dos líneas rojas discontinuas, líneas de referencia en la evaluación Z-Score.



## T20 FRECUENCIA 125 HZ (seg)

### Análisis C. Evaluación Z-Score

#### Apartado C.2. Determinaciones matemáticas

Lab	X <sub>i1</sub>	X <sub>i2</sub>	X <sub>i3</sub>	X <sub>i4</sub>	X <sub>i5</sub>	$\bar{X}_{i\text{crit}}$	S <sub>Li</sub>	D <sub>i crit</sub> %	Pasa A	Pasa B	Total	Causa	Iteración	Z-Score	Evaluación
10	0,59	0,69	0,71	1,05	0,68	0,74	---	---	✓	✗	✗	AB	0	---	---
110	0,61	0,74	0,51	0,71	0,70	0,65	---	---	✓	✗	✗	AB	1	---	---
136	0,70	0,71	0,64	0,69	0,61	0,67	0,043	1,03	✓	✓	✓			0,292	S
147	0,64	0,67	0,64	0,63	0,62	0,64	0,019	-3,50	✓	✓	✓			-0,997	S
151	0,57	0,60	0,58	0,57	0,60	0,58	---	---	✓	✗	✗	AB	1	---	---
159	0,61	0,67	0,68	0,69	0,63	0,66	0,034	-1,09	✓	✓	✓			-0,309	S
173	0,65	0,74	0,76	0,64	0,71	0,70	0,053	5,55	✓	✓	✓			1,582	S
180	0,64	0,66	0,67	0,69	0,59	0,65	0,038	-1,99	✓	✓	✓			-0,567	S

**NOTAS:**

<sup>01</sup> "X<sub>i j</sub> con j = 1, 2, 3, 4, 5" es cada uno de los resultados individuales aportados por cada laboratorio, " $\bar{X}_{i\text{crit}}$ " es la media aritmética intralaboratorio calculada sin redondear.

<sup>02</sup> "S<sub>Li</sub>" es la desviación típica intralaboratorios y "D<sub>i crit</sub> %" la desviación, en porcentaje, de la media aritmética intralaboratorios calculada respecto de la media aritmética interlaboratorios.

<sup>03</sup> La evaluación Z-Score (ZS) será considerada de tipo: [Satisfactorio (S) - si | ZS | ≤ 2] [Dudoso (D) - si 2 < | ZS | ≤ 3] [Insatisfactorio (I) - si | ZS | > 3].

<sup>04</sup> El código colorimétrico empleado para las celdas es:

[dudoso]

[insatisfactorio]

**CICE**  
Comité de infraestructuras para la  
Calidad de la Edificación

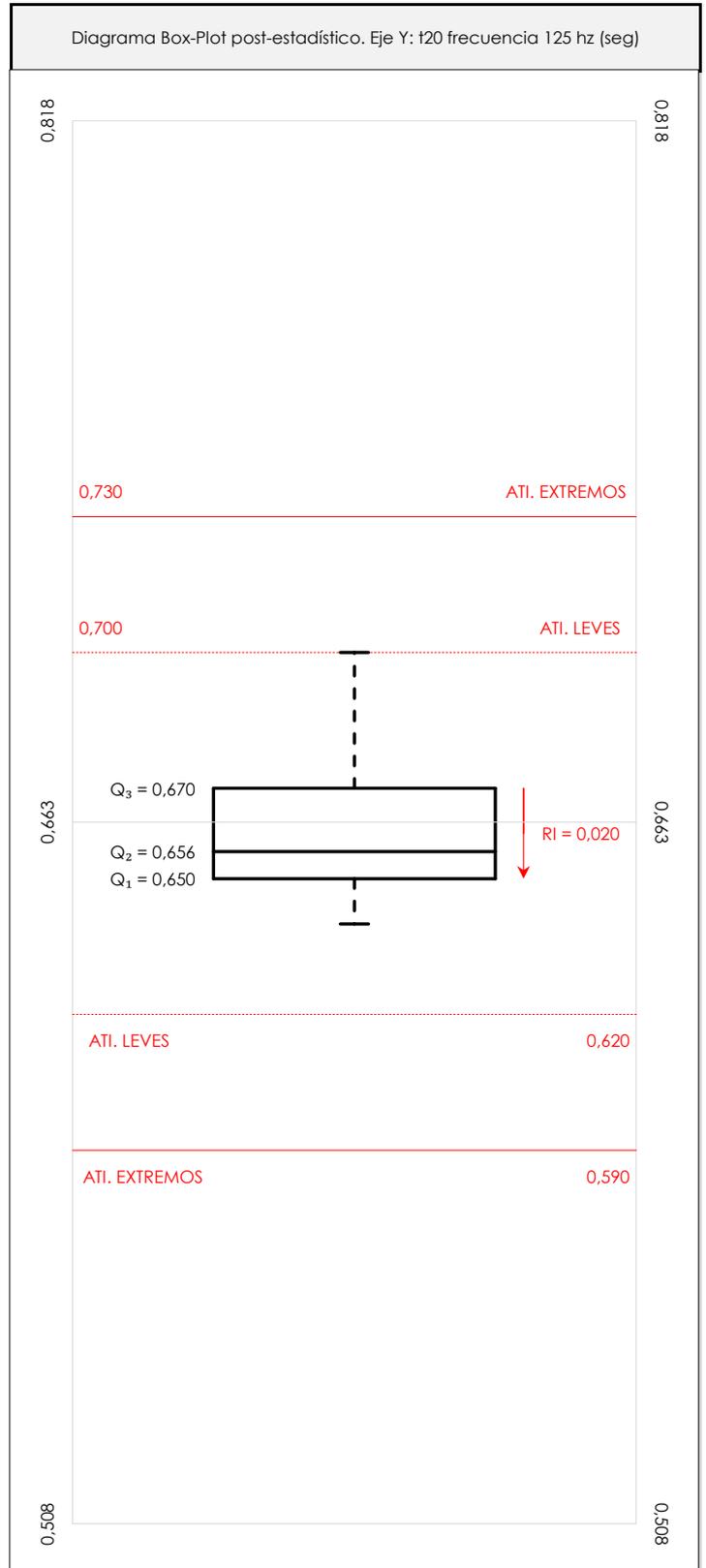
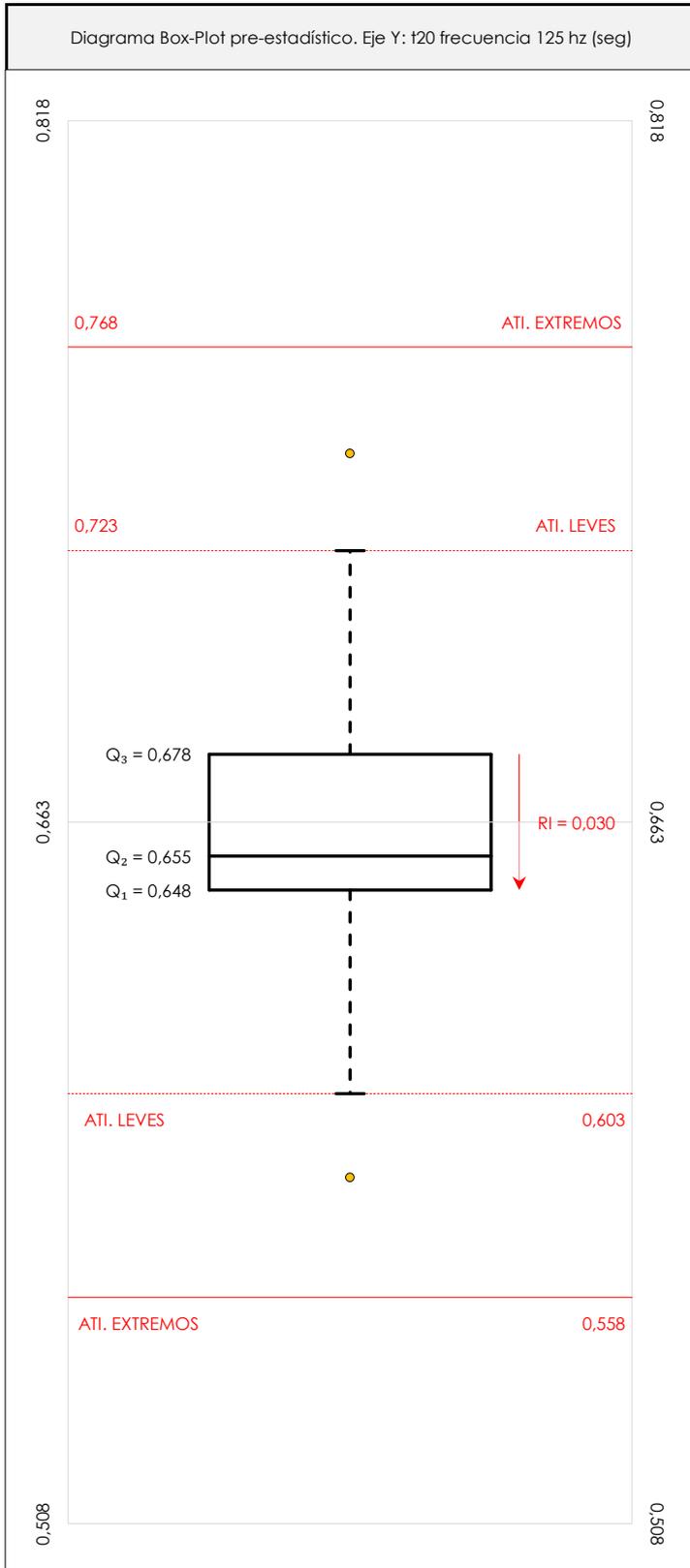
**SACE**  
Subcomisión Administrativa para la  
Calidad de la Edificación



## T20 FRECUENCIA 125 HZ (seg)

### Análisis D. Estudios post-estadísticos

#### Apartado D.3. Diagramas Box-Plot o de Caja y Bigotes



**ANÁLISIS GRÁFICO DE CAJA Y BIGOTES (ANTES Y DESPUÉS DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO)**

Diagramas de caja y bigotes (Box Plot) de las medias aritméticas de los resultados aportados por los laboratorios antes (diagrama de la izquierda. Este incluye valores aberrantes y anómalos) y después (diagrama de la derecha. No incluye los valores descartados a lo largo del estudio) de análisis estadístico.

En ambos se han representado: el primer cuartil (Q<sub>1</sub> ; 25% de los datos), el segundo cuartil o la mediana (Q<sub>2</sub> ; 50% de los datos), el tercer cuartil (Q<sub>3</sub> ; 75% de los datos), el rango intercuartílico (RI ; cuartil tres menos cuartil uno) y los límites de valores atípicos leves (f<sub>3</sub> y f<sub>1</sub> para el máximo y mínimo respectivamente ; líneas discontinuas de color rojo) y extremos (f<sub>3</sub>\* y f<sub>1</sub>\* para el máximo y mínimo respectivamente ; líneas continuas de color rojo).

**CICE**Comité de infraestructuras para la  
Calidad de la Edificación**SACE**Subcomisión Administrativa para la  
Calidad de la Edificación**T20 FRECUENCIA 125 HZ (seg)****Conclusiones**

## Determinación de la repetibilidad y reproducibilidad

El análisis estadístico EILA20 para el ensayo "T20 FRECUENCIA 125 HZ", ha contado con la participación de un total de 8 laboratorios, debiendo haber aportado cada uno de ellos, un total de 5 determinaciones individuales además de su valor medio.

Tras analizar los resultados podemos concluir que, para cumplir con los criterios estadísticos establecidos en el informe, un total de 3 laboratorios han sido apartados de la evaluación final: 0 en el Análisis Pre-Estadístico (por no cumplir el criterio de validación y/o el procedimiento de ejecución recogido en la norma de ensayo) y 3 en el Análisis Estadístico (por resultar anómalos o aberrantes en las técnicas gráficas de consistencia de Mandel y en los ensayos de detección de resultados numéricos de Cochran y Grubbs), al cabo de 3 iteraciones.

De cada uno de los análisis (pre-estadístico y estadístico), se obtienen las siguientes tablas:

TIPO DE ANALISIS	PRE-ESTADISTICO						ESTADISTICO					
Variables	$X_{i1}$	$X_{i2}$	$X_{i3}$	$X_{i4}$	$X_{i5}$	$\bar{X}_{i\text{arit}}$	$X_{i1}$	$X_{i2}$	$X_{i3}$	$X_{i4}$	$X_{i5}$	$\bar{X}_{i\text{arit}}$
Valor Máximo (max ; %)	0,70	0,74	0,76	1,05	0,71	0,74	0,70	0,74	0,76	0,69	0,71	0,70
Valor Mínimo (min ; %)	0,57	0,60	0,51	0,57	0,59	0,58	0,61	0,66	0,64	0,63	0,59	0,64
Valor Promedio (M ; %)	0,63	0,69	0,65	0,71	0,64	0,66	0,65	0,69	0,68	0,67	0,63	0,66
Desviación Típica (SDL ; ---)	0,04	0,05	0,08	0,15	0,05	0,05	0,03	0,03	0,05	0,03	0,05	0,02
Coef. Variación (CV ; ---)	0,06	0,07	0,12	0,20	0,07	0,07	0,05	0,05	0,07	0,05	0,07	0,04
VARIABLES	$S_r^2$	r	$S_L^2$	$S_R^2$	R	$S_r^2$	r	$S_L^2$	$S_R^2$	R		
Valor Calculado	0,006	0,215	0,001	0,007	0,231	0,002	0,109	0,000	0,002	0,117		
Valor Referencia												

Asimismo, acompañando a éstas tablas y dependiendo del análisis que se esté llevando a cabo, se introducen los indicadores estadísticos "h y k" de Mandel y los valores críticos "C" de Cochran y " $G_{\text{sim}}$  y  $G_{\text{Dob}}$ " de Grubbs, todos ellos adimensionales, obtenidos de las tablas 4, 5, 6 y 7 de la norma UNE 82009-2:1999 o mediante ecuación matemática, en función del número de laboratorios y del número de ensayos efectuados por cada uno de ellos:

TIPO DE ANALISIS	PRE-ESTADISTICO					ESTADISTICO				
VARIABLES	h	k	C	$G_{\text{sim}}$	$G_{\text{Dob}}$	h	k	C	$G_{\text{sim}}$	$G_{\text{Dob}}$
Nivel de Significación 1%	1,72	1,65	0,463	1,764	0,0018	1,72	1,65	0,633	1,764	0,0018
Nivel de Significación 5%	1,57	1,46	0,391	1,715	0,0090	1,57	1,46	0,544	1,715	0,0090

Con los resultados de los laboratorios, que tras los dos análisis estadísticos son evaluados por Z-Score, se han obtenido: 5 resultados satisfactorios, 0 resultados dudosos y 0 resultados insatisfactorios.

Respecto a los métodos para determinar la repetibilidad y la reproducibilidad de las mediciones se van a basar en la evaluación estadística recogida en la ISO 17025, sobre las dispersiones de los resultados individuales y su media, en forma de varianzas o desviaciones estándar, también conocida como ANOVA (siglas de analysis of variance).

Sabiendo que una varianza es la suma de cuadrados dividida por un número, que se llama grados de libertad, que depende del número de participantes menos 1, se puede decir que la imprecisión del ensayo se descompone en dos factores: uno de ellos genera la imprecisión mínima, presente en condiciones de repetibilidad (variabilidad intralaboratorio) y el otro la imprecisión adicional, obtenida en condiciones de reproducibilidad (variabilidad debida al cambio de laboratorio).

Las condiciones de repetibilidad de este ensayo son: mismo laborante, mismo laboratorio y mismo equipo de medición utilizado dentro de un período de tiempo corto. Por ende, las condiciones de reproducibilidad para la misma muestra y ensayo, cambian en: el laborante, el laboratorio, el equipo y las condiciones de uso y tiempo.

**CICE**

Comité de infraestructuras para la  
Calidad de la Edificación



**SACE**

Subcomisión Administrativa para la  
Calidad de la Edificación

# ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE ACÚSTICA

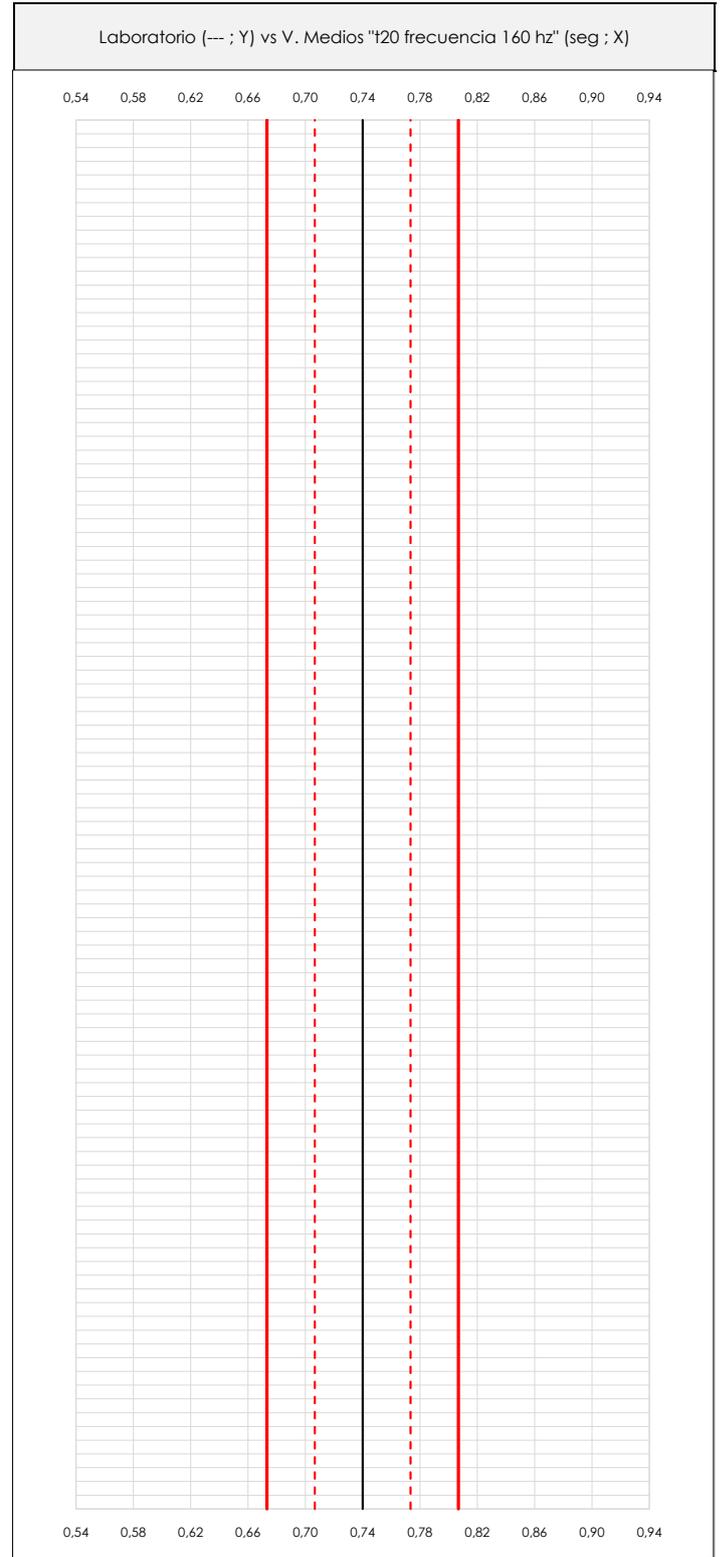
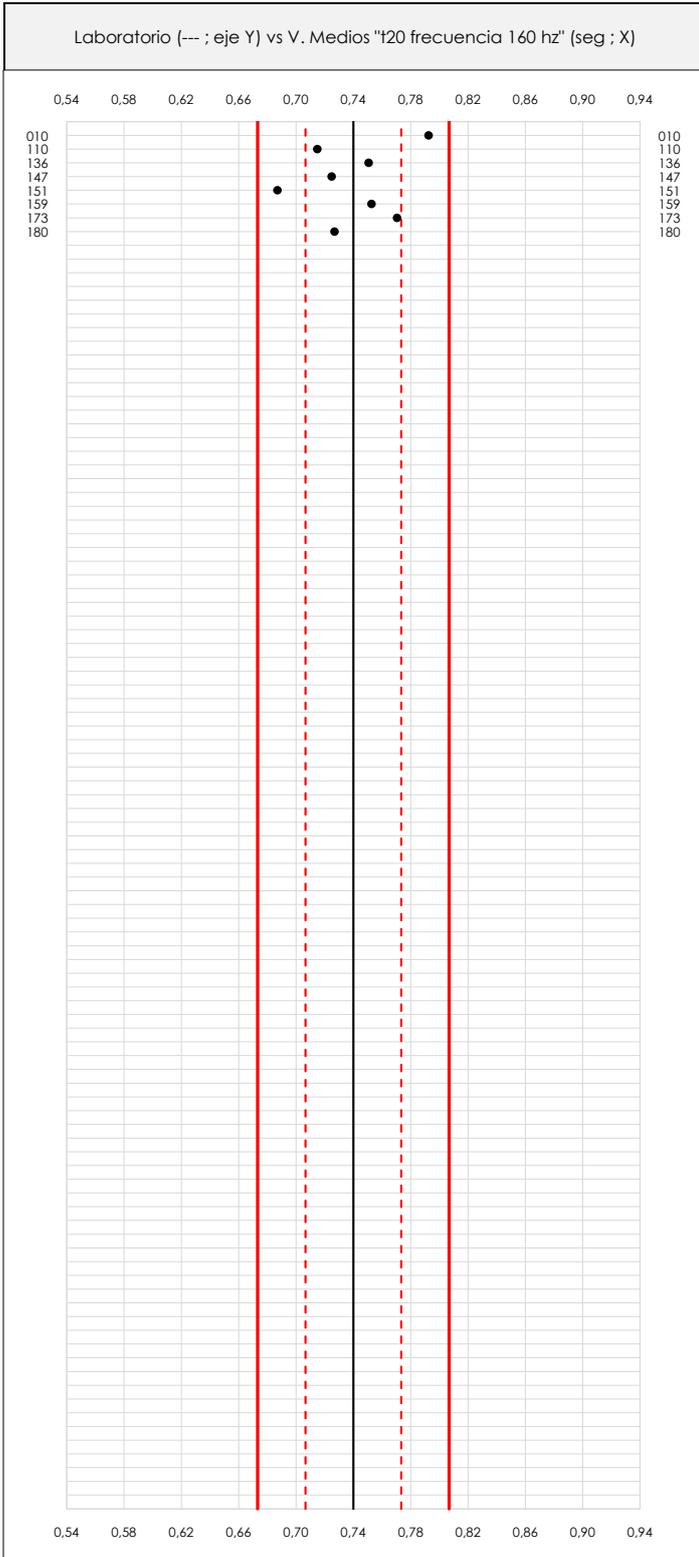
T20 FRECUENCIA 160 HZ



## T20 FRECUENCIA 160 HZ (seg)

### Análisis A. Estudio pre-estadístico

#### Apartado A.1. Gráficos de dispersión de valores medios



#### ANÁLISIS GRÁFICO DE DISPERSIÓN MEDIA (ANTES DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO)

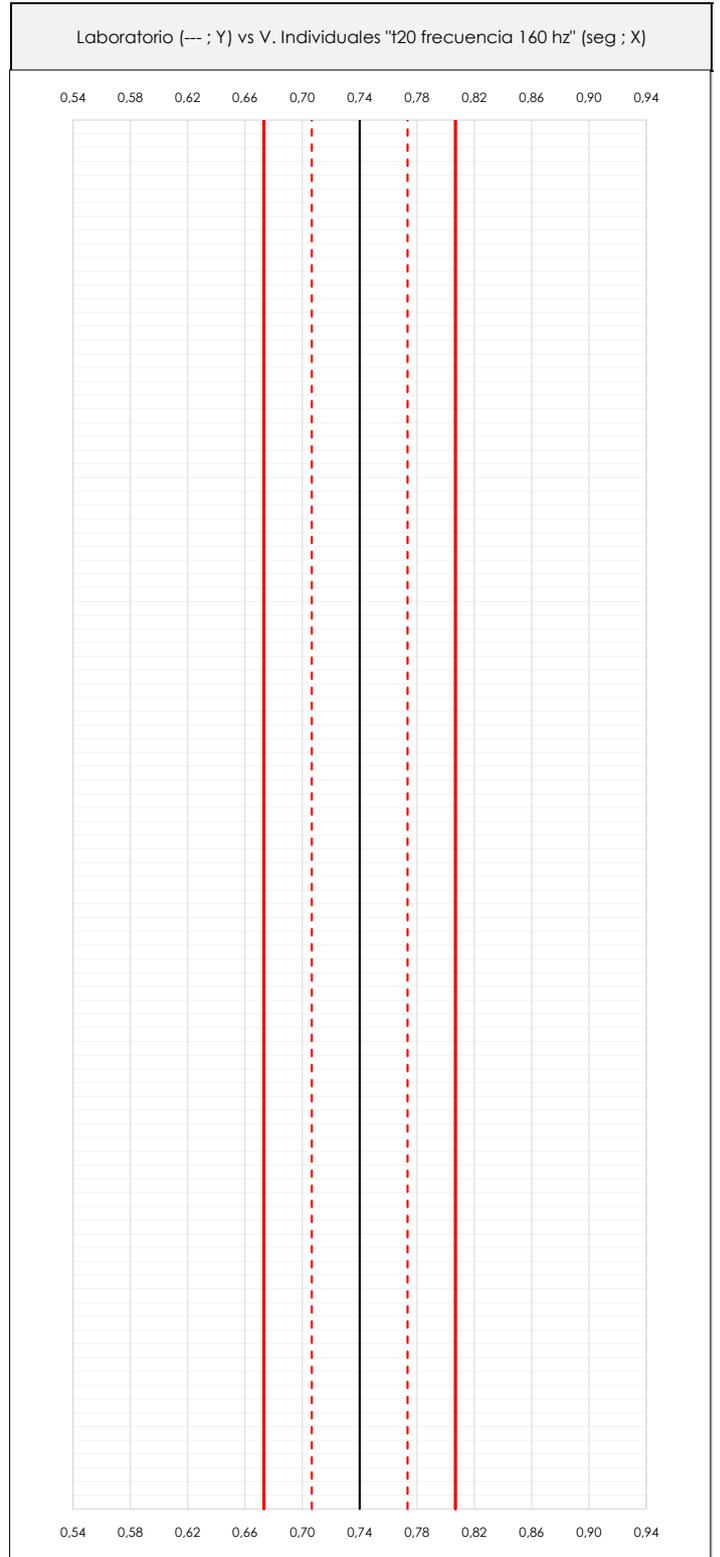
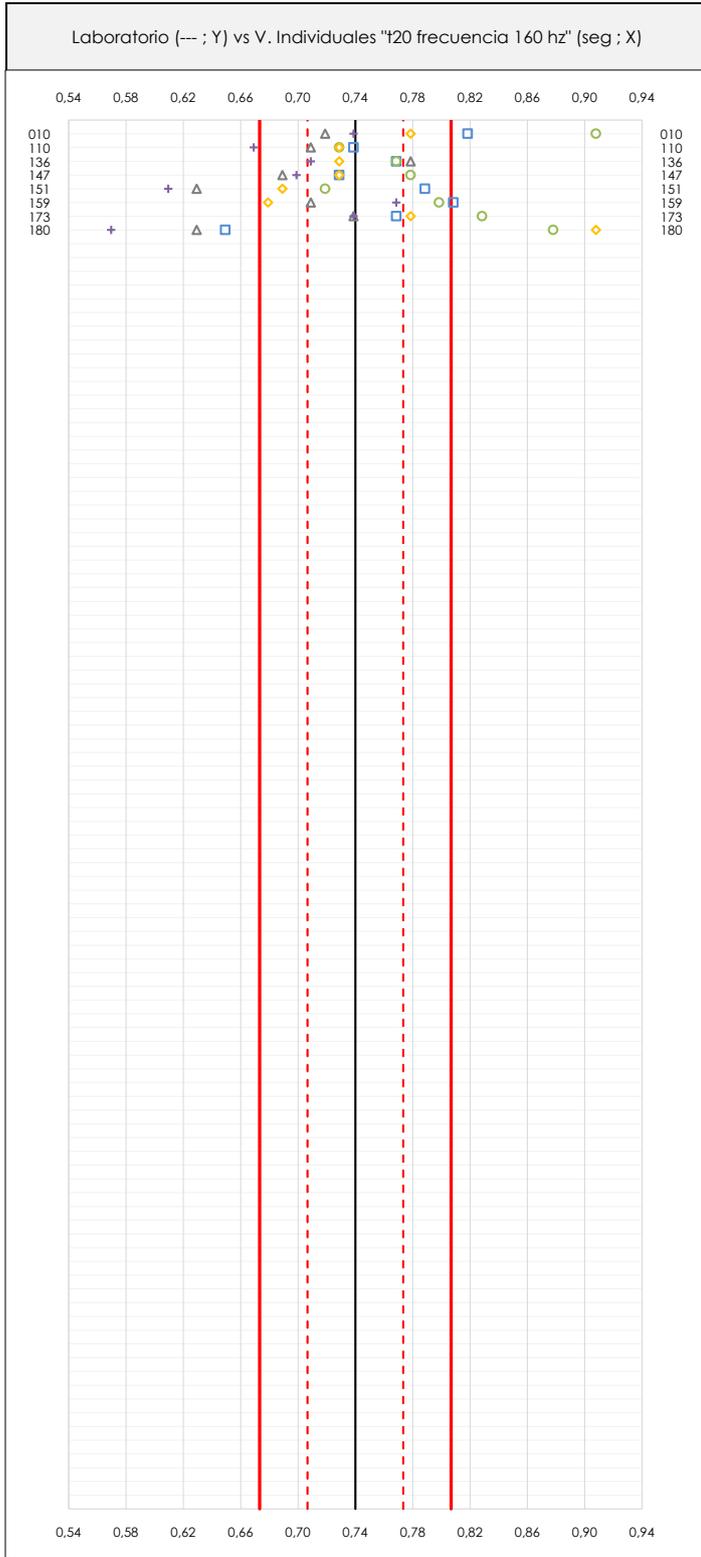
Dispersión de las medias aritméticas intra-laboratorios respecto de la media aritmética inter-laboratorios (0,74 ; línea negra de trazo continuo), la media aritmética inter-laboratorios más/menos la desviación típica (0,77/0,71 ; líneas rojas de trazo punteado) y la media aritmética inter-laboratorios más/menos el doble de la desviación típica (0,81/0,67 ; líneas rojas de trazo continuo).

En el eje Y (adimensional) quedan reflejados los códigos de los laboratorios participantes y en el eje X (las unidades son las mismas que las del ensayo que se está analizando) las medias aritméticas intra-laboratorios representadas por punto de color negro.

# T20 FRECUENCIA 160 HZ (seg)

## Análisis A. Estudio pre-estadístico

### Apartado A.2. Gráficos de dispersión de valores individuales



#### ANÁLISIS GRÁFICOS DE DISPERSIÓN INDIVIDUAL (ANTES DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO)

Dispersión de los valores individuales respecto de la media aritmética inter-laboratorios (0,74 ; línea negra de trazo continuo), la media aritmética inter-laboratorios más/menos la desviación típica (0,77/0,71 ; líneas rojas de trazo punteado) y la media aritmética inter-laboratorios más/menos el doble de la desviación típica (0,81/0,67 ; líneas rojas de trazo continuo).

En el eje Y (adimensional) queda reflejado el código del laboratorio participante y en el eje X (las unidades son las de los resultados del ensayo que se está analizando) los resultados individuales: el primero ( $X_{i,1}$ ) se representa con un cuadrado azul, el segundo ( $X_{i,2}$ ) con un círculo verde, el tercero ( $X_{i,3}$ ) con un triángulo gris y el cuarto ( $X_{i,4}$ ) con un rombo amarillo.



## T20 FRECUENCIA 160 HZ (seg)

### Análisis A. Estudio pre-estadístico

#### Apartado A.3. Determinaciones matemáticas

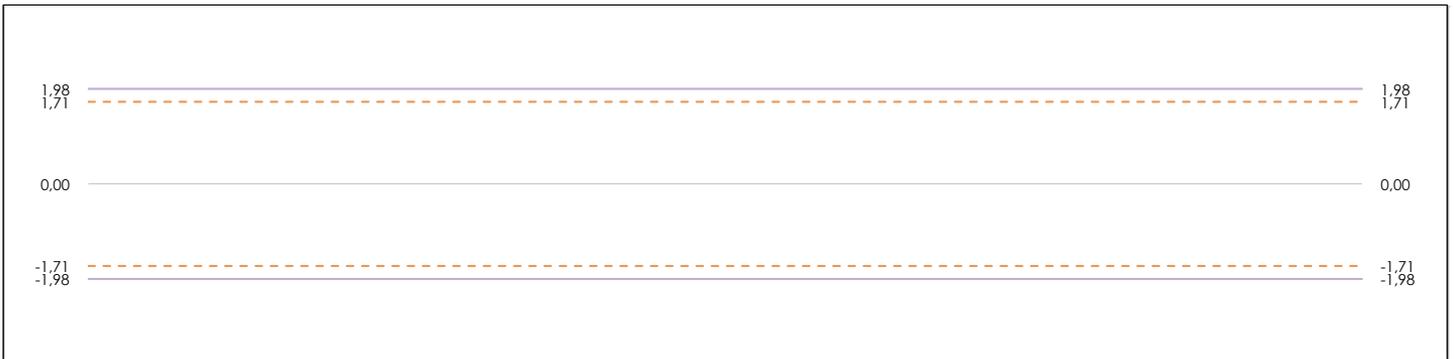
Lab	$X_{i1}$	$X_{i2}$	$X_{i3}$	$X_{i4}$	$X_{i5}$	$\bar{X}_{i \text{arit}}$	$S_{Li}$	$D_{i \text{arit}} \%$	Pasa A	Observaciones
10	0,82	0,91	0,72	0,78	0,74	0,79	0,075	7,12	✓	
110	0,74	0,73	0,71	0,73	0,67	0,72	0,028	-3,41	✓	
136	0,77	0,77	0,78	0,73	0,71	0,75	0,030	1,45	✓	
147	0,73	0,78	0,69	0,73	0,70	0,73	0,035	-2,06	✓	
151	0,79	0,72	0,63	0,69	0,61	0,69	0,072	-7,18	✓	
159	0,81	0,80	0,71	0,68	0,77	0,75	0,057	1,72	✓	
173	0,77	0,83	0,74	0,78	0,74	0,77	0,037	4,15	✓	
180	0,65	0,88	0,63	0,91	0,57	0,73	0,156	-1,79	✓	

**NOTAS:**

- <sup>01</sup> " $X_{ij}$ " con  $j = 1, 2, 3, 4, 5$ " es cada uno de los resultados individuales aportados por cada laboratorio, " $\bar{X}_{i \text{arit}}$ " es la media aritmética intralaboratorio calculada sin redondear.
- <sup>02</sup> " $S_{Li}$ " es la desviación típica intralaboratorios y " $D_{i \text{arit}} \%$ " la desviación, en porcentaje, de la media aritmética intralaboratorios calculada respecto de la media aritmética interlaboratorios.
- <sup>03</sup> Los resultados aportados por los laboratorios podrán ser descartados (X) si no cumplen con los criterios establecidos en el protocolo EILA o si no han realizado el ensayo conforme a norma.
- <sup>04</sup> El código colorimétrico empleado para las celdas es: [máximo] [mínimo]

**T20 FRECUENCIA 160 HZ (seg)**  
**Análisis B. Mandel, Cochran y Grubbs**

Apartado B.1. Gráfico de consistencia inter-laboratorios "h" de Mandel



**ANÁLISIS GRÁFICO DE CONSISTENCIA INTER-LABORATORIOS**

Análisis gráfico de consistencia inter-laboratorios "h" de Mandel. En él se representan las medias aritméticas inter-laboratorios y los indicadores estadísticos para un 1% y un 5% de significación (valores obtenidos de la tabla 6 norma UNE 82009-2:1999 o mediante ecuación matemática, en función del número de laboratorios participantes).

Las líneas continuas de color morado (indicador estadístico para un 1% de significación) marca el límite a partir del cual un valor es considerado aberrante y las discontinuas de color rosáceo (indicador estadístico para un 5% de significación), cuando es considerado anómalo. Una equis de color rojo (X) sobre el eje cero indica que el laboratorio ha sido descartado.



## T20 FRECUENCIA 160 HZ (seg)

### Análisis B. Mandel, Cochran y Grubbs

Apartado B.2. Gráfico de consistencia intra-laboratorios "k" de Mandel



#### ANÁLISIS GRÁFICO DE CONSISTENCIA INTRA-LABORATORIOS

Análisis gráfico de consistencia intra-laboratorios "k" de Mandel. En él se representan las medias aritméticas intra-laboratorios y los indicadores estadísticos para un 1% y un 5% de significación (valores obtenidos de la tabla 6 norma UNE 82009-2:1999 o mediante ecuación matemática, en función del número de laboratorios participantes y el número de ensayos efectuados).

Las líneas continuas de color morado (indicador estadístico para un 1% de significación) marca el límite a partir del cual un valor es considerado aberrante y las discontinuas de de color rosaceo (indicador estadístico para un 5% de significación), cuando es considerado anómalo. Una equis de color rojo (X) sobre el eje cero indica que el laboratorio ha sido descartado.



## T20 FRECUENCIA 160 HZ (seg)

### Análisis B. Mandel, Cochran y Grubbs

#### Apartado B.3. Determinaciones matemáticas

Lab	$X_{i1}$	$X_{i2}$	$X_{i3}$	$X_{i4}$	$X_{i5}$	$\bar{X}_{i \text{ arit}}$	$S_{Li}$	$D_{i \text{ arit}} \%$	$h_i$	$k_i$	$C_i$	$G_{\text{sim Inf}}$	$G_{\text{sim Sup}}$	$G_{\text{Dob Inf}}$	$G_{\text{Dob Sup}}$	Pasa B		
10	0,820	0,910	0,720	0,780	0,740	0,794	0,075	6,84	1,42	1,47				1,421		0,3899	✓	
110	0,74	0,730	0,710	0,730	0,670	0,716	0,028	-3,65	-0,76	0,54					0,3324			✓
136	0,77	0,770	0,780	0,730	0,710	0,752	0,030	1,19	0,25	0,59								✓
147	0,73	0,780	0,690	0,730	0,700	0,726	0,035	-2,31	-0,48	0,68								✓
151	0,79	0,720	0,630	0,690	0,610	0,688	0,072	-7,42	-1,54	1,41		1,541			0,3324			✓
159	0,81	0,800	0,710	0,680	0,770	0,754	0,057	1,46	0,30	1,11								✓
173	0,77	0,830	0,740	0,780	0,740	0,772	0,037	3,88	0,81	0,72						0,3899		✓
180	0,65	0,880	0,630	0,910	0,570	0,728	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	✗

**NOTAS:**

<sup>01</sup> " $X_{ij}$  con  $j = 1, 2, 3, 4, 5$ " es cada uno de los resultados individuales aportados por cada laboratorio, " $\bar{X}_{i \text{ arit}}$ " es la media aritmética intralaboratorio calculada sin redondear.

<sup>02</sup> " $S_{Li}$ " es la desviación típica intralaboratorios y " $D_{i \text{ arit}} \%$ " la desviación, en porcentaje, de la media aritmética intralaboratorios calculada respecto de la media aritmética interlaboratorios.

<sup>03</sup> " $h_i$  y  $k_i$ ", " $C_i$ ", " $G_{\text{sim}}$  y  $G_{\text{Dob}}$ " hacen referencia a los estadísticos de Mandel, Cochran y Grubbs, respectivamente, obtenidos para cada laboratorio en función de los resultados aportados.

<sup>04</sup> El código colorimétrico empleado para las celdas es:

[aberrante]

[anómalo]

[máximo]

[mínimo]

**CICE**  
Comité de infraestructuras para la  
Calidad de la Edificación

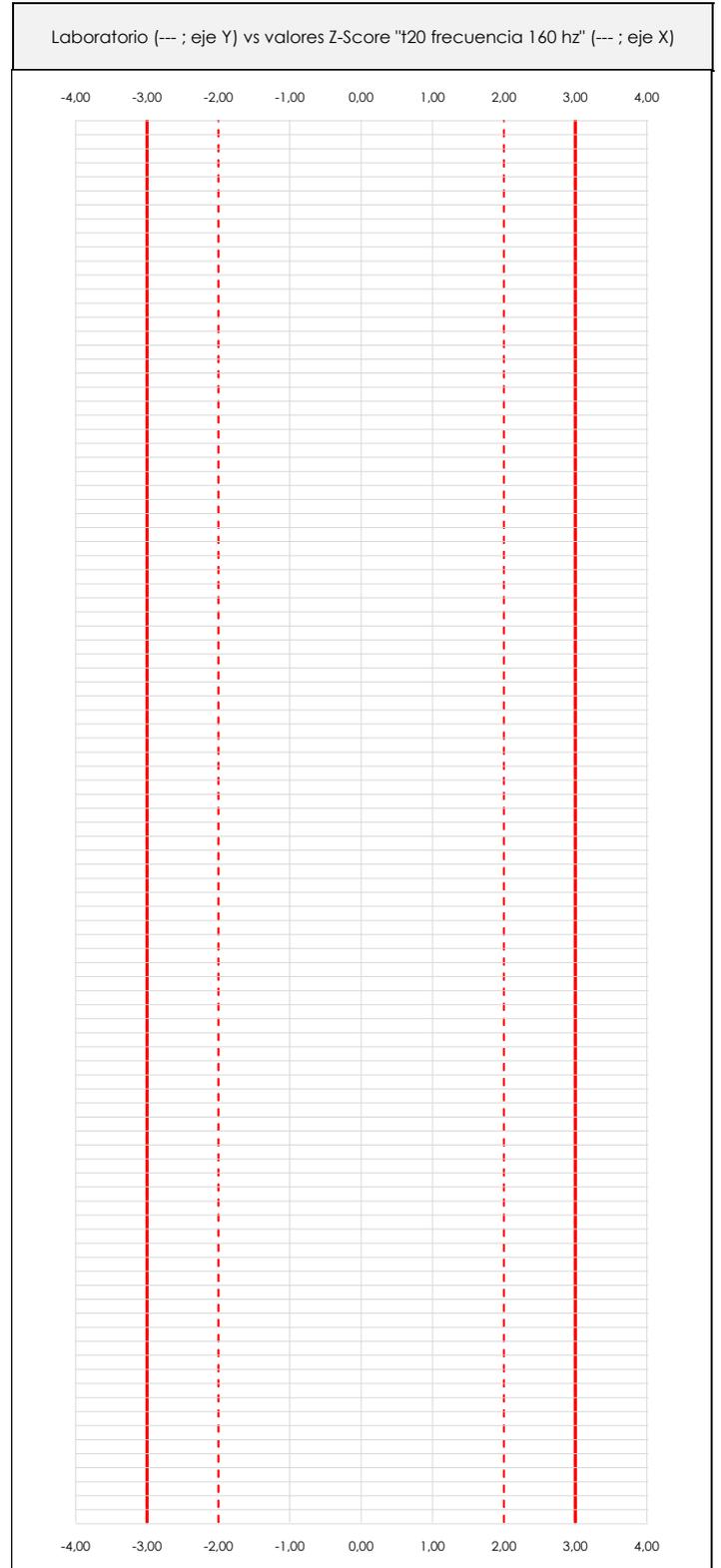
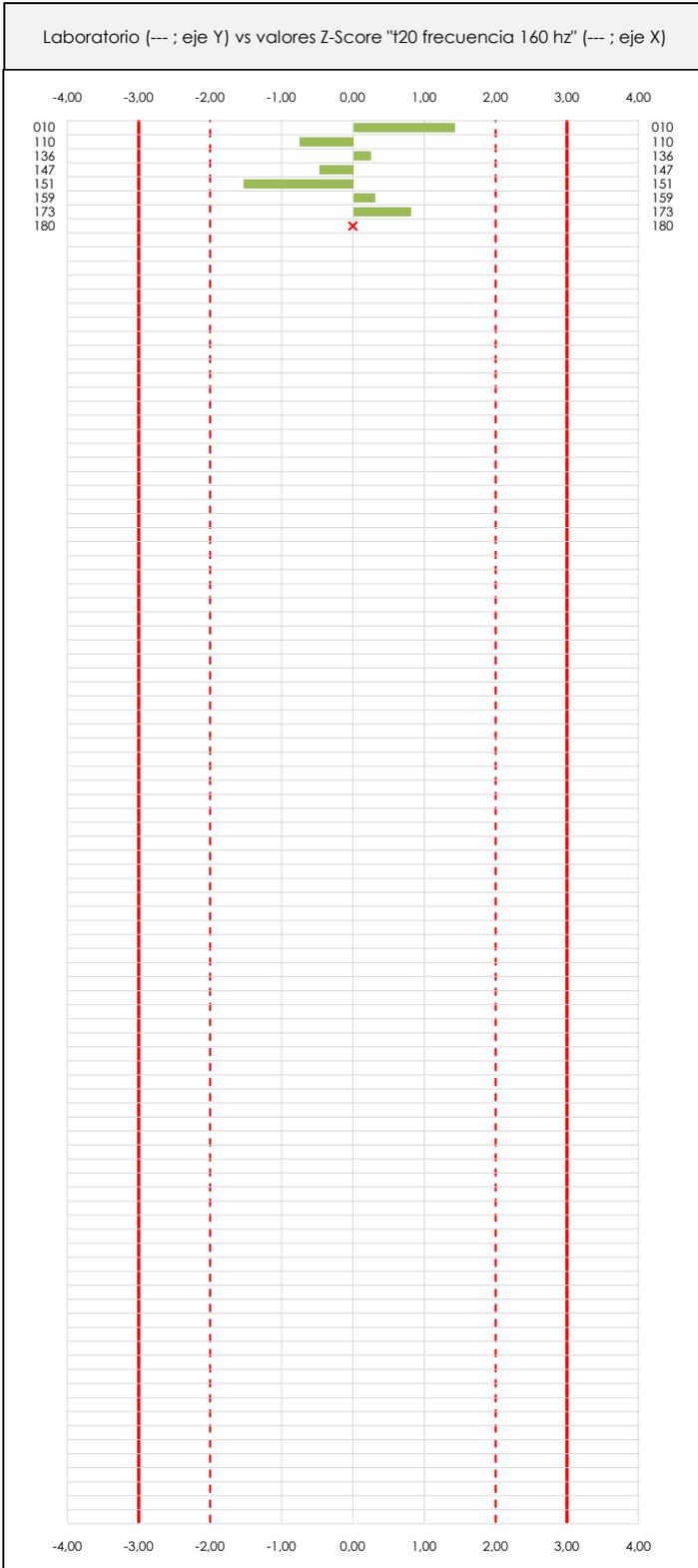
**SACE**  
Subcomisión Administrativa para la  
Calidad de la Edificación



## T20 FRECUENCIA 160 HZ (seg)

### Análisis C. Evaluación Z-Score

#### Apartado C.1. Análisis gráfico Altman Z-Score



#### ANÁLISIS GRÁFICO Z-SCORE

Diagrama Z-Score para los resultados aportados por los laboratorios. Estos se considerarán satisfactorios (S) si el valor absoluto del Z-Score es menor o igual a 2 unidades, dudoso si está comprendido entre 2 y 3 unidades e insatisfactorio si es mayor o igual a 3 unidades.

Los resultados satisfactorios quedan reflejados entre las dos líneas rojas discontinuas, líneas de referencia en la evaluación Z-Score.



## T20 FRECUENCIA 160 HZ (seg)

### Análisis C. Evaluación Z-Score

#### Apartado C.2. Determinaciones matemáticas

Lab	X <sub>i1</sub>	X <sub>i2</sub>	X <sub>i3</sub>	X <sub>i4</sub>	X <sub>i5</sub>	$\bar{X}_{i\text{arit}}$	S <sub>Li</sub>	D <sub>iarit</sub> %	Pasa A	Pasa B	Total	Causa	Iteración	Z-Score	Evaluación
10	0,82	0,91	0,72	0,78	0,74	0,79	0,075	6,84	✓	✓	✓			1,421	S
110	0,74	0,73	0,71	0,73	0,67	0,72	0,028	-3,65	✓	✓	✓			-0,758	S
136	0,77	0,77	0,78	0,73	0,71	0,75	0,030	1,19	✓	✓	✓			0,247	S
147	0,73	0,78	0,69	0,73	0,70	0,73	0,035	-2,31	✓	✓	✓			-0,479	S
151	0,79	0,72	0,63	0,69	0,61	0,69	0,072	-7,42	✓	✓	✓			-1,541	S
159	0,81	0,80	0,71	0,68	0,77	0,75	0,057	1,46	✓	✓	✓			0,303	S
173	0,77	0,83	0,74	0,78	0,74	0,77	0,037	3,88	✓	✓	✓			0,806	S
180	0,65	0,88	0,63	0,91	0,57	0,73	---	---	✓	X	X	AB	0	---	---

**NOTAS:**

<sup>01</sup> "X<sub>i j</sub> con j = 1, 2, 3, 4, 5" es cada uno de los resultados individuales aportados por cada laboratorio, " $\bar{X}_{i\text{arit}}$ " es la media aritmética intralaboratorio calculada sin redondear.

<sup>02</sup> "S<sub>Li</sub>" es la desviación típica intralaboratorios y "D<sub>iarit</sub> %" la desviación, en porcentaje, de la media aritmética intralaboratorios calculada respecto de la media aritmética interlaboratorios.

<sup>03</sup> La evaluación Z-Score (ZS) será considerada de tipo: [Satisfactorio (S) - si | ZS | ≤ 2] [Dudoso (D) - si 2 < | ZS | ≤ 3] [Insatisfactorio (I) - si | ZS | > 3].

<sup>04</sup> El código colorimétrico empleado para las celdas es:

[dudoso]

[insatisfactorio]

**CICE**  
Comité de infraestructuras para la Calidad de la Edificación

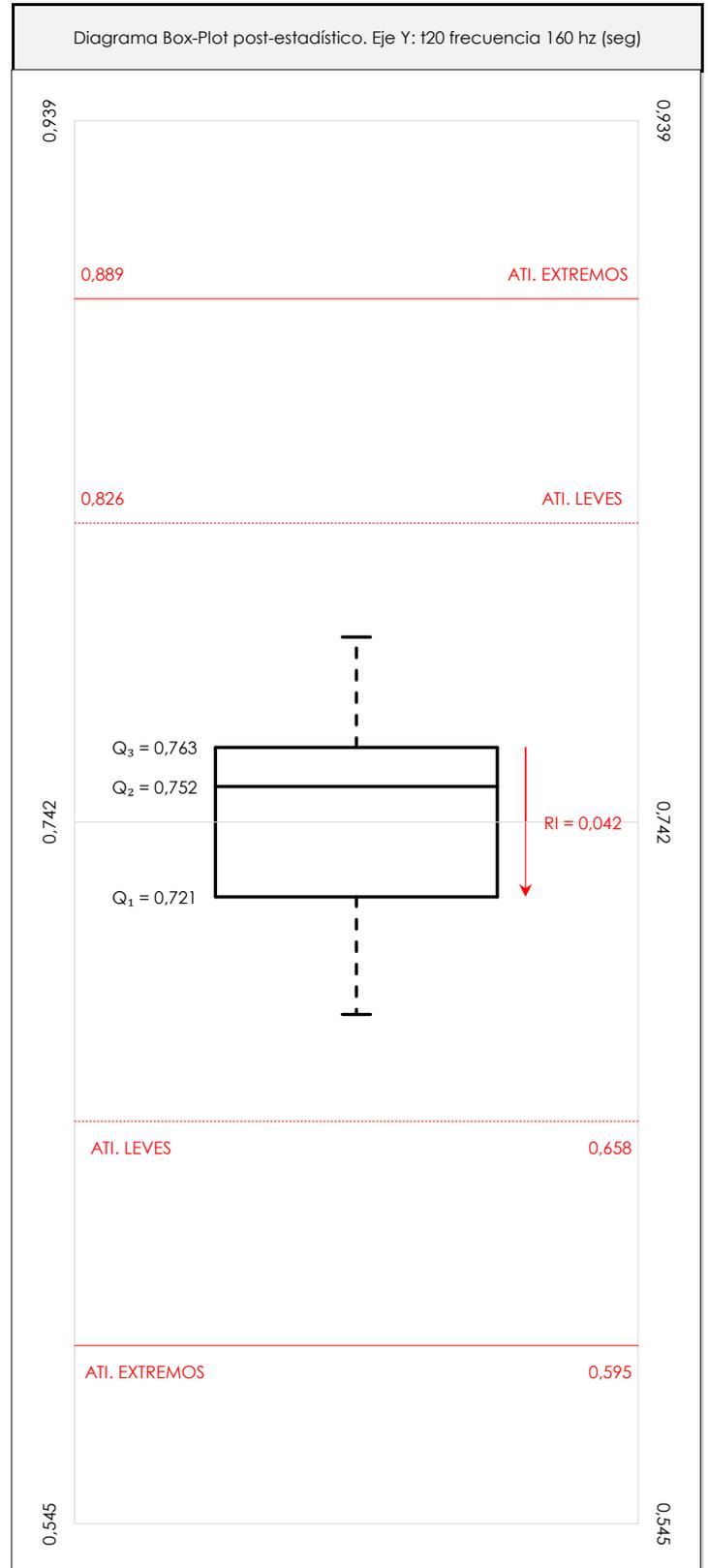
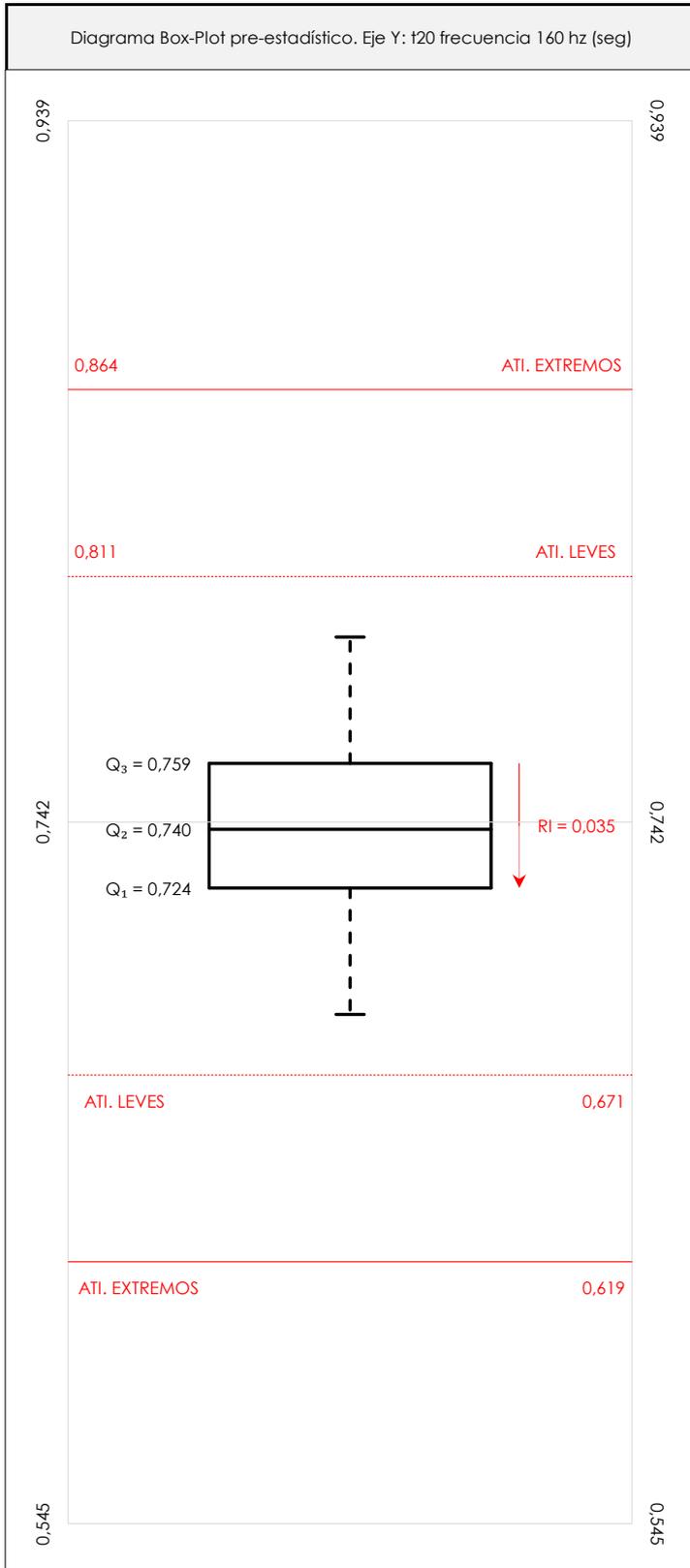
**SACE**  
Subcomisión Administrativa para la Calidad de la Edificación



## T20 FRECUENCIA 160 HZ (seg)

### Análisis D. Estudios post-estadísticos

#### Apartado D.3. Diagramas Box-Plot o de Caja y Bigotes



**ANÁLISIS GRÁFICO DE CAJA Y BIGOTES (ANTES Y DESPUÉS DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO)**

Diagramas de caja y bigotes (Box Plot) de las medias aritméticas de los resultados aportados por los laboratorios antes (diagrama de la izquierda. Este incluye valores aberrantes y anómalos) y después (diagrama de la derecha. No incluye los valores descartados a lo largo del estudio) de análisis estadístico.

En ambos se han representado: el primer cuartil (Q<sub>1</sub> ; 25% de los datos), el segundo cuartil o la mediana (Q<sub>2</sub> ; 50% de los datos), el tercer cuartil (Q<sub>3</sub> ; 75% de los datos), el rango intercuartílico (RI ; cuartil tres menos cuartil uno) y los límites de valores atípicos leves (f<sub>3</sub> y f<sub>1</sub> para el máximo y mínimo respectivamente ; líneas discontinuas de color rojo) y extremos (f<sub>3</sub><sup>+</sup> y f<sub>1</sub><sup>+</sup> para el máximo y mínimo respectivamente ; líneas continuas de color rojo).

**CICE**Comité de infraestructuras para la  
Calidad de la Edificación**SACE**Subcomisión Administrativa para la  
Calidad de la Edificación**T20 FRECUENCIA 160 HZ (seg)****Conclusiones**

## Determinación de la repetibilidad y reproducibilidad

El análisis estadístico EILA20 para el ensayo "T20 FRECUENCIA 160 HZ", ha contado con la participación de un total de 8 laboratorios, debiendo haber aportado cada uno de ellos, un total de 5 determinaciones individuales además de su valor medio.

Tras analizar los resultados podemos concluir que, para cumplir con los criterios estadísticos establecidos en el informe, un total de 1 laboratorios han sido apartados de la evaluación final: 0 en el Análisis Pre-Estadístico (por no cumplir el criterio de validación y/o el procedimiento de ejecución recogido en la norma de ensayo) y 1 en el Análisis Estadístico (por resultar anómalos o aberrantes en las técnicas gráficas de consistencia de Mandel y en los ensayos de detección de resultados numéricos de Cochran y Grubbs), al cabo de 2 iteraciones.

De cada uno de los análisis (pre-estadístico y estadístico), se obtienen las siguientes tablas:

TIPO DE ANALISIS	PRE-ESTADISTICO						ESTADISTICO					
Variables	$X_{i1}$	$X_{i2}$	$X_{i3}$	$X_{i4}$	$X_{i5}$	$\bar{X}_{i\text{arit}}$	$X_{i1}$	$X_{i2}$	$X_{i3}$	$X_{i4}$	$X_{i5}$	$\bar{X}_{i\text{arit}}$
Valor Máximo (max ; %)	0,82	0,91	0,78	0,91	0,77	0,79	0,82	0,91	0,78	0,78	0,77	0,79
Valor Mínimo (min ; %)	0,65	0,72	0,63	0,68	0,57	0,69	0,73	0,72	0,63	0,68	0,61	0,69
Valor Promedio (M ; %)	0,76	0,80	0,70	0,75	0,69	0,74	0,78	0,79	0,71	0,73	0,71	0,74
Desviación Típica (SDL ; ---)	0,05	0,07	0,05	0,07	0,07	0,03	0,03	0,06	0,05	0,04	0,05	0,04
Coef. Variación (CV ; ---)	0,07	0,08	0,07	0,10	0,10	0,05	0,04	0,08	0,06	0,05	0,08	0,05
VARIABLES	$S_r^2$	r	$S_L^2$	$S_R^2$	R	$S_r^2$	r	$S_L^2$	$S_R^2$	R		
Valor Calculado	0,005	0,202	0,000	0,005	0,204	0,003	0,142	0,001	0,003	0,161		
Valor Referencia												

Asimismo, acompañando a éstas tablas y dependiendo del análisis que se esté llevando a cabo, se introducen los indicadores estadísticos "h y k" de Mandel y los valores críticos "C" de Cochran y " $G_{\text{sim}}$  y  $G_{\text{Dob}}$ " de Grubbs, todos ellos adimensionales, obtenidos de las tablas 4, 5, 6 y 7 de la norma UNE 82009-2:1999 o mediante ecuación matemática, en función del número de laboratorios y del número de ensayos efectuados por cada uno de ellos:

TIPO DE ANALISIS	PRE-ESTADISTICO					ESTADISTICO				
VARIABLES	h	k	C	$G_{\text{sim}}$	$G_{\text{Dob}}$	h	k	C	$G_{\text{sim}}$	$G_{\text{Dob}}$
Nivel de Significación 1%	1,98	1,70	0,463	2,139	0,0308	1,98	1,70	0,508	2,139	0,0308
Nivel de Significación 5%	1,71	1,49	0,391	2,020	0,0708	1,71	1,49	0,431	2,020	0,0708

Con los resultados de los laboratorios, que tras los dos análisis estadísticos son evaluados por Z-Score, se han obtenido: 7 resultados satisfactorios, 0 resultados dudosos y 0 resultados insatisfactorios.

Respecto a los métodos para determinar la repetibilidad y la reproducibilidad de las mediciones se van a basar en la evaluación estadística recogida en la ISO 17025, sobre las dispersiones de los resultados individuales y su media, en forma de varianzas o desviaciones estándar, también conocida como ANOVA (siglas de analysis of variance).

Sabiendo que una varianza es la suma de cuadrados dividida por un número, que se llama grados de libertad, que depende del número de participantes menos 1, se puede decir que la imprecisión del ensayo se descompone en dos factores: uno de ellos genera la imprecisión mínima, presente en condiciones de repetibilidad (variabilidad intralaboratorio) y el otro la imprecisión adicional, obtenida en condiciones de reproducibilidad (variabilidad debida al cambio de laboratorio).

Las condiciones de repetibilidad de este ensayo son: mismo laborante, mismo laboratorio y mismo equipo de medición utilizado dentro de un período de tiempo corto. Por ende, las condiciones de reproducibilidad para la misma muestra y ensayo, cambian en: el laborante, el laboratorio, el equipo y las condiciones de uso y tiempo.

**CICE**

Comité de infraestructuras para la  
Calidad de la Edificación



**CSIC**

CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

INSTITUTO  
DE EDU-  
CACIÓN  
SUPERIOR

**SACE**

Subcomisión Administrativa para la  
Calidad de la Edificación

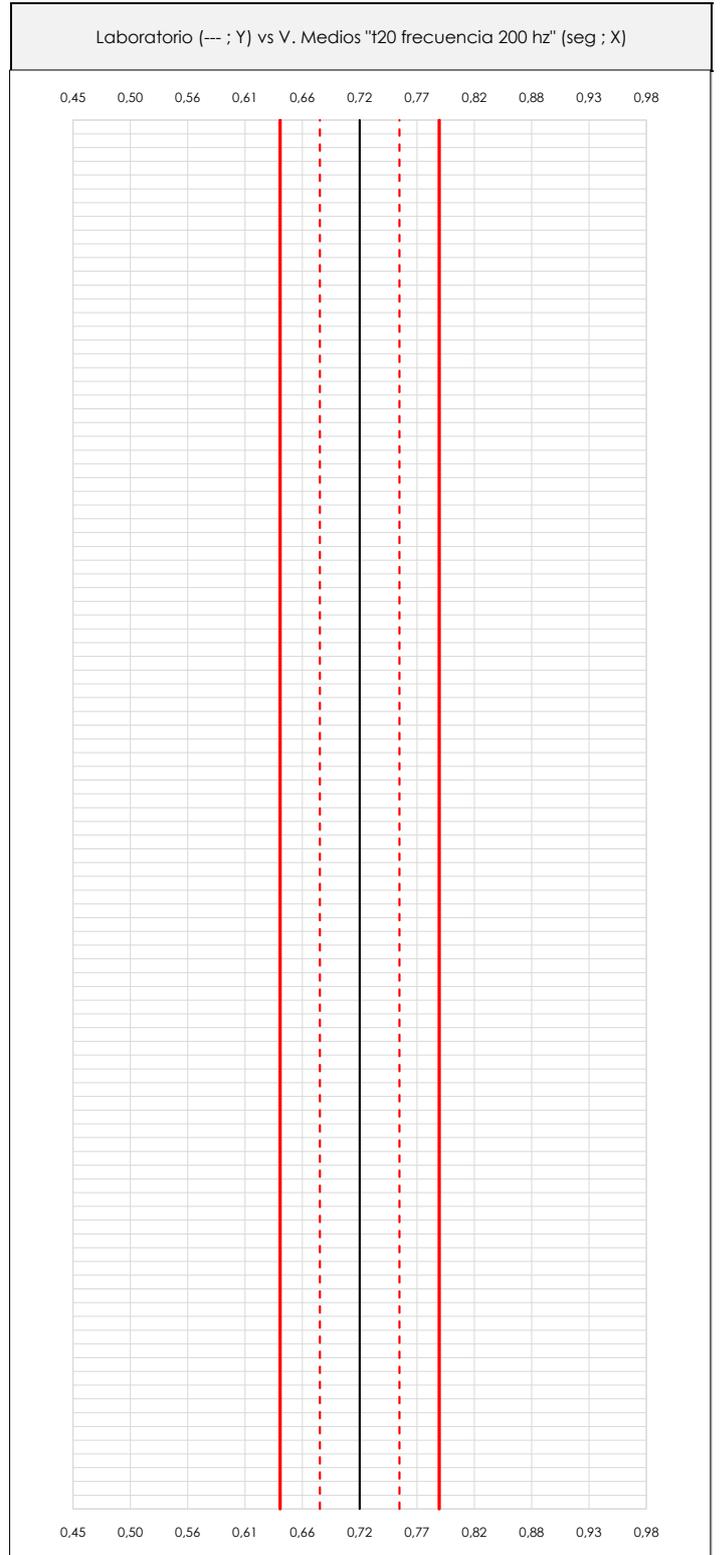
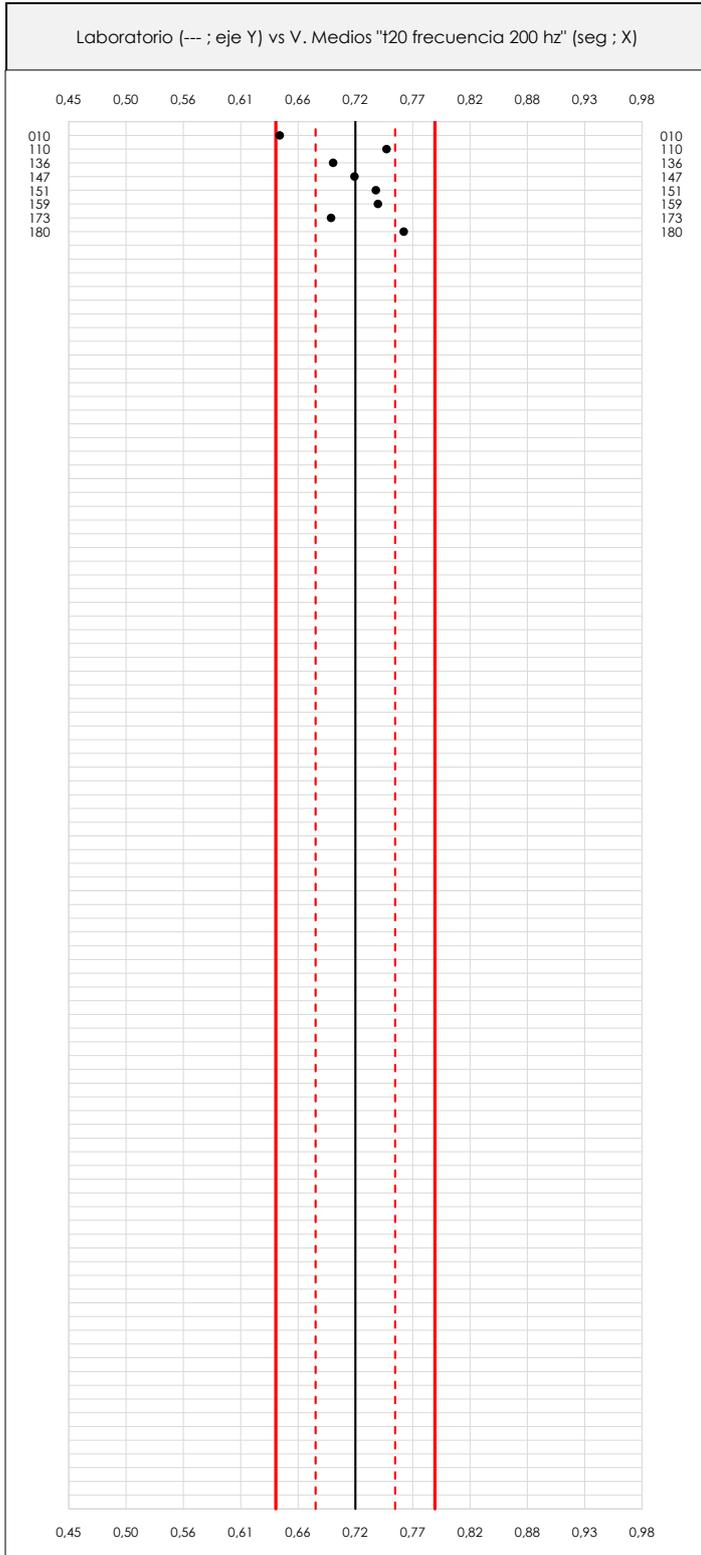
# ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE ACÚSTICA

T20 FRECUENCIA 200 HZ

## T20 FRECUENCIA 200 HZ (seg)

### Análisis A. Estudio pre-estadístico

#### Apartado A.1. Gráficos de dispersión de valores medios



#### ANÁLISIS GRÁFICO DE DISPERSIÓN MEDIA (ANTES DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO)

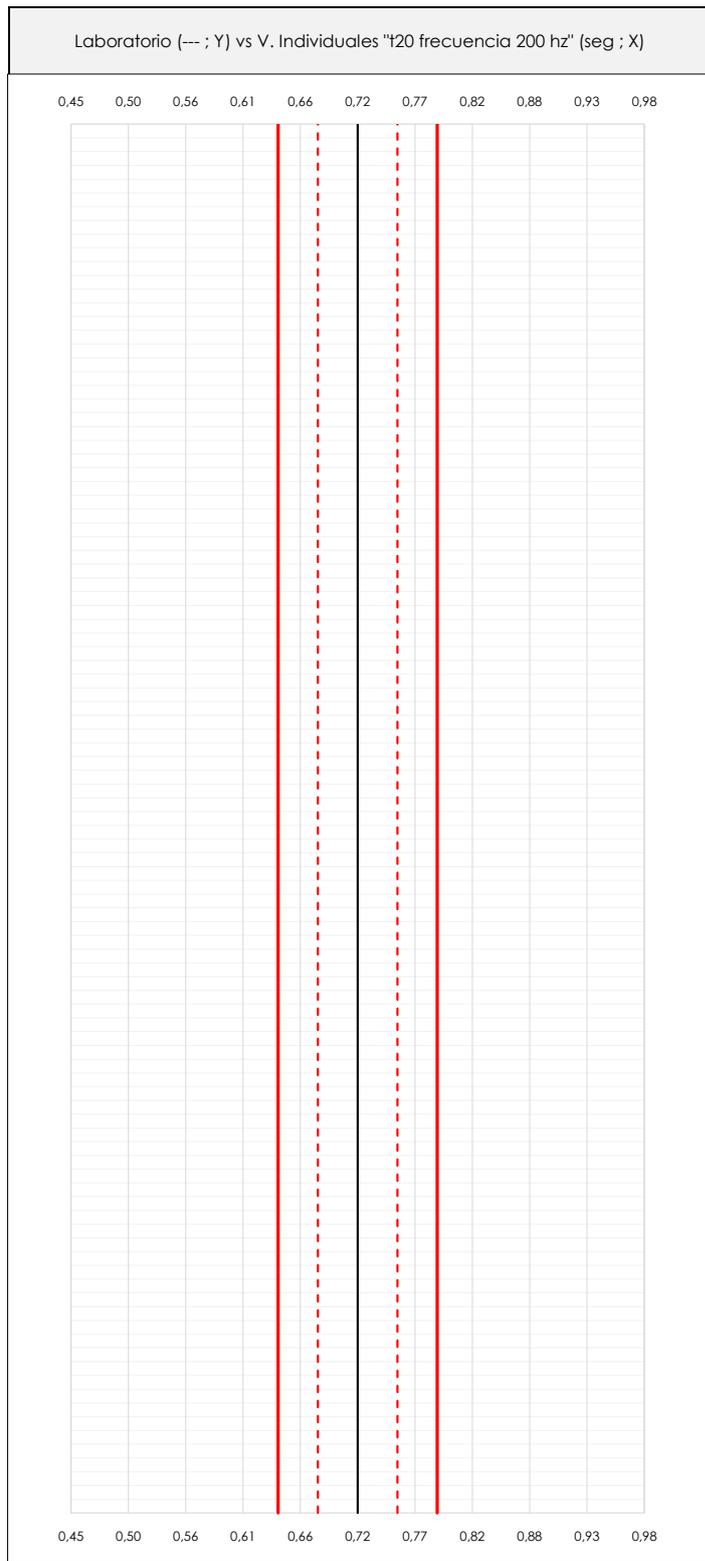
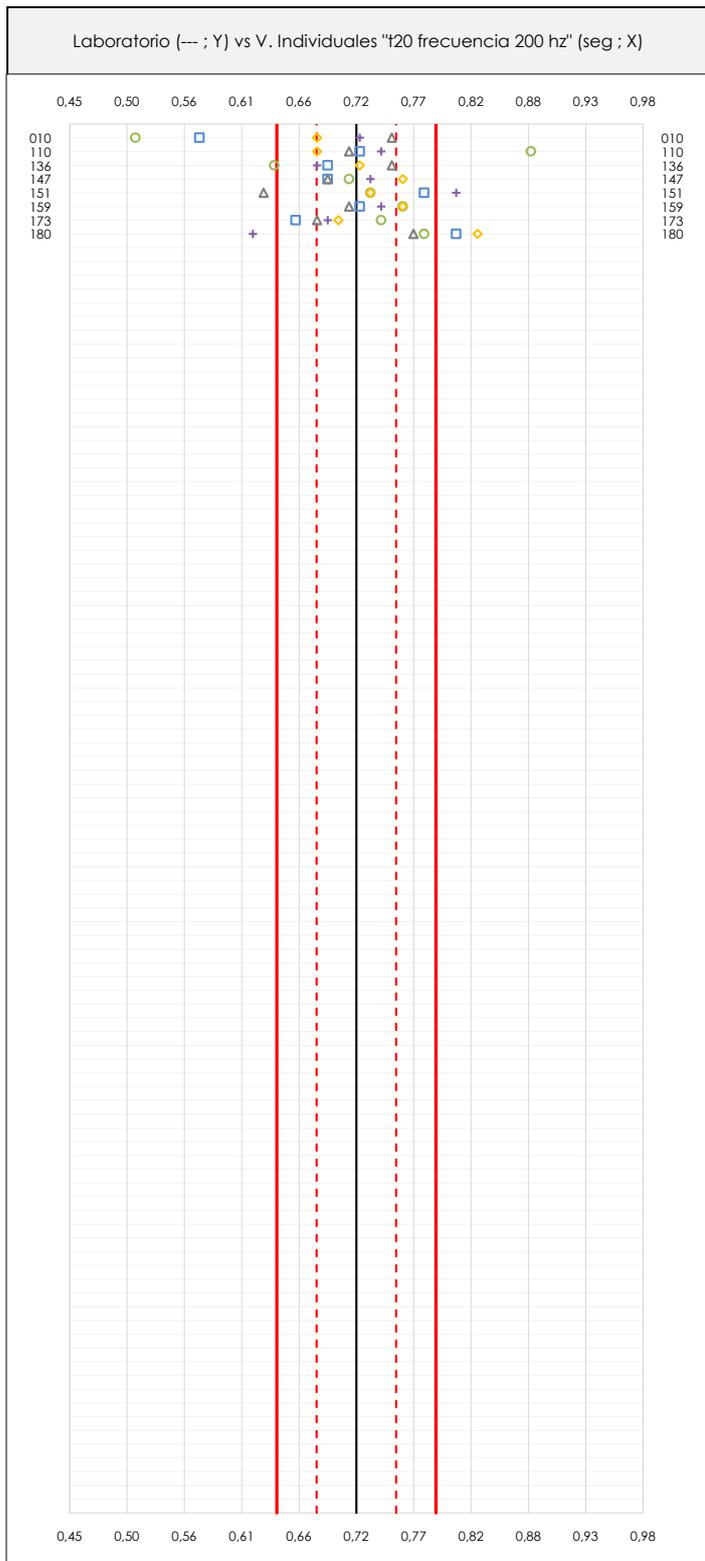
Dispersión de las medias aritméticas intra-laboratorios respecto de la media aritmética inter-laboratorios (0,72 ; línea negra de trazo continuo), la media aritmética inter-laboratorios más/menos la desviación típica (0,75/0,68 ; líneas rojas de trazo punteado) y la media aritmética inter-laboratorios más/menos el doble de la desviación típica (0,79/0,64 ; líneas rojas de trazo continuo).

En el eje Y (adimensional) quedan reflejados los códigos de los laboratorios participantes y en el eje X (las unidades son las mismas que las del ensayo que se está analizando) las medias aritméticas intra-laboratorios representadas por punto de color negro.

## T20 FRECUENCIA 200 HZ (seg)

### Análisis A. Estudio pre-estadístico

#### Apartado A.2. Gráficos de dispersión de valores individuales



#### ANÁLISIS GRÁFICOS DE DISPERSIÓN INDIVIDUAL (ANTES DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO)

Dispersión de los valores individuales respecto de la media aritmética inter-laboratorios (0,72 ; línea negra de trazo continuo), la media aritmética inter-laboratorios más/menos la desviación típica (0,75/0,68 ; líneas rojas de trazo punteado) y la media aritmética inter-laboratorios más/menos el doble de la desviación típica (0,79/0,64 ; líneas rojas de trazo continuo).

En el eje Y (adimensional) queda reflejado el código del laboratorio participante y en el eje X (las unidades son las de los resultados del ensayo que se está analizando) los resultados individuales: el primero ( $X_{1,1}$ ) se representa con un cuadrado azul, el segundo ( $X_{1,2}$ ) con un círculo verde, el tercero ( $X_{1,3}$ ) con un triángulo gris y el cuarto ( $X_{1,4}$ ) con un rombo amarillo.



## T20 FRECUENCIA 200 HZ (seg)

### Análisis A. Estudio pre-estadístico

#### Apartado A.3. Determinaciones matemáticas

Lab	$X_{i1}$	$X_{i2}$	$X_{i3}$	$X_{i4}$	$X_{i5}$	$\bar{X}_{i\text{arit}}$	$S_{Li}$	$D_{i\text{arit}}\%$	Pasa A	Observaciones
10	0,57	0,51	0,75	0,68	0,72	0,65	0,102	-9,87	✓	
110	0,72	0,88	0,71	0,68	0,74	0,75	0,078	4,08	✓	
136	0,69	0,64	0,75	0,72	0,68	0,70	0,042	-2,90	✓	
147	0,69	0,71	0,69	0,76	0,73	0,72	0,030	-0,10	✓	
151	0,78	0,73	0,63	0,73	0,81	0,74	0,068	2,69	✓	
159	0,72	0,76	0,71	0,76	0,74	0,74	0,023	2,96	✓	
173	0,66	0,74	0,68	0,70	0,69	0,69	0,030	-3,17	✓	
180	0,81	0,78	0,77	0,83	0,62	0,76	0,083	6,31	✓	

**NOTAS:**

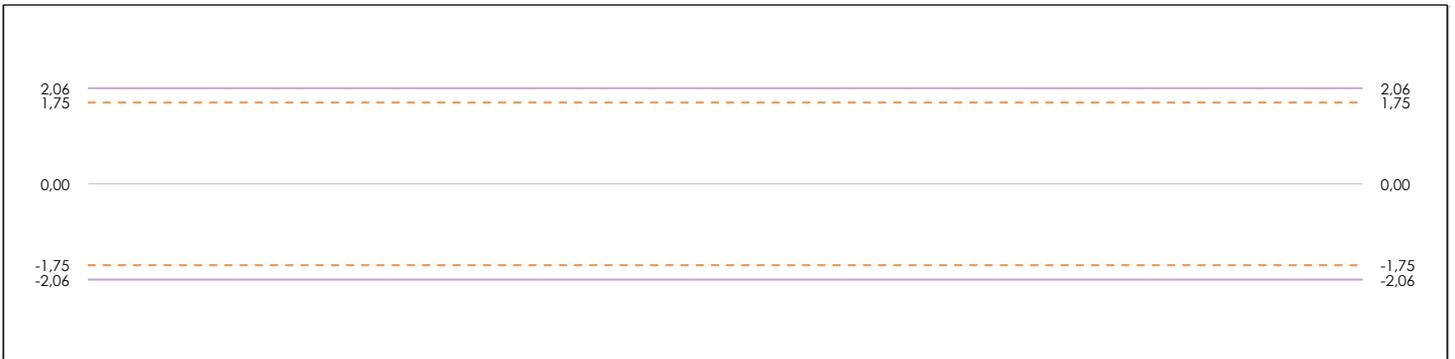
- <sup>01</sup> " $X_{ij}$  con  $j = 1, 2, 3, 4, 5$ " es cada uno de los resultados individuales aportados por cada laboratorio, " $\bar{X}_{i\text{arit}}$ " es la media aritmética intralaboratorio calculada sin redondear.
- <sup>02</sup> " $S_{Li}$ " es la desviación típica intralaboratorios y " $D_{i\text{arit}}\%$ " la desviación, en porcentaje, de la media aritmética intralaboratorios calculada respecto de la media aritmética interlaboratorios.
- <sup>03</sup> Los resultados aportados por los laboratorios podrán ser descartados (X) si no cumplen con los criterios establecidos en el protocolo EILA o si no han realizado el ensayo conforme a norma.
- <sup>04</sup> El código colorimétrico empleado para las celdas es: [máximo] [mínimo]



## T20 FRECUENCIA 200 HZ (seg)

### Análisis B. Mandel, Cochran y Grubbs

Apartado B.1. Gráfico de consistencia inter-laboratorios "h" de Mandel



#### ANÁLISIS GRÁFICO DE CONSISTENCIA INTER-LABORATORIOS

Análisis gráfico de consistencia inter-laboratorios "h" de Mandel. En él se representan las medias aritméticas inter-laboratorios y los indicadores estadísticos para un 1% y un 5% de significación (valores obtenidos de la tabla 6 norma UNE 82009-2:1999 o mediante ecuación matemática, en función del número de laboratorios participantes).

Las líneas continuas de color morado (indicador estadístico para un 1% de significación) marca el límite a partir del cual un valor es considerado aberrante y las discontinuas de color rosáceo (indicador estadístico para un 5% de significación), cuando es considerado anómalo. Una equis de color rojo (X) sobre el eje cero indica que el laboratorio ha sido descartado.

**CICE**  
Comité de infraestructuras para la  
Calidad de la Edificación

**SACE**  
Subcomisión Administrativa para la  
Calidad de la Edificación



**T20 FRECUENCIA 200 HZ (seg)**  
**Análisis B. Mandel, Cochran y Grubbs**

Apartado B.2. Gráfico de consistencia intra-laboratorios "k" de Mandel



**ANÁLISIS GRÁFICO DE CONSISTENCIA INTRA-LABORATORIOS**

Análisis gráfico de consistencia intra-laboratorios "k" de Mandel. En él se representan las medias aritméticas intra-laboratorios y los indicadores estadísticos para un 1% y un 5% de significación (valores obtenidos de la tabla 6 norma UNE 82009-2:1999 o mediante ecuación matemática, en función del número de laboratorios participantes y el número de ensayos efectuados).

Las líneas continuas de color morado (indicador estadístico para un 1% de significación) marca el límite a partir del cual un valor es considerado aberrante y las discontinuas de de color rosaceo (indicador estadístico para un 5% de significación), cuando es considerado anómalo. Una equis de color rojo (X) sobre el eje cero indica que el laboratorio ha sido descartado.



## T20 FRECUENCIA 200 HZ (seg)

### Análisis B. Mandel, Cochran y Grubbs

#### Apartado B.3. Determinaciones matemáticas

Lab	X <sub>i1</sub>	X <sub>i2</sub>	X <sub>i3</sub>	X <sub>i4</sub>	X <sub>i5</sub>	$\bar{X}_{i \text{arit}}$	S <sub>Li</sub>	D <sub>i arit</sub> %	h <sub>i</sub>	k <sub>i</sub>	C <sub>i</sub>	G <sub>sim Inf</sub>	G <sub>sim Sup</sub>	G <sub>Dob Inf</sub>	G <sub>Dob Sup</sub>	Pasa B
10	0,570	0,510	0,750	0,680	0,720	0,646	0,102	-9,87	-1,90*	1,61*	0,325	1,903		0,2789		✓
110	0,72	0,880	0,710	0,680	0,740	0,746	0,078	4,08	0,79	1,23					0,6045	✓
136	0,69	0,640	0,750	0,720	0,680	0,696	0,042	-2,90	-0,56	0,66						✓
147	0,69	0,710	0,690	0,760	0,730	0,716	0,030	-0,10	-0,02	0,47						✓
151	0,78	0,730	0,630	0,730	0,810	0,736	0,068	2,69	0,52	1,08						✓
159	0,72	0,760	0,710	0,760	0,740	0,738	0,023	2,96	0,57	0,36						✓
173	0,66	0,740	0,680	0,700	0,690	0,694	0,030	-3,17	-0,61	0,47				0,2789		✓
180	0,81	0,780	0,770	0,830	0,620	0,762	0,083	6,31	1,22	1,31			1,217		0,6045	✓

**NOTAS:**

<sup>01</sup> "X<sub>i j</sub> con j = 1, 2, 3, 4, 5" es cada uno de los resultados individuales aportados por cada laboratorio, " $\bar{X}_{i \text{arit}}$ " es la media aritmética intralaboratorio calculada sin redondear.

<sup>02</sup> "S<sub>Li</sub>" es la desviación típica intralaboratorios y "D<sub>i arit</sub> %" la desviación, en porcentaje, de la media aritmética intralaboratorios calculada respecto de la media aritmética interlaboratorios.

<sup>03</sup> "h<sub>i</sub> y k<sub>i</sub>", "C<sub>i</sub>", "G<sub>sim</sub> y G<sub>Dob</sub>" hacen referencia a los estadísticos de Mandel, Cochran y Grubbs, respectivamente, obtenidos para cada laboratorio en función de los resultados aportados.

<sup>04</sup> El código colorimétrico empleado para las celdas es:

[aberrante]
[anómalo]
[máximo]
[mínimo]

**CICE**  
Comité de infraestructuras para la  
Calidad de la Edificación

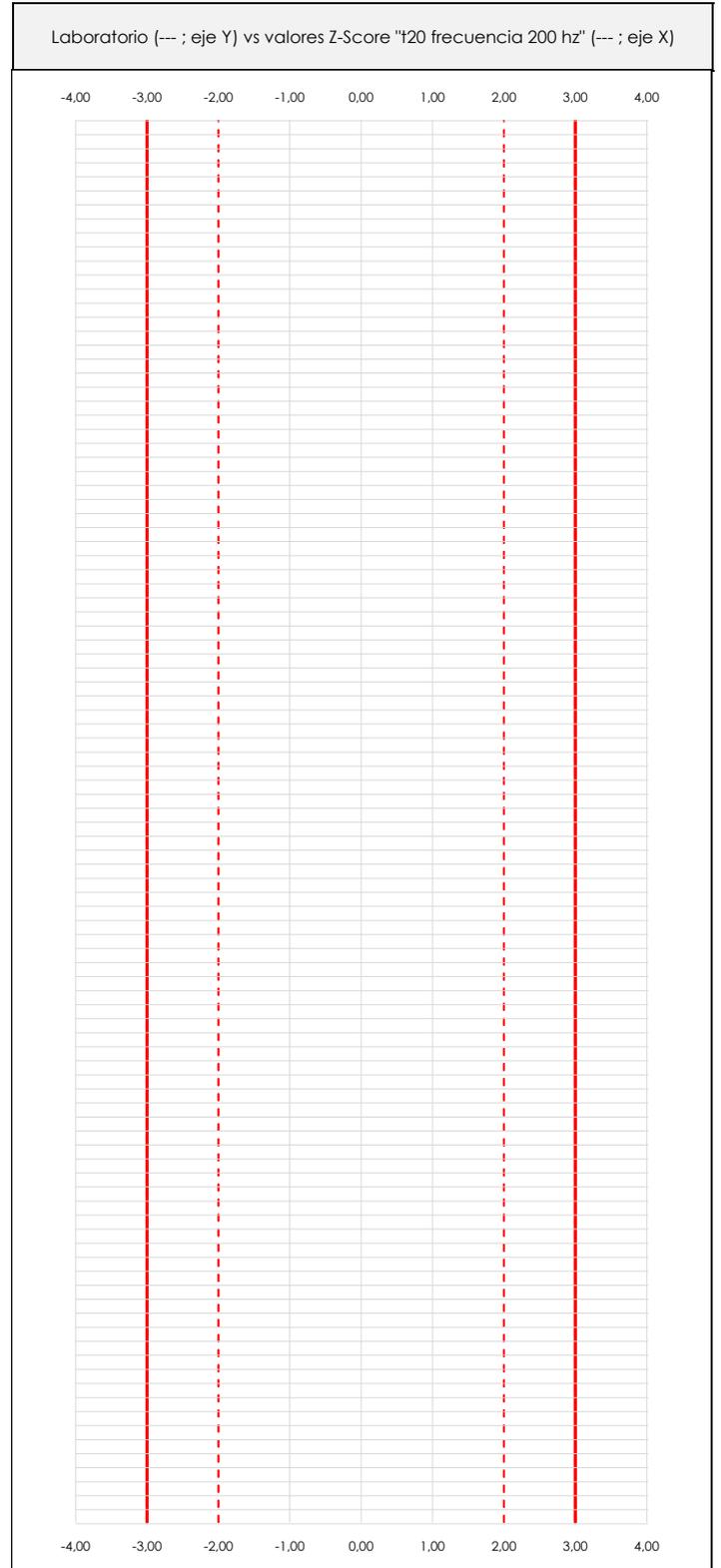
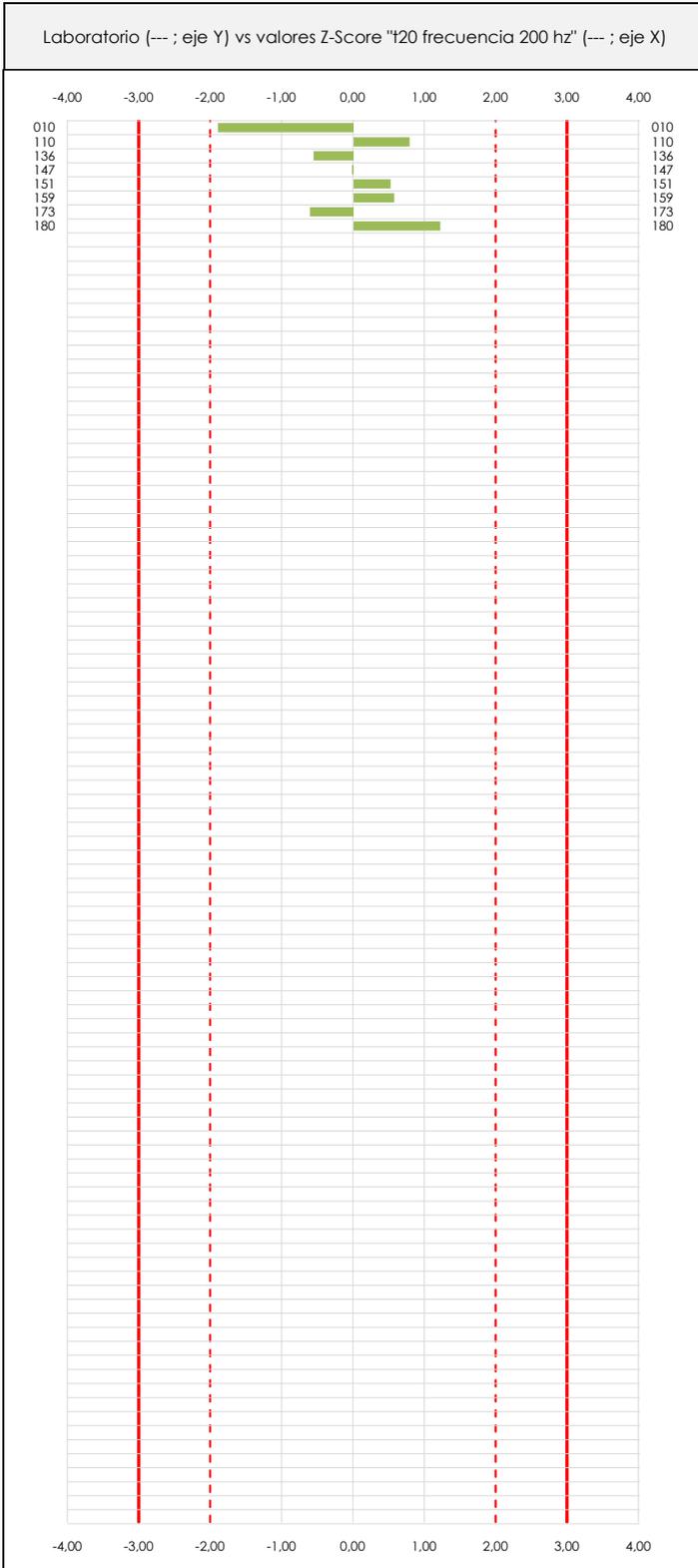
**SACE**  
Subcomisión Administrativa para la  
Calidad de la Edificación



## T20 FRECUENCIA 200 HZ (seg)

### Análisis C. Evaluación Z-Score

#### Apartado C.1. Análisis gráfico Altman Z-Score



#### ANÁLISIS GRÁFICO Z-SCORE

Diagrama Z-Score para los resultados aportados por los laboratorios. Estos se considerarán satisfactorios (S) si el valor absoluto del Z-Score es menor o igual a 2 unidades, dudoso si está comprendido entre 2 y 3 unidades e insatisfactorio si es mayor o igual a 3 unidades.

Los resultados satisfactorios quedan reflejados entre las dos líneas rojas discontinuas, líneas de referencia en la evaluación Z-Score.



## T20 FRECUENCIA 200 HZ (seg)

### Análisis C. Evaluación Z-Score

#### Apartado C.2. Determinaciones matemáticas

Lab	X <sub>i1</sub>	X <sub>i2</sub>	X <sub>i3</sub>	X <sub>i4</sub>	X <sub>i5</sub>	$\bar{X}_{i\text{arit}}$	S <sub>Li</sub>	D <sub>iarit</sub> %	Pasa A	Pasa B	Total	Causa	Iteración	Z-Score	Evaluación
10	0,57	0,51	0,75	0,68	0,72	0,65	0,102	-9,87	✓	✓	✓			-1,903	S
110	0,72	0,88	0,71	0,68	0,74	0,75	0,078	4,08	✓	✓	✓			0,787	S
136	0,69	0,64	0,75	0,72	0,68	0,70	0,042	-2,90	✓	✓	✓			-0,558	S
147	0,69	0,71	0,69	0,76	0,73	0,72	0,030	-0,10	✓	✓	✓			-0,020	S
151	0,78	0,73	0,63	0,73	0,81	0,74	0,068	2,69	✓	✓	✓			0,518	S
159	0,72	0,76	0,71	0,76	0,74	0,74	0,023	2,96	✓	✓	✓			0,571	S
173	0,66	0,74	0,68	0,70	0,69	0,69	0,030	-3,17	✓	✓	✓			-0,612	S
180	0,81	0,78	0,77	0,83	0,62	0,76	0,083	6,31	✓	✓	✓			1,217	S

**NOTAS:**

<sup>01</sup> "X<sub>i j</sub> con j = 1, 2, 3, 4, 5" es cada uno de los resultados individuales aportados por cada laboratorio, " $\bar{X}_{i\text{arit}}$ " es la media aritmética intralaboratorio calculada sin redondear.

<sup>02</sup> "S<sub>Li</sub>" es la desviación típica intralaboratorios y "D<sub>iarit</sub> %" la desviación, en porcentaje, de la media aritmética intralaboratorios calculada respecto de la media aritmética interlaboratorios.

<sup>03</sup> La evaluación Z-Score (ZS) será considerada de tipo: [Satisfactorio (S) - si | ZS | ≤ 2] [Dudoso (D) - si 2 < | ZS | ≤ 3] [Insatisfactorio (I) - si | ZS | > 3].

<sup>04</sup> El código colorimétrico empleado para las celdas es:

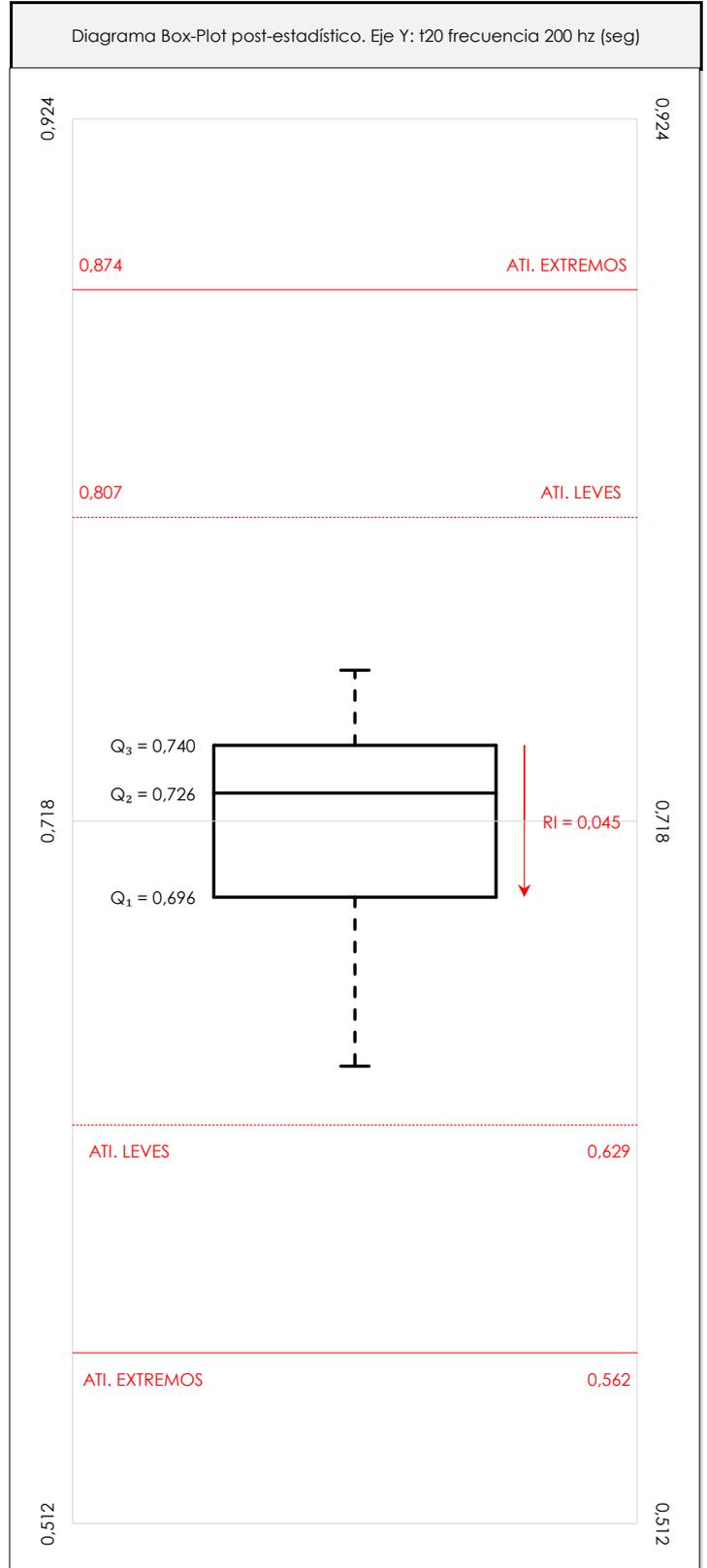
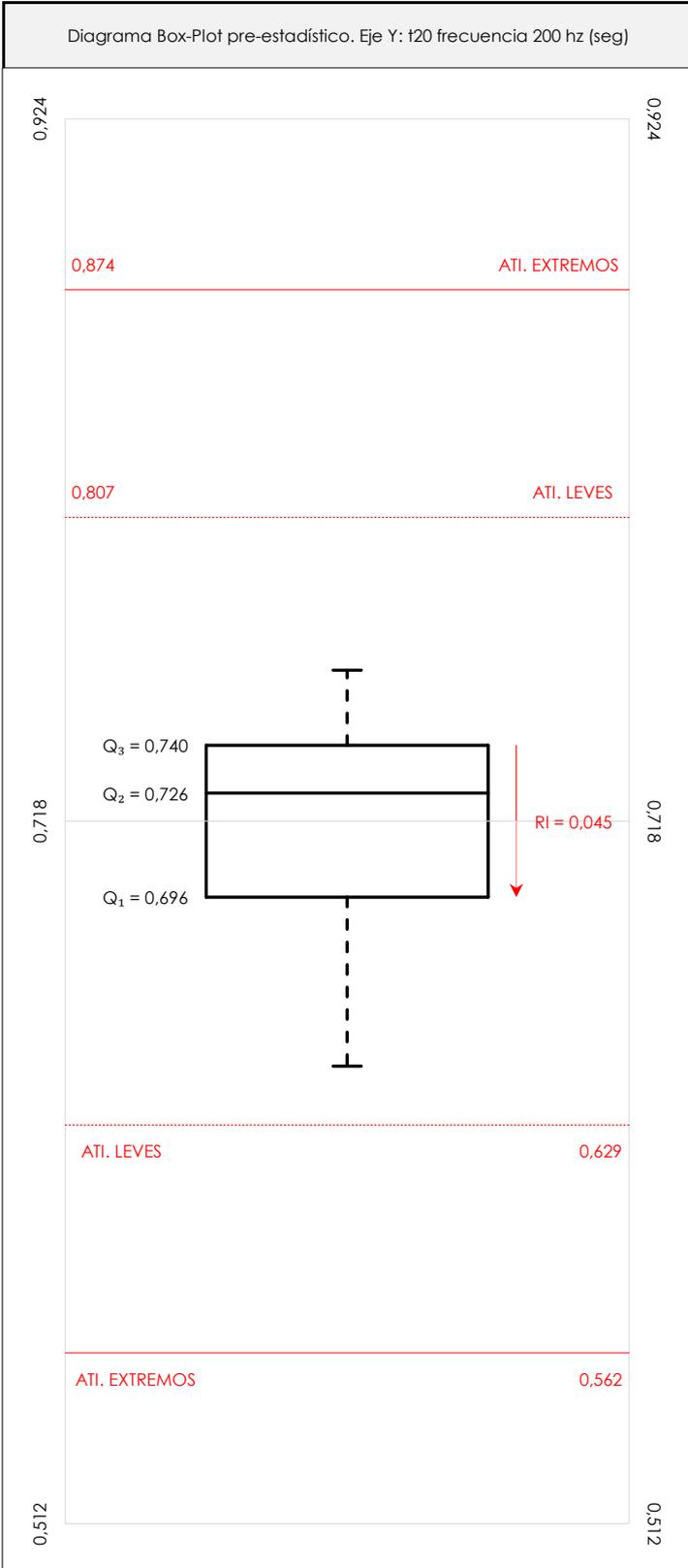
[dudoso]

[insatisfactorio]



## T20 FRECUENCIA 200 HZ (seg) Análisis D. Estudios post-estadísticos

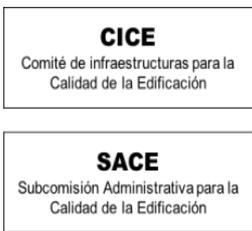
### Apartado D.3. Diagramas Box-Plot o de Caja y Bigotes



#### ANÁLISIS GRÁFICO DE CAJA Y BIGOTES (ANTES Y DESPUÉS DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO)

Diagramas de caja y bigotes (Box Plot) de las medias aritméticas de los resultados aportados por los laboratorios antes (diagrama de la izquierda. Este incluye valores aberrantes y anómalos) y después (diagrama de la derecha. No incluye los valores descartados a lo largo del estudio) de análisis estadístico.

En ambos se han representado: el primer cuartil (Q<sub>1</sub> ; 25% de los datos), el segundo cuartil o la mediana (Q<sub>2</sub> ; 50% de los datos), el tercer cuartil (Q<sub>3</sub> ; 75% de los datos), el rango intercuartílico (RI ; cuartil tres menos cuartil uno) y los límites de valores atípicos leves (f<sub>3</sub> y f<sub>1</sub> para el máximo y mínimo respectivamente ; líneas discontinuas de color rojo) y extremos (f<sub>3</sub>\* y f<sub>1</sub>\* para el máximo y mínimo respectivamente ; líneas continuas de color rojo).



# T20 FRECUENCIA 200 HZ (seg)

## Conclusiones

### Determinación de la repetibilidad y reproducibilidad

El análisis estadístico EILA20 para el ensayo "T20 FRECUENCIA 200 HZ", ha contado con la participación de un total de 8 laboratorios, debiendo haber aportado cada uno de ellos, un total de 5 determinaciones individuales además de su valor medio.

Tras analizar los resultados podemos concluir que, para cumplir con los criterios estadísticos establecidos en el informe, un total de 0 laboratorios han sido apartados de la evaluación final: 0 en el Análisis Pre-Estadístico (por no cumplir el criterio de validación y/o el procedimiento de ejecución recogido en la norma de ensayo) y 0 en el Análisis Estadístico (por resultar anómalos o aberrantes en las técnicas gráficas de consistencia de Mandel y en los ensayos de detección de resultados numéricos de Cochran y Grubbs), al cabo de 1 iteraciones.

De cada uno de los análisis (pre-estadístico y estadístico), se obtienen las siguientes tablas:

TIPO DE ANALISIS	PRE-ESTADISTICO						ESTADISTICO					
Variables	X <sub>i1</sub>	X <sub>i2</sub>	X <sub>i3</sub>	X <sub>i4</sub>	X <sub>i5</sub>	$\bar{X}_{i\text{arit}}$	X <sub>i1</sub>	X <sub>i2</sub>	X <sub>i3</sub>	X <sub>i4</sub>	X <sub>i5</sub>	$\bar{X}_{i\text{arit}}$
<b>Valor Máximo (max ; %)</b>	0,81	0,88	0,77	0,83	0,81	0,76	0,81	0,88	0,77	0,83	0,81	0,76
<b>Valor Mínimo (min ; %)</b>	0,57	0,51	0,63	0,68	0,62	0,65	0,57	0,51	0,63	0,68	0,62	0,65
<b>Valor Promedio (M ; %)</b>	0,71	0,72	0,71	0,73	0,72	0,72	0,71	0,72	0,71	0,73	0,72	0,72
<b>Desviación Típica (SDL ; ---)</b>	0,07	0,11	0,05	0,05	0,06	0,04	0,07	0,11	0,05	0,05	0,06	0,04
<b>Coef. Variación (CV ; ---)</b>	0,10	0,15	0,06	0,07	0,08	0,05	0,10	0,15	0,06	0,07	0,08	0,05
VARIABLES	S <sub>r</sub> <sup>2</sup>	r	S <sub>L</sub> <sup>2</sup>	S <sub>R</sub> <sup>2</sup>	R	S <sub>r</sub> <sup>2</sup>	r	S <sub>L</sub> <sup>2</sup>	S <sub>R</sub> <sup>2</sup>	R		
<b>Valor Calculado</b>	0,004	0,175	0,001	0,005	0,188	0,004	0,175	0,001	0,005	0,188		
<b>Valor Referencia</b>												

Asimismo, acompañando a éstas tablas y dependiendo del análisis que se esté llevando a cabo, se introducen los indicadores estadísticos "h y k" de Mandel y los valores críticos "C" de Cochran y "G<sub>sim</sub> y G<sub>Dob</sub>" de Grubbs, todos ellos adimensionales, obtenidos de las tablas 4, 5, 6 y 7 de la norma UNE 82009-2:1999 o mediante ecuación matemática, en función del número de laboratorios y del número de ensayos efectuados por cada uno de ellos:

TIPO DE ANALISIS	PRE-ESTADISTICO					ESTADISTICO				
VARIABLES	h	k	C	G <sub>sim</sub>	G <sub>Dob</sub>	h	k	C	G <sub>sim</sub>	G <sub>Dob</sub>
<b>Nivel de Significación 1%</b>	2,06	1,71	0,463	2,274	0,0563	2,06	1,71	0,463	2,274	0,0563
<b>Nivel de Significación 5%</b>	1,75	1,50	0,391	2,126	0,1101	1,75	1,50	0,391	2,126	0,1101

Con los resultados de los laboratorios, que tras los dos análisis estadísticos son evaluados por Z-Score, se han obtenido: 8 resultados satisfactorios, 0 resultados dudosos y 0 resultados insatisfactorios.

Respecto a los métodos para determinar la repetibilidad y la reproducibilidad de las mediciones se van a basar en la evaluación estadística recogida en la ISO 17025, sobre las dispersiones de los resultados individuales y su media, en forma de varianzas o desviaciones estándar, también conocida como ANOVA (siglas de analysis of variance).

Sabiendo que una varianza es la suma de cuadrados dividida por un número, que se llama grados de libertad, que depende del número de participantes menos 1, se puede decir que la imprecisión del ensayo se descompone en dos factores: uno de ellos genera la imprecisión mínima, presente en condiciones de repetibilidad (variabilidad intralaboratorio) y el otro la imprecisión adicional, obtenida en condiciones de reproducibilidad (variabilidad debida al cambio de laboratorio).

Las condiciones de repetibilidad de este ensayo son: mismo laborante, mismo laboratorio y mismo equipo de medición utilizado dentro de un período de tiempo corto. Por ende, las condiciones de reproducibilidad para la misma muestra y ensayo, cambian en: el laborante, el laboratorio, el equipo y las condiciones de uso y tiempo.

**CICE**

Comité de infraestructuras para la  
Calidad de la Edificación



**CSIC**

CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

INSTITUTO  
DE EDIFICACIÓN  
Y  
ACÚSTICA

**SACE**

Subcomisión Administrativa para la  
Calidad de la Edificación

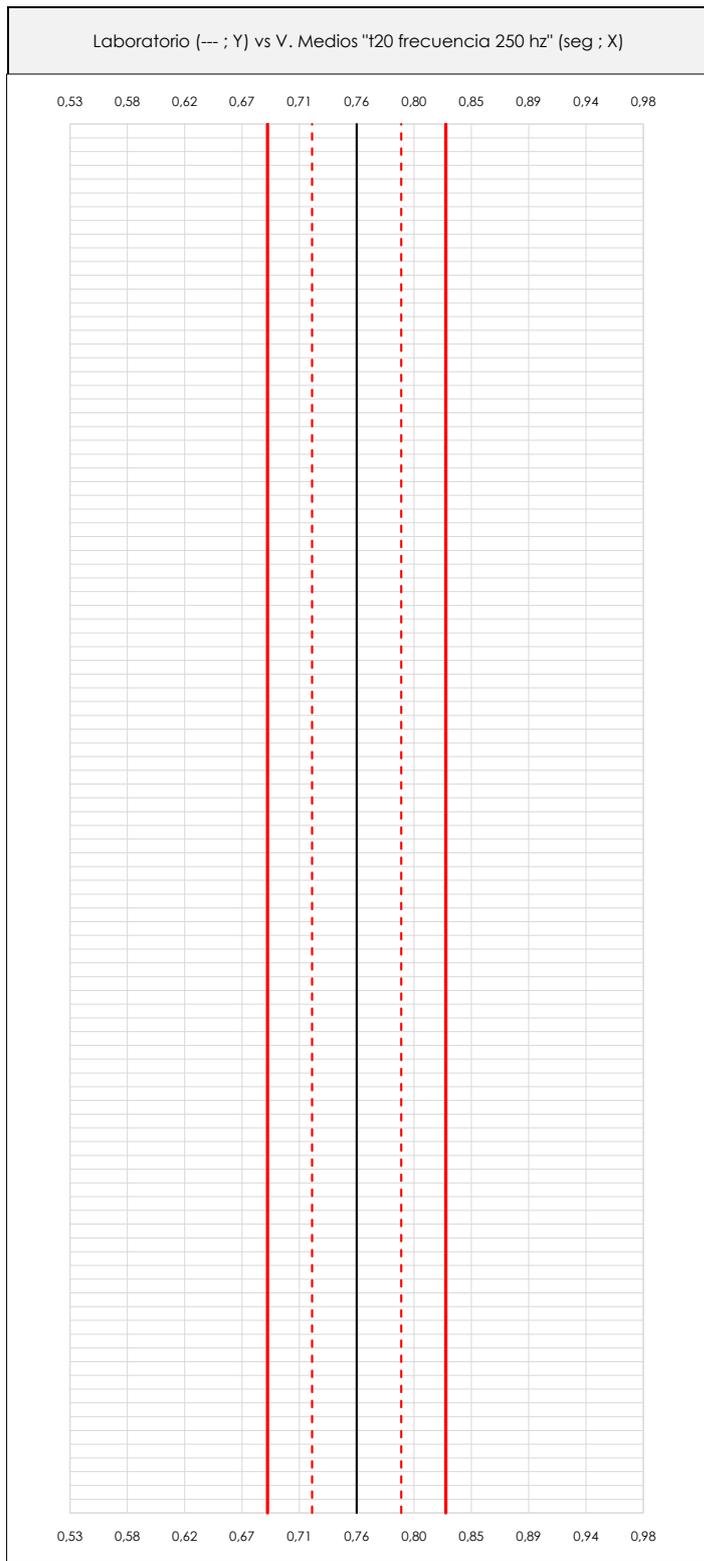
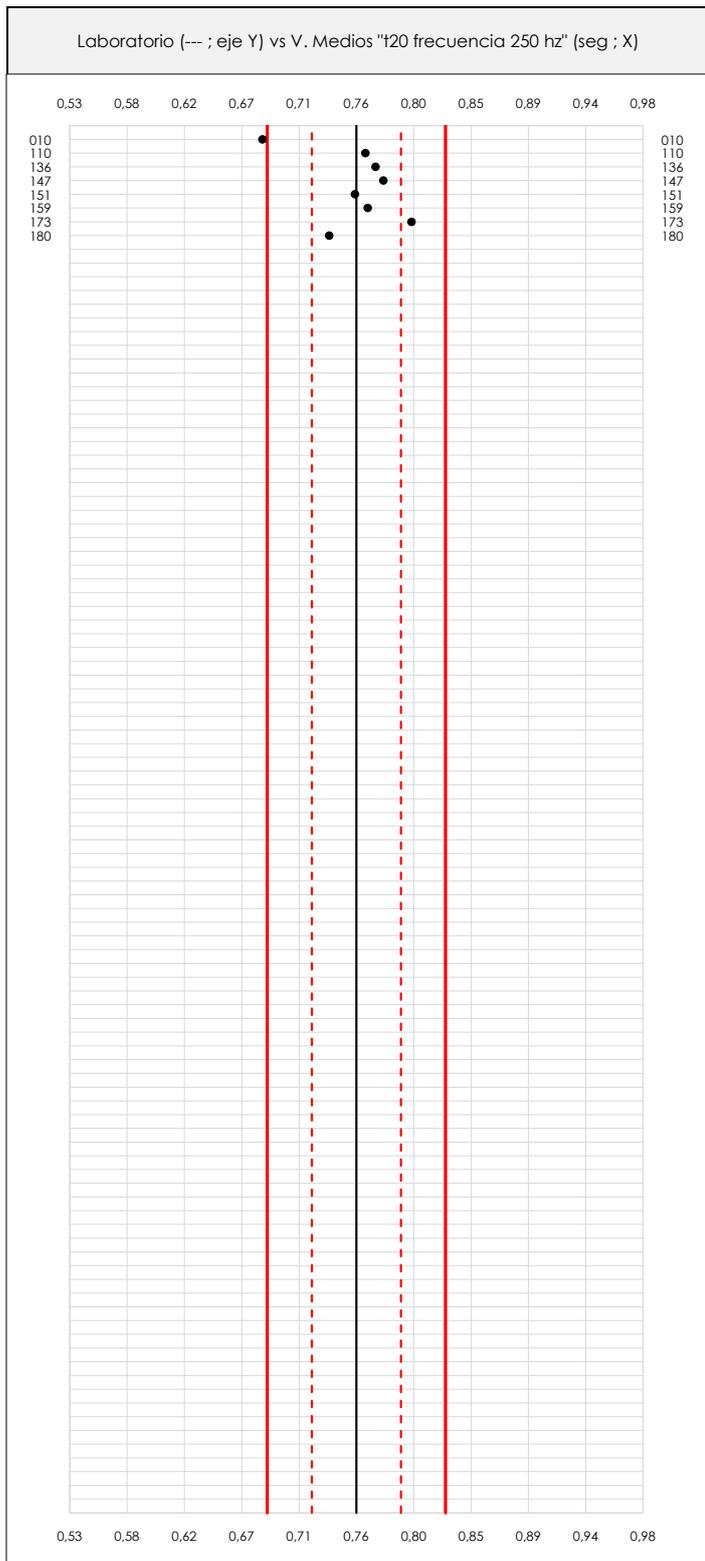
# ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE ACÚSTICA

T20 FRECUENCIA 250 HZ

## T20 FRECUENCIA 250 HZ (seg)

### Análisis A. Estudio pre-estadístico

#### Apartado A.1. Gráficos de dispersión de valores medios



**ANÁLISIS GRÁFICO DE DISPERSIÓN MEDIA (ANTES DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO)**

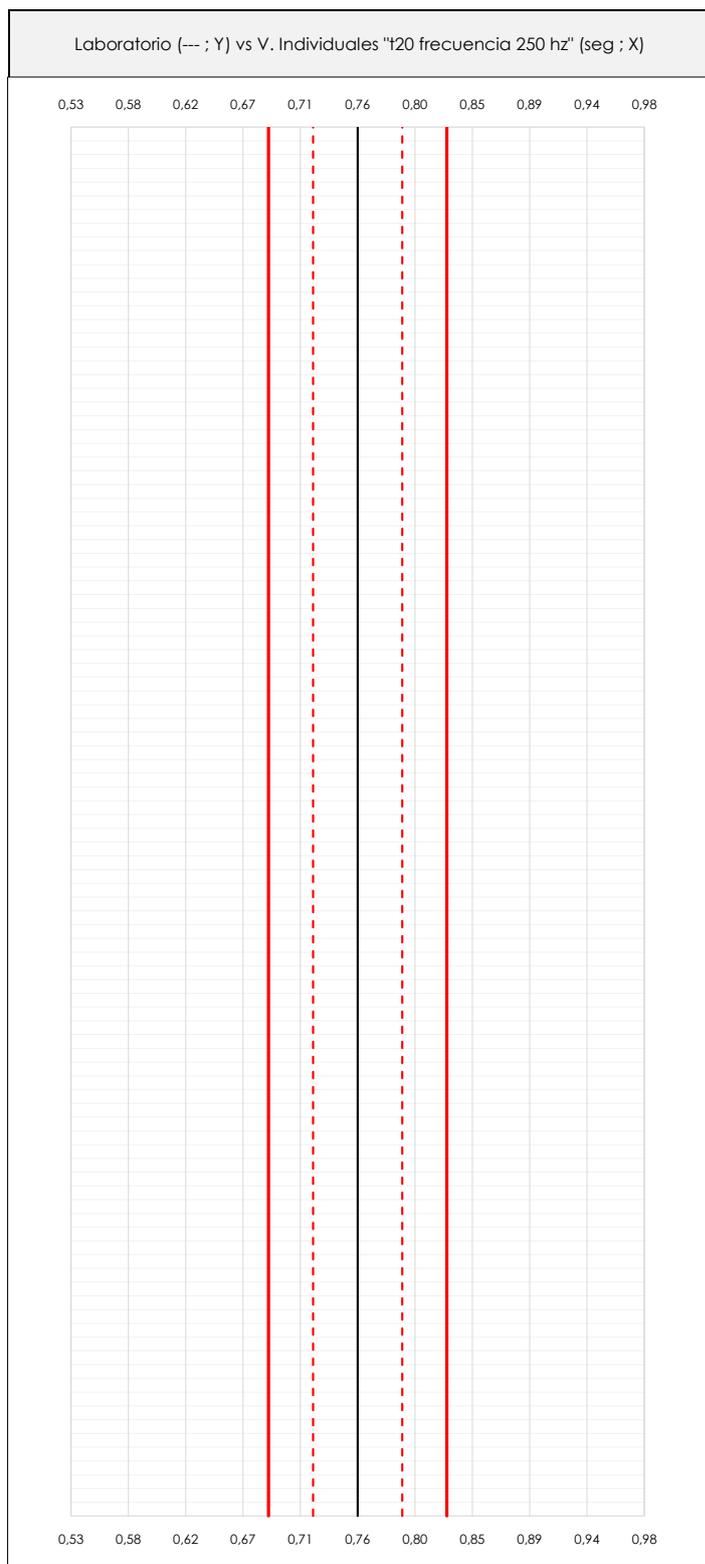
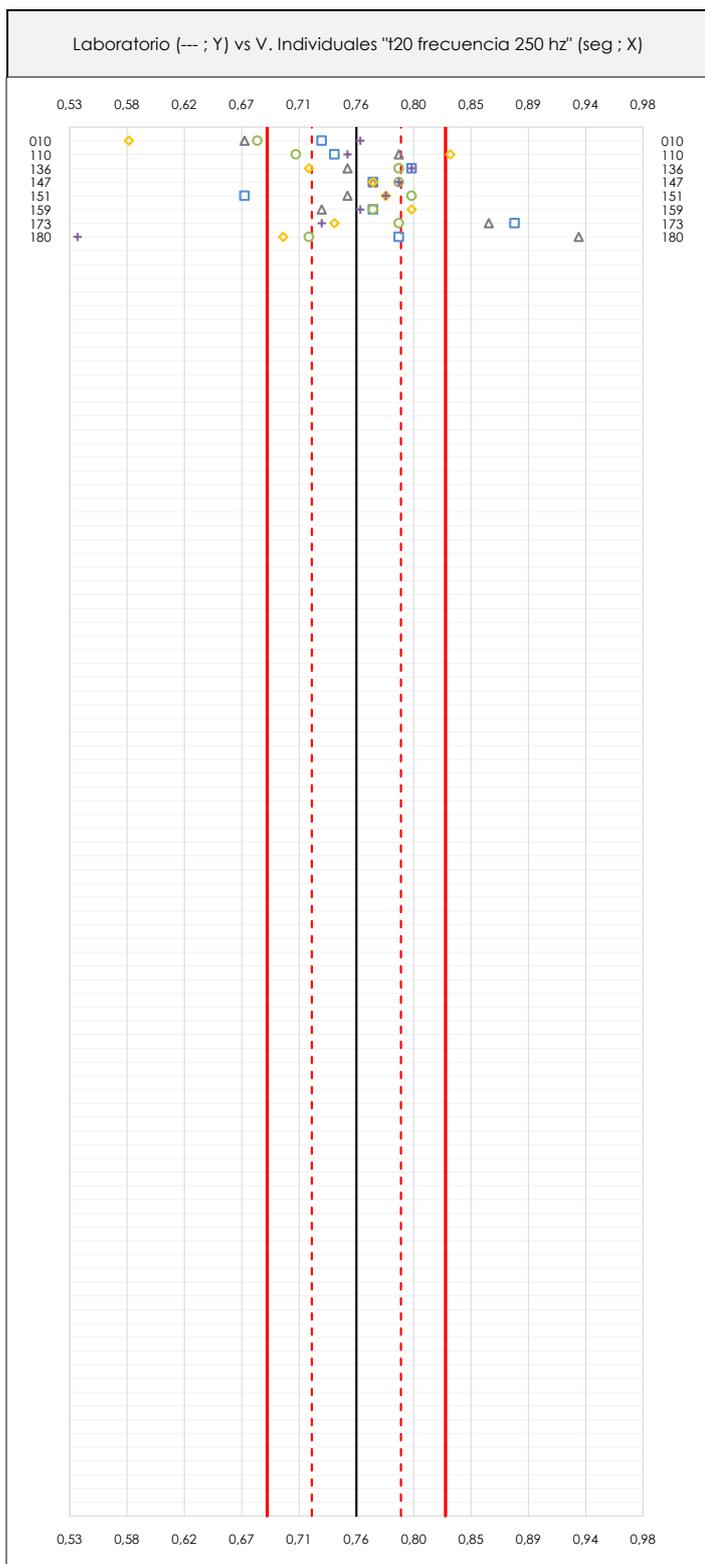
Dispersión de las medias aritméticas intra-laboratorios respecto de la media aritmética inter-laboratorios (0,76 ; línea negra de trazo continuo), la media aritmética inter-laboratorios más/menos la desviación típica (0,79/0,72 ; líneas rojas de trazo punteado) y la media aritmética inter-laboratorios más/menos el doble de la desviación típica (0,83/0,69 ; líneas rojas de trazo continuo).

En el eje Y (adimensional) quedan reflejados los códigos de los laboratorios participantes y en el eje X (las unidades son las mismas que las del ensayo que se está analizando) las medias aritméticas intra-laboratorios representadas por punto de color negro.

## T20 FRECUENCIA 250 HZ (seg)

### Análisis A. Estudio pre-estadístico

#### Apartado A.2. Gráficos de dispersión de valores individuales



#### ANÁLISIS GRÁFICOS DE DISPERSIÓN INDIVIDUAL (ANTES DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO)

Dispersión de los valores individuales respecto de la media aritmética inter-laboratorios (0,76 ; línea negra de trazo continuo), la media aritmética inter-laboratorios más/menos la desviación típica (0,79/0,72 ; líneas rojas de trazo punteado) y la media aritmética inter-laboratorios más/menos el doble de la desviación típica (0,83/0,69 ; líneas rojas de trazo continuo).

En el eje Y (adimensional) queda reflejado el código del laboratorio participante y en el eje X (las unidades son las de los resultados del ensayo que se está analizando) los resultados individuales: el primero ( $X_{i,1}$ ) se representa con un cuadrado azul, el segundo ( $X_{i,2}$ ) con un círculo verde, el tercero ( $X_{i,3}$ ) con un triángulo gris y el cuarto ( $X_{i,4}$ ) con un rombo amarillo.



## T20 FRECUENCIA 250 HZ (seg)

### Análisis A. Estudio pre-estadístico

#### Apartado A.3. Determinaciones matemáticas

Lab	$X_{i1}$	$X_{i2}$	$X_{i3}$	$X_{i4}$	$X_{i5}$	$\bar{X}_{i\text{arit}}$	$S_{Li}$	$D_{i\text{arit}}\%$	Pasa A	Observaciones
10	0,73	0,68	0,67	0,58	0,76	0,68	0,069	-9,64	✓	
110	0,74	0,71	0,79	0,83	0,75	0,76	0,047	0,92	✓	
136	0,80	0,79	0,75	0,72	0,80	0,77	0,036	1,98	✓	
147	0,77	0,79	0,77	0,77	0,79	0,78	0,011	2,77	✓	
151	0,67	0,80	0,75	0,78	0,78	0,76	0,051	-0,13	✓	
159	0,77	0,77	0,73	0,80	0,76	0,77	0,025	1,19	✓	
173	0,88	0,79	0,86	0,74	0,73	0,80	0,068	5,68	✓	
180	0,79	0,72	0,93	0,70	0,54	0,74	0,142	-2,77	✓	

**NOTAS:**

- <sup>01</sup> " $X_{ij}$ " con  $j = 1, 2, 3, 4, 5$ " es cada uno de los resultados individuales aportados por cada laboratorio, " $\bar{X}_{i\text{arit}}$ " es la media aritmética intralaboratorio calculada sin redondear.
- <sup>02</sup> " $S_{Li}$ " es la desviación típica intralaboratorios y " $D_{i\text{arit}}\%$ " la desviación, en porcentaje, de la media aritmética intralaboratorios calculada respecto de la media aritmética interlaboratorios.
- <sup>03</sup> Los resultados aportados por los laboratorios podrán ser descartados (X) si no cumplen con los criterios establecidos en el protocolo EILA o si no han realizado el ensayo conforme a norma.
- <sup>04</sup> El código colorimétrico empleado para las celdas es: [máximo] [mínimo]

**CICE**  
Comité de infraestructuras para la  
Calidad de la Edificación

**SACE**  
Subcomisión Administrativa para la  
Calidad de la Edificación



## T20 FRECUENCIA 250 HZ (seg)

### Análisis B. Mandel, Cochran y Grubbs

Apartado B.1. Gráfico de consistencia inter-laboratorios "h" de Mandel



#### ANÁLISIS GRÁFICO DE CONSISTENCIA INTER-LABORATORIOS

Análisis gráfico de consistencia inter-laboratorios "h" de Mandel. En él se representan las medias aritméticas inter-laboratorios y los indicadores estadísticos para un 1% y un 5% de significación (valores obtenidos de la tabla 6 norma UNE 82009-2:1999 o mediante ecuación matemática, en función del número de laboratorios participantes).

Las líneas continuas de color morado (indicador estadístico para un 1% de significación) marca el límite a partir del cual un valor es considerado aberrante y las discontinuas de color rosáceo (indicador estadístico para un 5% de significación), cuando es considerado anómalo. Una equis de color rojo (X) sobre el eje cero indica que el laboratorio ha sido descartado.



## T20 FRECUENCIA 250 HZ (seg)

### Análisis B. Mandel, Cochran y Grubbs

Apartado B.2. Gráfico de consistencia intra-laboratorios "k" de Mandel



#### ANÁLISIS GRÁFICO DE CONSISTENCIA INTRA-LABORATORIOS

Análisis gráfico de consistencia intra-laboratorios "k" de Mandel. En él se representan las medias aritméticas intra-laboratorios y los indicadores estadísticos para un 1% y un 5% de significación (valores obtenidos de la tabla 6 norma UNE 82009-2:1999 o mediante ecuación matemática, en función del número de laboratorios participantes y el número de ensayos efectuados).

Las líneas continuas de color morado (indicador estadístico para un 1% de significación) marca el límite a partir del cual un valor es considerado aberrante y las discontinuas de color rosáceo (indicador estadístico para un 5% de significación), cuando es considerado anómalo. Una equis de color rojo (X) sobre el eje cero indica que el laboratorio ha sido descartado.



## T20 FRECUENCIA 250 HZ (seg)

### Análisis B. Mandel, Cochran y Grubbs

#### Apartado B.3. Determinaciones matemáticas

Lab	X <sub>i1</sub>	X <sub>i2</sub>	X <sub>i3</sub>	X <sub>i4</sub>	X <sub>i5</sub>	$\bar{X}_{i \text{ arit}}$	S <sub>Li</sub>	D <sub>i arit</sub> %	h <sub>i</sub>	k <sub>i</sub>	C <sub>i</sub>	G <sub>sim Inf</sub>	G <sub>sim Sup</sub>	G <sub>Dob Inf</sub>	G <sub>Dob Sup</sub>	Pasa B		
10	0,730	0,680	0,670	0,580	0,760	0,684	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	X	
110	0,74	0,710	0,790	0,830	0,750	0,764	0,047	-1,12	-0,57	1,07				0,5625			✓	
136	0,80	0,790	0,750	0,720	0,800	0,772	0,036	-0,09	-0,04	0,81							✓	
147	0,77	0,790	0,770	0,770	0,790	0,778	0,011	0,69	0,35	0,25					0,1116		✓	
151	0,67	0,800	0,750	0,780	0,780	0,756	0,051	-2,16	-1,09	1,17		1,088		0,5625			✓	
159	0,77	0,770	0,730	0,800	0,760	0,766	0,025	-0,86	-0,44	0,57							✓	
173	0,88	0,790	0,860	0,740	0,730	0,800	0,068	3,54	1,78*	1,56*	0,405		1,784		0,1116		✓	
180	0,79	0,720	0,930	0,700	0,540	0,736	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	X

**NOTAS:**

<sup>01</sup> "X<sub>i j</sub> con j = 1, 2, 3, 4, 5" es cada uno de los resultados individuales aportados por cada laboratorio, " $\bar{X}_{i \text{ arit}}$ " es la media aritmética intralaboratorio calculada sin redondear.

<sup>02</sup> "S<sub>Li</sub>" es la desviación típica intralaboratorios y "D<sub>i arit</sub> %" la desviación, en porcentaje, de la media aritmética intralaboratorios calculada respecto de la media aritmética interlaboratorios.

<sup>03</sup> "h<sub>i</sub> y k<sub>i</sub>", "C<sub>i</sub>", "G<sub>sim</sub> y G<sub>Dob</sub>" hacen referencia a los estadísticos de Mandel, Cochran y Grubbs, respectivamente, obtenidos para cada laboratorio en función de los resultados aportados.

<sup>04</sup> El código colorimétrico empleado para las celdas es:

[aberrante]
[anómalo]
[máximo]
[mínimo]

**CICE**  
Comité de infraestructuras para la  
Calidad de la Edificación

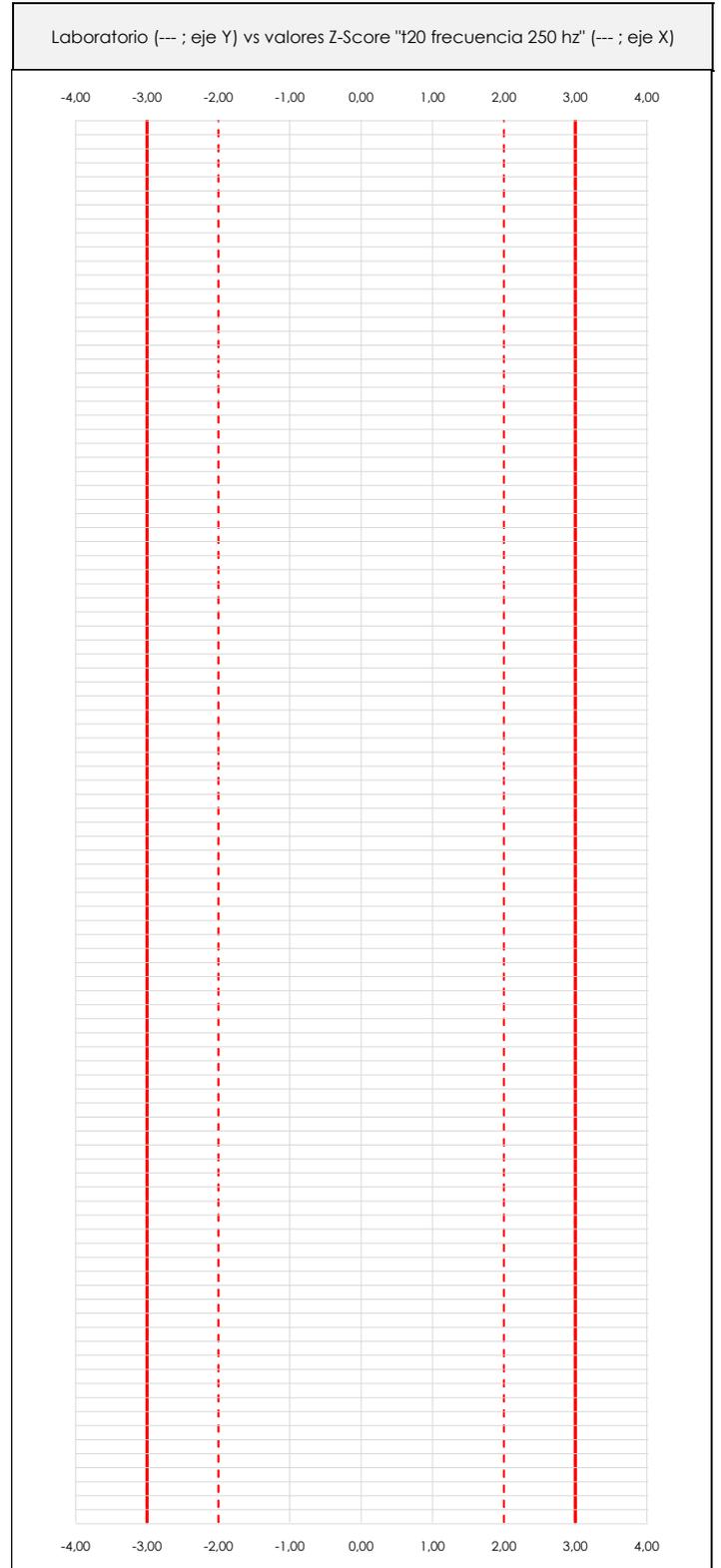
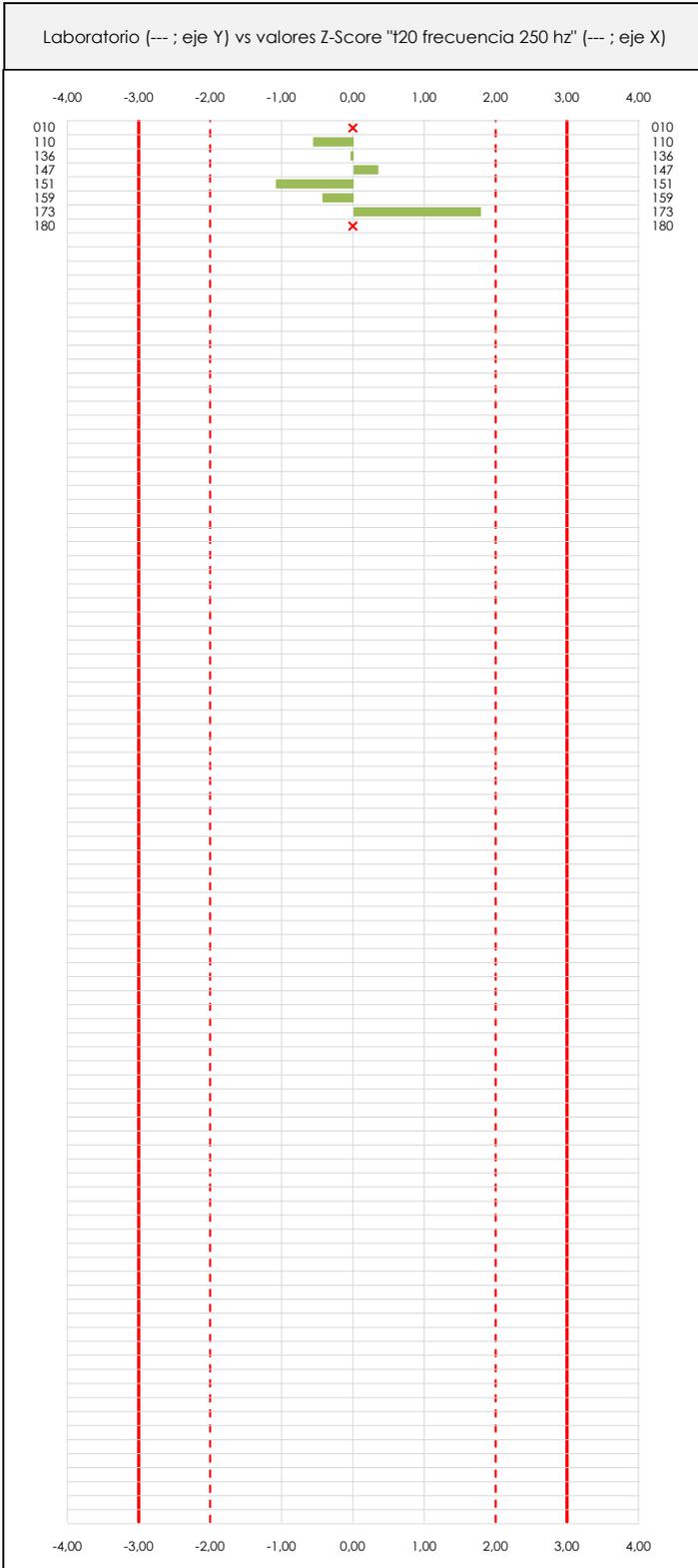
**SACE**  
Subcomisión Administrativa para la  
Calidad de la Edificación



## T20 FRECUENCIA 250 HZ (seg)

### Análisis C. Evaluación Z-Score

#### Apartado C.1. Análisis gráfico Altman Z-Score



#### ANÁLISIS GRÁFICO Z-SCORE

Diagrama Z-Score para los resultados aportados por los laboratorios. Estos se considerarán satisfactorios (S) si el valor absoluto del Z-Score es menor o igual a 2 unidades, dudoso si está comprendido entre 2 y 3 unidades e insatisfactorio si es mayor o igual a 3 unidades.

Los resultados satisfactorios quedan reflejados entre las dos líneas rojas discontinuas, líneas de referencia en la evaluación Z-Score.



## T20 FRECUENCIA 250 HZ (seg)

### Análisis C. Evaluación Z-Score

#### Apartado C.2. Determinaciones matemáticas

Lab	X <sub>i1</sub>	X <sub>i2</sub>	X <sub>i3</sub>	X <sub>i4</sub>	X <sub>i5</sub>	$\bar{X}_{i\text{arit}}$	S <sub>Li</sub>	D <sub>iarit</sub> %	Pasa A	Pasa B	Total	Causa	Iteración	Z-Score	Evaluación
10	0,73	0,68	0,67	0,58	0,76	0,68	---	---	✓	✗	✗	AB	0	---	---
110	0,74	0,71	0,79	0,83	0,75	0,76	0,047	-1,12	✓	✓	✓			-0,566	S
136	0,80	0,79	0,75	0,72	0,80	0,77	0,036	-0,09	✓	✓	✓			-0,044	S
147	0,77	0,79	0,77	0,77	0,79	0,78	0,011	0,69	✓	✓	✓			0,348	S
151	0,67	0,80	0,75	0,78	0,78	0,76	0,051	-2,16	✓	✓	✓			-1,088	S
159	0,77	0,77	0,73	0,80	0,76	0,77	0,025	-0,86	✓	✓	✓			-0,435	S
173	0,88	0,79	0,86	0,74	0,73	0,80	0,068	3,54	✓	✓	✓			1,784	S
180	0,79	0,72	0,93	0,70	0,54	0,74	---	---	✓	✗	✗	AB	0	---	---

**NOTAS:**

<sup>01</sup> "X<sub>i j</sub> con j = 1, 2, 3, 4, 5" es cada uno de los resultados individuales aportados por cada laboratorio, " $\bar{X}_{i\text{arit}}$ " es la media aritmética intralaboratorio calculada sin redondear.

<sup>02</sup> "S<sub>Li</sub>" es la desviación típica intralaboratorios y "D<sub>iarit</sub> %" la desviación, en porcentaje, de la media aritmética intralaboratorios calculada respecto de la media aritmética interlaboratorios.

<sup>03</sup> La evaluación Z-Score (ZS) será considerada de tipo: [Satisfactorio (S) - si | ZS | ≤ 2] [Dudoso (D) - si 2 < | ZS | ≤ 3] [Insatisfactorio (I) - si | ZS | > 3].

<sup>04</sup> El código colorimétrico empleado para las celdas es:

[dudoso]

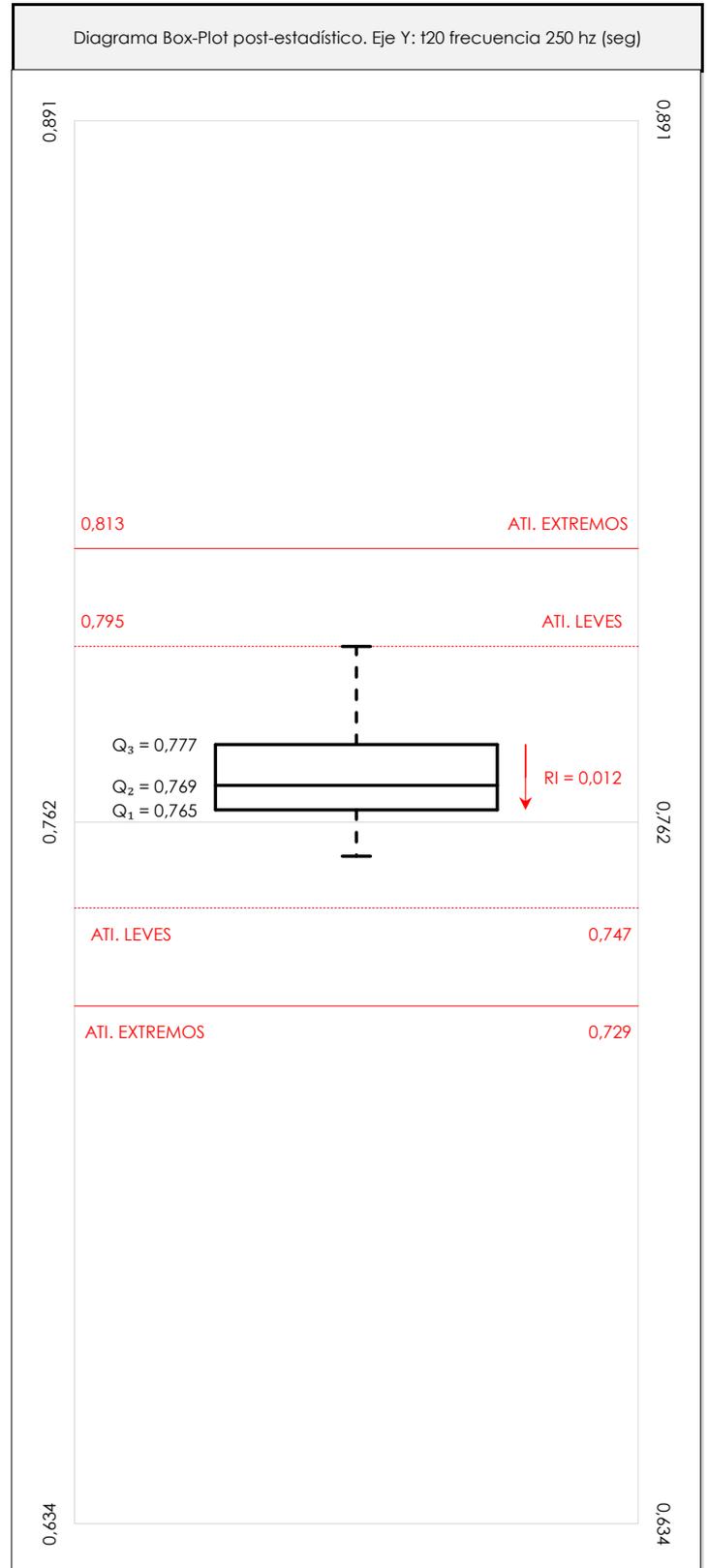
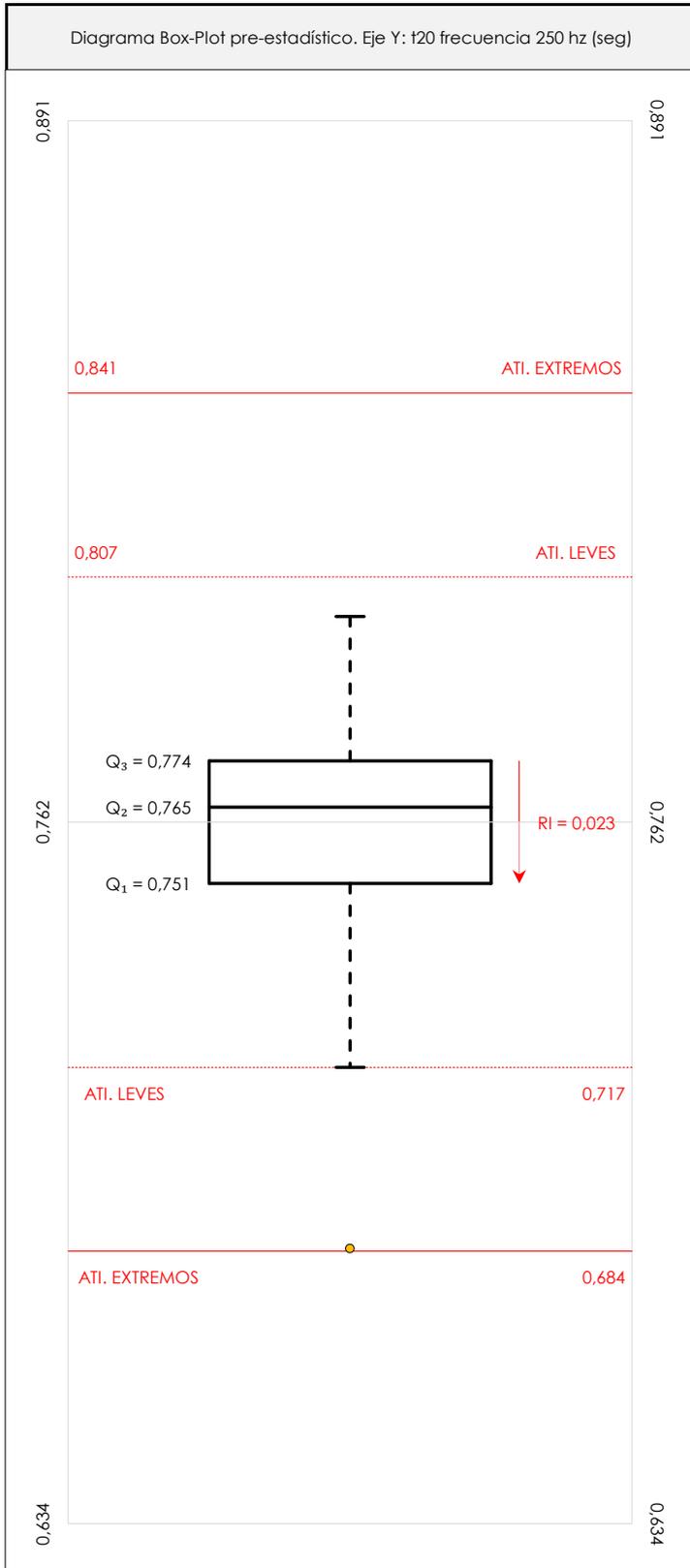
[insatisfactorio]



## T20 FRECUENCIA 250 HZ (seg)

### Análisis D. Estudios post-estadísticos

#### Apartado D.3. Diagramas Box-Plot o de Caja y Bigotes



#### ANÁLISIS GRÁFICO DE CAJA Y BIGOTES (ANTES Y DESPUÉS DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO)

Diagramas de caja y bigotes (Box Plot) de las medias aritméticas de los resultados aportados por los laboratorios antes (diagrama de la izquierda. Este incluye valores aberrantes y anómalos) y después (diagrama de la derecha. No incluye los valores descartados a lo largo del estudio) de análisis estadístico.

En ambos se han representado: el primer cuartil (Q<sub>1</sub> ; 25% de los datos), el segundo cuartil o la mediana (Q<sub>2</sub> ; 50% de los datos), el tercer cuartil (Q<sub>3</sub> ; 75% de los datos), el rango intercuartílico (RI ; cuartil tres menos cuartil uno) y los límites de valores atípicos leves (f<sub>3</sub> y f<sub>1</sub> para el máximo y mínimo respectivamente ; líneas discontinuas de color rojo) y extremos (f<sub>3</sub>\* y f<sub>1</sub>\* para el máximo y mínimo respectivamente ; líneas continuas de color rojo).



## T20 FRECUENCIA 250 HZ (seg)

### Conclusiones

#### Determinación de la repetibilidad y reproducibilidad

El análisis estadístico EILA20 para el ensayo "T20 FRECUENCIA 250 HZ", ha contado con la participación de un total de 8 laboratorios, debiendo haber aportado cada uno de ellos, un total de 5 determinaciones individuales además de su valor medio.

Tras analizar los resultados podemos concluir que, para cumplir con los criterios estadísticos establecidos en el informe, un total de 2 laboratorios han sido apartados de la evaluación final: 0 en el Análisis Pre-Estadístico (por no cumplir el criterio de validación y/o el procedimiento de ejecución recogido en la norma de ensayo) y 2 en el Análisis Estadístico (por resultar anómalos o aberrantes en las técnicas gráficas de consistencia de Mandel y en los ensayos de detección de resultados numéricos de Cochran y Grubbs), al cabo de 2 iteraciones.

De cada uno de los análisis (pre-estadístico y estadístico), se obtienen las siguientes tablas:

TIPO DE ANALISIS	PRE-ESTADISTICO						ESTADISTICO					
Variables	$X_{i_1}$	$X_{i_2}$	$X_{i_3}$	$X_{i_4}$	$X_{i_5}$	$\bar{X}_{i_{arit}}$	$X_{i_1}$	$X_{i_2}$	$X_{i_3}$	$X_{i_4}$	$X_{i_5}$	$\bar{X}_{i_{arit}}$
Valor Máximo (max ; %)	0,88	0,80	0,93	0,83	0,80	0,80	0,88	0,80	0,86	0,83	0,80	0,80
Valor Mínimo (min ; %)	0,67	0,68	0,67	0,58	0,54	0,68	0,67	0,71	0,73	0,72	0,73	0,76
Valor Promedio (M ; %)	0,77	0,76	0,78	0,74	0,74	0,76	0,77	0,78	0,78	0,77	0,77	0,77
Desviación Típica (SDL ; ---)	0,06	0,05	0,08	0,08	0,08	0,03	0,07	0,03	0,05	0,04	0,03	0,02
Coef. Variación (CV ; ---)	0,08	0,06	0,10	0,10	0,11	0,05	0,09	0,04	0,06	0,05	0,03	0,02
VARIABLES	$S_r^2$	r	$S_L^2$	$S_R^2$	R	$S_r^2$	r	$S_L^2$	$S_R^2$	R	$S_r^2$	r
Valor Calculado	0,005	0,187	0,000	0,005	0,193	0,002	0,121	0,000	0,002	0,116	0,002	0,116
Valor Referencia												

Asimismo, acompañando a éstas tablas y dependiendo del análisis que se esté llevando a cabo, se introducen los indicadores estadísticos "h y k" de Mandel y los valores críticos "C" de Cochran y "G<sub>sim</sub> y G<sub>Dob</sub>" de Grubbs, todos ellos adimensionales, obtenidos de las tablas 4, 5, 6 y 7 de la norma UNE 82009-2:1999 o mediante ecuación matemática, en función del número de laboratorios y del número de ensayos efectuados por cada uno de ellos:

TIPO DE ANALISIS	PRE-ESTADISTICO					ESTADISTICO				
VARIABLES	h	k	C	G <sub>sim</sub>	G <sub>Dob</sub>	h	k	C	G <sub>sim</sub>	G <sub>Dob</sub>
Nivel de Significación 1%	1,87	1,68	0,463	1,973	0,0116	1,87	1,68	0,564	1,973	0,0116
Nivel de Significación 5%	1,66	1,48	0,391	1,887	0,0349	1,66	1,48	0,480	1,887	0,0349

Con los resultados de los laboratorios, que tras los dos análisis estadísticos son evaluados por Z-Score, se han obtenido: 6 resultados satisfactorios, 0 resultados dudosos y 0 resultados insatisfactorios.

Respecto a los métodos para determinar la repetibilidad y la reproducibilidad de las mediciones se van a basar en la evaluación estadística recogida en la ISO 17025, sobre las dispersiones de los resultados individuales y su media, en forma de varianzas o desviaciones estándar, también conocida como ANOVA (siglas de analysis of variance).

Sabiendo que una varianza es la suma de cuadrados dividida por un número, que se llama grados de libertad, que depende del número de participantes menos 1, se puede decir que la imprecisión del ensayo se descompone en dos factores: uno de ellos genera la imprecisión mínima, presente en condiciones de repetibilidad (variabilidad intralaboratorio) y el otro la imprecisión adicional, obtenida en condiciones de reproducibilidad (variabilidad debida al cambio de laboratorio).

Las condiciones de repetibilidad de este ensayo son: mismo laborante, mismo laboratorio y mismo equipo de medición utilizado dentro de un período de tiempo corto. Por ende, las condiciones de reproducibilidad para la misma muestra y ensayo, cambian en: el laborante, el laboratorio, el equipo y las condiciones de uso y tiempo.

**CICE**

Comité de infraestructuras para la  
Calidad de la Edificación



**CSIC**

CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

INSTITUTO  
DE EDIFICACIÓN  
Y ACÚSTICA

**SACE**

Subcomisión Administrativa para la  
Calidad de la Edificación

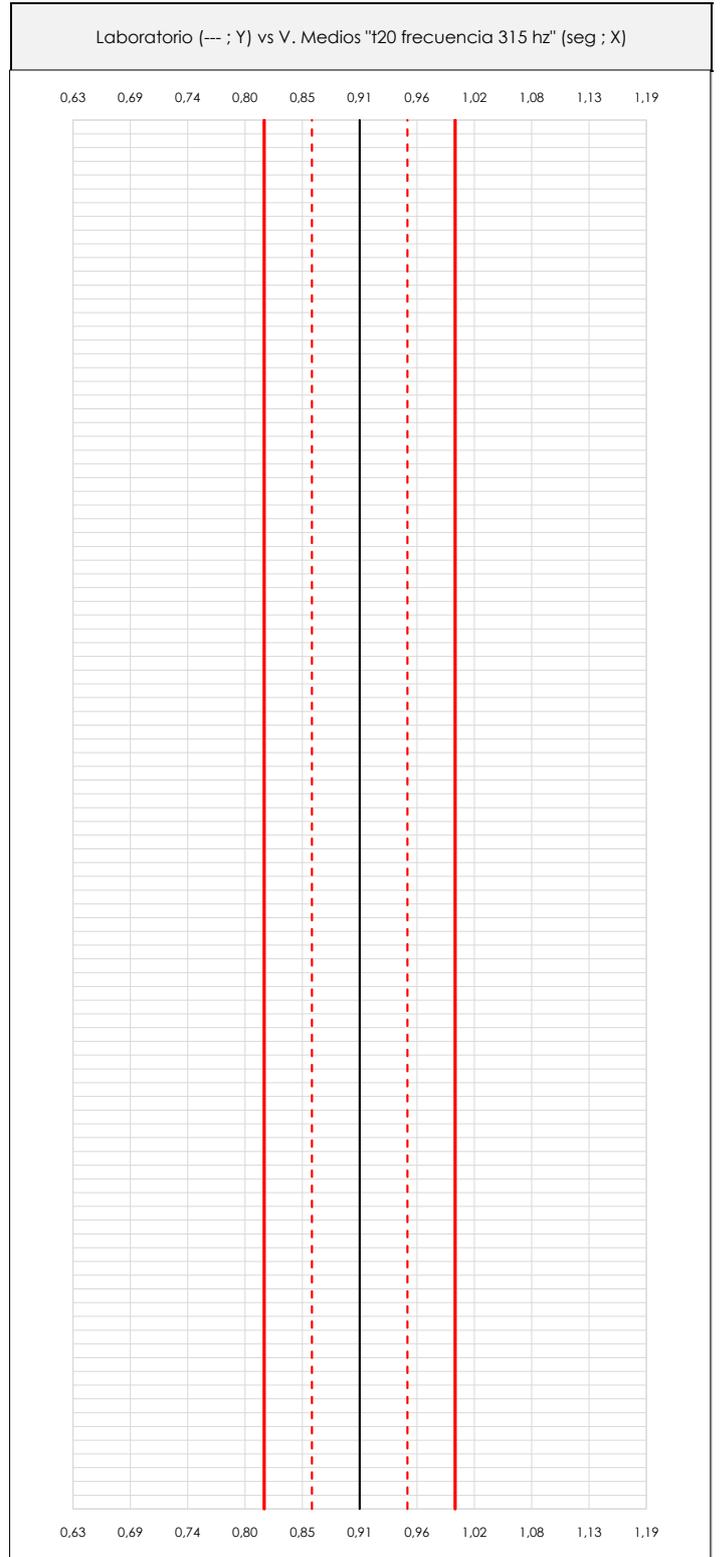
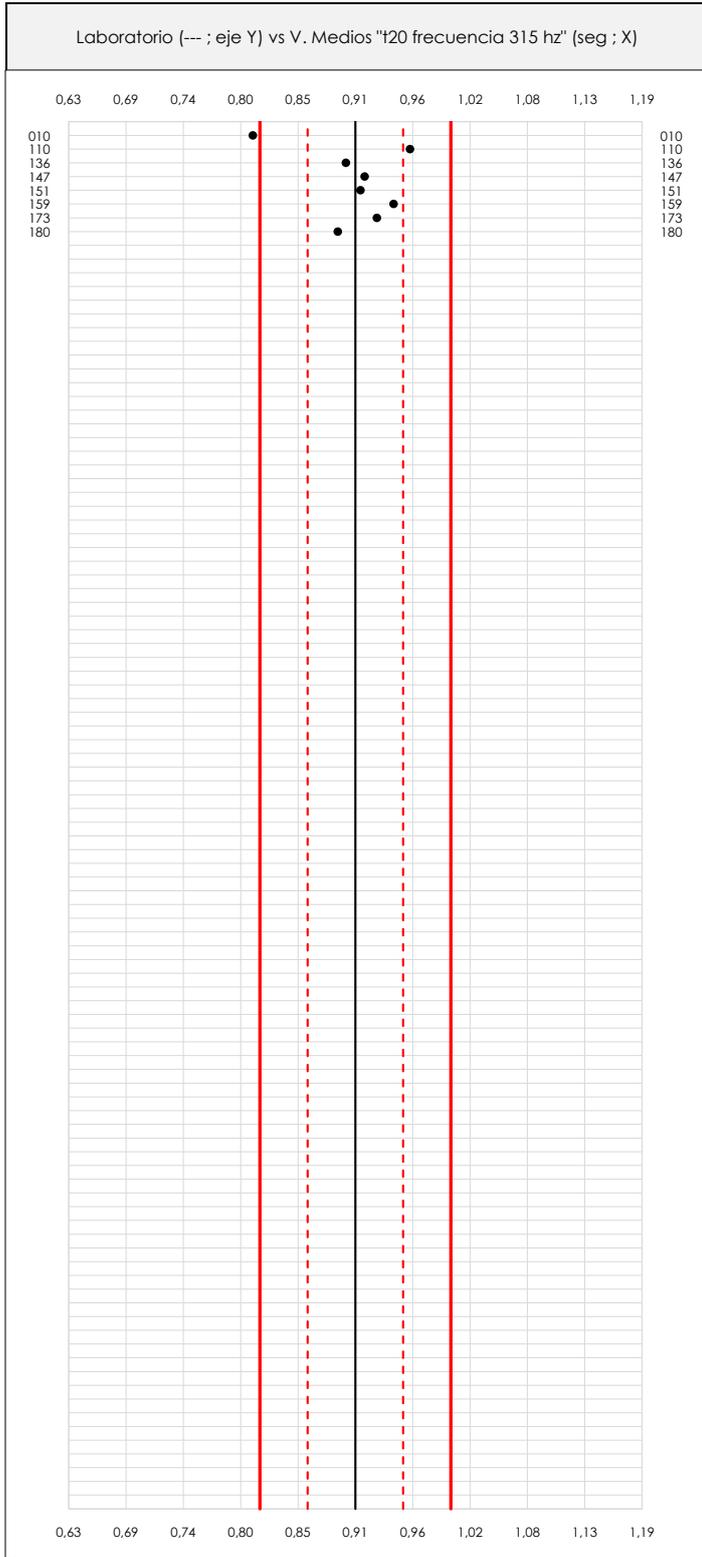
# ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE ACÚSTICA

T20 FRECUENCIA 315 HZ

## T20 FRECUENCIA 315 HZ (seg)

### Análisis A. Estudio pre-estadístico

#### Apartado A.1. Gráficos de dispersión de valores medios



#### ANÁLISIS GRÁFICO DE DISPERSIÓN MEDIA (ANTES DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO)

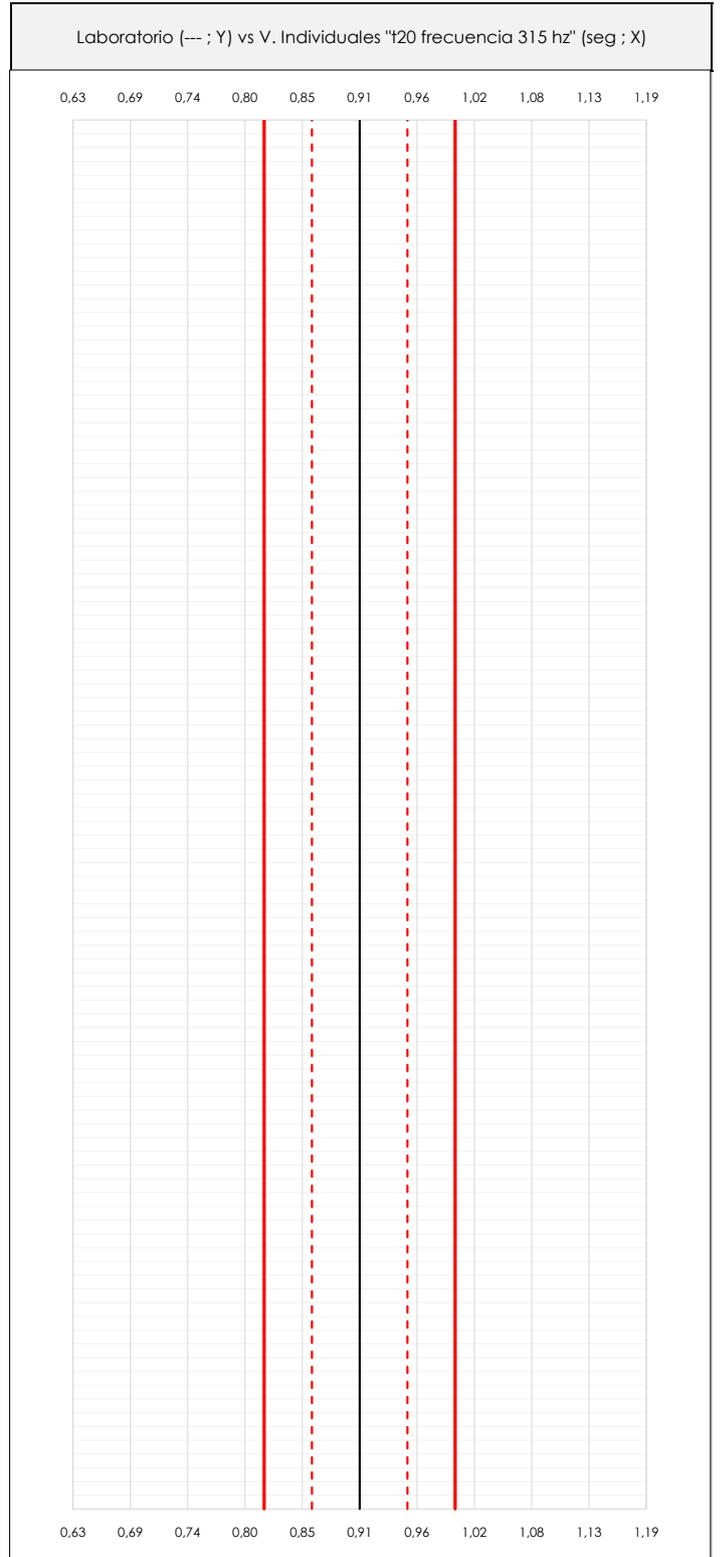
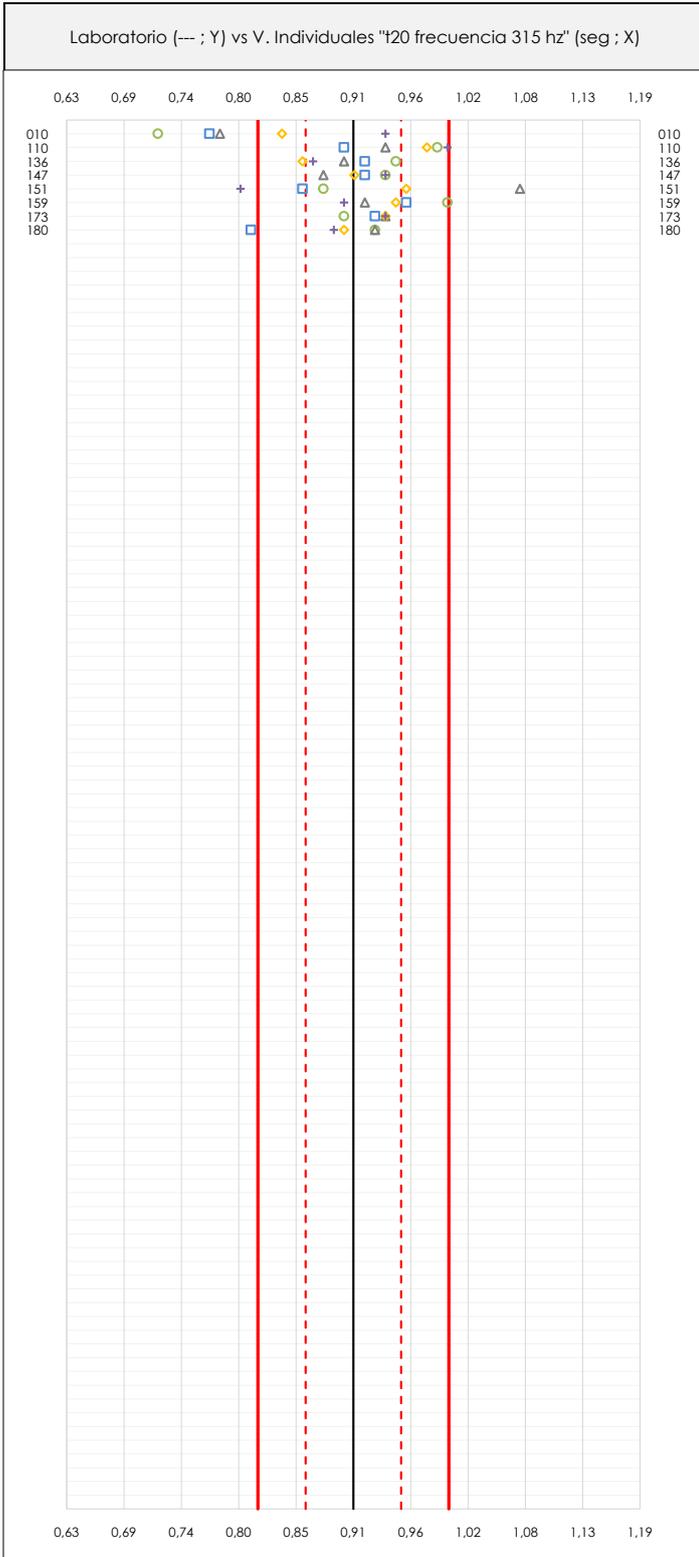
Dispersión de las medias aritméticas intra-laboratorios respecto de la media aritmética inter-laboratorios (0,91 ; línea negra de trazo continuo), la media aritmética inter-laboratorios más/menos la desviación típica (0,96/0,86 ; líneas rojas de trazo punteado) y la media aritmética inter-laboratorios más/menos el doble de la desviación típica (1,00/0,82 ; líneas rojas de trazo continuo).

En el eje Y (adimensional) quedan reflejados los códigos de los laboratorios participantes y en el eje X (las unidades son las mismas que las del ensayo que se está analizando) las medias aritméticas intra-laboratorios representadas por punto de color negro.

# T20 FRECUENCIA 315 HZ (seg)

## Análisis A. Estudio pre-estadístico

### Apartado A.2. Gráficos de dispersión de valores individuales



**ANÁLISIS GRÁFICOS DE DISPERSIÓN INDIVIDUAL (ANTES DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO)**

Dispersión de los valores individuales respecto de la media aritmética inter-laboratorios (0,91 ; línea negra de trazo continuo), la media aritmética inter-laboratorios más/menos la desviación típica (0,96/0,86 ; líneas rojas de trazo punteado) y la media aritmética inter-laboratorios más/menos el doble de la desviación típica (1,00/0,82 ; líneas rojas de trazo continuo).

En el eje Y (adimensional) queda reflejado el código del laboratorio participante y en el eje X (las unidades son las de los resultados del ensayo que se está analizando) los resultados individuales: el primero ( $X_{i,1}$ ) se representa con un cuadrado azul, el segundo ( $X_{i,2}$ ) con un círculo verde, el tercero ( $X_{i,3}$ ) con un triángulo gris y el cuarto ( $X_{i,4}$ ) con un rombo amarillo.



## T20 FRECUENCIA 315 HZ (seg)

### Análisis A. Estudio pre-estadístico

#### Apartado A.3. Determinaciones matemáticas

Lab	$X_{i1}$	$X_{i2}$	$X_{i3}$	$X_{i4}$	$X_{i5}$	$\bar{X}_{i \text{ arit}}$	$S_{Li}$	$D_{i \text{ arit}} \%$	Pasa A	Observaciones
10	0,77	0,72	0,78	0,84	0,94	0,81	0,084	-10,89	✓	
110	0,90	0,99	0,94	0,98	1,00	0,96	0,041	5,83	✓	
136	0,92	0,95	0,90	0,86	0,87	0,90	0,037	-0,99	✓	
147	0,92	0,94	0,88	0,91	0,94	0,92	0,025	0,99	✓	
151	0,86	0,88	1,07	0,96	0,80	0,91	0,104	0,55	✓	
159	0,96	1,00	0,92	0,95	0,90	0,95	0,038	4,07	✓	
173	0,93	0,90	0,94	0,94	0,94	0,93	0,017	2,31	✓	
180	0,81	0,93	0,93	0,90	0,89	0,89	0,049	-1,87	✓	

**NOTAS:**

- <sup>01</sup> " $X_{ij}$ " con  $j = 1, 2, 3, 4, 5$ " es cada uno de los resultados individuales aportados por cada laboratorio, " $\bar{X}_{i \text{ arit}}$ " es la media aritmética intralaboratorio calculada sin redondear.
- <sup>02</sup> " $S_{Li}$ " es la desviación típica intralaboratorios y " $D_{i \text{ arit}} \%$ " la desviación, en porcentaje, de la media aritmética intralaboratorios calculada respecto de la media aritmética interlaboratorios.
- <sup>03</sup> Los resultados aportados por los laboratorios podrán ser descartados (X) si no cumplen con los criterios establecidos en el protocolo EILA o si no han realizado el ensayo conforme a norma.
- <sup>04</sup> El código colorimétrico empleado para las celdas es: [máximo] [mínimo]

**T20 FRECUENCIA 315 HZ (seg)**  
**Análisis B. Mandel, Cochran y Grubbs**

Apartado B.1. Gráfico de consistencia inter-laboratorios "h" de Mandel



**ANÁLISIS GRÁFICO DE CONSISTENCIA INTER-LABORATORIOS**

Análisis gráfico de consistencia inter-laboratorios "h" de Mandel. En él se representan las medias aritméticas inter-laboratorios y los indicadores estadísticos para un 1% y un 5% de significación (valores obtenidos de la tabla 6 norma UNE 82009-2:1999 o mediante ecuación matemática, en función del número de laboratorios participantes).

Las líneas continuas de color morado (indicador estadístico para un 1% de significación) marca el límite a partir del cual un valor es considerado aberrante y las discontinuas de de color rosaceo (indicador estadístico para un 5% de significación), cuando es considerado anómalo. Una equis de color rojo (X) sobre el eje cero indica que el laboratorio ha sido descartado.

**CICE**  
Comité de infraestructuras para la  
Calidad de la Edificación

**SACE**  
Subcomisión Administrativa para la  
Calidad de la Edificación



## T20 FRECUENCIA 315 HZ (seg)

### Análisis B. Mandel, Cochran y Grubbs

Apartado B.2. Gráfico de consistencia intra-laboratorios "k" de Mandel



#### ANÁLISIS GRÁFICO DE CONSISTENCIA INTRA-LABORATORIOS

Análisis gráfico de consistencia intra-laboratorios "k" de Mandel. En él se representan las medias aritméticas intra-laboratorios y los indicadores estadísticos para un 1% y un 5% de significación (valores obtenidos de la tabla 6 norma UNE 82009-2:1999 o mediante ecuación matemática, en función del número de laboratorios participantes y el número de ensayos efectuados).

Las líneas continuas de color morado (indicador estadístico para un 1% de significación) marca el límite a partir del cual un valor es considerado aberrante y las discontinuas de de color rosaceo (indicador estadístico para un 5% de significación), cuando es considerado anómalo. Una equis de color rojo (X) sobre el eje cero indica que el laboratorio ha sido descartado.



## T20 FRECUENCIA 315 HZ (seg)

### Análisis B. Mandel, Cochran y Grubbs

#### Apartado B.3. Determinaciones matemáticas

Lab	X <sub>i1</sub>	X <sub>i2</sub>	X <sub>i3</sub>	X <sub>i4</sub>	X <sub>i5</sub>	$\bar{X}_{i \text{ arit}}$	S <sub>Li</sub>	D <sub>i arit</sub> %	h <sub>i</sub>	k <sub>i</sub>	C <sub>i</sub>	G <sub>sim Inf</sub>	G <sub>sim Sup</sub>	G <sub>Dob Inf</sub>	G <sub>Dob Sup</sub>	Pasa B
10	0,770	0,720	0,780	0,840	0,940	0,810	---	---	---	---	---	---	---	---	---	X
110	0,90	0,990	0,940	0,980	1,000	0,962	0,041	4,04	1,39	1,14	---	---	1,392	---	0,2468	✓
136	0,92	0,950	0,900	0,860	0,870	0,900	0,037	-2,67	-0,92	1,01	---	---	---	0,3058	---	✓
147	0,92	0,940	0,880	0,910	0,940	0,918	0,025	-0,72	-0,25	0,69	---	---	---	---	---	✓
151	0,86	0,880	1,070	0,960	0,800	0,914	---	---	---	---	---	---	---	---	---	X
159	0,96	1,000	0,920	0,950	0,900	0,946	0,038	2,31	0,80	1,06	---	---	---	---	0,2468	✓
173	0,93	0,900	0,940	0,940	0,940	0,930	0,017	0,58	0,20	0,48	---	---	---	---	---	✓
180	0,81	0,930	0,930	0,900	0,890	0,892	0,049	-3,53	-1,22	1,36	---	1,218	---	0,3058	---	✓

**NOTAS:**

<sup>01</sup> "X<sub>i j</sub> con j = 1, 2, 3, 4, 5" es cada uno de los resultados individuales aportados por cada laboratorio, " $\bar{X}_{i \text{ arit}}$ " es la media aritmética intralaboratorio calculada sin redondear.

<sup>02</sup> "S<sub>Li</sub>" es la desviación típica intralaboratorios y "D<sub>i arit</sub> %" la desviación, en porcentaje, de la media aritmética intralaboratorios calculada respecto de la media aritmética interlaboratorios.

<sup>03</sup> "h<sub>i</sub> y k<sub>i</sub>", "C<sub>i</sub>", "G<sub>sim</sub> y G<sub>Dob</sub>" hacen referencia a los estadísticos de Mandel, Cochran y Grubbs, respectivamente, obtenidos para cada laboratorio en función de los resultados aportados.

<sup>04</sup> El código colorimétrico empleado para las celdas es:

[aberrante]
[anómalo]
[máximo]
[mínimo]

**CICE**  
Comité de infraestructuras para la  
Calidad de la Edificación

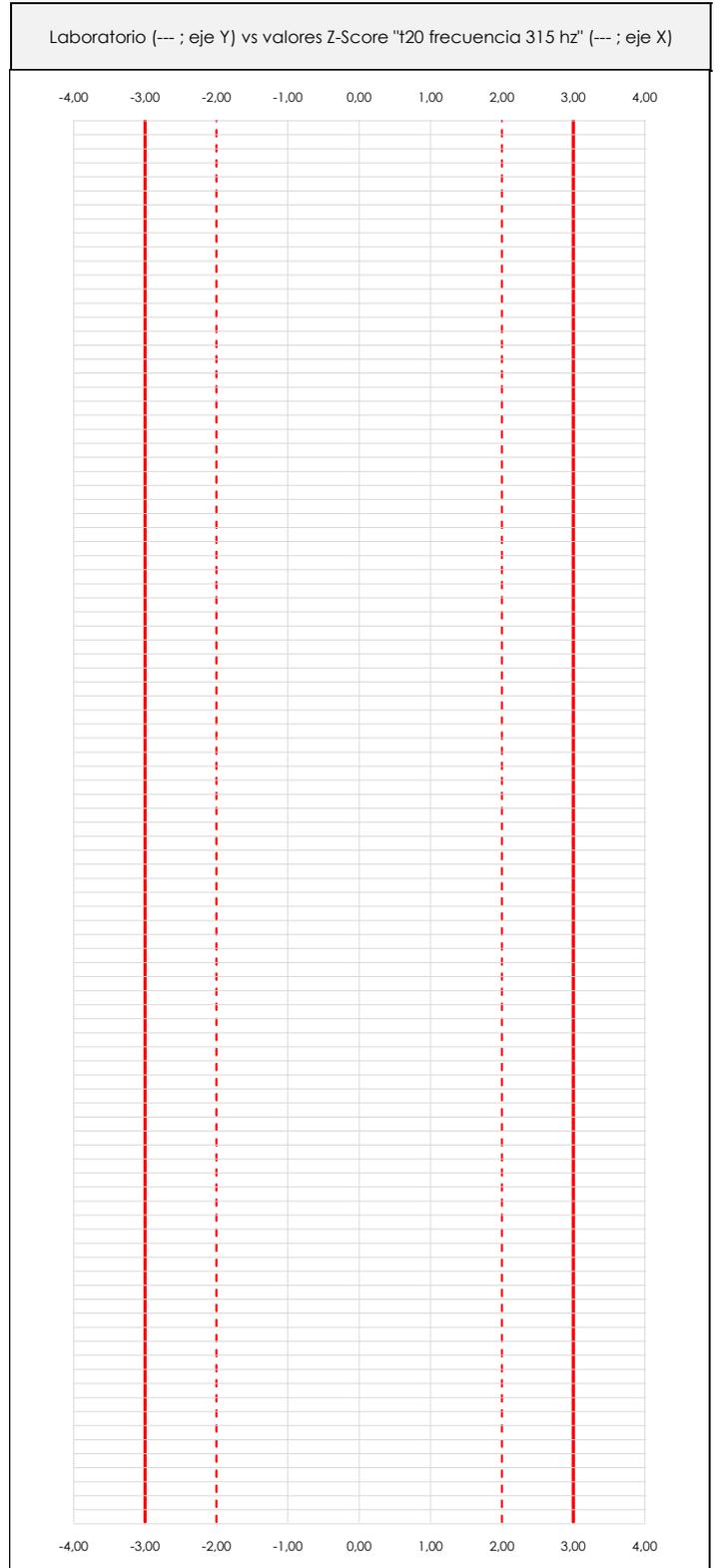
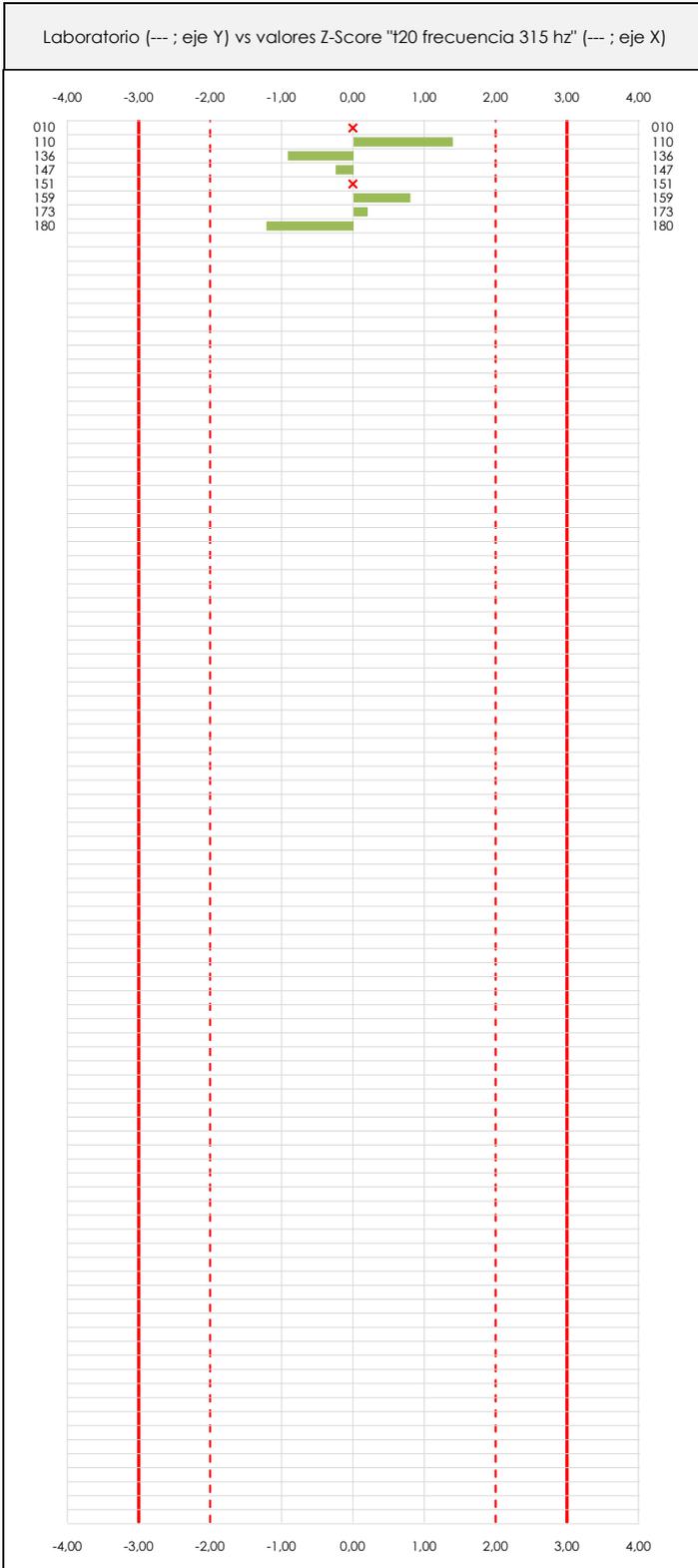
**SACE**  
Subcomisión Administrativa para la  
Calidad de la Edificación



## T20 FRECUENCIA 315 HZ (seg)

### Análisis C. Evaluación Z-Score

#### Apartado C.1. Análisis gráfico Altman Z-Score



#### ANÁLISIS GRÁFICO Z-SCORE

Diagrama Z-Score para los resultados aportados por los laboratorios. Estos se considerarán satisfactorios (S) si el valor absoluto del Z-Score es menor o igual a 2 unidades, dudoso si está comprendido entre 2 y 3 unidades e insatisfactorio si es mayor o igual a 3 unidades.

Los resultados satisfactorios quedan reflejados entre las dos líneas rojas discontinuas, líneas de referencia en la evaluación Z-Score.



## T20 FRECUENCIA 315 HZ (seg)

### Análisis C. Evaluación Z-Score

#### Apartado C.2. Determinaciones matemáticas

Lab	X <sub>i1</sub>	X <sub>i2</sub>	X <sub>i3</sub>	X <sub>i4</sub>	X <sub>i5</sub>	$\bar{X}_{i\text{arit}}$	S <sub>Li</sub>	D <sub>iarit</sub> %	Pasa A	Pasa B	Total	Causa	Iteración	Z-Score	Evaluación
10	0,77	0,72	0,78	0,84	0,94	0,81	---	---	✓	✗	✗	AN	0	---	---
110	0,90	0,99	0,94	0,98	1,00	0,96	0,041	4,04	✓	✓	✓			1,392	S
136	0,92	0,95	0,90	0,86	0,87	0,90	0,037	-2,67	✓	✓	✓			-0,920	S
147	0,92	0,94	0,88	0,91	0,94	0,92	0,025	-0,72	✓	✓	✓			-0,249	S
151	0,86	0,88	1,07	0,96	0,80	0,91	---	---	✓	✗	✗	AN	0	---	---
159	0,96	1,00	0,92	0,95	0,90	0,95	0,038	2,31	✓	✓	✓			0,795	S
173	0,93	0,90	0,94	0,94	0,94	0,93	0,017	0,58	✓	✓	✓			0,199	S
180	0,81	0,93	0,93	0,90	0,89	0,89	0,049	-3,53	✓	✓	✓			-1,218	S

**NOTAS:**

<sup>01</sup> "X<sub>i j</sub> con j = 1, 2, 3, 4, 5" es cada uno de los resultados individuales aportados por cada laboratorio, " $\bar{X}_{i\text{arit}}$ " es la media aritmética intralaboratorio calculada sin redondear.

<sup>02</sup> "S<sub>Li</sub>" es la desviación típica intralaboratorios y "D<sub>iarit</sub> %" la desviación, en porcentaje, de la media aritmética intralaboratorios calculada respecto de la media aritmética interlaboratorios.

<sup>03</sup> La evaluación Z-Score (ZS) será considerada de tipo: [Satisfactorio (S) - si | ZS | ≤ 2] [Dudoso (D) - si 2 < | ZS | ≤ 3] [Insatisfactorio (I) - si | ZS | > 3].

<sup>04</sup> El código colorimétrico empleado para las celdas es:

[dudoso]

[insatisfactorio]

**CICE**  
Comité de infraestructuras para la Calidad de la Edificación

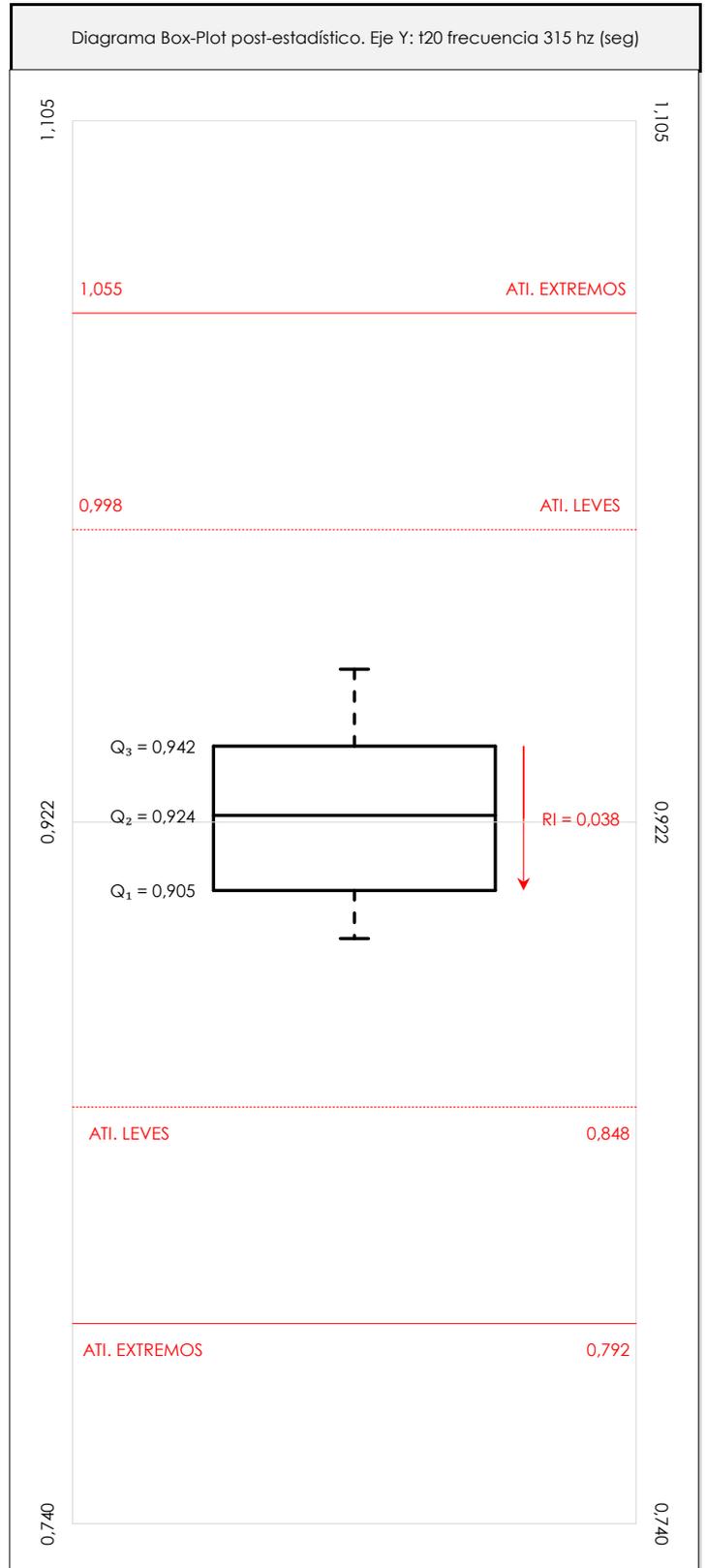
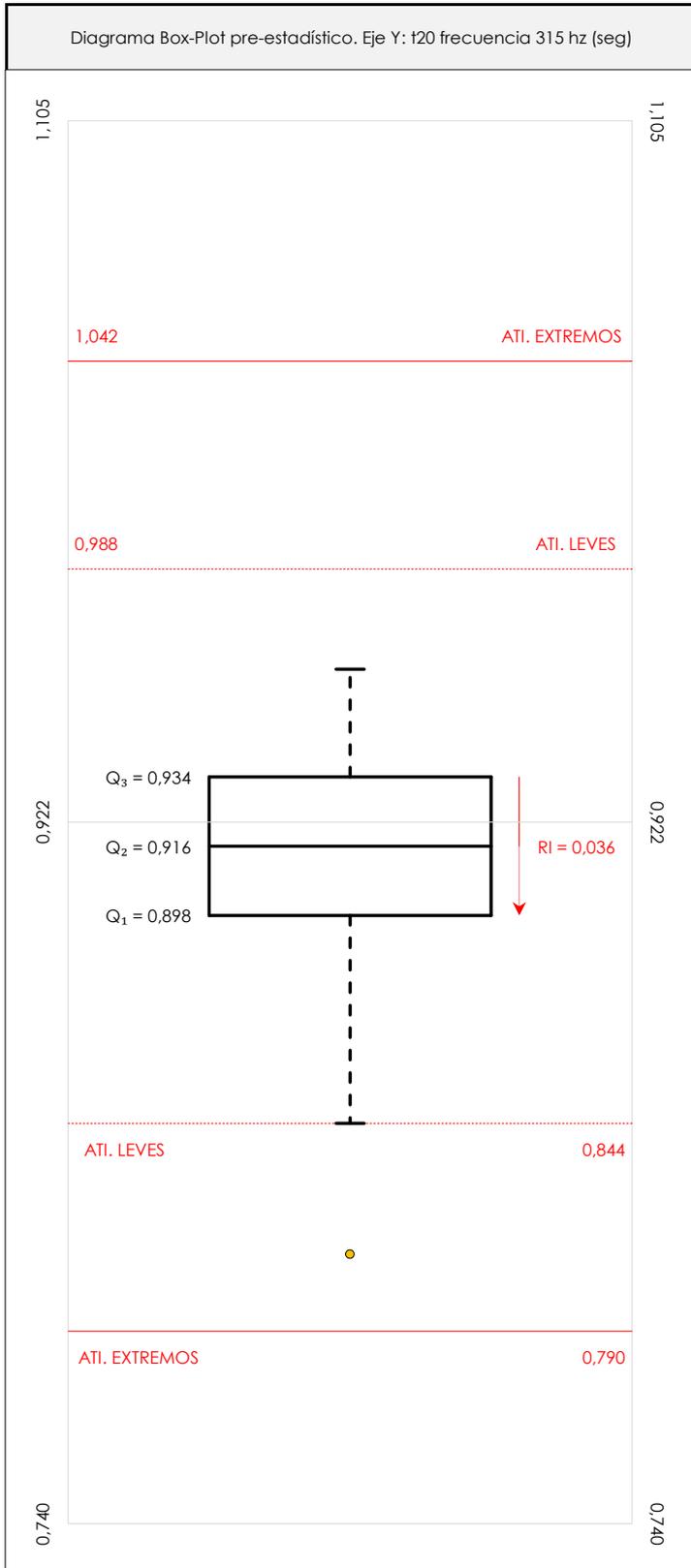
**SACE**  
Subcomisión Administrativa para la Calidad de la Edificación



## T20 FRECUENCIA 315 HZ (seg)

### Análisis D. Estudios post-estadísticos

#### Apartado D.3. Diagramas Box-Plot o de Caja y Bigotes



**ANÁLISIS GRÁFICO DE CAJA Y BIGOTES (ANTES Y DESPUÉS DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO)**

Diagramas de caja y bigotes (Box Plot) de las medias aritméticas de los resultados aportados por los laboratorios antes (diagrama de la izquierda. Este incluye valores aberrantes y anómalos) y después (diagrama de la derecha. No incluye los valores descartados a lo largo del estudio) de análisis estadístico.

En ambos se han representado: el primer cuartil (Q<sub>1</sub> ; 25% de los datos), el segundo cuartil o la mediana (Q<sub>2</sub> ; 50% de los datos), el tercer cuartil (Q<sub>3</sub> ; 75% de los datos), el rango intercuartílico (RI ; cuartil tres menos cuartil uno) y los límites de valores atípicos leves (f<sub>3</sub> y f<sub>1</sub> para el máximo y mínimo respectivamente ; líneas discontinuas de color rojo) y extremos (f<sub>3</sub><sup>+</sup> y f<sub>1</sub><sup>+</sup> para el máximo y mínimo respectivamente ; líneas continuas de color rojo).

**CICE**Comité de infraestructuras para la  
Calidad de la Edificación**SACE**Subcomisión Administrativa para la  
Calidad de la Edificación**T20 FRECUENCIA 315 HZ (seg)****Conclusiones**

## Determinación de la repetibilidad y reproducibilidad

El análisis estadístico EILA20 para el ensayo "T20 FRECUENCIA 315 HZ", ha contado con la participación de un total de 8 laboratorios, debiendo haber aportado cada uno de ellos, un total de 5 determinaciones individuales además de su valor medio.

Tras analizar los resultados podemos concluir que, para cumplir con los criterios estadísticos establecidos en el informe, un total de 2 laboratorios han sido apartados de la evaluación final: 0 en el Análisis Pre-Estadístico (por no cumplir el criterio de validación y/o el procedimiento de ejecución recogido en la norma de ensayo) y 2 en el Análisis Estadístico (por resultar anómalos o aberrantes en las técnicas gráficas de consistencia de Mandel y en los ensayos de detección de resultados numéricos de Cochran y Grubbs), al cabo de 2 iteraciones.

De cada uno de los análisis (pre-estadístico y estadístico), se obtienen las siguientes tablas:

TIPO DE ANALISIS	PRE-ESTADISTICO						ESTADISTICO					
Variables	$X_{i1}$	$X_{i2}$	$X_{i3}$	$X_{i4}$	$X_{i5}$	$\bar{X}_{i\text{arit}}$	$X_{i1}$	$X_{i2}$	$X_{i3}$	$X_{i4}$	$X_{i5}$	$\bar{X}_{i\text{arit}}$
Valor Máximo (max ; %)	0,96	1,00	1,07	0,98	1,00	0,96	0,96	1,00	0,94	0,98	1,00	0,96
Valor Mínimo (min ; %)	0,77	0,72	0,78	0,84	0,80	0,81	0,81	0,90	0,88	0,86	0,87	0,89
Valor Promedio (M ; %)	0,88	0,91	0,92	0,92	0,91	0,91	0,91	0,95	0,92	0,92	0,92	0,92
Desviación Típica (SDL ; ---)	0,07	0,09	0,08	0,05	0,06	0,05	0,05	0,04	0,02	0,04	0,05	0,03
Coef. Variación (CV ; ---)	0,07	0,10	0,09	0,05	0,07	0,05	0,06	0,04	0,03	0,05	0,05	0,03
VARIABLES	$S_r^2$	r	$S_L^2$	$S_R^2$	R	$S_r^2$	r	$S_L^2$	$S_R^2$	R		
Valor Calculado	0,003	0,158	0,001	0,005	0,190	0,001	0,101	0,000	0,002	0,117		
Valor Referencia												

Asimismo, acompañando a éstas tablas y dependiendo del análisis que se esté llevando a cabo, se introducen los indicadores estadísticos "h y k" de Mandel y los valores críticos "C" de Cochran y " $G_{\text{sim}}$  y  $G_{\text{Dob}}$ " de Grubbs, todos ellos adimensionales, obtenidos de las tablas 4, 5, 6 y 7 de la norma UNE 82009-2:1999 o mediante ecuación matemática, en función del número de laboratorios y del número de ensayos efectuados por cada uno de ellos:

TIPO DE ANALISIS	PRE-ESTADISTICO					ESTADISTICO				
VARIABLES	h	k	C	$G_{\text{sim}}$	$G_{\text{Dob}}$	h	k	C	$G_{\text{sim}}$	$G_{\text{Dob}}$
Nivel de Significación 1%	1,87	1,68	0,463	1,973	0,0116	1,87	1,68	0,564	1,973	0,0116
Nivel de Significación 5%	1,66	1,48	0,391	1,887	0,0349	1,66	1,48	0,480	1,887	0,0349

Con los resultados de los laboratorios, que tras los dos análisis estadísticos son evaluados por Z-Score, se han obtenido: 6 resultados satisfactorios, 0 resultados dudosos y 0 resultados insatisfactorios.

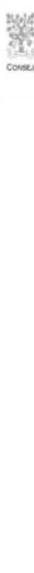
Respecto a los métodos para determinar la repetibilidad y la reproducibilidad de las mediciones se van a basar en la evaluación estadística recogida en la ISO 17025, sobre las dispersiones de los resultados individuales y su media, en forma de varianzas o desviaciones estándar, también conocida como ANOVA (siglas de analysis of variance).

Sabiendo que una varianza es la suma de cuadrados dividida por un número, que se llama grados de libertad, que depende del número de participantes menos 1, se puede decir que la imprecisión del ensayo se descompone en dos factores: uno de ellos genera la imprecisión mínima, presente en condiciones de repetibilidad (variabilidad intralaboratorio) y el otro la imprecisión adicional, obtenida en condiciones de reproducibilidad (variabilidad debida al cambio de laboratorio).

Las condiciones de repetibilidad de este ensayo son: mismo laborante, mismo laboratorio y mismo equipo de medición utilizado dentro de un período de tiempo corto. Por ende, las condiciones de reproducibilidad para la misma muestra y ensayo, cambian en: el laborante, el laboratorio, el equipo y las condiciones de uso y tiempo.

**CICE**

Comité de infraestructuras para la  
Calidad de la Edificación

**CSIC**

CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

INSTITU  
TO  
EDUAR  
DO  
TOR  
ROJA

**SACE**

Subcomisión Administrativa para la  
Calidad de la Edificación

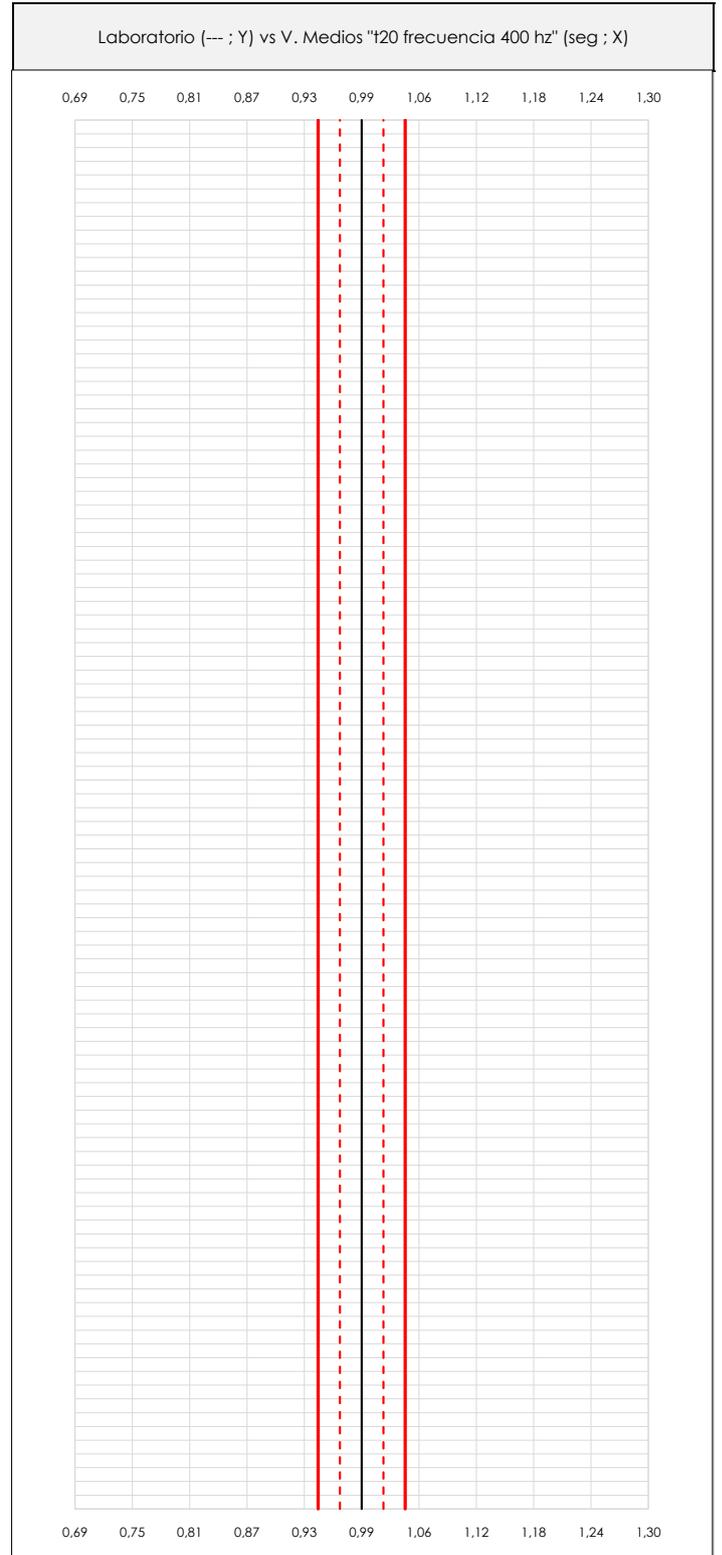
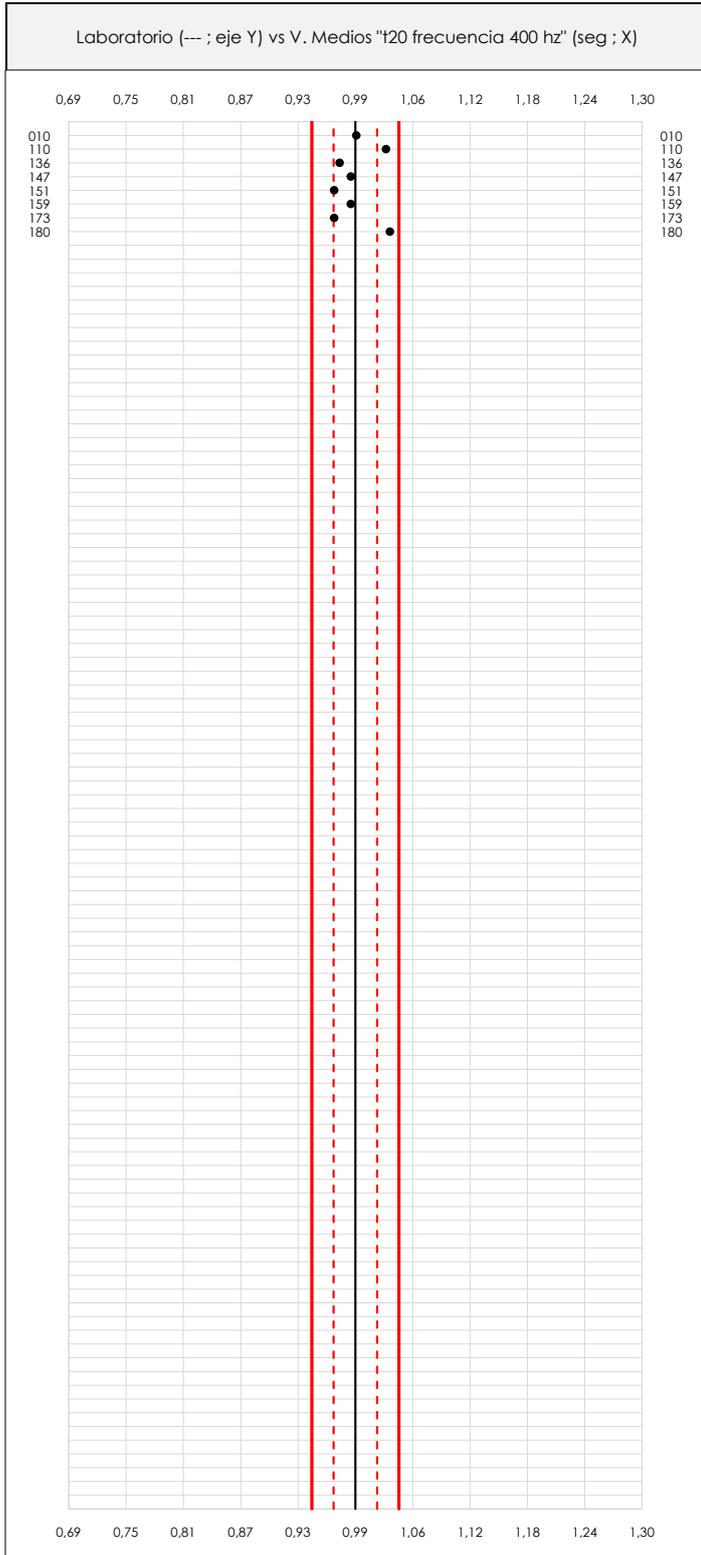
# ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE ACÚSTICA

T20 FRECUENCIA 400 HZ

## T20 FRECUENCIA 400 HZ (seg)

### Análisis A. Estudio pre-estadístico

#### Apartado A.1. Gráficos de dispersión de valores medios



#### ANÁLISIS GRÁFICO DE DISPERSIÓN MEDIA (ANTES DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO)

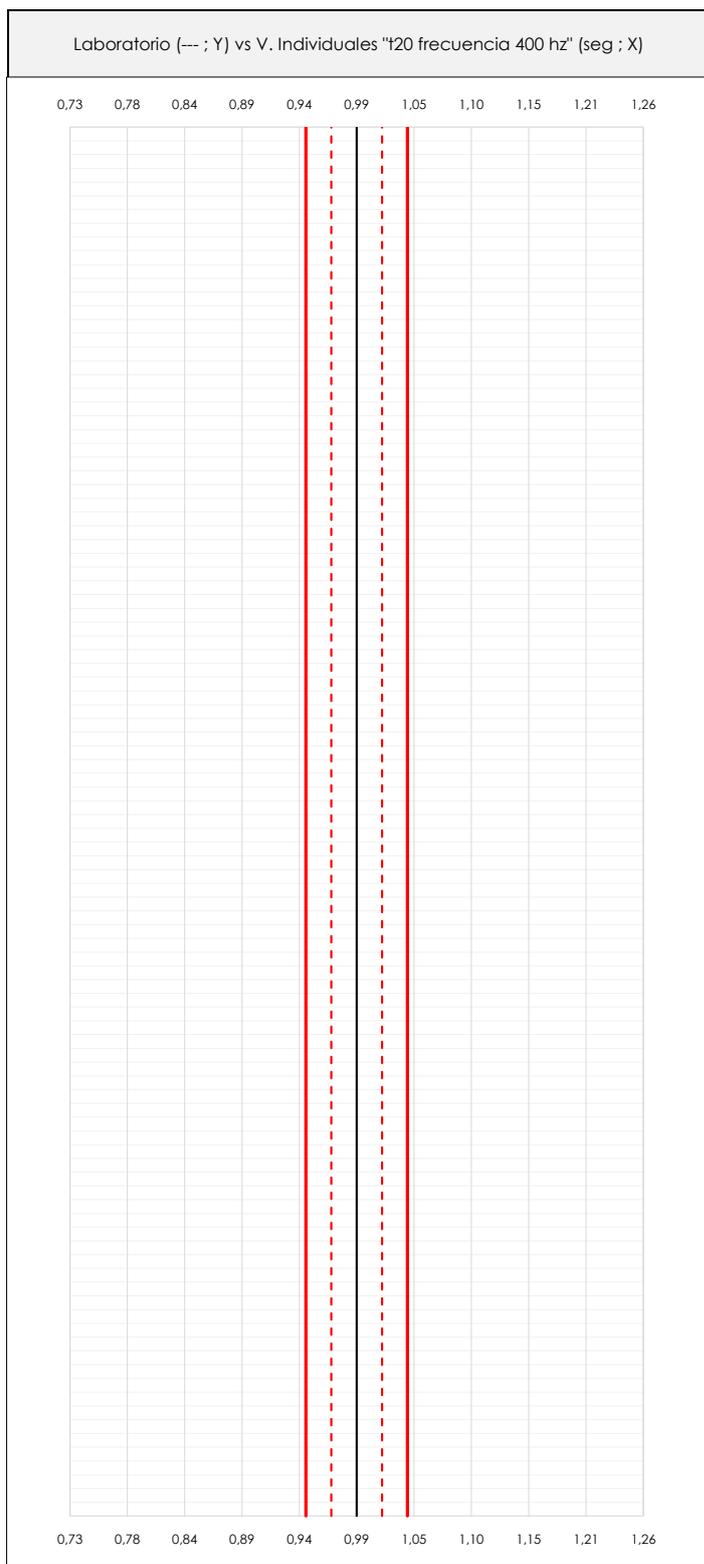
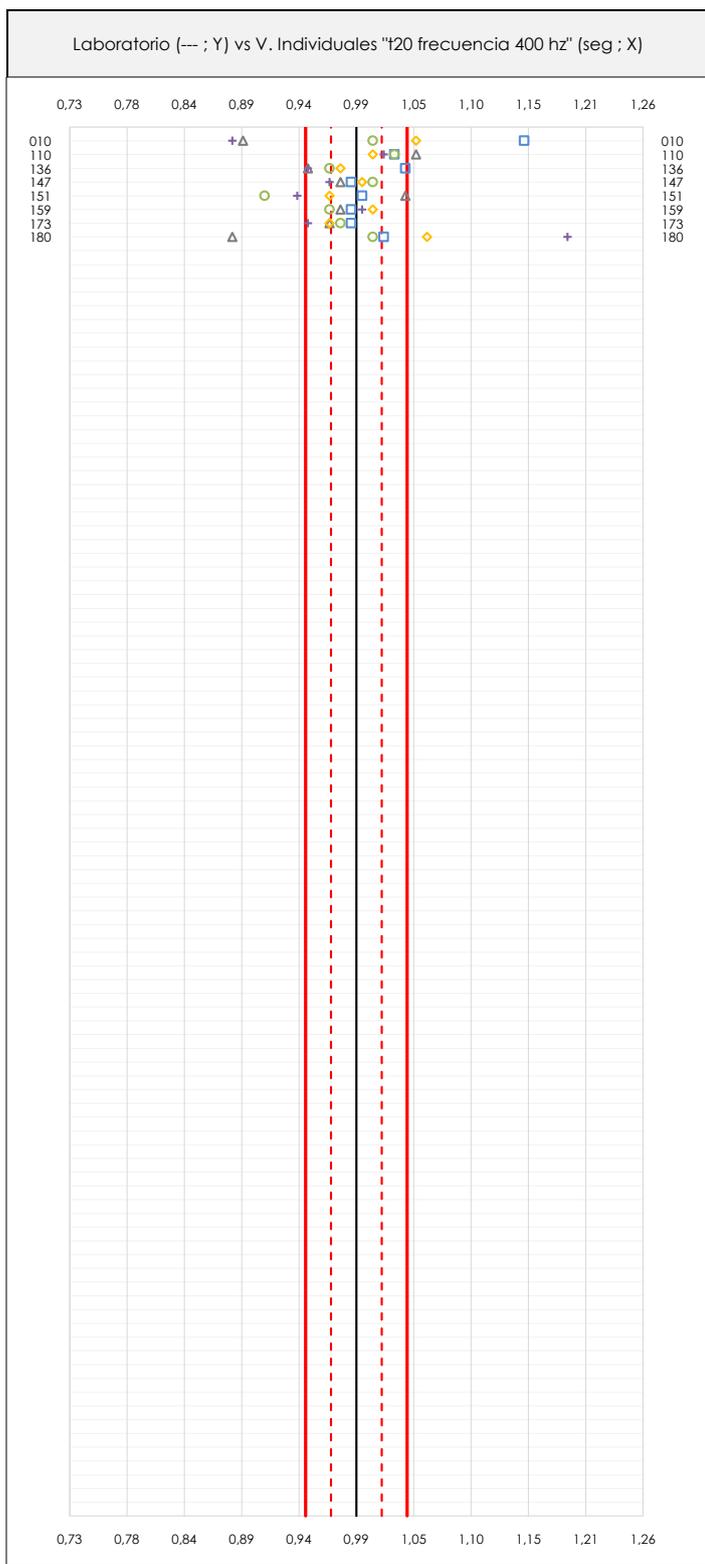
Dispersión de las medias aritméticas intra-laboratorios respecto de la media aritmética inter-laboratorios (0,99 ; línea negra de trazo continuo), la media aritmética inter-laboratorios más/menos la desviación típica (1,02/0,97 ; líneas rojas de trazo punteado) y la media aritmética inter-laboratorios más/menos el doble de la desviación típica (1,04/0,95 ; líneas rojas de trazo continuo).

En el eje Y (adimensional) quedan reflejados los códigos de los laboratorios participantes y en el eje X (las unidades son las mismas que las del ensayo que se está analizando) las medias aritméticas intra-laboratorios representadas por punto de color negro.

## T20 FRECUENCIA 400 HZ (seg)

### Análisis A. Estudio pre-estadístico

#### Apartado A.2. Gráficos de dispersión de valores individuales



#### ANÁLISIS GRÁFICOS DE DISPERSIÓN INDIVIDUAL (ANTES DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO)

Dispersión de los valores individuales respecto de la media aritmética inter-laboratorios (0,99 ; línea negra de trazo continuo), la media aritmética inter-laboratorios más/menos la desviación típica (1,02/0,97 ; líneas rojas de trazo punteado) y la media aritmética inter-laboratorios más/menos el doble de la desviación típica (1,04/0,95 ; líneas rojas de trazo continuo).

En el eje Y (adimensional) queda reflejado el código del laboratorio participante y en el eje X (las unidades son las de los resultados del ensayo que se está analizando) los resultados individuales: el primero ( $X_{i,1}$ ) se representa con un cuadrado azul, el segundo ( $X_{i,2}$ ) con un círculo verde, el tercero ( $X_{i,3}$ ) con un triángulo gris y el cuarto ( $X_{i,4}$ ) con un rombo amarillo.



## T20 FRECUENCIA 400 HZ (seg)

### Análisis A. Estudio pre-estadístico

#### Apartado A.3. Determinaciones matemáticas

Lab	$X_{i1}$	$X_{i2}$	$X_{i3}$	$X_{i4}$	$X_{i5}$	$\bar{X}_{i\text{arit}}$	$S_{Li}$	$D_{i\text{arit}}\%$	Pasa A	Observaciones
10	1,15	1,01	0,89	1,05	0,88	1,00	0,113	0,13	✓	
110	1,03	1,03	1,05	1,01	1,02	1,03	0,015	3,34	✓	
136	1,04	0,97	0,95	0,98	0,95	0,98	0,037	-1,68	✓	
147	0,99	1,01	0,98	1,00	0,97	0,99	0,016	-0,48	✓	
151	1,00	0,91	1,04	0,97	0,94	0,97	0,051	-2,29	✓	
159	0,99	0,97	0,98	1,01	1,00	0,99	0,016	-0,48	✓	
173	0,99	0,98	0,97	0,97	0,95	0,97	0,015	-2,29	✓	
180	1,02	1,01	0,88	1,06	1,19	1,03	0,111	3,74	✓	

**NOTAS:**

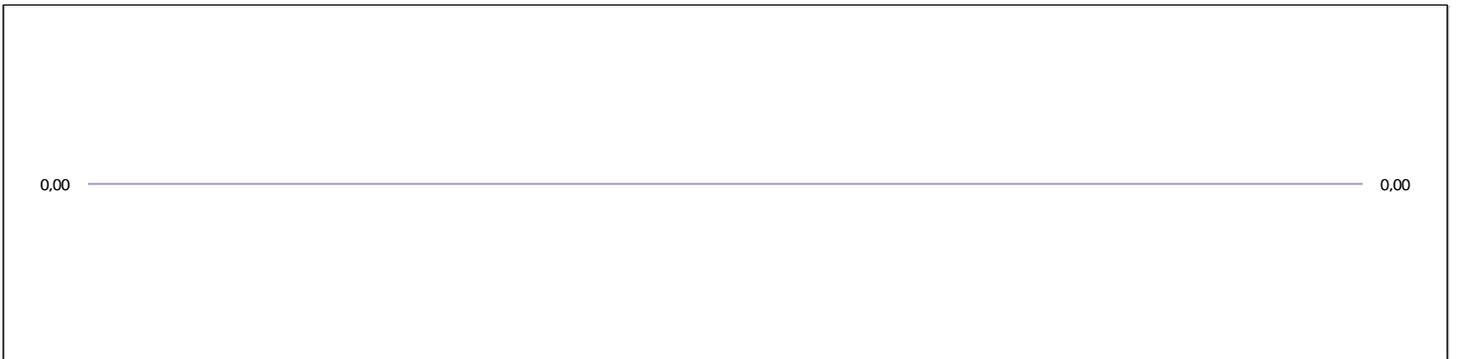
- <sup>01</sup> " $X_{ij}$  con  $j = 1, 2, 3, 4, 5$ " es cada uno de los resultados individuales aportados por cada laboratorio, " $\bar{X}_{i\text{arit}}$ " es la media aritmética intralaboratorio calculada sin redondear.
- <sup>02</sup> " $S_{Li}$ " es la desviación típica intralaboratorios y " $D_{i\text{arit}}\%$ " la desviación, en porcentaje, de la media aritmética intralaboratorios calculada respecto de la media aritmética interlaboratorios.
- <sup>03</sup> Los resultados aportados por los laboratorios podrán ser descartados (X) si no cumplen con los criterios establecidos en el protocolo EILA o si no han realizado el ensayo conforme a norma.
- <sup>04</sup> El código colorimétrico empleado para las celdas es: [máximo] [mínimo]



## T20 FRECUENCIA 400 HZ (seg)

### Análisis B. Mandel, Cochran y Grubbs

Apartado B.1. Gráfico de consistencia inter-laboratorios "h" de Mandel



#### ANÁLISIS GRÁFICO DE CONSISTENCIA INTER-LABORATORIOS

Análisis gráfico de consistencia inter-laboratorios "h" de Mandel. En él se representan las medias aritméticas inter-laboratorios y los indicadores estadísticos para un 1% y un 5% de significación (valores obtenidos de la tabla 6 norma UNE 82009-2:1999 o mediante ecuación matemática, en función del número de laboratorios participantes).

Las líneas continuas de color morado (indicador estadístico para un 1% de significación) marca el límite a partir del cual un valor es considerado aberrante y las discontinuas de de color rosaceo (indicador estadístico para un 5% de significación), cuando es considerado anómalo. Una equis de color rojo (X) sobre el eje cero indica que el laboratorio ha sido descartado.

**CICE**  
Comité de infraestructuras para la  
Calidad de la Edificación

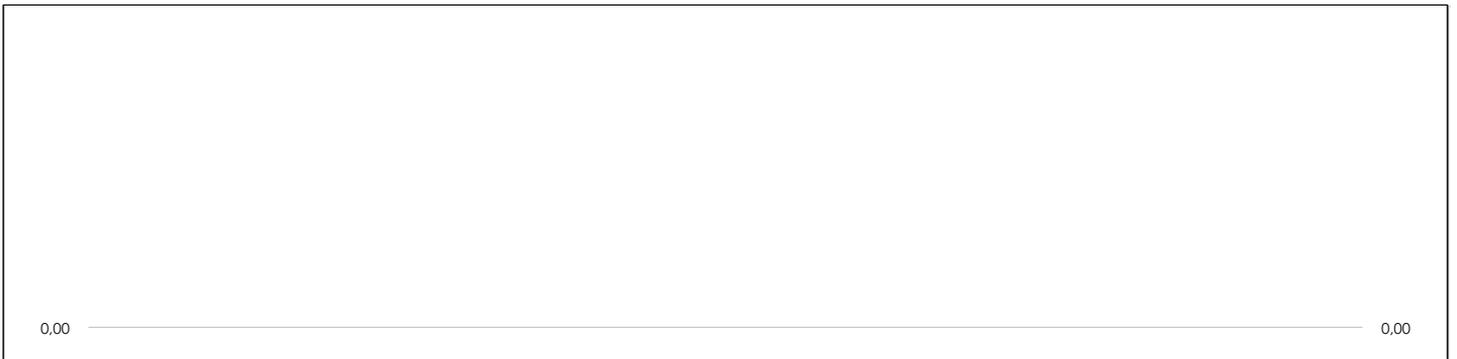
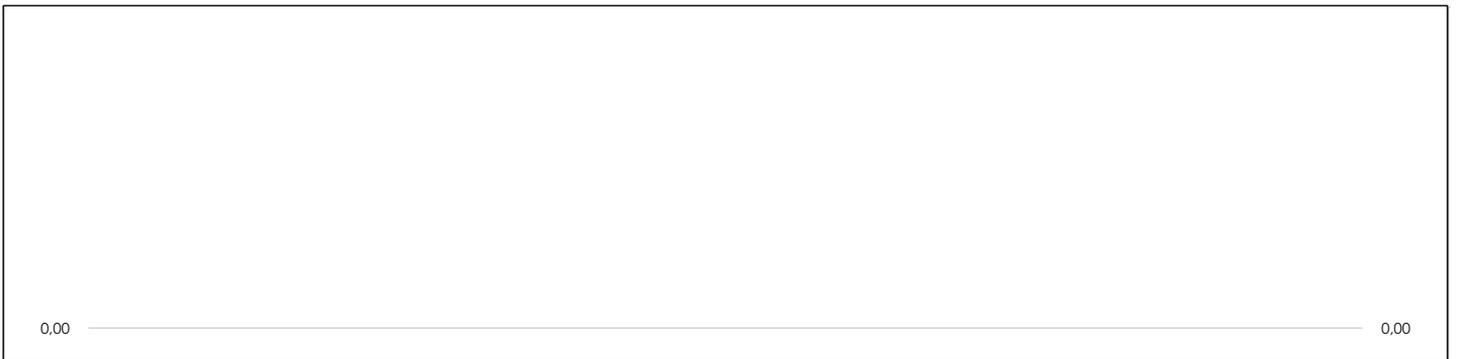
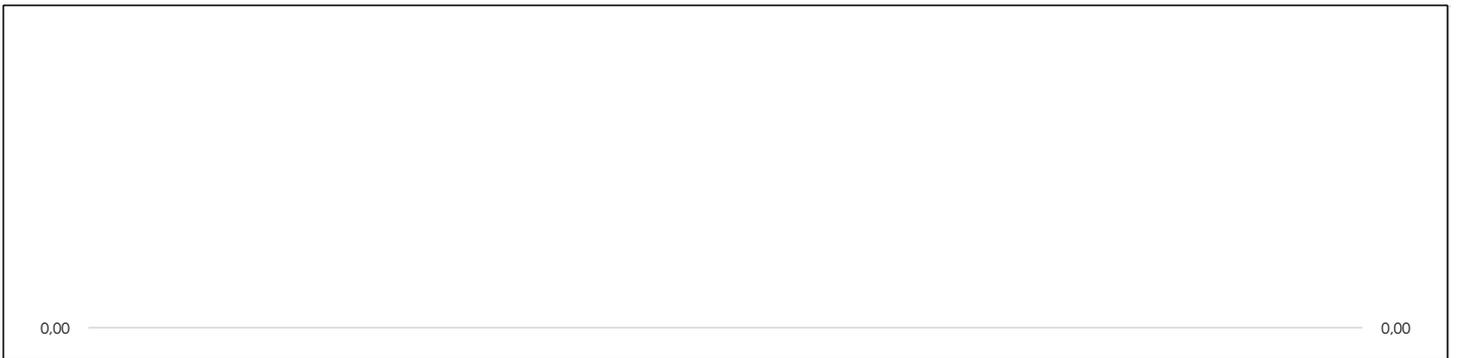
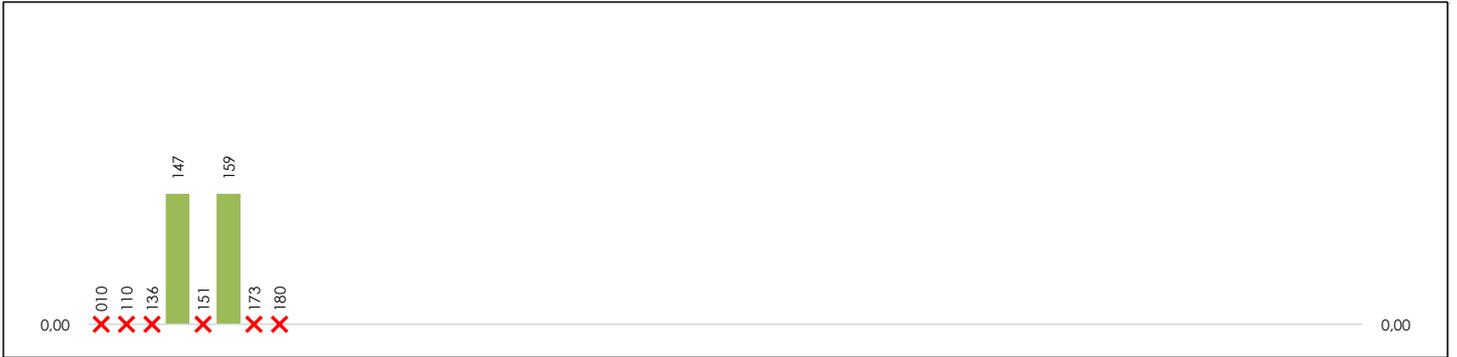
**SACE**  
Subcomisión Administrativa para la  
Calidad de la Edificación



## T20 FRECUENCIA 400 HZ (seg)

### Análisis B. Mandel, Cochran y Grubbs

Apartado B.2. Gráfico de consistencia intra-laboratorios "k" de Mandel



#### ANÁLISIS GRÁFICO DE CONSISTENCIA INTRA-LABORATORIOS

Análisis gráfico de consistencia intra-laboratorios "k" de Mandel. En él se representan las medias aritméticas intra-laboratorios y los indicadores estadísticos para un 1% y un 5% de significación (valores obtenidos de la tabla 6 norma UNE 82009-2:1999 o mediante ecuación matemática, en función del número de laboratorios participantes y el número de ensayos efectuados).

Las líneas continuas de color morado (indicador estadístico para un 1% de significación) marca el límite a partir del cual un valor es considerado aberrante y las discontinuas de de color rosaceo (indicador estadístico para un 5% de significación), cuando es considerado anómalo. Una equis de color rojo (X) sobre el eje cero indica que el laboratorio ha sido descartado.



**CICE**  
Comité de infraestructuras para la  
Calidad de la Edificación

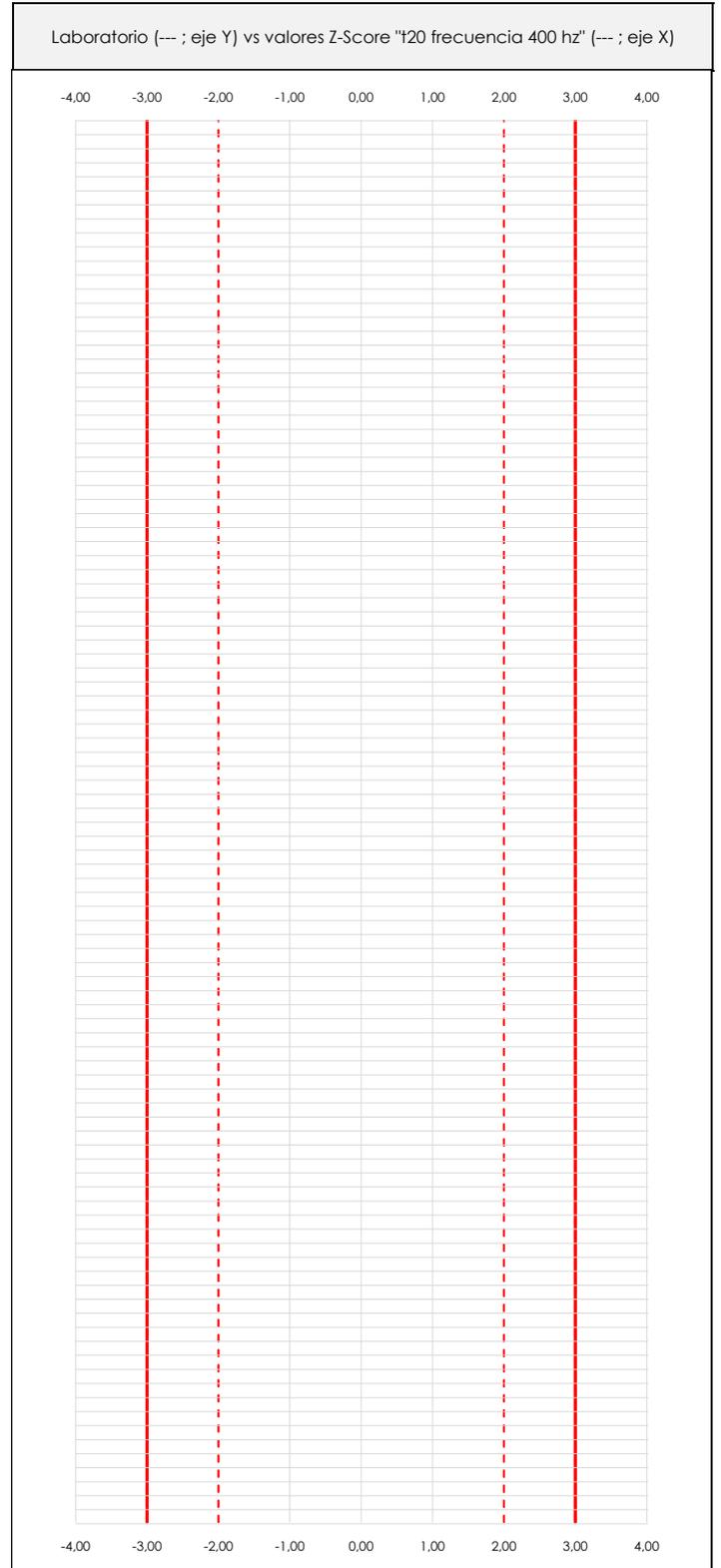
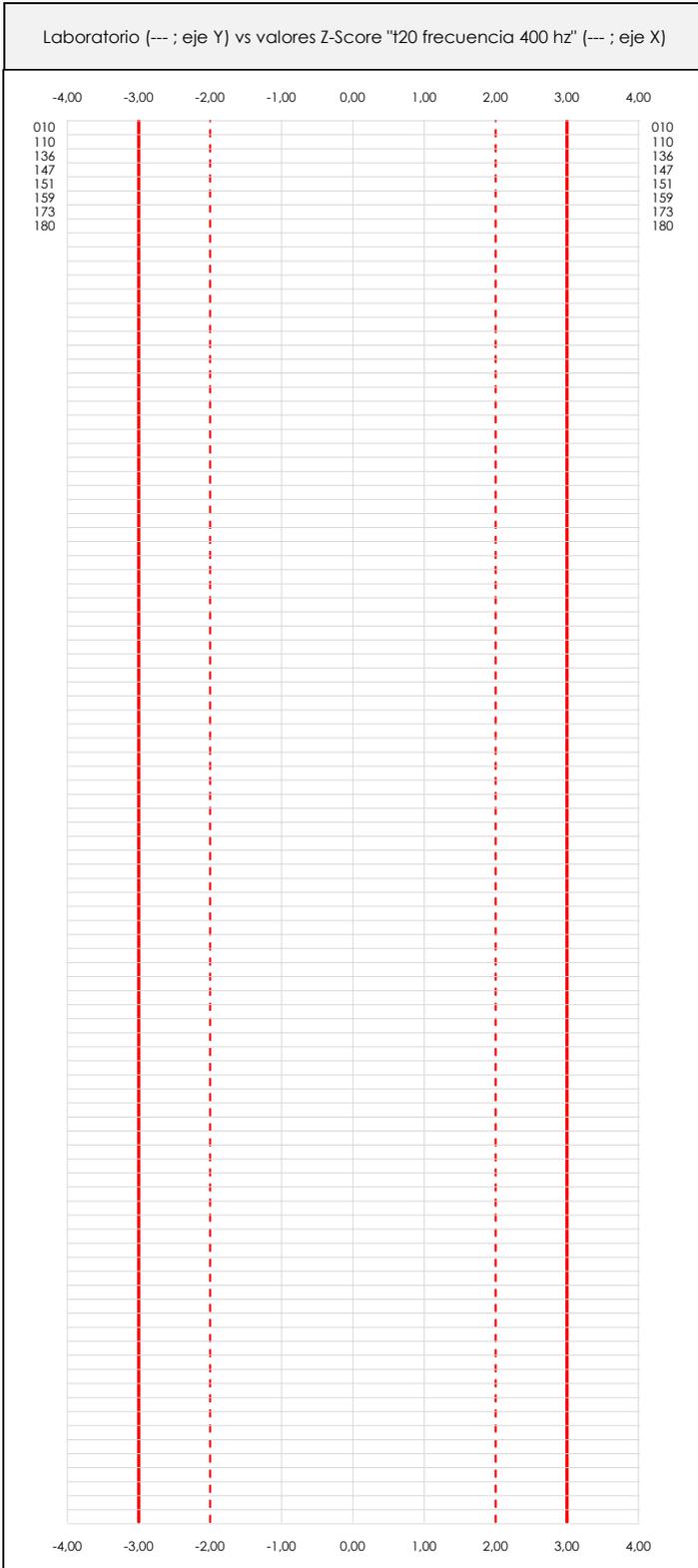
**SACE**  
Subcomisión Administrativa para la  
Calidad de la Edificación



## T20 FRECUENCIA 400 HZ (seg)

### Análisis C. Evaluación Z-Score

#### Apartado C.1. Análisis gráfico Altman Z-Score



#### ANÁLISIS GRÁFICO Z-SCORE

Diagrama Z-Score para los resultados aportados por los laboratorios. Estos se considerarán satisfactorios (S) si el valor absoluto del Z-Score es menor o igual a 2 unidades, dudoso si está comprendido entre 2 y 3 unidades e insatisfactorio si es mayor o igual a 3 unidades.

Los resultados satisfactorios quedan reflejados entre las dos líneas rojas discontinuas, líneas de referencia en la evaluación Z-Score.

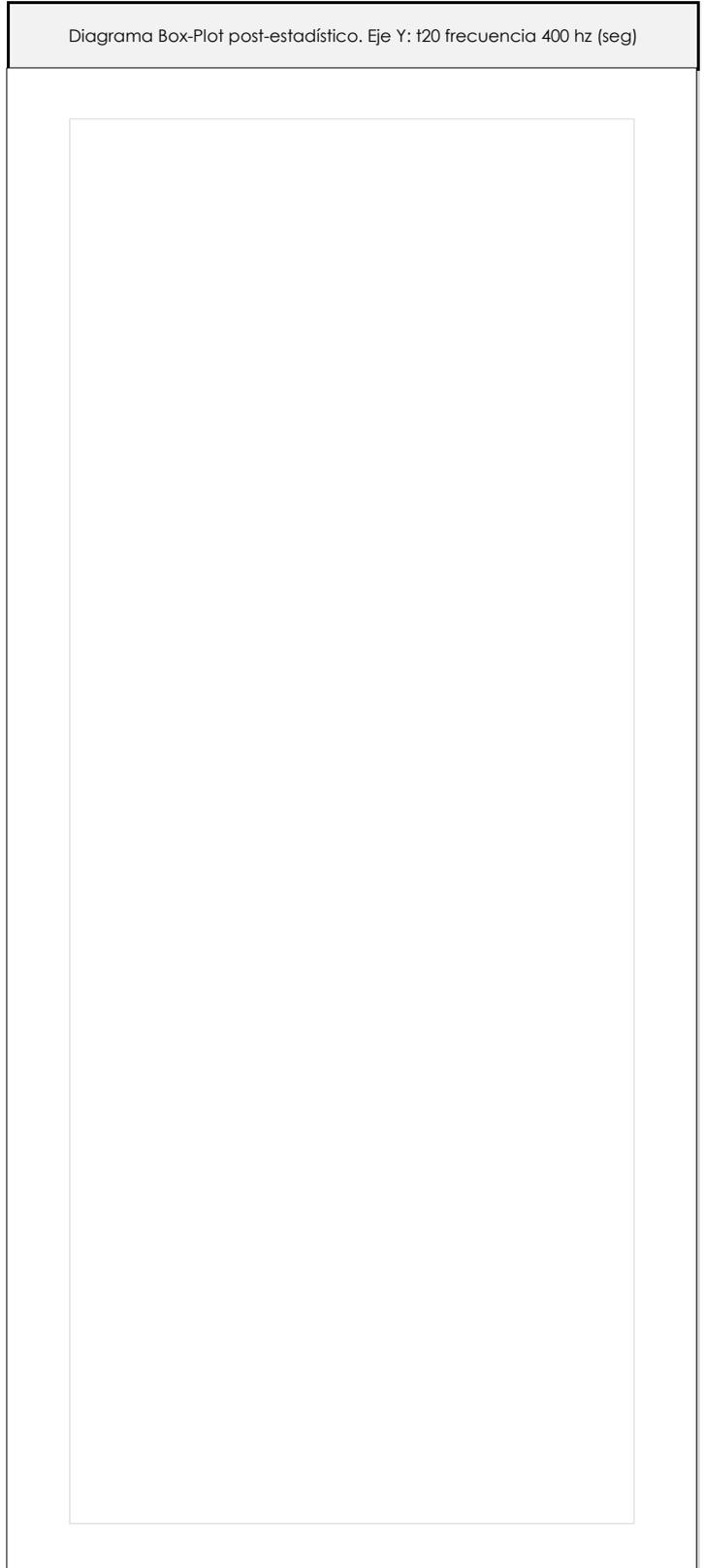
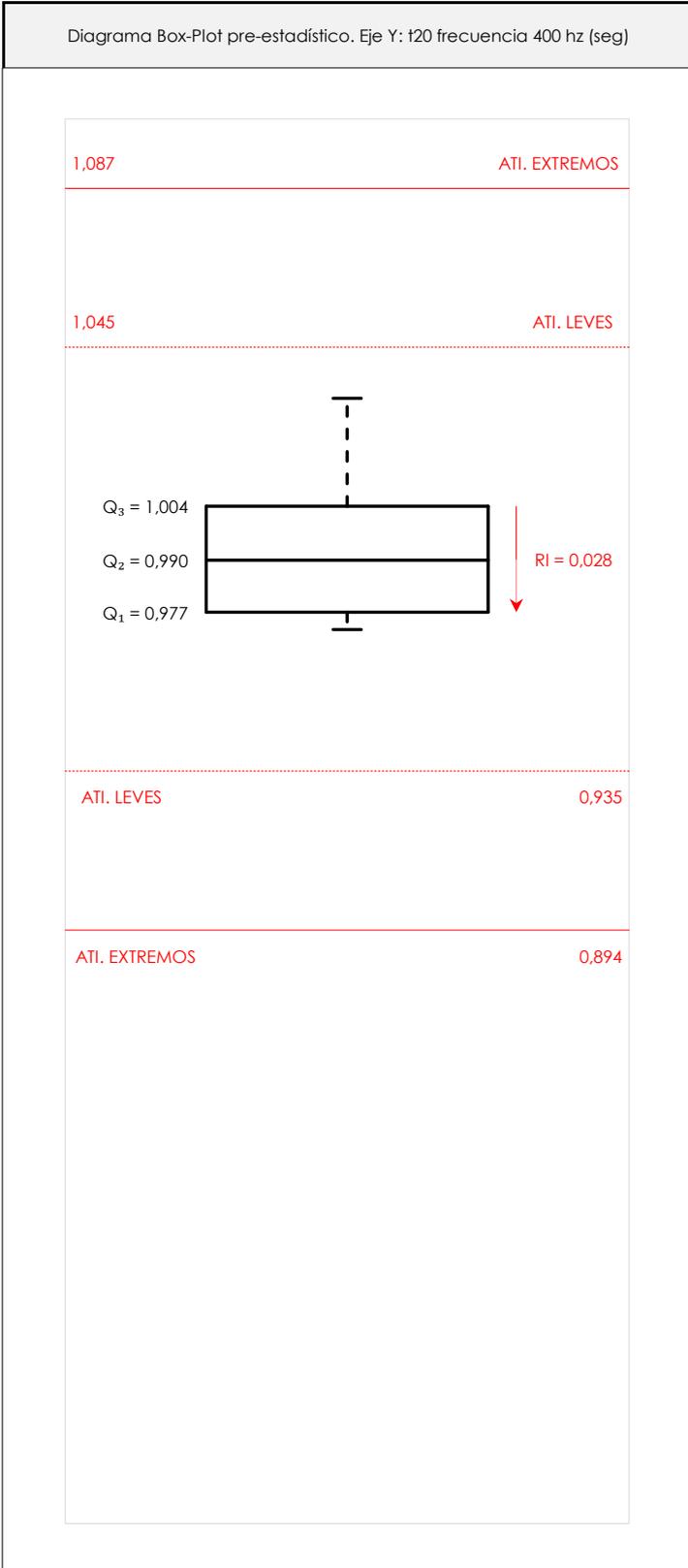




## T20 FRECUENCIA 400 HZ (seg)

### Análisis D. Estudios post-estadísticos

#### Apartado D.3. Diagramas Box-Plot o de Caja y Bigotes



#### ANÁLISIS GRÁFICO DE CAJA Y BIGOTES (ANTES Y DESPUÉS DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO)

Diagramas de caja y bigotes (Box Plot) de las medias aritméticas de los resultados aportados por los laboratorios antes (diagrama de la izquierda. Este incluye valores aberrantes y anómalos) y después (diagrama de la derecha. No incluye los valores descartados a lo largo del estudio) de análisis estadístico.

En ambos se han representado: el primer cuartil (Q<sub>1</sub> ; 25% de los datos), el segundo cuartil o la mediana (Q<sub>2</sub> ; 50% de los datos), el tercer cuartil (Q<sub>3</sub> ; 75% de los datos), el rango intercuartílico (RI ; cuartil tres menos cuartil uno) y los límites de valores atípicos leves (f<sub>3</sub> y f<sub>1</sub> para el máximo y mínimo respectivamente ; líneas discontinuas de color rojo) y extremos (f<sub>3</sub><sup>+</sup> y f<sub>1</sub><sup>+</sup> para el máximo y mínimo respectivamente ; líneas continuas de color rojo).

**CICE**Comité de infraestructuras para la  
Calidad de la Edificación**SACE**Subcomisión Administrativa para la  
Calidad de la Edificación**T20 FRECUENCIA 400 HZ (seg)****Conclusiones**

## Determinación de la repetibilidad y reproducibilidad

El análisis estadístico EILA20 para el ensayo "T20 FRECUENCIA 400 HZ", ha contado con la participación de un total de 8 laboratorios, debiendo haber aportado cada uno de ellos, un total de 5 determinaciones individuales además de su valor medio.

Tras analizar los resultados podemos concluir que, para cumplir con los criterios estadísticos establecidos en el informe, un total de 6 laboratorios han sido apartados de la evaluación final: 0 en el Análisis Pre-Estadístico (por no cumplir el criterio de validación y/o el procedimiento de ejecución recogido en la norma de ensayo) y 6 en el Análisis Estadístico (por resultar anómalos o aberrantes en las técnicas gráficas de consistencia de Mandel y en los ensayos de detección de resultados numéricos de Cochran y Grubbs), al cabo de 4 iteraciones.

De cada uno de los análisis (pre-estadístico y estadístico), se obtienen las siguientes tablas:

TIPO DE ANALISIS	PRE-ESTADISTICO						ESTADISTICO					
Variables	$X_{i1}$	$X_{i2}$	$X_{i3}$	$X_{i4}$	$X_{i5}$	$\bar{X}_{i\text{arit}}$	$X_{i1}$	$X_{i2}$	$X_{i3}$	$X_{i4}$	$X_{i5}$	$\bar{X}_{i\text{arit}}$
Valor Máximo (max ; %)	1,15	1,03	1,05	1,06	1,19	1,03	0,99	1,01	0,98	1,01	1,00	0,99
Valor Mínimo (min ; %)	0,99	0,91	0,88	0,97	0,88	0,97	0,99	0,97	0,98	1,00	0,97	0,99
Valor Promedio (M ; %)	1,03	0,99	0,97	1,01	0,99	0,99	0,99	0,99	0,98	1,01	0,99	0,99
Desviación Típica (SDL ; ---)	0,05	0,04	0,06	0,03	0,09	0,02	0,00	0,03	0,00	0,01	0,02	0,00
Coef. Variación (CV ; ---)	0,05	0,04	0,06	0,03	0,09	0,02	0,00	0,03	0,00	0,01	0,02	0,00
VARIABLES	$S_r^2$	r	$S_L^2$	$S_R^2$	R	$S_r^2$	r	$S_L^2$	$S_R^2$	R		
Valor Calculado	0,004	0,170	0,000	0,004	0,165	0,000	0,044	0,000	0,000	0,039		
Valor Referencia												

Asimismo, acompañando a éstas tablas y dependiendo del análisis que se esté llevando a cabo, se introducen los indicadores estadísticos "h y k" de Mandel y los valores críticos "C" de Cochran y " $G_{sim}$  y  $G_{Dob}$ " de Grubbs, todos ellos adimensionales, obtenidos de las tablas 4, 5, 6 y 7 de la norma UNE 82009-2:1999 o mediante ecuación matemática, en función del número de laboratorios y del número de ensayos efectuados por cada uno de ellos:

TIPO DE ANALISIS	PRE-ESTADISTICO					ESTADISTICO				
VARIABLES	h	k	C	$G_{sim}$	$G_{Dob}$	h	k	C	$G_{sim}$	$G_{Dob}$
Nivel de Significación 1%	ERROR	ERROR	0,463	1,155	1,1550	ERROR	ERROR	0,959	1,155	1,1550
Nivel de Significación 5%	ERROR	ERROR	0,391	1,155	1,1550	ERROR	ERROR	0,906	1,155	1,1550

Con los resultados de los laboratorios, que tras los dos análisis estadísticos son evaluados por Z-Score, se han obtenido: 2 resultados satisfactorios, 0 resultados dudosos y 0 resultados insatisfactorios.

Respecto a los métodos para determinar la repetibilidad y la reproducibilidad de las mediciones se van a basar en la evaluación estadística recogida en la ISO 17025, sobre las dispersiones de los resultados individuales y su media, en forma de varianzas o desviaciones estándar, también conocida como ANOVA (siglas de analysis of variance).

Sabiendo que una varianza es la suma de cuadrados dividida por un número, que se llama grados de libertad, que depende del número de participantes menos 1, se puede decir que la imprecisión del ensayo se descompone en dos factores: uno de ellos genera la imprecisión mínima, presente en condiciones de repetibilidad (variabilidad intralaboratorio) y el otro la imprecisión adicional, obtenida en condiciones de reproducibilidad (variabilidad debida al cambio de laboratorio).

Las condiciones de repetibilidad de este ensayo son: mismo laborante, mismo laboratorio y mismo equipo de medición utilizado dentro de un período de tiempo corto. Por ende, las condiciones de reproducibilidad para la misma muestra y ensayo, cambian en: el laborante, el laboratorio, el equipo y las condiciones de uso y tiempo.

**CICE**

Comité de infraestructuras para la  
Calidad de la Edificación



**CSIC**

CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

INSTITUTO  
DE EDIFICACIÓN  
Y  
ACÚSTICA

**SACE**

Subcomisión Administrativa para la  
Calidad de la Edificación

# ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE ACÚSTICA

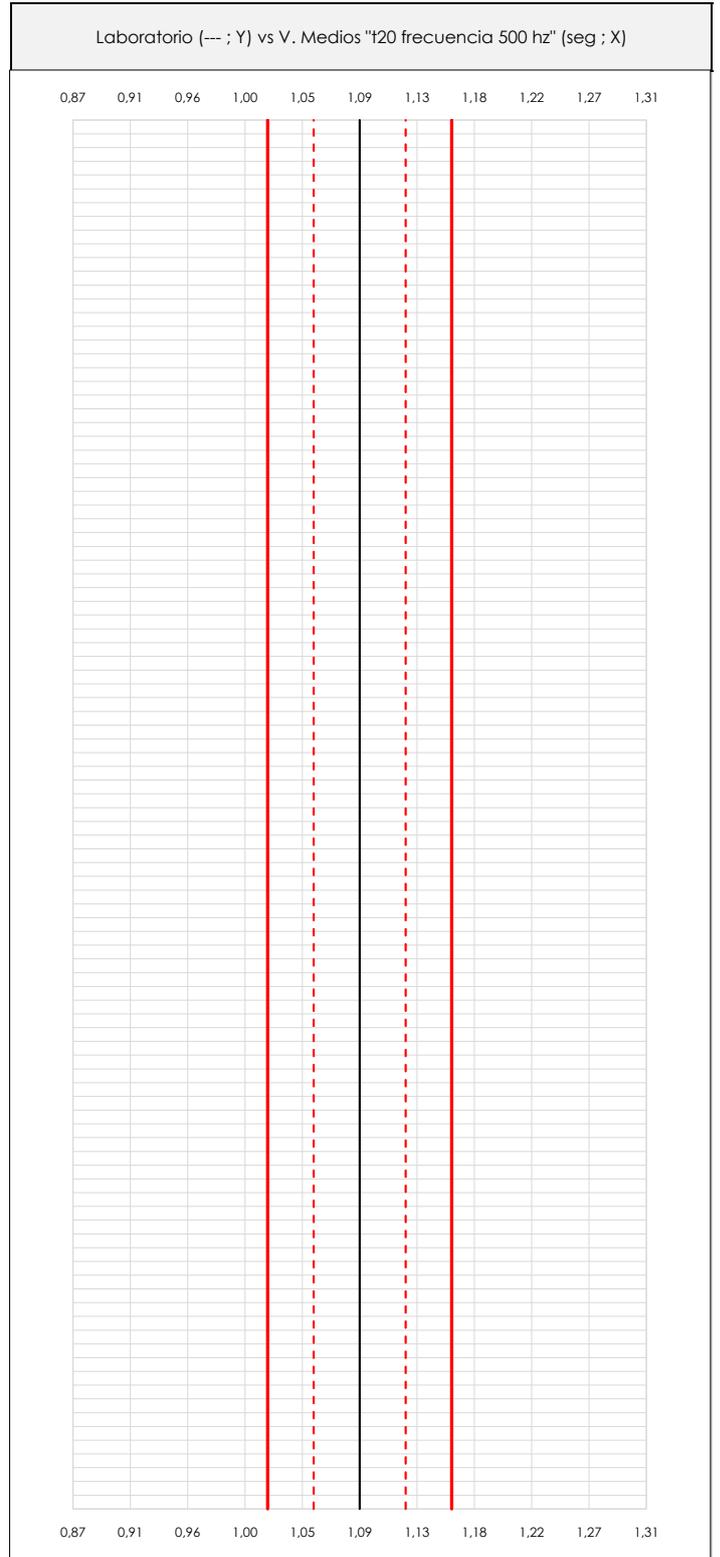
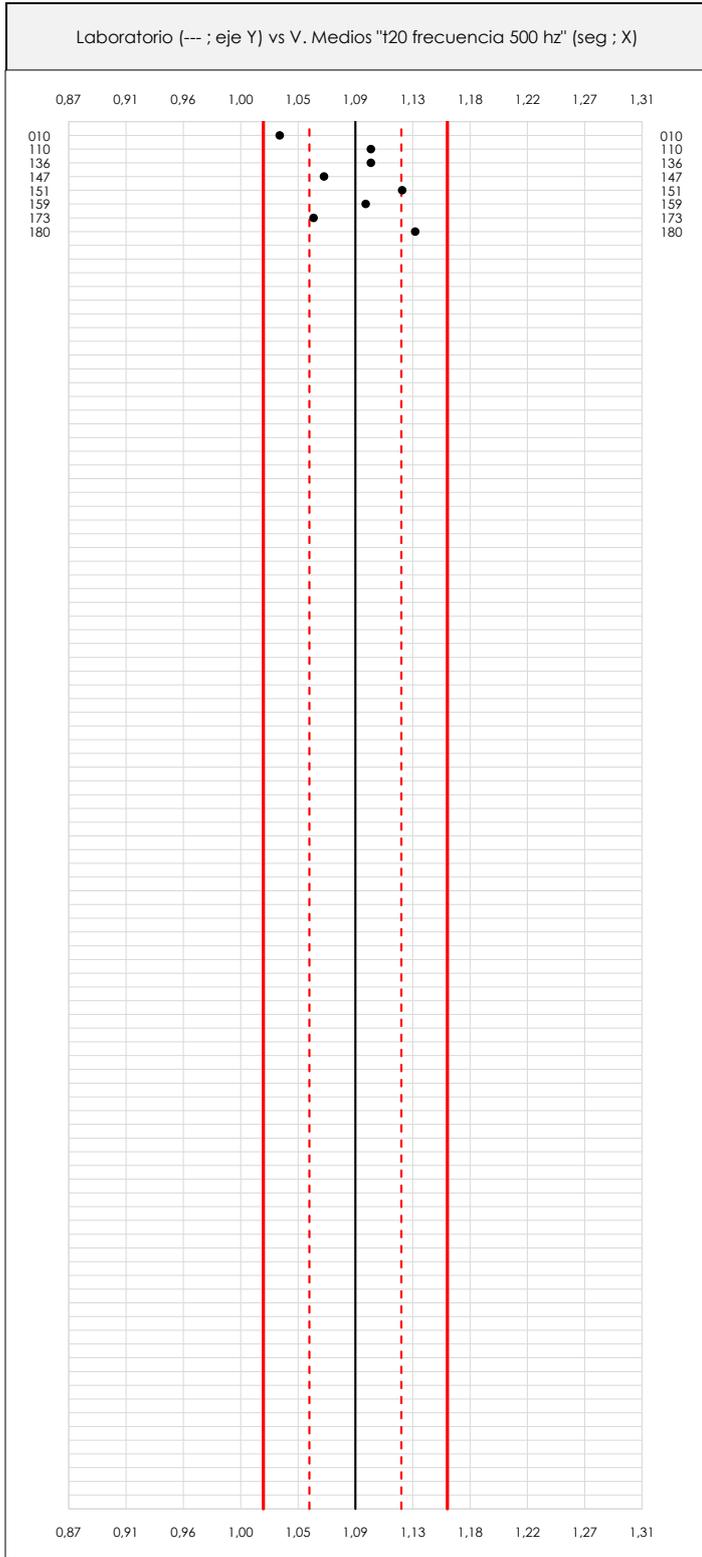
T20 FRECUENCIA 500 HZ



## T20 FRECUENCIA 500 HZ (seg)

### Análisis A. Estudio pre-estadístico

#### Apartado A.1. Gráficos de dispersión de valores medios



#### ANÁLISIS GRÁFICO DE DISPERSIÓN MEDIA (ANTES DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO)

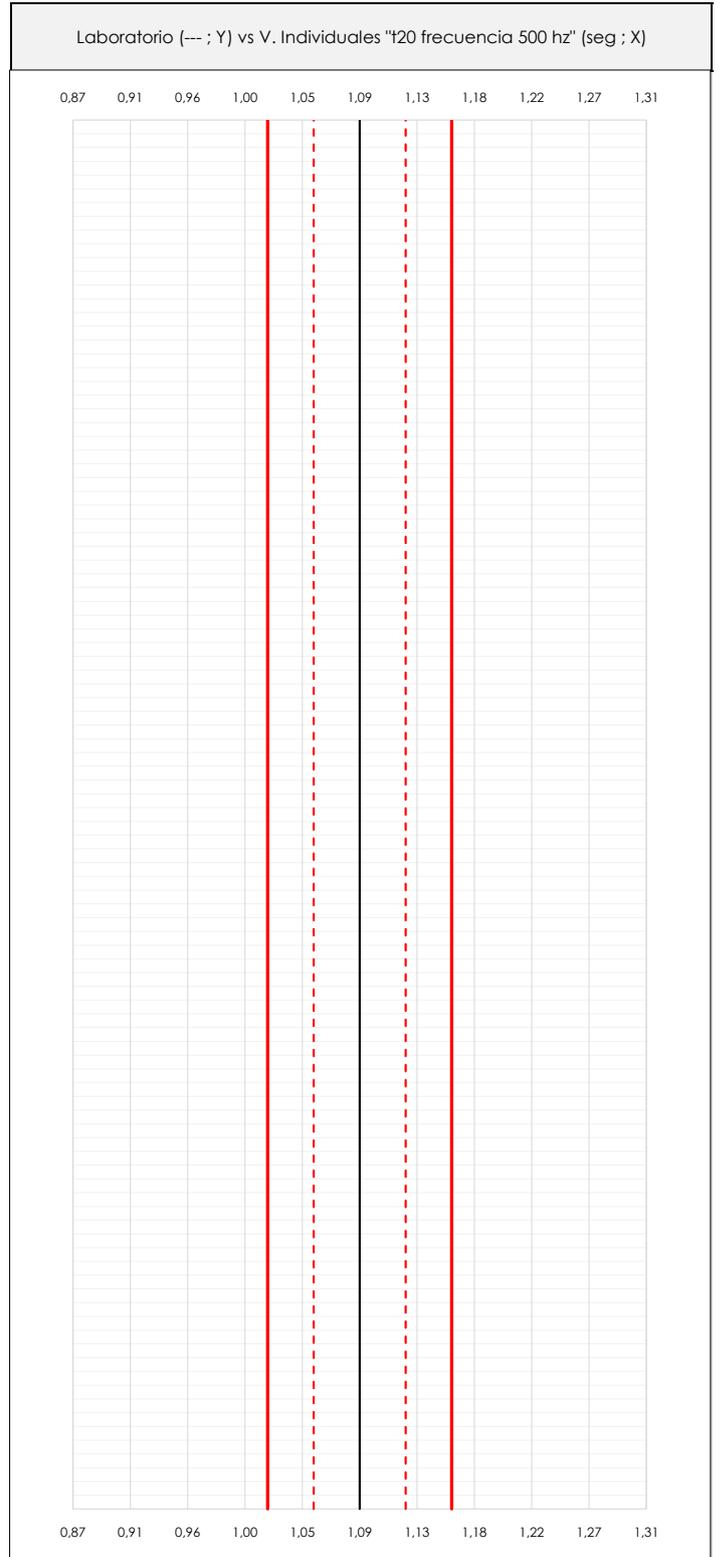
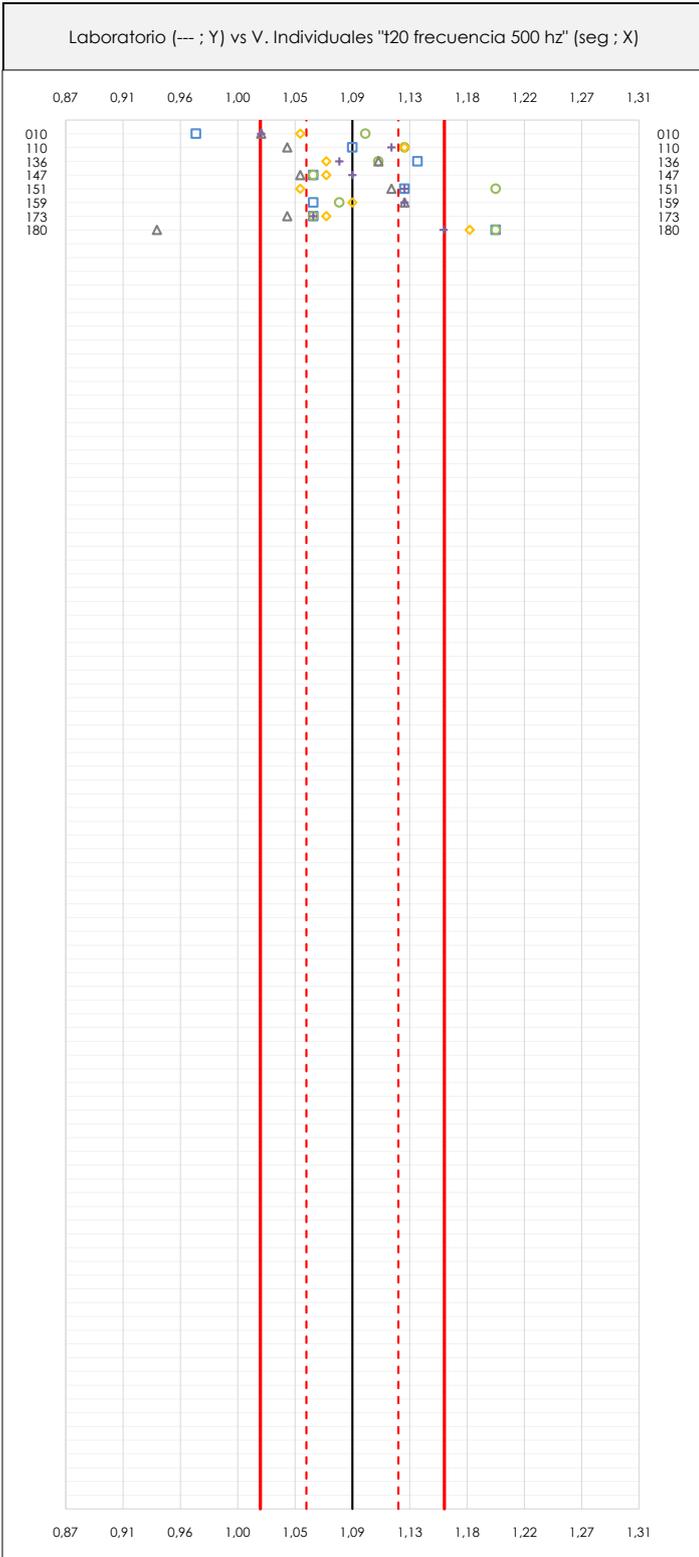
Dispersión de las medias aritméticas intra-laboratorios respecto de la media aritmética inter-laboratorios (1,09 ; línea negra de trazo continuo), la media aritmética inter-laboratorios más/menos la desviación típica (1,13/1,05 ; líneas rojas de trazo punteado) y la media aritmética inter-laboratorios más/menos el doble de la desviación típica (1,16/1,02 ; líneas rojas de trazo continuo).

En el eje Y (adimensional) quedan reflejados los códigos de los laboratorios participantes y en el eje X (las unidades son las mismas que las del ensayo que se está analizando) las medias aritméticas intra-laboratorios representadas por punto de color negro.

**T20 FRECUENCIA 500 HZ (seg)**

**Análisis A. Estudio pre-estadístico**

Apartado A.2. Gráficos de dispersión de valores individuales



**ANÁLISIS GRÁFICOS DE DISPERSIÓN INDIVIDUAL (ANTES DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO)**

Dispersión de los valores individuales respecto de la media aritmética inter-laboratorios (1,09 ; línea negra de trazo continuo), la media aritmética inter-laboratorios más/menos la desviación típica (1,13/1,05 ; líneas rojas de trazo punteado) y la media aritmética inter-laboratorios más/menos el doble de la desviación típica (1,16/1,02 ; líneas rojas de trazo continuo).

En el eje Y (adimensional) queda reflejado el código del laboratorio participante y en el eje X (las unidades son las de los resultados del ensayo que se está analizando) los resultados individuales: el primero ( $X_{1,1}$ ) se representa con un cuadrado azul, el segundo ( $X_{1,2}$ ) con un círculo verde, el tercero ( $X_{1,3}$ ) con un triángulo gris y el cuarto ( $X_{1,4}$ ) con un rombo amarillo.



## T20 FRECUENCIA 500 HZ (seg)

### Análisis A. Estudio pre-estadístico

#### Apartado A.3. Determinaciones matemáticas

Lab	$X_{i1}$	$X_{i2}$	$X_{i3}$	$X_{i4}$	$X_{i5}$	$\bar{X}_{i\text{arit}}$	$S_{Li}$	$D_{i\text{arit}}\%$	Pasa A	Observaciones
10	0,97	1,10	1,02	1,05	1,02	1,03	0,048	-5,32	✓	
110	1,09	1,13	1,04	1,13	1,12	1,10	0,038	1,10	✓	
136	1,14	1,11	1,11	1,07	1,08	1,10	0,028	1,10	✓	
147	1,06	1,06	1,05	1,07	1,09	1,07	0,015	-2,20	✓	
151	1,13	1,20	1,12	1,05	1,13	1,13	0,053	3,30	✓	
159	1,06	1,08	1,13	1,09	1,13	1,10	0,031	0,73	✓	
173	1,06	1,06	1,04	1,07	1,06	1,06	0,011	-2,94	✓	
180	1,20	1,20	0,94	1,18	1,16	1,14	0,111	4,22	✓	

**NOTAS:**

- <sup>01</sup> " $X_{ij}$  con  $j = 1, 2, 3, 4, 5$ " es cada uno de los resultados individuales aportados por cada laboratorio, " $\bar{X}_{i\text{arit}}$ " es la media aritmética intralaboratorio calculada sin redondear.
- <sup>02</sup> " $S_{Li}$ " es la desviación típica intralaboratorios y " $D_{i\text{arit}}\%$ " la desviación, en porcentaje, de la media aritmética intralaboratorios calculada respecto de la media aritmética interlaboratorios.
- <sup>03</sup> Los resultados aportados por los laboratorios podrán ser descartados (X) si no cumplen con los criterios establecidos en el protocolo EILA o si no han realizado el ensayo conforme a norma.
- <sup>04</sup> El código colorimétrico empleado para las celdas es: [máximo] [mínimo]

**CICE**  
Comité de infraestructuras para la  
Calidad de la Edificación

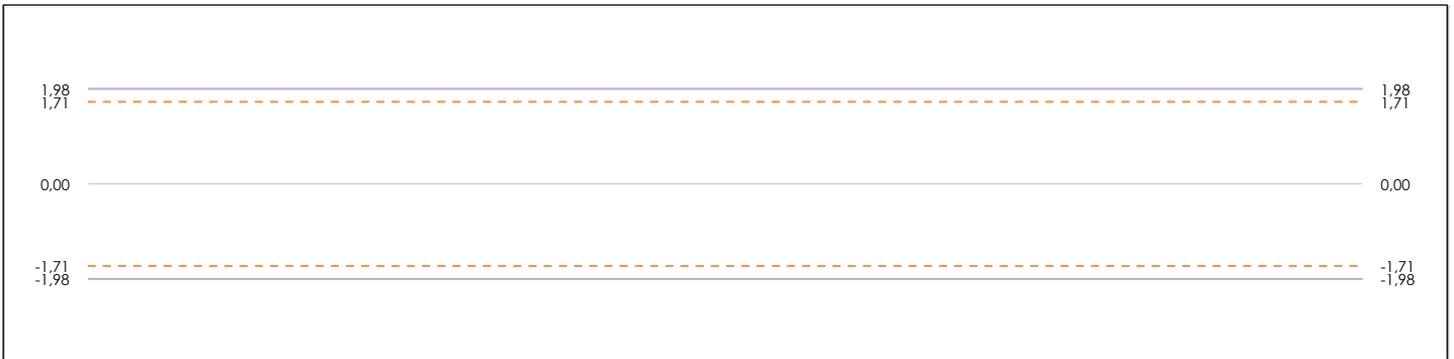
**SACE**  
Subcomisión Administrativa para la  
Calidad de la Edificación



## T20 FRECUENCIA 500 HZ (seg)

### Análisis B. Mandel, Cochran y Grubbs

Apartado B.1. Gráfico de consistencia inter-laboratorios "h" de Mandel



#### ANÁLISIS GRÁFICO DE CONSISTENCIA INTER-LABORATORIOS

Análisis gráfico de consistencia inter-laboratorios "h" de Mandel. En él se representan las medias aritméticas inter-laboratorios y los indicadores estadísticos para un 1% y un 5% de significación (valores obtenidos de la tabla 6 norma UNE 82009-2:1999 o mediante ecuación matemática, en función del número de laboratorios participantes).

Las líneas continuas de color morado (indicador estadístico para un 1% de significación) marca el límite a partir del cual un valor es considerado aberrante y las discontinuas de color rosáceo (indicador estadístico para un 5% de significación), cuando es considerado anómalo. Una equis de color rojo (X) sobre el eje cero indica que el laboratorio ha sido descartado.

**CICE**  
Comité de infraestructuras para la  
Calidad de la Edificación

**SACE**  
Subcomisión Administrativa para la  
Calidad de la Edificación



**T20 FRECUENCIA 500 HZ (seg)**  
**Análisis B. Mandel, Cochran y Grubbs**

Apartado B.2. Gráfico de consistencia intra-laboratorios "k" de Mandel



**ANÁLISIS GRÁFICO DE CONSISTENCIA INTRA-LABORATORIOS**

Análisis gráfico de consistencia intra-laboratorios "k" de Mandel. En él se representan las medias aritméticas intra-laboratorios y los indicadores estadísticos para un 1% y un 5% de significación (valores obtenidos de la tabla 6 norma UNE 82009-2:1999 o mediante ecuación matemática, en función del número de laboratorios participantes y el número de ensayos efectuados).

Las líneas continuas de color morado (indicador estadístico para un 1% de significación) marca el límite a partir del cual un valor es considerado aberrante y las discontinuas de de color rosaceo (indicador estadístico para un 5% de significación), cuando es considerado anómalo. Una equis de color rojo (X) sobre el eje cero indica que el laboratorio ha sido descartado.



## T20 FRECUENCIA 500 HZ (seg)

### Análisis B. Mandel, Cochran y Grubbs

#### Apartado B.3. Determinaciones matemáticas

Lab	$X_{i1}$	$X_{i2}$	$X_{i3}$	$X_{i4}$	$X_{i5}$	$\bar{X}_{i \text{ arit}}$	$S_{Li}$	$D_{i \text{ arit}} \%$	$h_i$	$k_i$	$C_i$	$G_{\text{sim Inf}}$	$G_{\text{sim Sup}}$	$G_{\text{Dob Inf}}$	$G_{\text{Dob Sup}}$	Pasa B
10	0,970	1,100	1,020	1,050	1,020	1,032	0,048	-4,75	-1,59	1,35		1,586		0,2911		✓
110	1,09	1,130	1,040	1,130	1,120	1,102	0,038	1,71	0,57	1,09					0,5396	✓
136	1,14	1,110	1,110	1,070	1,080	1,102	0,028	1,71	0,57	0,79					0,5396	✓
147	1,06	1,060	1,050	1,070	1,090	1,066	0,015	-1,61	-0,54	0,43						✓
151	1,13	1,200	1,120	1,050	1,130	1,126	0,053	3,93	1,31	1,51*	0,327		1,313		0,5396	✓
159	1,06	1,080	1,130	1,090	1,130	1,098	0,031	1,34	0,45	0,89						✓
173	1,06	1,060	1,040	1,070	1,060	1,058	0,011	-2,35	-0,78	0,31				0,2911		✓
180	1,20	1,200	0,940	1,180	1,160	1,136	---	---	---	---	---	---	---	---	---	✗

**NOTAS:**

<sup>01</sup> " $X_{ij}$  con  $j = 1, 2, 3, 4, 5$ " es cada uno de los resultados individuales aportados por cada laboratorio, " $\bar{X}_{i \text{ arit}}$ " es la media aritmética intralaboratorio calculada sin redondear.

<sup>02</sup> " $S_{Li}$ " es la desviación típica intralaboratorios y " $D_{i \text{ arit}} \%$ " la desviación, en porcentaje, de la media aritmética intralaboratorios calculada respecto de la media aritmética interlaboratorios.

<sup>03</sup> " $h_i$  y  $k_i$ ", " $C_i$ ", " $G_{\text{sim}}$  y  $G_{\text{Dob}}$ " hacen referencia a los estadísticos de Mandel, Cochran y Grubbs, respectivamente, obtenidos para cada laboratorio en función de los resultados aportados.

<sup>04</sup> El código colorimétrico empleado para las celdas es:

[aberrante]

[anómalo]

[máximo]

[mínimo]

**CICE**  
Comité de infraestructuras para la  
Calidad de la Edificación

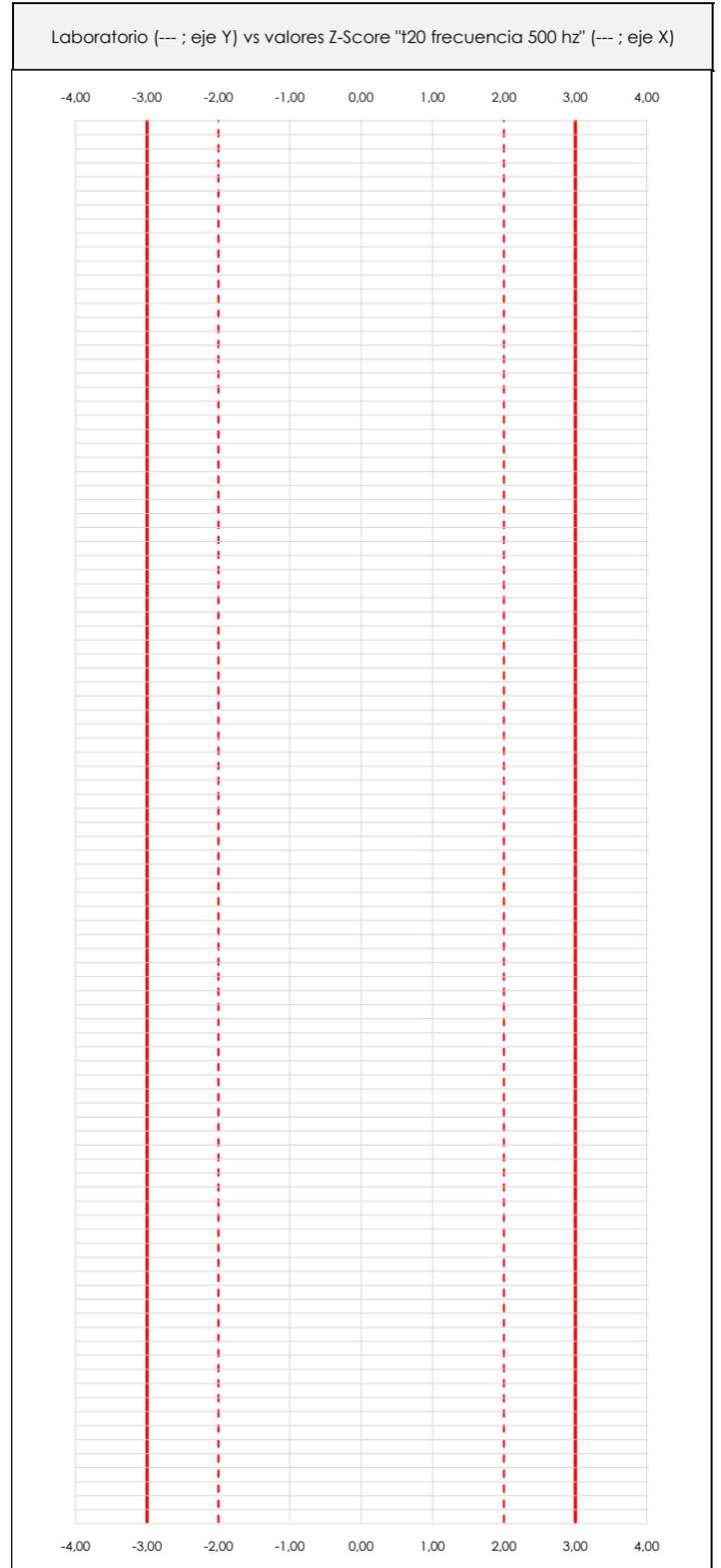
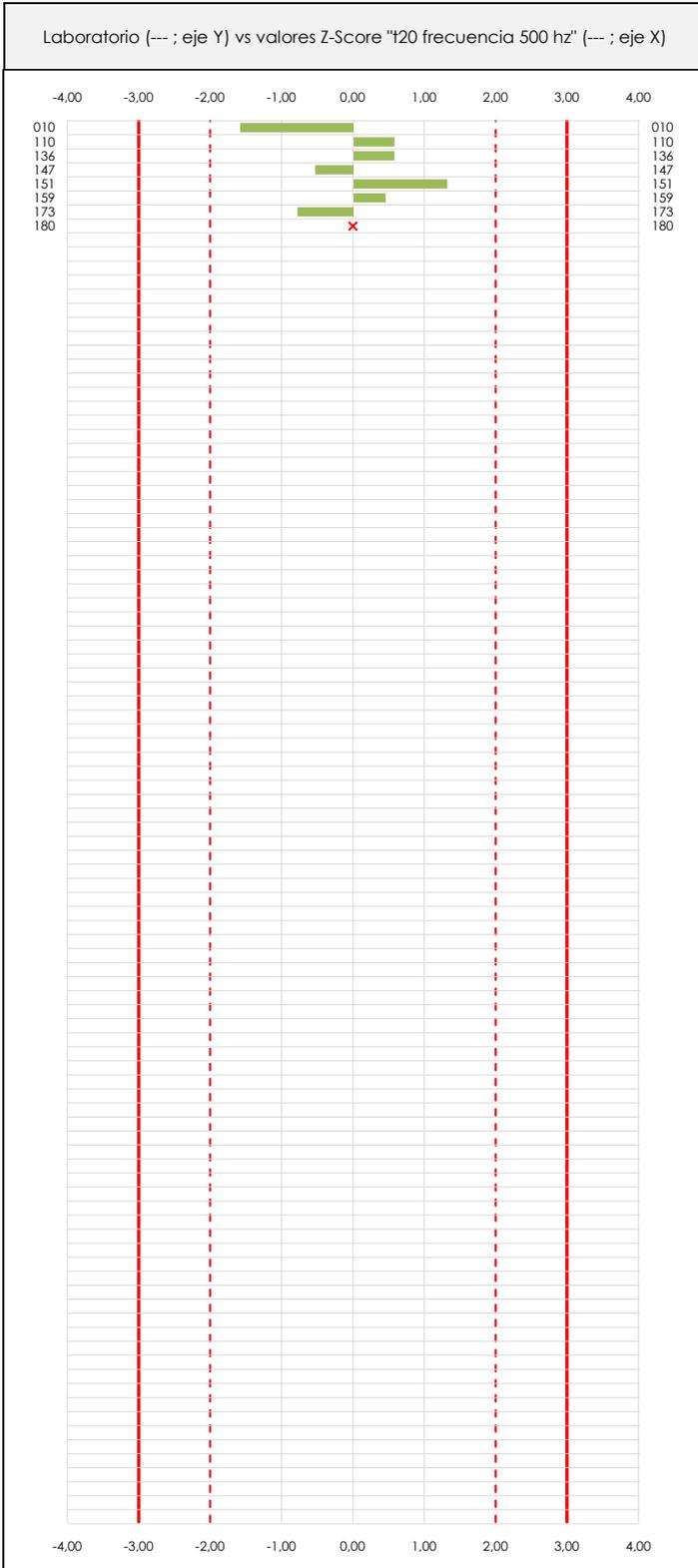
**SACE**  
Subcomisión Administrativa para la  
Calidad de la Edificación



## T20 FRECUENCIA 500 HZ (seg)

### Análisis C. Evaluación Z-Score

#### Apartado C.1. Análisis gráfico Altman Z-Score



#### ANÁLISIS GRÁFICO Z-SCORE

Diagrama Z-Score para los resultados aportados por los laboratorios. Estos se considerarán satisfactorios (S) si el valor absoluto del Z-Score es menor o igual a 2 unidades, dudoso si está comprendido entre 2 y 3 unidades e insatisfactorio si es mayor o igual a 3 unidades.

Los resultados satisfactorios quedan reflejados entre las dos líneas rojas discontinuas, líneas de referencia en la evaluación Z-Score.



## T20 FRECUENCIA 500 HZ (seg)

### Análisis C. Evaluación Z-Score

#### Apartado C.2. Determinaciones matemáticas

Lab	X <sub>i1</sub>	X <sub>i2</sub>	X <sub>i3</sub>	X <sub>i4</sub>	X <sub>i5</sub>	$\bar{X}_{i\text{arit}}$	S <sub>Li</sub>	D <sub>iarit</sub> %	Pasa A	Pasa B	Total	Causa	Iteración	Z-Score	Evaluación
10	0,97	1,10	1,02	1,05	1,02	1,03	0,048	-4,75	✓	✓	✓			-1,586	S
110	1,09	1,13	1,04	1,13	1,12	1,10	0,038	1,71	✓	✓	✓			0,573	S
136	1,14	1,11	1,11	1,07	1,08	1,10	0,028	1,71	✓	✓	✓			0,573	S
147	1,06	1,06	1,05	1,07	1,09	1,07	0,015	-1,61	✓	✓	✓			-0,537	S
151	1,13	1,20	1,12	1,05	1,13	1,13	0,053	3,93	✓	✓	✓			1,313	S
159	1,06	1,08	1,13	1,09	1,13	1,10	0,031	1,34	✓	✓	✓			0,449	S
173	1,06	1,06	1,04	1,07	1,06	1,06	0,011	-2,35	✓	✓	✓			-0,784	S
180	1,20	1,20	0,94	1,18	1,16	1,14	---	---	✓	X	X	AB	0	---	---

**NOTAS:**

<sup>01</sup> "X<sub>i j</sub> con j = 1, 2, 3, 4, 5" es cada uno de los resultados individuales aportados por cada laboratorio, " $\bar{X}_{i\text{arit}}$ " es la media aritmética intralaboratorio calculada sin redondear.

<sup>02</sup> "S<sub>Li</sub>" es la desviación típica intralaboratorios y "D<sub>iarit</sub> %" la desviación, en porcentaje, de la media aritmética intralaboratorios calculada respecto de la media aritmética interlaboratorios.

<sup>03</sup> La evaluación Z-Score (ZS) será considerada de tipo: [Satisfactorio (S) - si | ZS | ≤ 2] [Dudoso (D) - si 2 < | ZS | ≤ 3] [Insatisfactorio (I) - si | ZS | > 3].

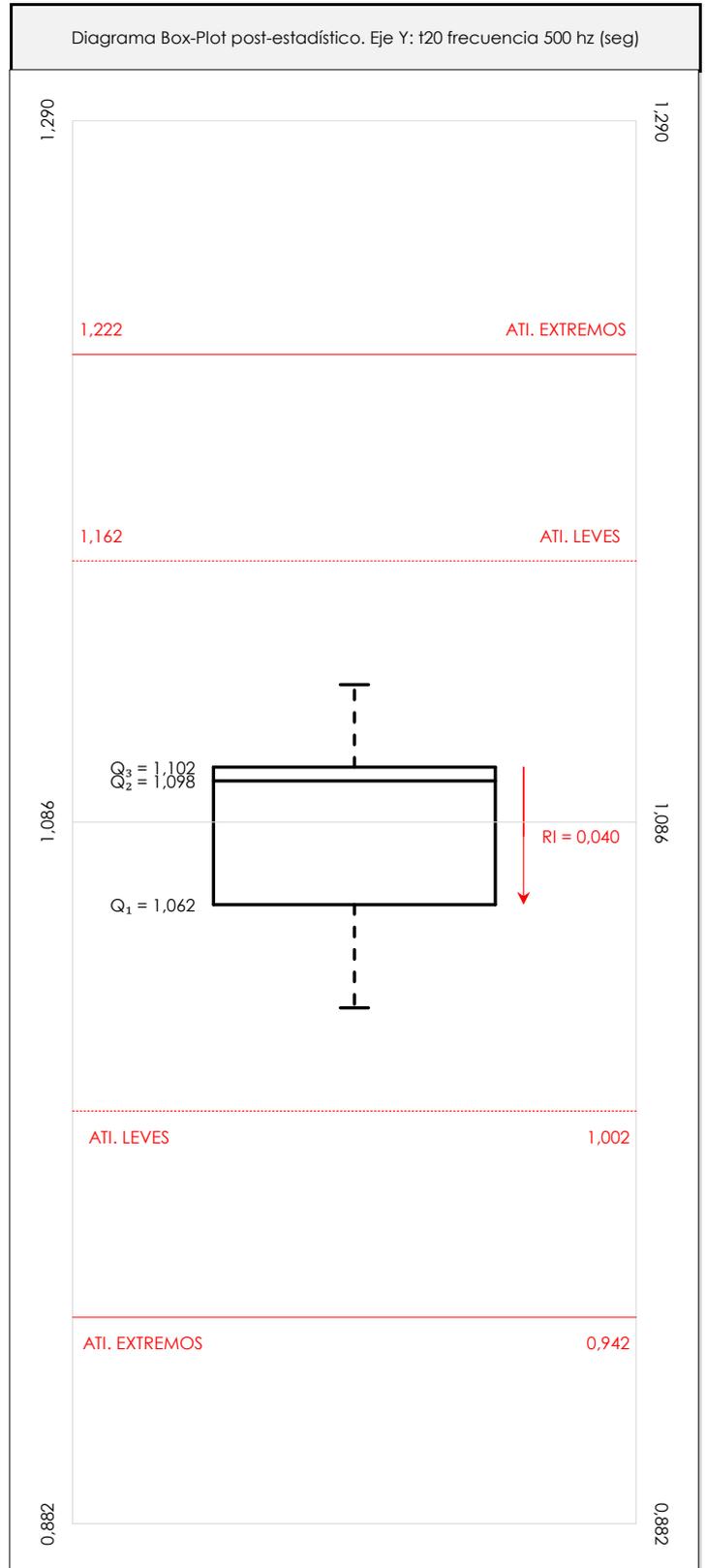
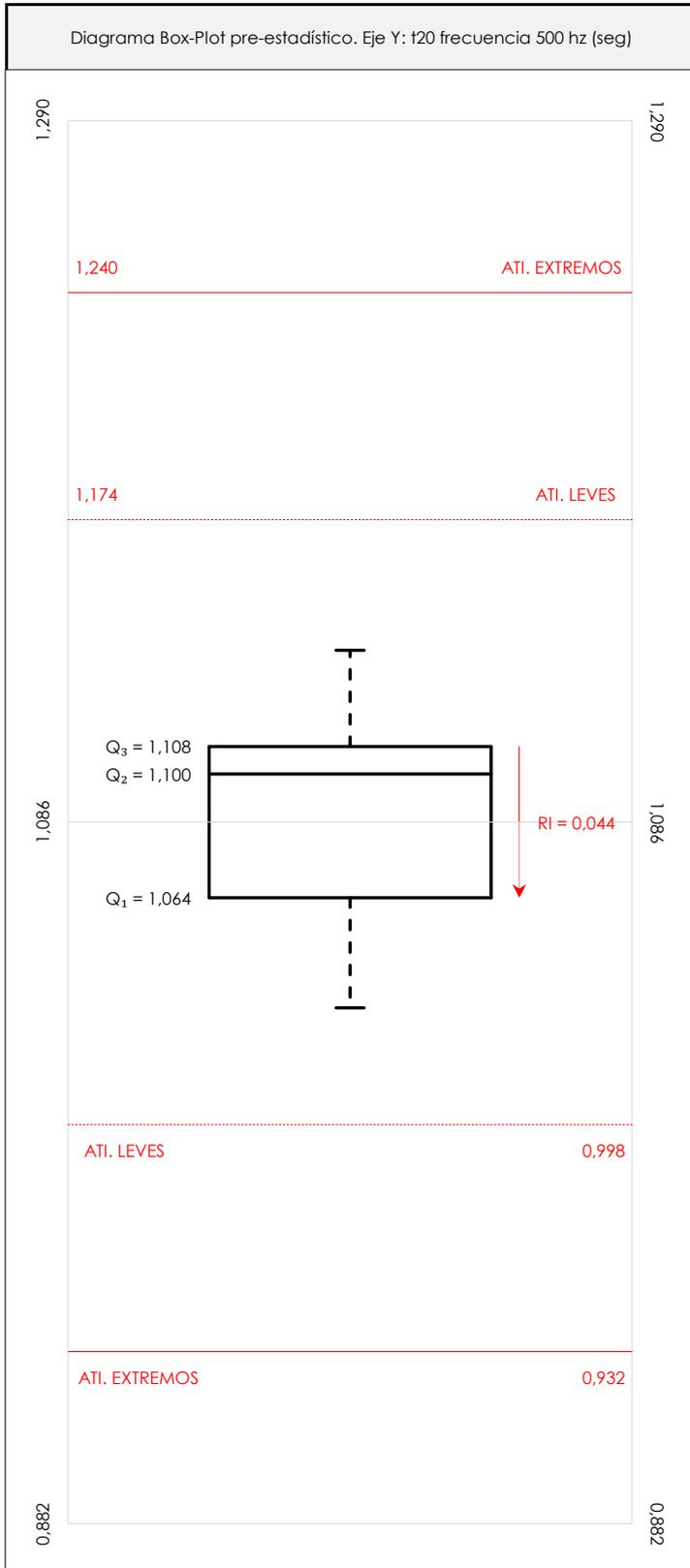
<sup>04</sup> El código colorimétrico empleado para las celdas es:

[dudoso]

[insatisfactorio]

**T20 FRECUENCIA 500 HZ (seg)**  
**Análisis D. Estudios post-estadísticos**

Apartado D.3. Diagramas Box-Plot o de Caja y Bigotes



**ANÁLISIS GRÁFICO DE CAJA Y BIGOTES (ANTES Y DESPUÉS DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO)**

Diagramas de caja y bigotes (Box Plot) de las medias aritméticas de los resultados aportados por los laboratorios antes (diagrama de la izquierda. Este incluye valores aberrantes y anómalos) y después (diagrama de la derecha. No incluye los valores descartados a lo largo del estudio) de análisis estadístico.

En ambos se han representado: el primer cuartil (Q<sub>1</sub> ; 25% de los datos), el segundo cuartil o la mediana (Q<sub>2</sub> ; 50% de los datos), el tercer cuartil (Q<sub>3</sub> ; 75% de los datos), el rango intercuartílico (RI ; cuartil tres menos cuartil uno) y los límites de valores atípicos leves (f<sub>3</sub> y f<sub>1</sub> para el máximo y mínimo respectivamente ; líneas discontinuas de color rojo) y extremos (f<sub>3</sub>\* y f<sub>1</sub>\* para el máximo y mínimo respectivamente ; líneas continuas de color rojo).

**CICE**Comité de infraestructuras para la  
Calidad de la Edificación**SACE**Subcomisión Administrativa para la  
Calidad de la Edificación**T20 FRECUENCIA 500 HZ (seg)****Conclusiones**

## Determinación de la repetibilidad y reproducibilidad

El análisis estadístico EILA20 para el ensayo "T20 FRECUENCIA 500 HZ", ha contado con la participación de un total de 8 laboratorios, debiendo haber aportado cada uno de ellos, un total de 5 determinaciones individuales además de su valor medio.

Tras analizar los resultados podemos concluir que, para cumplir con los criterios estadísticos establecidos en el informe, un total de 1 laboratorios han sido apartados de la evaluación final: 0 en el Análisis Pre-Estadístico (por no cumplir el criterio de validación y/o el procedimiento de ejecución recogido en la norma de ensayo) y 1 en el Análisis Estadístico (por resultar anómalos o aberrantes en las técnicas gráficas de consistencia de Mandel y en los ensayos de detección de resultados numéricos de Cochran y Grubbs), al cabo de 2 iteraciones.

De cada uno de los análisis (pre-estadístico y estadístico), se obtienen las siguientes tablas:

TIPO DE ANALISIS	PRE-ESTADISTICO						ESTADISTICO					
Variables	$X_{i1}$	$X_{i2}$	$X_{i3}$	$X_{i4}$	$X_{i5}$	$\bar{X}_{i\text{arit}}$	$X_{i1}$	$X_{i2}$	$X_{i3}$	$X_{i4}$	$X_{i5}$	$\bar{X}_{i\text{arit}}$
Valor Máximo (max ; %)	1,20	1,20	1,13	1,18	1,16	1,14	1,14	1,20	1,13	1,13	1,13	1,13
Valor Mínimo (min ; %)	0,97	1,06	0,94	1,05	1,02	1,03	0,97	1,06	1,02	1,05	1,02	1,03
Valor Promedio (M ; %)	1,09	1,12	1,06	1,09	1,10	1,09	1,07	1,11	1,07	1,08	1,09	1,08
Desviación Típica (SDL ; ---)	0,07	0,06	0,06	0,04	0,05	0,04	0,06	0,05	0,05	0,03	0,04	0,03
Coef. Variación (CV ; ---)	0,06	0,05	0,06	0,04	0,04	0,03	0,05	0,04	0,04	0,03	0,04	0,03
VARIABLES	$S_r^2$	r	$S_L^2$	$S_R^2$	R	$S_r^2$	r	$S_L^2$	$S_R^2$	R		
Valor Calculado	0,003	0,142	0,001	0,003	0,160	0,001	0,097	0,001	0,002	0,125		
Valor Referencia												

Asimismo, acompañando a éstas tablas y dependiendo del análisis que se esté llevando a cabo, se introducen los indicadores estadísticos "h y k" de Mandel y los valores críticos "C" de Cochran y " $G_{\text{sim}}$  y  $G_{\text{Dob}}$ " de Grubbs, todos ellos adimensionales, obtenidos de las tablas 4, 5, 6 y 7 de la norma UNE 82009-2:1999 o mediante ecuación matemática, en función del número de laboratorios y del número de ensayos efectuados por cada uno de ellos:

TIPO DE ANALISIS	PRE-ESTADISTICO					ESTADISTICO				
VARIABLES	h	k	C	$G_{\text{sim}}$	$G_{\text{Dob}}$	h	k	C	$G_{\text{sim}}$	$G_{\text{Dob}}$
Nivel de Significación 1%	1,98	1,70	0,463	2,139	0,0308	1,98	1,70	0,508	2,139	0,0308
Nivel de Significación 5%	1,71	1,49	0,391	2,020	0,0708	1,71	1,49	0,431	2,020	0,0708

Con los resultados de los laboratorios, que tras los dos análisis estadísticos son evaluados por Z-Score, se han obtenido: 7 resultados satisfactorios, 0 resultados dudosos y 0 resultados insatisfactorios.

Respecto a los métodos para determinar la repetibilidad y la reproducibilidad de las mediciones se van a basar en la evaluación estadística recogida en la ISO 17025, sobre las dispersiones de los resultados individuales y su media, en forma de varianzas o desviaciones estándar, también conocida como ANOVA (siglas de analysis of variance).

Sabiendo que una varianza es la suma de cuadrados dividida por un número, que se llama grados de libertad, que depende del número de participantes menos 1, se puede decir que la imprecisión del ensayo se descompone en dos factores: uno de ellos genera la imprecisión mínima, presente en condiciones de repetibilidad (variabilidad intralaboratorio) y el otro la imprecisión adicional, obtenida en condiciones de reproducibilidad (variabilidad debida al cambio de laboratorio).

Las condiciones de repetibilidad de este ensayo son: mismo laborante, mismo laboratorio y mismo equipo de medición utilizado dentro de un período de tiempo corto. Por ende, las condiciones de reproducibilidad para la misma muestra y ensayo, cambian en: el laborante, el laboratorio, el equipo y las condiciones de uso y tiempo.

**CICE**

Comité de infraestructuras para la  
Calidad de la Edificación



**SACE**

Subcomisión Administrativa para la  
Calidad de la Edificación

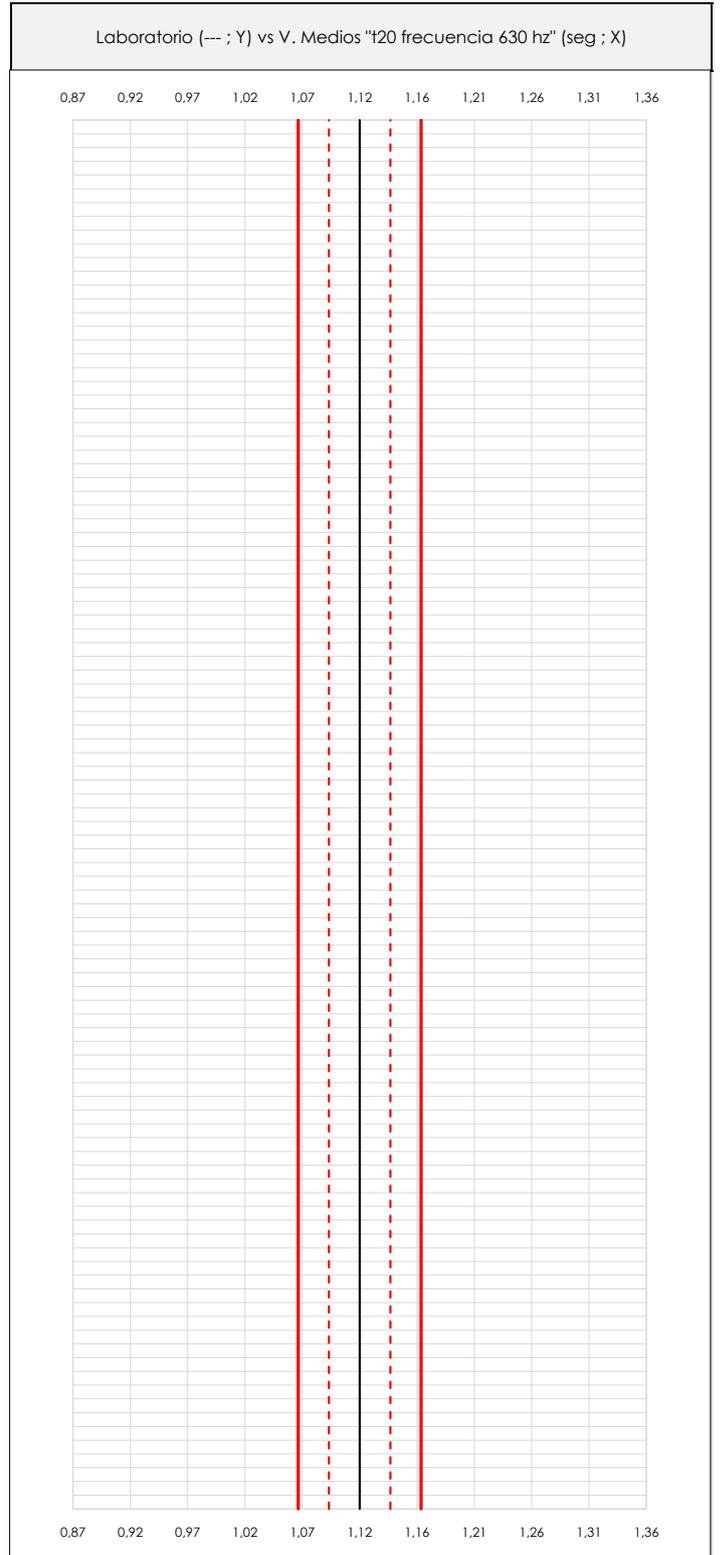
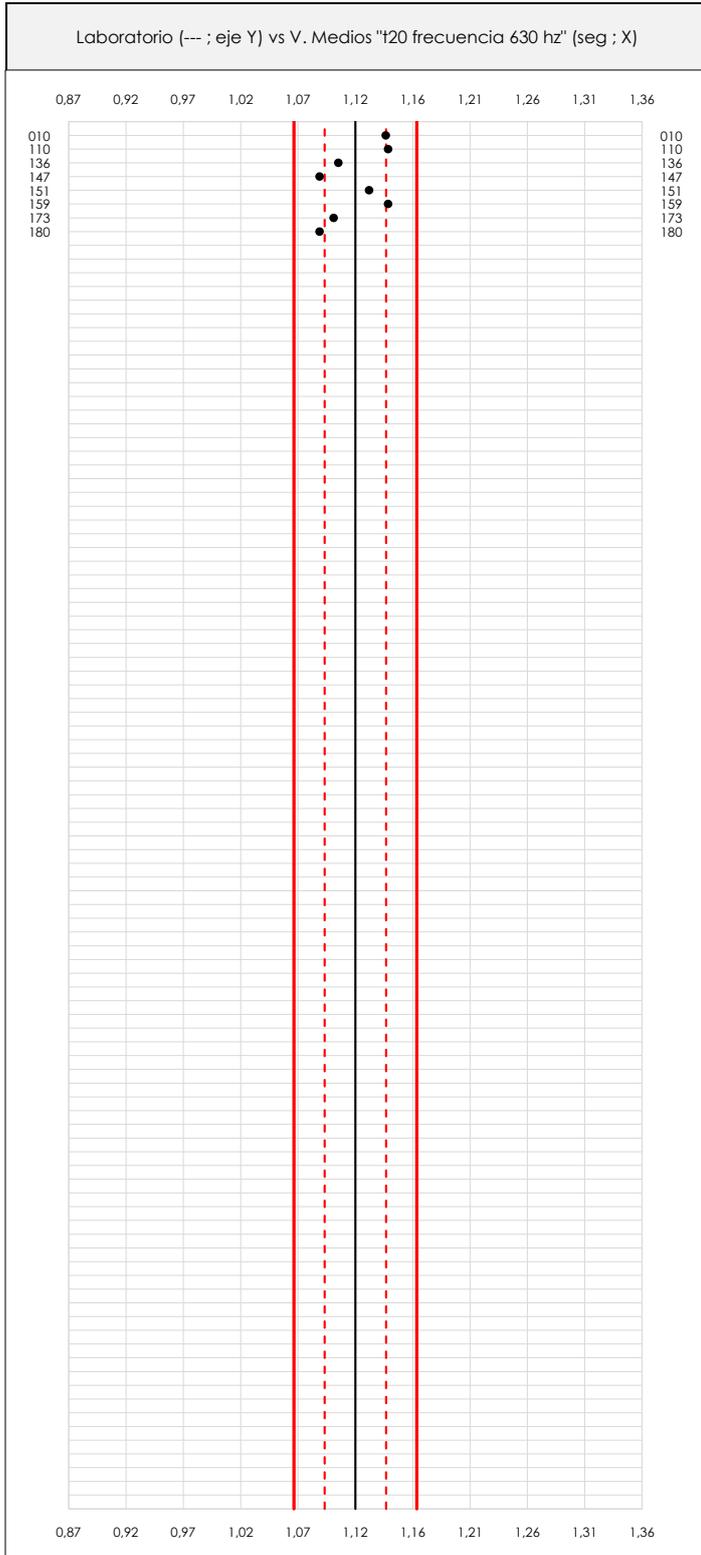
# ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE ACÚSTICA

T20 FRECUENCIA 630 HZ

## T20 FRECUENCIA 630 HZ (seg)

### Análisis A. Estudio pre-estadístico

#### Apartado A.1. Gráficos de dispersión de valores medios



#### ANÁLISIS GRÁFICO DE DISPERSIÓN MEDIA (ANTES DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO)

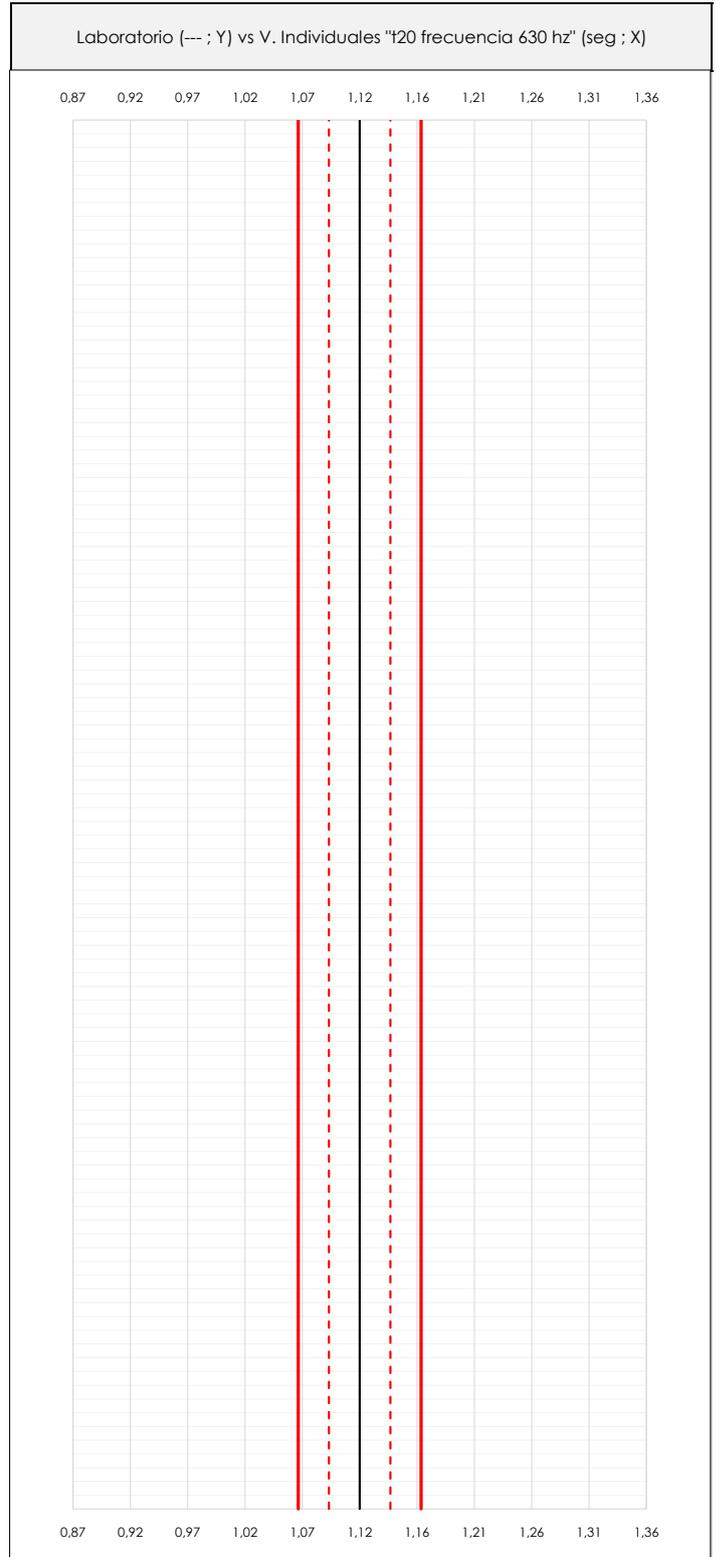
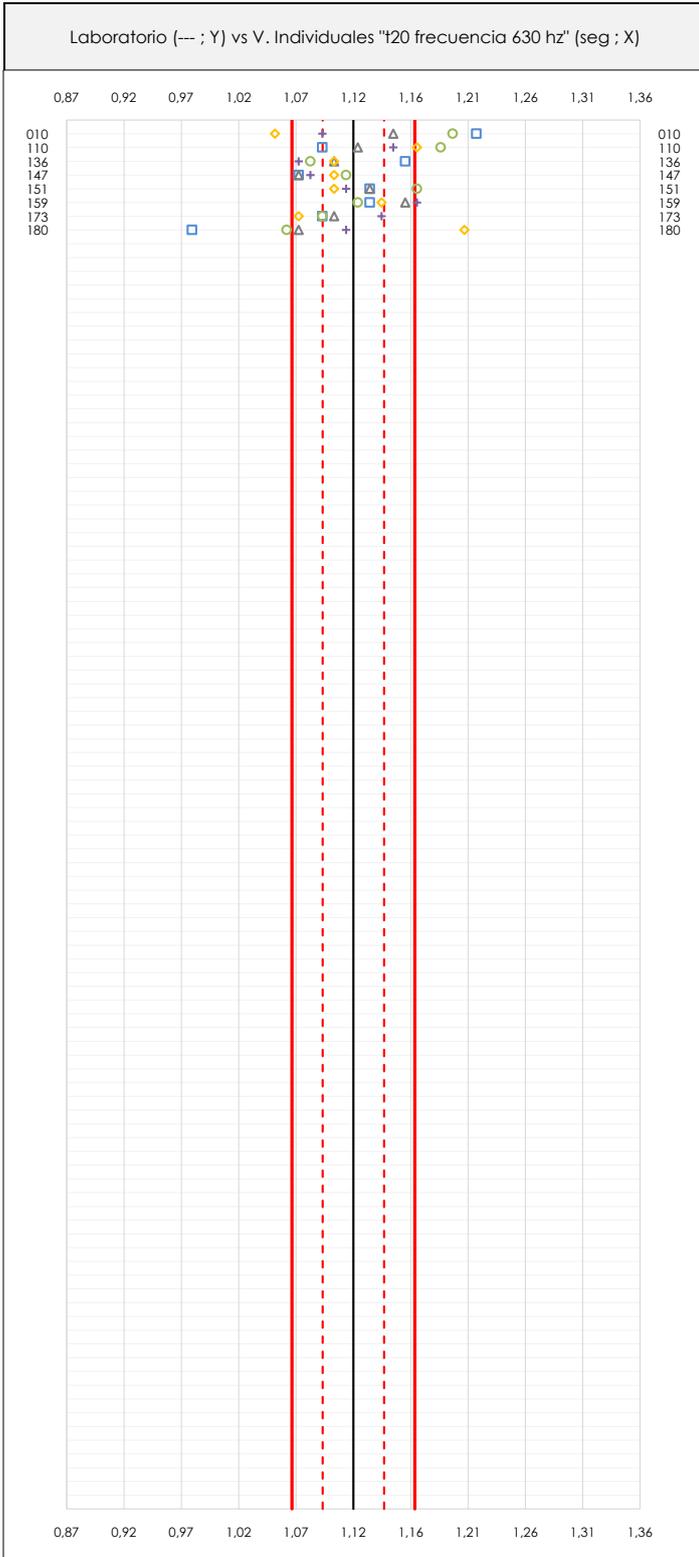
Dispersión de las medias aritméticas intra-laboratorios respecto de la media aritmética inter-laboratorios (1,12 ; línea negra de trazo continuo), la media aritmética inter-laboratorios más/menos la desviación típica (1,14/1,09 ; líneas rojas de trazo punteado) y la media aritmética inter-laboratorios más/menos el doble de la desviación típica (1,17/1,06 ; líneas rojas de trazo continuo).

En el eje Y (adimensional) quedan reflejados los códigos de los laboratorios participantes y en el eje X (las unidades son las mismas que las del ensayo que se está analizando) las medias aritméticas intra-laboratorios representadas por punto de color negro.

# T20 FRECUENCIA 630 HZ (seg)

## Análisis A. Estudio pre-estadístico

### Apartado A.2. Gráficos de dispersión de valores individuales



**ANÁLISIS GRÁFICOS DE DISPERSIÓN INDIVIDUAL (ANTES DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO)**

Dispersión de los valores individuales respecto de la media aritmética inter-laboratorios (1,12 ; línea negra de trazo continuo), la media aritmética inter-laboratorios más/menos la desviación típica (1,14/1,09 ; líneas rojas de trazo punteado) y la media aritmética inter-laboratorios más/menos el doble de la desviación típica (1,17/1,06 ; líneas rojas de trazo continuo).

En el eje Y (adimensional) queda reflejado el código del laboratorio participante y en el eje X (las unidades son las de los resultados del ensayo que se está analizando) los resultados individuales: el primero ( $X_{i,1}$ ) se representa con un cuadrado azul, el segundo ( $X_{i,2}$ ) con un círculo verde, el tercero ( $X_{i,3}$ ) con un triángulo gris y el cuarto ( $X_{i,4}$ ) con un rombo amarillo.



## T20 FRECUENCIA 630 HZ (seg)

### Análisis A. Estudio pre-estadístico

#### Apartado A.3. Determinaciones matemáticas

Lab	$X_{i1}$	$X_{i2}$	$X_{i3}$	$X_{i4}$	$X_{i5}$	$\bar{X}_{i \text{arit}}$	$S_{Li}$	$D_{i \text{arit}} \%$	Pasa A	Observaciones
10	1,22	1,20	1,15	1,05	1,09	1,14	0,072	2,31	✓	
110	1,09	1,19	1,12	1,17	1,15	1,14	0,040	2,49	✓	
136	1,16	1,08	1,10	1,10	1,07	1,10	0,035	-1,28	✓	
147	1,07	1,11	1,07	1,10	1,08	1,09	0,018	-2,71	✓	
151	1,13	1,17	1,13	1,10	1,11	1,13	0,027	1,05	✓	
159	1,13	1,12	1,16	1,14	1,17	1,14	0,021	2,49	✓	
173	1,09	1,09	1,10	1,07	1,14	1,10	0,026	-1,63	✓	
180	0,98	1,06	1,07	1,21	1,11	1,09	0,084	-2,71	✓	

**NOTAS:**

- <sup>01</sup> " $X_{ij}$  con  $j = 1, 2, 3, 4, 5$ " es cada uno de los resultados individuales aportados por cada laboratorio, " $\bar{X}_{i \text{arit}}$ " es la media aritmética intralaboratorio calculada sin redondear.
- <sup>02</sup> " $S_{Li}$ " es la desviación típica intralaboratorios y " $D_{i \text{arit}} \%$ " la desviación, en porcentaje, de la media aritmética intralaboratorios calculada respecto de la media aritmética interlaboratorios.
- <sup>03</sup> Los resultados aportados por los laboratorios podrán ser descartados (X) si no cumplen con los criterios establecidos en el protocolo EILA o si no han realizado el ensayo conforme a norma.
- <sup>04</sup> El código colorimétrico empleado para las celdas es:  [máximo]  [mínimo]

**T20 FRECUENCIA 630 HZ (seg)**  
**Análisis B. Mandel, Cochran y Grubbs**

Apartado B.1. Gráfico de consistencia inter-laboratorios "h" de Mandel



**ANÁLISIS GRÁFICO DE CONSISTENCIA INTER-LABORATORIOS**

Análisis gráfico de consistencia inter-laboratorios "h" de Mandel. En él se representan las medias aritméticas inter-laboratorios y los indicadores estadísticos para un 1% y un 5% de significación (valores obtenidos de la tabla 6 norma UNE 82009-2:1999 o mediante ecuación matemática, en función del número de laboratorios participantes).

Las líneas continuas de color morado (indicador estadístico para un 1% de significación) marca el límite a partir del cual un valor es considerado aberrante y las discontinuas de color rosáceo (indicador estadístico para un 5% de significación), cuando es considerado anómalo. Una equis de color rojo (X) sobre el eje cero indica que el laboratorio ha sido descartado.

**CICE**  
Comité de infraestructuras para la  
Calidad de la Edificación

**SACE**  
Subcomisión Administrativa para la  
Calidad de la Edificación



**T20 FRECUENCIA 630 HZ (seg)**  
**Análisis B. Mandel, Cochran y Grubbs**

Apartado B.2. Gráfico de consistencia intra-laboratorios "k" de Mandel



**ANÁLISIS GRÁFICO DE CONSISTENCIA INTRA-LABORATORIOS**

Análisis gráfico de consistencia intra-laboratorios "k" de Mandel. En él se representan las medias aritméticas intra-laboratorios y los indicadores estadísticos para un 1% y un 5% de significación (valores obtenidos de la tabla 6 norma UNE 82009-2:1999 o mediante ecuación matemática, en función del número de laboratorios participantes y el número de ensayos efectuados).

Las líneas continuas de color morado (indicador estadístico para un 1% de significación) marca el límite a partir del cual un valor es considerado aberrante y las discontinuas de de color rosaceo (indicador estadístico para un 5% de significación), cuando es considerado anómalo. Una equis de color rojo (X) sobre el eje cero indica que el laboratorio ha sido descartado.



## T20 FRECUENCIA 630 HZ (seg)

### Análisis B. Mandel, Cochran y Grubbs

#### Apartado B.3. Determinaciones matemáticas

Lab	$X_{i1}$	$X_{i2}$	$X_{i3}$	$X_{i4}$	$X_{i5}$	$\bar{X}_{i \text{arit}}$	$S_{Li}$	$D_{i \text{arit}} \%$	$h_i$	$k_i$	$C_i$	$G_{\text{sim Inf}}$	$G_{\text{sim Sup}}$	$G_{\text{Dob Inf}}$	$G_{\text{Dob Sup}}$	Pasa B	
10	1,220	1,200	1,150	1,050	1,090	1,142	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	X
110	1,09	1,190	1,120	1,170	1,150	1,144	0,040	2,42	1,08	1,38	---	---	1,080	---	0,3004	---	✓
136	1,16	1,080	1,100	1,100	1,070	1,102	0,035	-1,34	-0,60	1,22	---	---	---	---	---	---	✓
147	1,07	1,110	1,070	1,100	1,080	1,086	0,018	-2,78	-1,24	0,63	---	1,240	---	0,3772	---	---	✓
151	1,13	1,170	1,130	1,100	1,110	1,128	0,027	0,98	0,44	0,93	---	---	---	---	---	---	✓
159	1,13	1,120	1,160	1,140	1,170	1,144	0,021	2,42	1,08	0,72	---	---	1,080	---	0,3004	---	✓
173	1,09	1,090	1,100	1,070	1,140	1,098	0,026	-1,70	-0,76	0,90	---	---	---	0,3772	---	---	✓
180	0,98	1,060	1,070	1,210	1,110	1,086	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	X

**NOTAS:**

<sup>01</sup> " $X_{ij}$  con  $j = 1, 2, 3, 4, 5$ " es cada uno de los resultados individuales aportados por cada laboratorio, " $\bar{X}_{i \text{arit}}$ " es la media aritmética intralaboratorio calculada sin redondear.

<sup>02</sup> " $S_{Li}$ " es la desviación típica intralaboratorios y " $D_{i \text{arit}} \%$ " la desviación, en porcentaje, de la media aritmética intralaboratorios calculada respecto de la media aritmética interlaboratorios.

<sup>03</sup> " $h_i$  y  $k_i$ ", " $C_i$ ", " $G_{\text{sim}}$  y  $G_{\text{Dob}}$ " hacen referencia a los estadísticos de Mandel, Cochran y Grubbs, respectivamente, obtenidos para cada laboratorio en función de los resultados aportados.

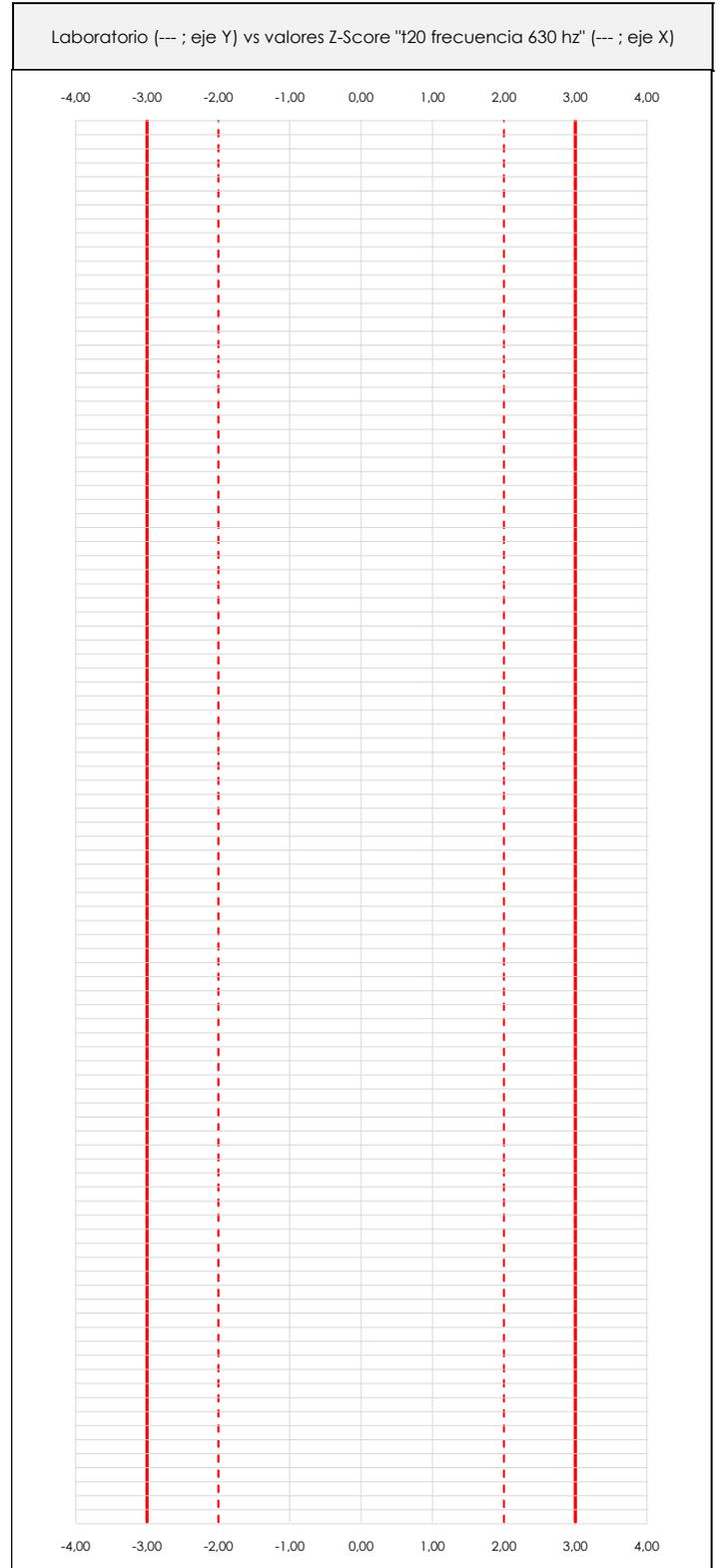
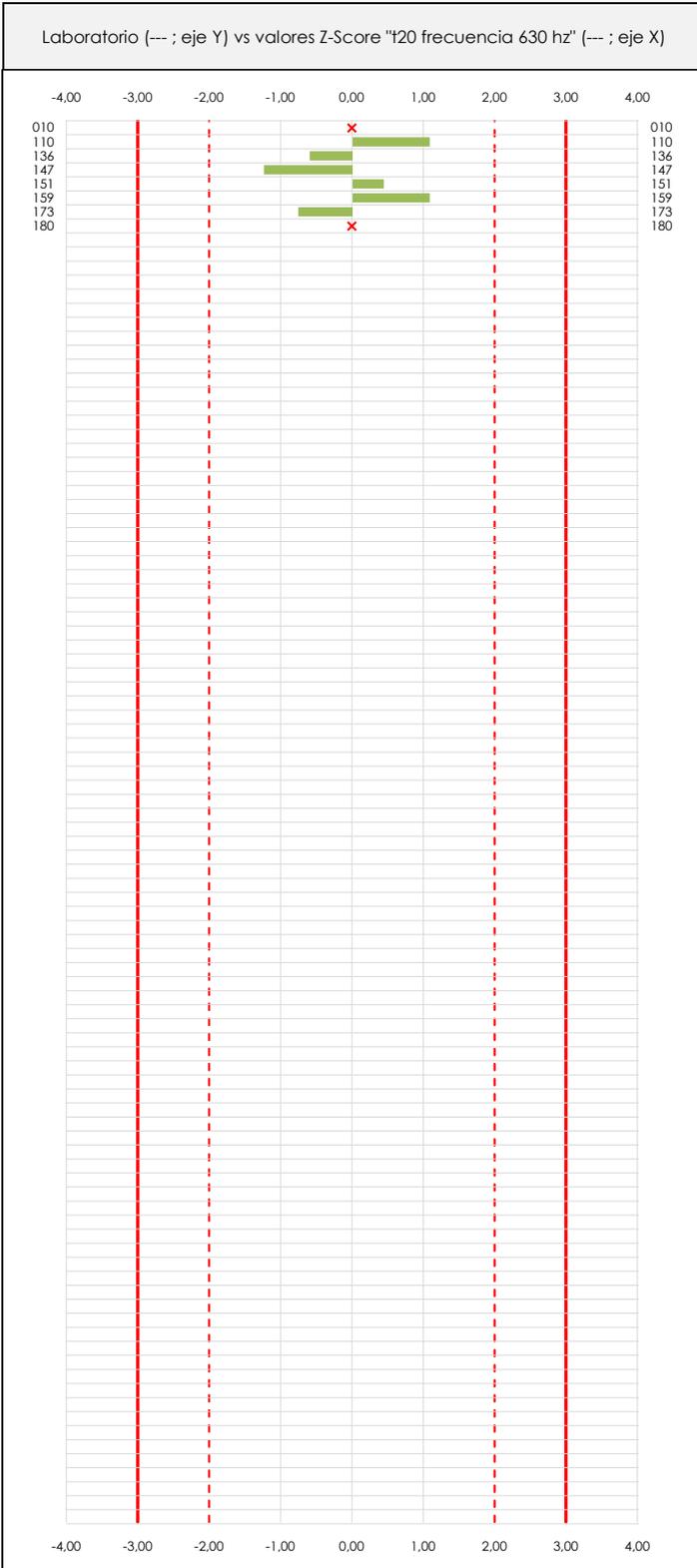
<sup>04</sup> El código colorimétrico empleado para las celdas es: [aberrante] [anómalo] [máximo] [mínimo]



## T20 FRECUENCIA 630 HZ (seg)

### Análisis C. Evaluación Z-Score

#### Apartado C.1. Análisis gráfico Altman Z-Score



#### ANÁLISIS GRÁFICO Z-SCORE

Diagrama Z-Score para los resultados aportados por los laboratorios. Estos se considerarán satisfactorios (S) si el valor absoluto del Z-Score es menor o igual a 2 unidades, dudoso si está comprendido entre 2 y 3 unidades e insatisfactorio si es mayor o igual a 3 unidades.

Los resultados satisfactorios quedan reflejados entre las dos líneas rojas discontinuas, líneas de referencia en la evaluación Z-Score.



## T20 FRECUENCIA 630 HZ (seg)

### Análisis C. Evaluación Z-Score

#### Apartado C.2. Determinaciones matemáticas

Lab	X <sub>i1</sub>	X <sub>i2</sub>	X <sub>i3</sub>	X <sub>i4</sub>	X <sub>i5</sub>	$\bar{X}_{i\text{arit}}$	S <sub>Li</sub>	D <sub>iarit</sub> %	Pasa A	Pasa B	Total	Causa	Iteración	Z-Score	Evaluación
10	1,22	1,20	1,15	1,05	1,09	1,14	---	---	✓	✗	✗	AN	0	---	---
110	1,09	1,19	1,12	1,17	1,15	1,14	0,040	2,42	✓	✓	✓			1,080	S
136	1,16	1,08	1,10	1,10	1,07	1,10	0,035	-1,34	✓	✓	✓			-0,600	S
147	1,07	1,11	1,07	1,10	1,08	1,09	0,018	-2,78	✓	✓	✓			-1,240	S
151	1,13	1,17	1,13	1,10	1,11	1,13	0,027	0,98	✓	✓	✓			0,440	S
159	1,13	1,12	1,16	1,14	1,17	1,14	0,021	2,42	✓	✓	✓			1,080	S
173	1,09	1,09	1,10	1,07	1,14	1,10	0,026	-1,70	✓	✓	✓			-0,760	S
180	0,98	1,06	1,07	1,21	1,11	1,09	---	---	✓	✗	✗	AN	0	---	---

**NOTAS:**

<sup>01</sup> "X<sub>i j</sub> con j = 1, 2, 3, 4, 5" es cada uno de los resultados individuales aportados por cada laboratorio, " $\bar{X}_{i\text{arit}}$ " es la media aritmética intralaboratorio calculada sin redondear.

<sup>02</sup> "S<sub>Li</sub>" es la desviación típica intralaboratorios y "D<sub>iarit</sub> %" la desviación, en porcentaje, de la media aritmética intralaboratorios calculada respecto de la media aritmética interlaboratorios.

<sup>03</sup> La evaluación Z-Score (ZS) será considerada de tipo: [Satisfactorio (S) - si | ZS | ≤ 2] [Dudoso (D) - si 2 < | ZS | ≤ 3] [Insatisfactorio (I) - si | ZS | > 3].

<sup>04</sup> El código colorimétrico empleado para las celdas es:

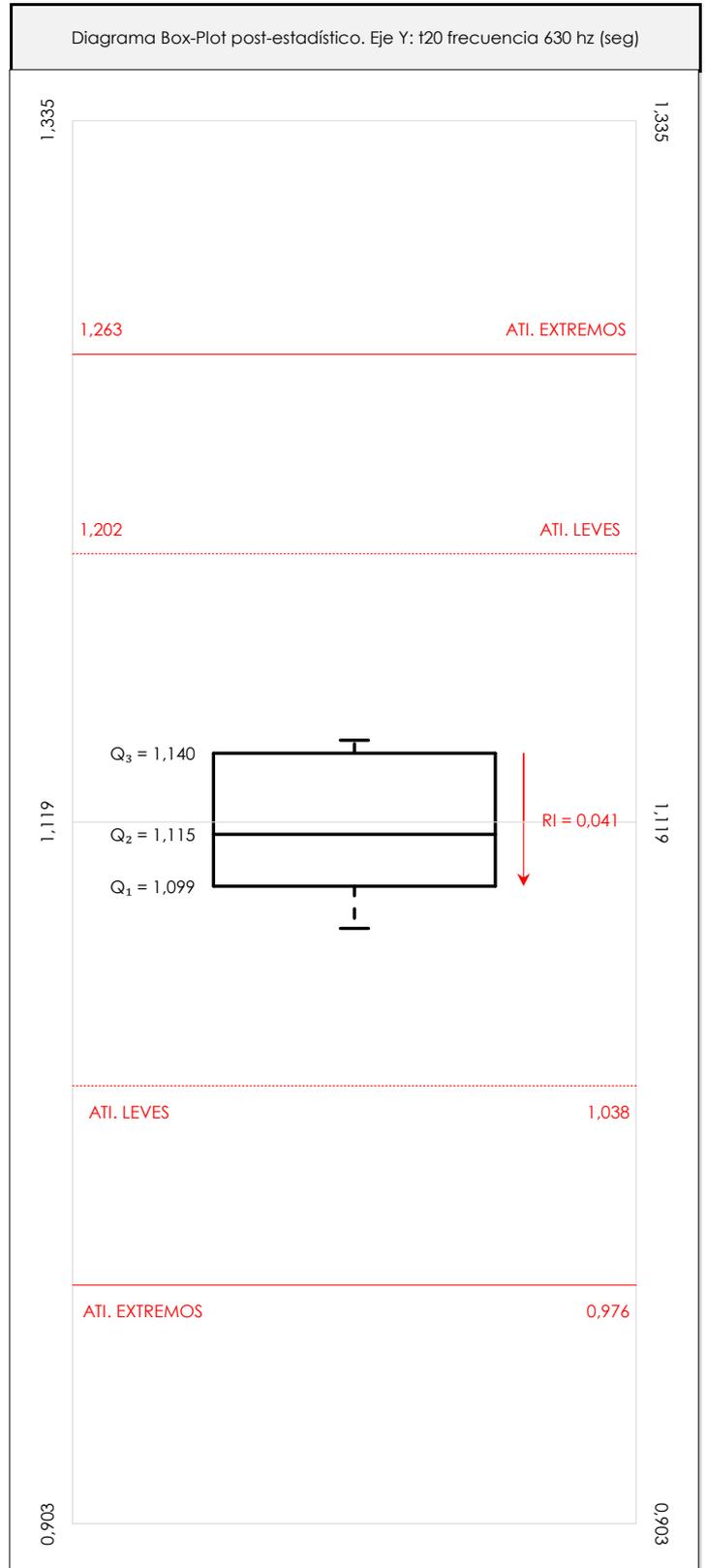
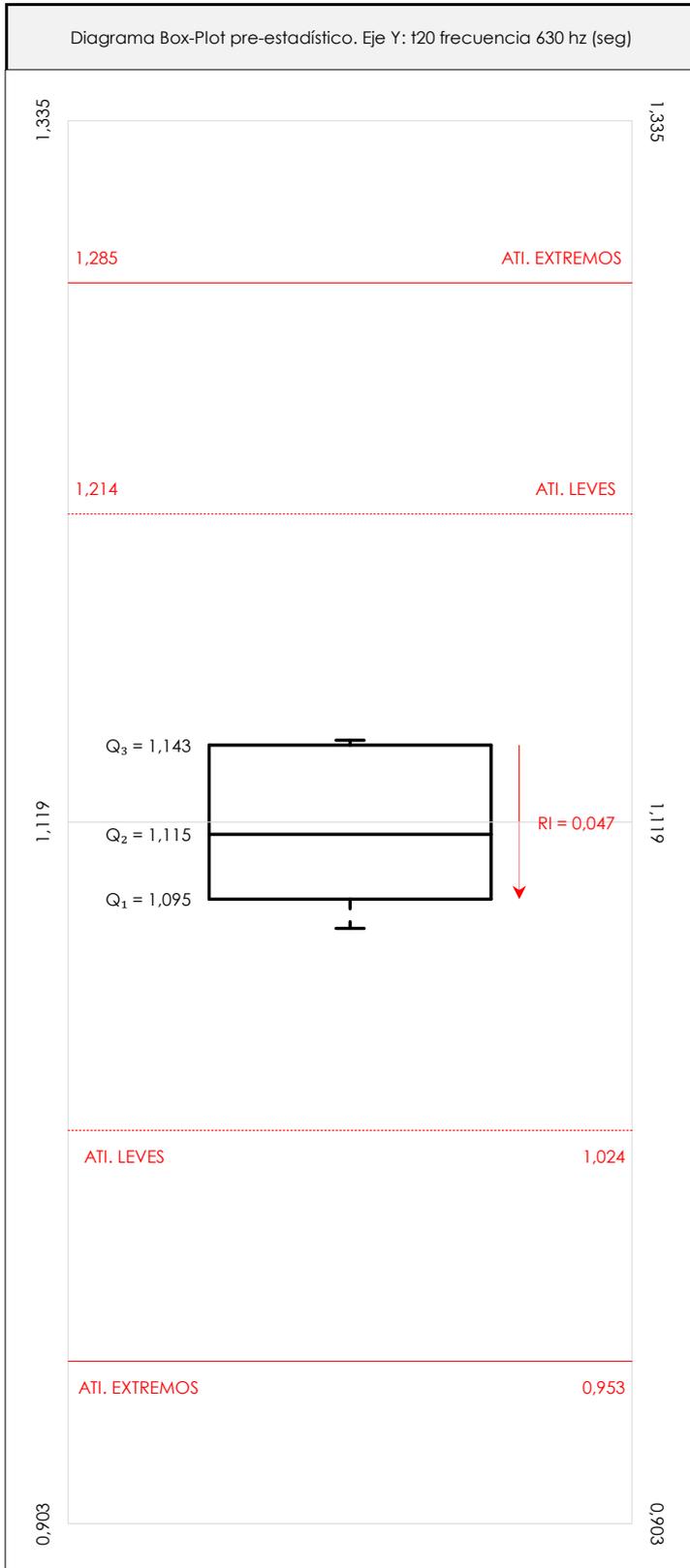
[dudoso]

[insatisfactorio]

## T20 FRECUENCIA 630 HZ (seg)

### Análisis D. Estudios post-estadísticos

#### Apartado D.3. Diagramas Box-Plot o de Caja y Bigotes



#### ANÁLISIS GRÁFICO DE CAJA Y BIGOTES (ANTES Y DESPUÉS DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO)

Diagramas de caja y bigotes (Box Plot) de las medias aritméticas de los resultados aportados por los laboratorios antes (diagrama de la izquierda. Este incluye valores aberrantes y anómalos) y después (diagrama de la derecha. No incluye los valores descartados a lo largo del estudio) de análisis estadístico.

En ambos se han representado: el primer cuartil (Q<sub>1</sub> ; 25% de los datos), el segundo cuartil o la mediana (Q<sub>2</sub> ; 50% de los datos), el tercer cuartil (Q<sub>3</sub> ; 75% de los datos), el rango intercuartílico (RI ; cuartil tres menos cuartil uno) y los límites de valores atípicos leves (f<sub>3</sub> y f<sub>1</sub> para el máximo y mínimo respectivamente ; líneas discontinuas de color rojo) y extremos (f<sub>3</sub>\* y f<sub>1</sub>\* para el máximo y mínimo respectivamente ; líneas continuas de color rojo).

**CICE**Comité de infraestructuras para la  
Calidad de la Edificación**T20 FRECUENCIA 630 HZ (seg)****Conclusiones**

## Determinación de la repetibilidad y reproducibilidad

**SACE**Subcomisión Administrativa para la  
Calidad de la Edificación

El análisis estadístico EILA20 para el ensayo "T20 FRECUENCIA 630 HZ", ha contado con la participación de un total de 8 laboratorios, debiendo haber aportado cada uno de ellos, un total de 5 determinaciones individuales además de su valor medio.

Tras analizar los resultados podemos concluir que, para cumplir con los criterios estadísticos establecidos en el informe, un total de 2 laboratorios han sido apartados de la evaluación final: 0 en el Análisis Pre-Estadístico (por no cumplir el criterio de validación y/o el procedimiento de ejecución recogido en la norma de ensayo) y 2 en el Análisis Estadístico (por resultar anómalos o aberrantes en las técnicas gráficas de consistencia de Mandel y en los ensayos de detección de resultados numéricos de Cochran y Grubbs), al cabo de 2 iteraciones.

De cada uno de los análisis (pre-estadístico y estadístico), se obtienen las siguientes tablas:

TIPO DE ANALISIS	PRE-ESTADISTICO						ESTADISTICO					
Variables	$X_{i1}$	$X_{i2}$	$X_{i3}$	$X_{i4}$	$X_{i5}$	$\bar{X}_{i\text{arit}}$	$X_{i1}$	$X_{i2}$	$X_{i3}$	$X_{i4}$	$X_{i5}$	$\bar{X}_{i\text{arit}}$
<b>Valor Máximo (max ; %)</b>	1,22	1,20	1,16	1,21	1,17	1,14	1,16	1,19	1,16	1,17	1,17	1,14
<b>Valor Mínimo (min ; %)</b>	0,98	1,06	1,07	1,05	1,07	1,09	1,07	1,08	1,07	1,07	1,07	1,09
<b>Valor Promedio (M ; %)</b>	1,11	1,13	1,11	1,12	1,12	1,12	1,11	1,13	1,11	1,11	1,12	1,12
<b>Desviación Típica (SDL ; ---)</b>	0,07	0,05	0,03	0,05	0,04	0,03	0,03	0,04	0,03	0,04	0,04	0,03
<b>Coef. Variación (CV ; ---)</b>	0,06	0,05	0,03	0,05	0,03	0,02	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04	0,02
VARIABLES	$S_r^2$	r	$S_L^2$	$S_R^2$	R	$S_r^2$	r	$S_L^2$	$S_R^2$	R		
<b>Valor Calculado</b>	0,002	0,128	0,000	0,002	0,135	0,001	0,080	0,000	0,001	0,099		
<b>Valor Referencia</b>												

Asimismo, acompañando a éstas tablas y dependiendo del análisis que se esté llevando a cabo, se introducen los indicadores estadísticos "h y k" de Mandel y los valores críticos "C" de Cochran y " $G_{sim}$  y  $G_{Dob}$ " de Grubbs, todos ellos adimensionales, obtenidos de las tablas 4, 5, 6 y 7 de la norma UNE 82009-2:1999 o mediante ecuación matemática, en función del número de laboratorios y del número de ensayos efectuados por cada uno de ellos:

TIPO DE ANALISIS	PRE-ESTADISTICO					ESTADISTICO				
VARIABLES	h	k	C	$G_{sim}$	$G_{Dob}$	h	k	C	$G_{sim}$	$G_{Dob}$
<b>Nivel de Significación 1%</b>	1,87	1,68	0,463	1,973	0,0116	1,87	1,68	0,564	1,973	0,0116
<b>Nivel de Significación 5%</b>	1,66	1,48	0,391	1,887	0,0349	1,66	1,48	0,480	1,887	0,0349

Con los resultados de los laboratorios, que tras los dos análisis estadísticos son evaluados por Z-Score, se han obtenido: 6 resultados satisfactorios, 0 resultados dudosos y 0 resultados insatisfactorios.

Respecto a los métodos para determinar la repetibilidad y la reproducibilidad de las mediciones se van a basar en la evaluación estadística recogida en la ISO 17025, sobre las dispersiones de los resultados individuales y su media, en forma de varianzas o desviaciones estándar, también conocida como ANOVA (siglas de analisis of variance).

Sabiendo que una varianza es la suma de cuadrados dividida por un número, que se llama grados de libertad, que depende del número de participantes menos 1, se puede decir que la imprecisión del ensayo se descompone en dos factores: uno de ellos genera la imprecisión mínima, presente en condiciones de repetibilidad (variabilidad intralaboratorio) y el otro la imprecisión adicional, obtenida en condiciones de reproducibilidad (variabilidad debida al cambio de laboratorio).

Las condiciones de repetibilidad de este ensayo son: mismo laborante, mismo laboratorio y mismo equipo de medición utilizado dentro de un período de tiempo corto. Por ende, las condiciones de reproducibilidad para la misma muestra y ensayo, cambian en: el laborante, el laboratorio, el equipo y las condiciones de uso y tiempo.

**CICE**

Comité de infraestructuras para la  
Calidad de la Edificación

**CSIC**

CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

INSTITUTO  
DE EDIFICACIÓN  
Y  
ACÚSTICA

**SACE**

Subcomisión Administrativa para la  
Calidad de la Edificación

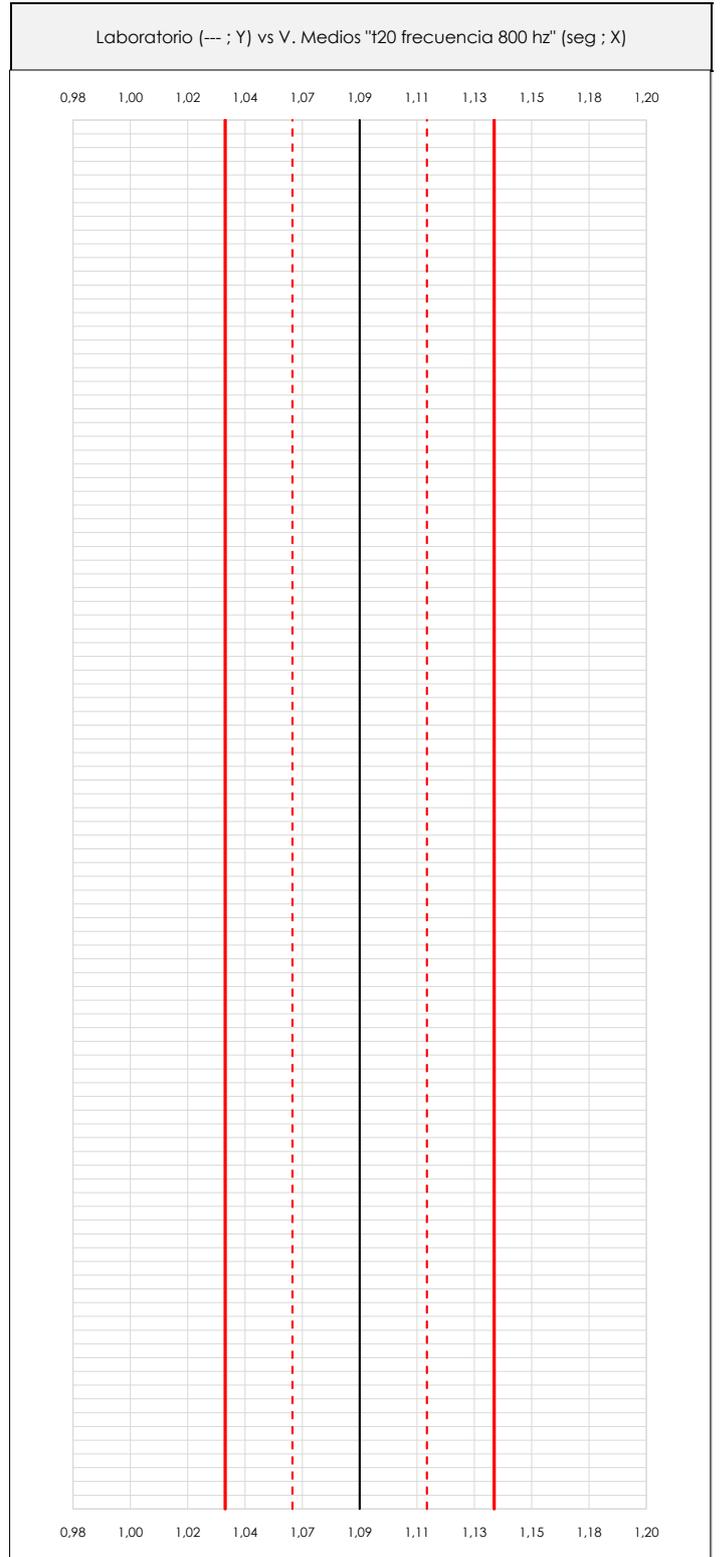
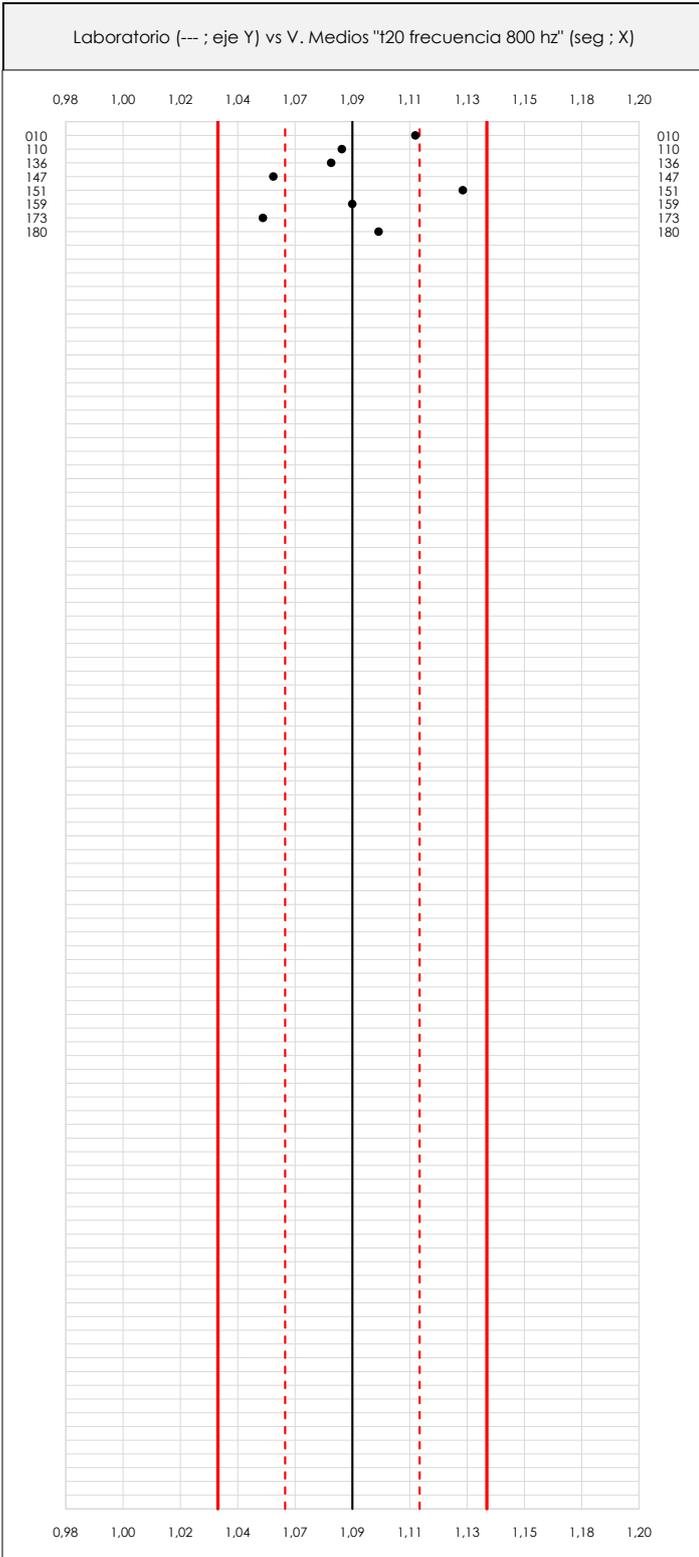
# ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE ACÚSTICA

T20 FRECUENCIA 800 HZ

## T20 FRECUENCIA 800 HZ (seg)

### Análisis A. Estudio pre-estadístico

#### Apartado A.1. Gráficos de dispersión de valores medios



#### ANÁLISIS GRÁFICO DE DISPERSIÓN MEDIA (ANTES DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO)

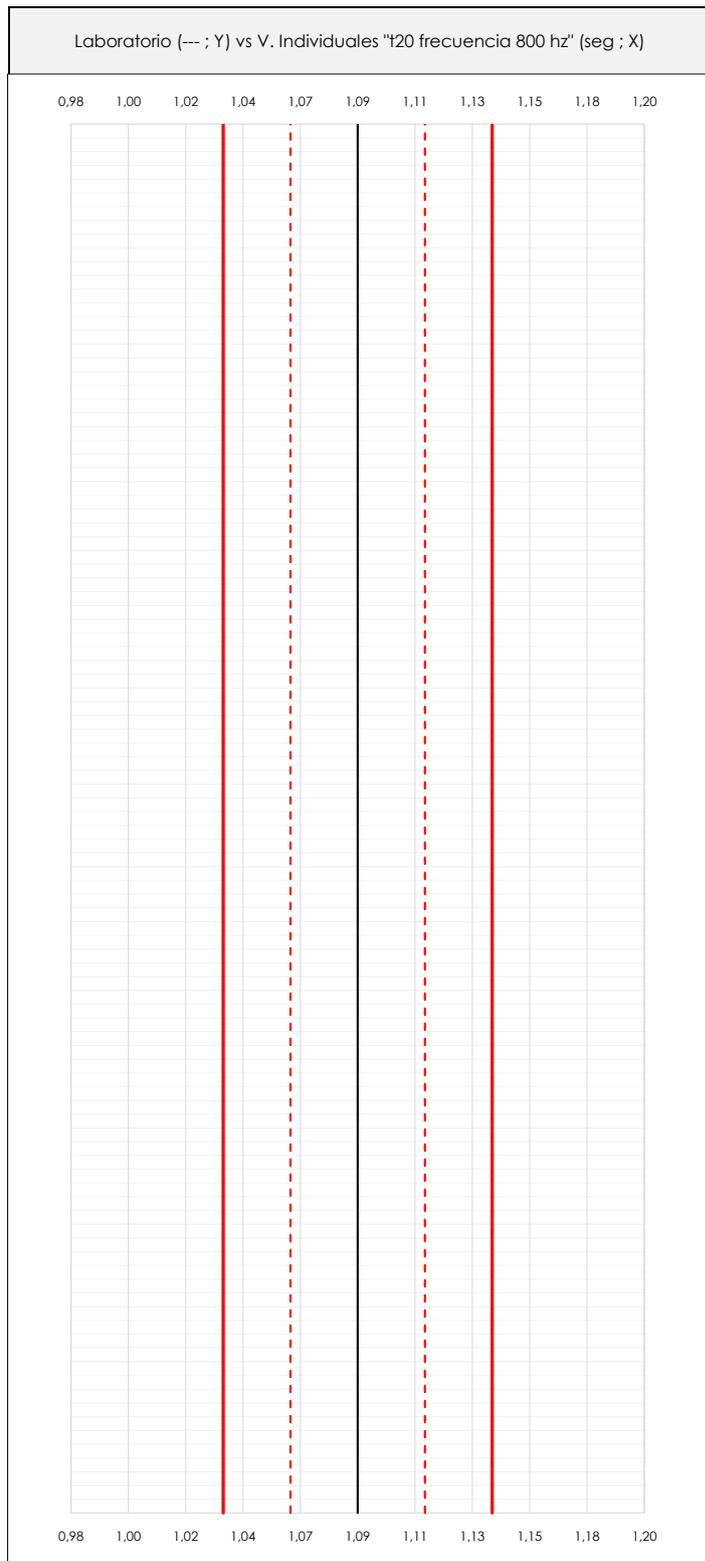
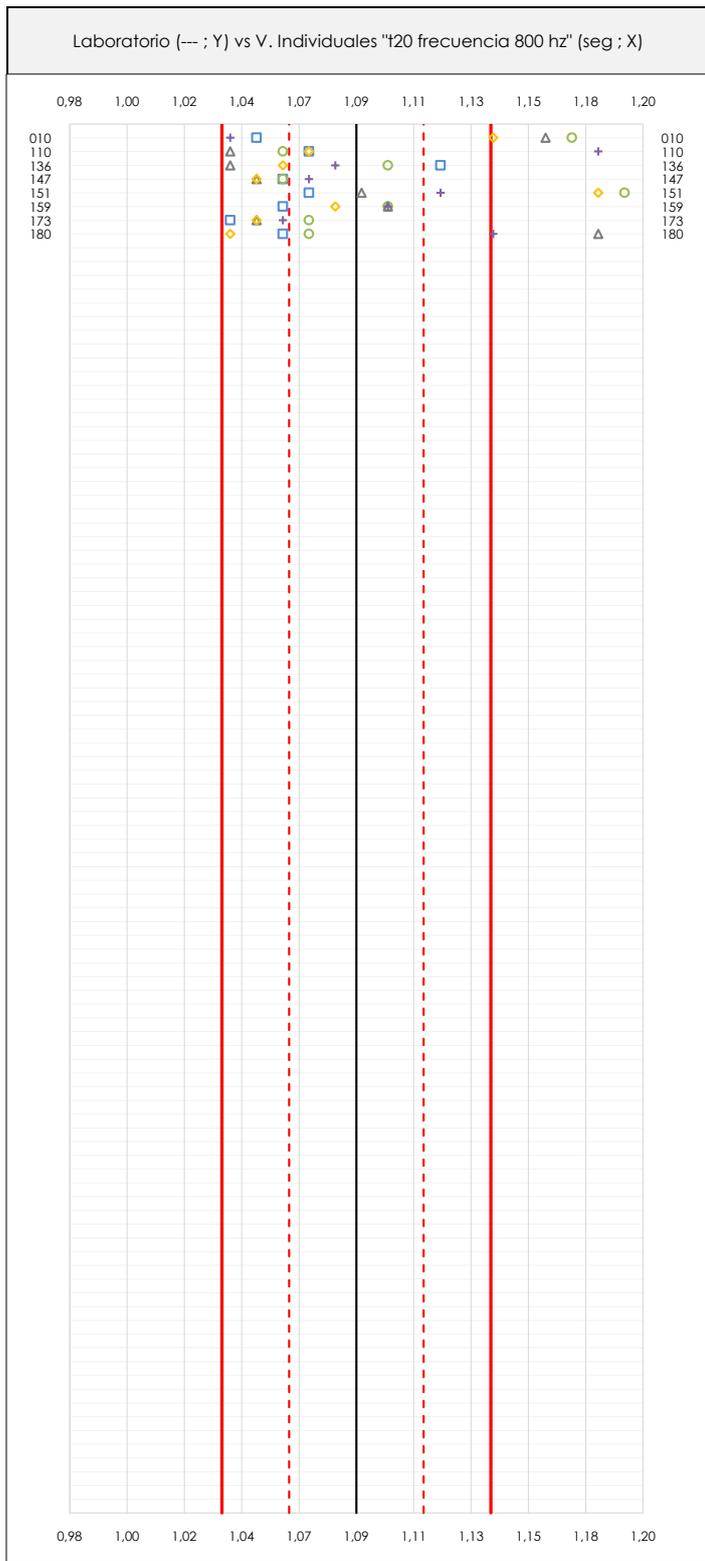
Dispersión de las medias aritméticas intra-laboratorios respecto de la media aritmética inter-laboratorios (1,09 ; línea negra de trazo continuo), la media aritmética inter-laboratorios más/menos la desviación típica (1,11/1,06 ; líneas rojas de trazo punteado) y la media aritmética inter-laboratorios más/menos el doble de la desviación típica (1,14/1,04 ; líneas rojas de trazo continuo).

En el eje Y (adimensional) quedan reflejados los códigos de los laboratorios participantes y en el eje X (las unidades son las mismas que las del ensayo que se está analizando) las medias aritméticas intra-laboratorios representadas por punto de color negro.

## T20 FRECUENCIA 800 HZ (seg)

### Análisis A. Estudio pre-estadístico

#### Apartado A.2. Gráficos de dispersión de valores individuales



#### ANÁLISIS GRÁFICOS DE DISPERSIÓN INDIVIDUAL (ANTES DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO)

Dispersión de los valores individuales respecto de la media aritmética inter-laboratorios (1,09 ; línea negra de trazo continuo), la media aritmética inter-laboratorios más/menos la desviación típica (1,11/1,06 ; líneas rojas de trazo punteado) y la media aritmética inter-laboratorios más/menos el doble de la desviación típica (1,14/1,04 ; líneas rojas de trazo continuo).

En el eje Y (adimensional) queda reflejado el código del laboratorio participante y en el eje X (las unidades son las de los resultados del ensayo que se está analizando) los resultados individuales: el primero ( $X_{i,1}$ ) se representa con un cuadrado azul, el segundo ( $X_{i,2}$ ) con un círculo verde, el tercero ( $X_{i,3}$ ) con un triángulo gris y el cuarto ( $X_{i,4}$ ) con un rombo amarillo.



## T20 FRECUENCIA 800 HZ (seg)

### Análisis A. Estudio pre-estadístico

#### Apartado A.3. Determinaciones matemáticas

Lab	$X_{i1}$	$X_{i2}$	$X_{i3}$	$X_{i4}$	$X_{i5}$	$\bar{X}_{i\text{arit}}$	$S_{Li}$	$D_{i\text{arit}}\%$	Pasa A	Observaciones
10	1,05	1,17	1,16	1,14	1,04	1,11	0,062	2,21	✓	
110	1,07	1,06	1,04	1,07	1,18	1,08	0,055	-0,37	✓	
136	1,12	1,10	1,04	1,06	1,08	1,08	0,032	-0,74	✓	
147	1,06	1,06	1,05	1,05	1,07	1,06	0,008	-2,76	✓	
151	1,07	1,19	1,09	1,18	1,12	1,13	0,053	3,86	✓	
159	1,06	1,10	1,10	1,08	1,10	1,09	0,018	0,00	✓	
173	1,04	1,07	1,05	1,05	1,06	1,05	0,011	-3,13	✓	
180	1,06	1,07	1,18	1,04	1,14	1,10	0,059	0,92	✓	

**NOTAS:**

- <sup>01</sup> " $X_{ij}$ " con  $j = 1, 2, 3, 4, 5$ " es cada uno de los resultados individuales aportados por cada laboratorio, " $\bar{X}_{i\text{arit}}$ " es la media aritmética intralaboratorio calculada sin redondear.
- <sup>02</sup> " $S_{Li}$ " es la desviación típica intralaboratorios y " $D_{i\text{arit}}\%$ " la desviación, en porcentaje, de la media aritmética intralaboratorios calculada respecto de la media aritmética interlaboratorios.
- <sup>03</sup> Los resultados aportados por los laboratorios podrán ser descartados (X) si no cumplen con los criterios establecidos en el protocolo EILA o si no han realizado el ensayo conforme a norma.
- <sup>04</sup> El código colorimétrico empleado para las celdas es: [máximo] [mínimo]

**CICE**  
Comité de infraestructuras para la  
Calidad de la Edificación

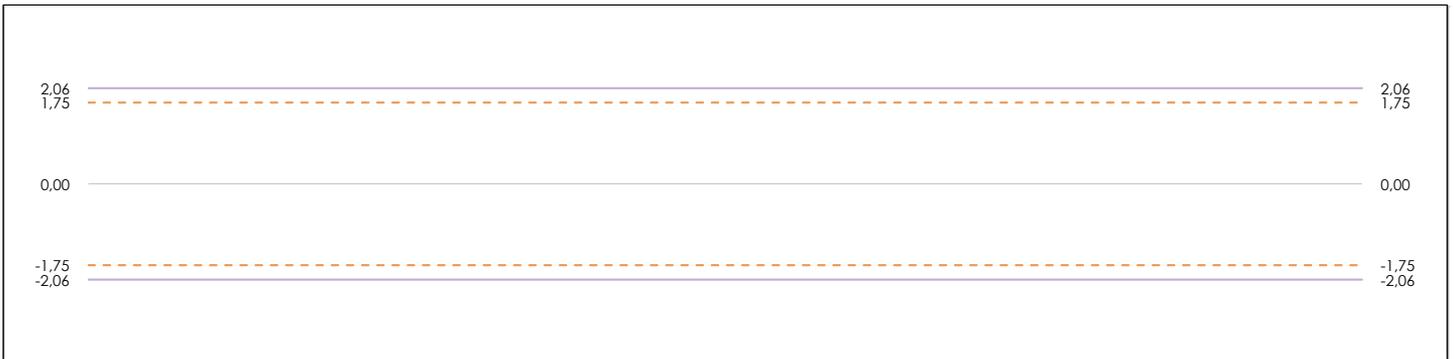
**SACE**  
Subcomisión Administrativa para la  
Calidad de la Edificación



## T20 FRECUENCIA 800 HZ (seg)

### Análisis B. Mandel, Cochran y Grubbs

Apartado B.1. Gráfico de consistencia inter-laboratorios "h" de Mandel



#### ANÁLISIS GRÁFICO DE CONSISTENCIA INTER-LABORATORIOS

Análisis gráfico de consistencia inter-laboratorios "h" de Mandel. En él se representan las medias aritméticas inter-laboratorios y los indicadores estadísticos para un 1% y un 5% de significación (valores obtenidos de la tabla 6 norma UNE 82009-2:1999 o mediante ecuación matemática, en función del número de laboratorios participantes).

Las líneas continuas de color morado (indicador estadístico para un 1% de significación) marca el límite a partir del cual un valor es considerado aberrante y las discontinuas de de color rosaceo (indicador estadístico para un 5% de significación), cuando es considerado anómalo. Una equis de color rojo (X) sobre el eje cero indica que el laboratorio ha sido descartado.

**CICE**  
Comité de infraestructuras para la  
Calidad de la Edificación

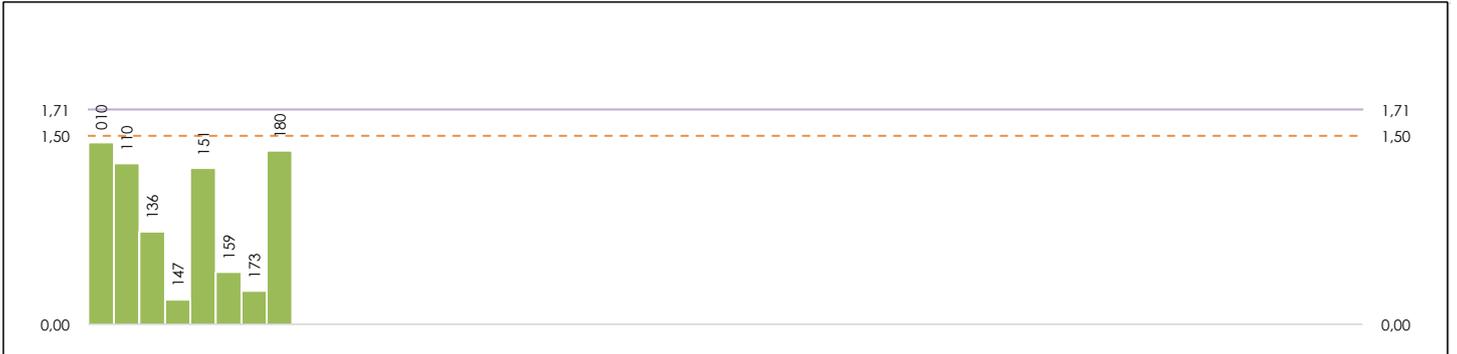
**SACE**  
Subcomisión Administrativa para la  
Calidad de la Edificación



## T20 FRECUENCIA 800 HZ (seg)

### Análisis B. Mandel, Cochran y Grubbs

Apartado B.2. Gráfico de consistencia intra-laboratorios "k" de Mandel



#### ANÁLISIS GRÁFICO DE CONSISTENCIA INTRA-LABORATORIOS

Análisis gráfico de consistencia intra-laboratorios "k" de Mandel. En él se representan las medias aritméticas intra-laboratorios y los indicadores estadísticos para un 1% y un 5% de significación (valores obtenidos de la tabla 6 norma UNE 82009-2:1999 o mediante ecuación matemática, en función del número de laboratorios participantes y el número de ensayos efectuados).

Las líneas continuas de color morado (indicador estadístico para un 1% de significación) marca el límite a partir del cual un valor es considerado aberrante y las discontinuas de de color rosaceo (indicador estadístico para un 5% de significación), cuando es considerado anómalo. Una equis de color rojo (X) sobre el eje cero indica que el laboratorio ha sido descartado.



## T20 FRECUENCIA 800 HZ (seg)

### Análisis B. Mandel, Cochran y Grubbs

#### Apartado B.3. Determinaciones matemáticas

Lab	$X_{i1}$	$X_{i2}$	$X_{i3}$	$X_{i4}$	$X_{i5}$	$\bar{X}_{i \text{ arit}}$	$S_{Li}$	$D_{i \text{ arit}} \%$	$h_i$	$k_i$	$C_i$	$G_{\text{sim Inf}}$	$G_{\text{sim Sup}}$	$G_{\text{Dob Inf}}$	$G_{\text{Dob Sup}}$	Pasa B
10	1,050	1,170	1,160	1,140	1,040	1,112	0,062	2,21	0,94	1,45					0,3300	✓
110	1,07	1,060	1,040	1,070	1,180	1,084	0,055	-0,37	-0,16	1,28						✓
136	1,12	1,100	1,040	1,060	1,080	1,080	0,032	-0,74	-0,31	0,74						✓
147	1,06	1,060	1,050	1,050	1,070	1,058	0,008	-2,76	-1,17	0,19				0,4015		✓
151	1,07	1,190	1,090	1,180	1,120	1,130	0,053	3,86	1,64	1,24			1,643		0,3300	✓
159	1,06	1,100	1,100	1,080	1,100	1,088	0,018	0,00	0,00	0,42						✓
173	1,04	1,070	1,050	1,050	1,060	1,054	0,011	-3,13	-1,33	0,27		1,330		0,4015		✓
180	1,06	1,070	1,180	1,040	1,140	1,098	0,059	0,92	0,39	1,38						✓

**NOTAS:**

<sup>01</sup> " $X_{ij}$  con  $j = 1, 2, 3, 4, 5$ " es cada uno de los resultados individuales aportados por cada laboratorio, " $\bar{X}_{i \text{ arit}}$ " es la media aritmética intralaboratorio calculada sin redondear.

<sup>02</sup> " $S_{Li}$ " es la desviación típica intralaboratorios y " $D_{i \text{ arit}} \%$ " la desviación, en porcentaje, de la media aritmética intralaboratorios calculada respecto de la media aritmética interlaboratorios.

<sup>03</sup> " $h_i$  y  $k_i$ ", " $C_i$ ", " $G_{\text{sim}}$  y  $G_{\text{Dob}}$ " hacen referencia a los estadísticos de Mandel, Cochran y Grubbs, respectivamente, obtenidos para cada laboratorio en función de los resultados aportados.

<sup>04</sup> El código colorimétrico empleado para las celdas es:

[aberrante]	[anómalo]	[máximo]	[mínimo]
-------------	-----------	----------	----------

**CICE**  
Comité de infraestructuras para la  
Calidad de la Edificación

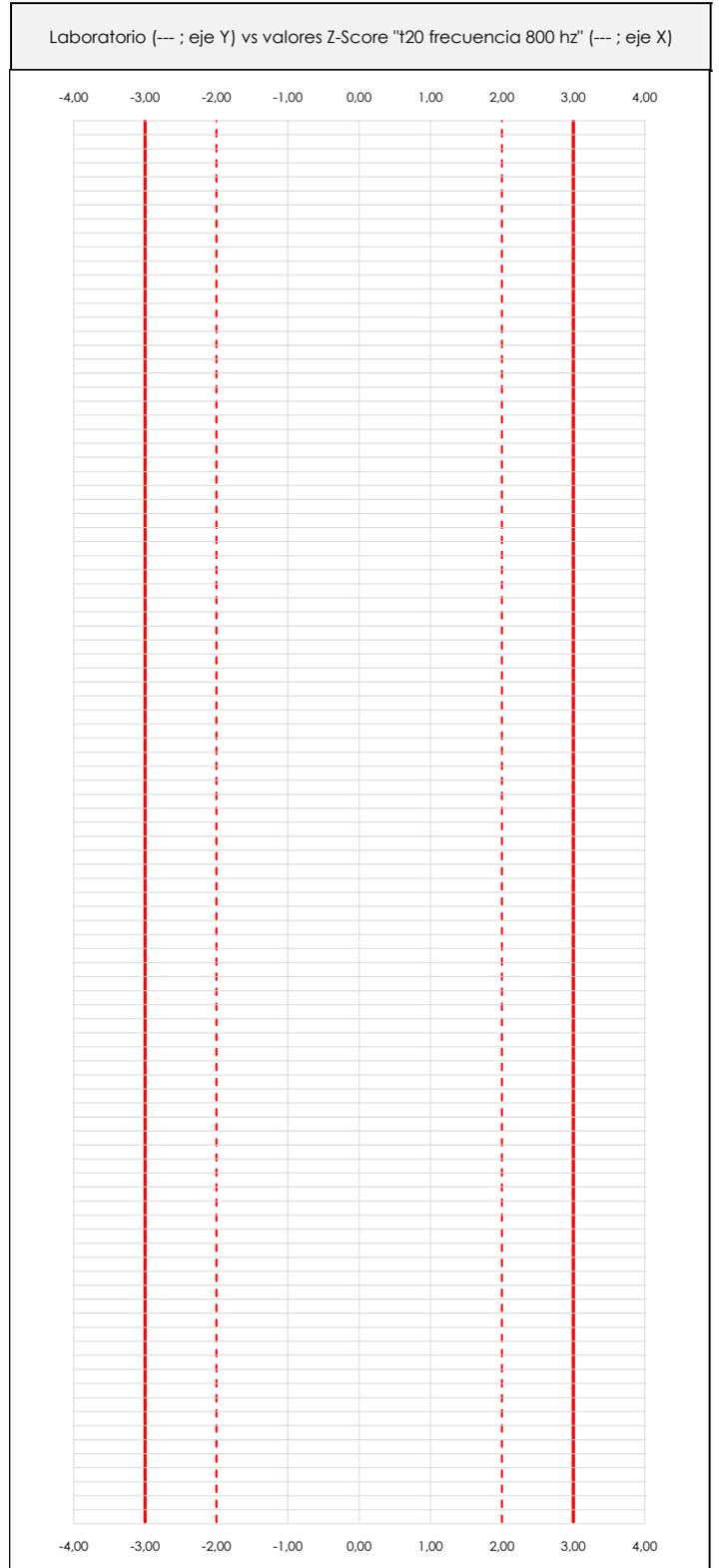
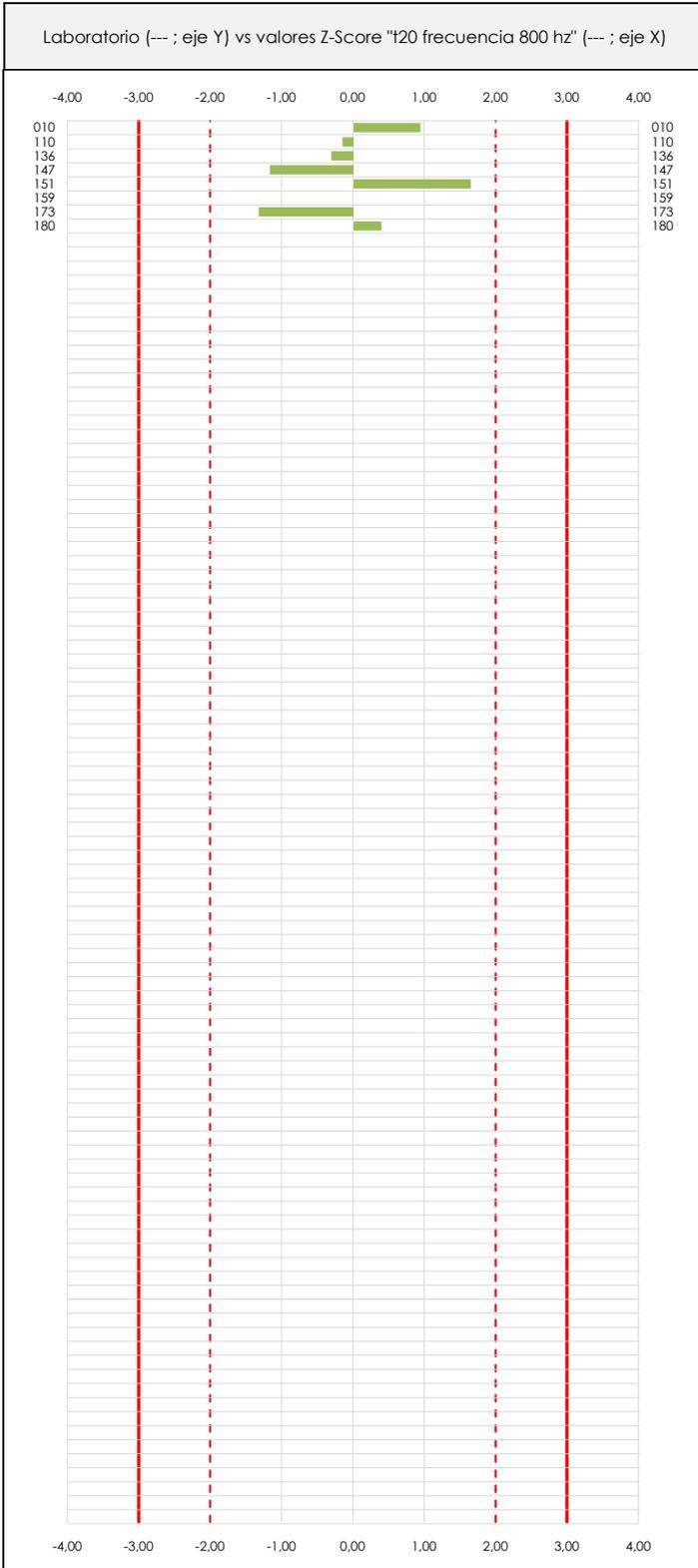
**SACE**  
Subcomisión Administrativa para la  
Calidad de la Edificación



## T20 FRECUENCIA 800 HZ (seg)

### Análisis C. Evaluación Z-Score

#### Apartado C.1. Análisis gráfico Altman Z-Score



#### ANÁLISIS GRÁFICO Z-SCORE

Diagrama Z-Score para los resultados aportados por los laboratorios. Estos se considerarán satisfactorios (S) si el valor absoluto del Z-Score es menor o igual a 2 unidades, dudoso si está comprendido entre 2 y 3 unidades e insatisfactorio si es mayor o igual a 3 unidades.

Los resultados satisfactorios quedan reflejados entre las dos líneas rojas discontinuas, líneas de referencia en la evaluación Z-Score.



## T20 FRECUENCIA 800 HZ (seg)

### Análisis C. Evaluación Z-Score

#### Apartado C.2. Determinaciones matemáticas

Lab	X <sub>i1</sub>	X <sub>i2</sub>	X <sub>i3</sub>	X <sub>i4</sub>	X <sub>i5</sub>	$\bar{X}_{i\text{arit}}$	S <sub>Li</sub>	D <sub>iarit</sub> %	Pasa A	Pasa B	Total	Causa	Iteración	Z-Score	Evaluación
10	1,05	1,17	1,16	1,14	1,04	1,11	0,062	2,21	✓	✓	✓			0,939	S
110	1,07	1,06	1,04	1,07	1,18	1,08	0,055	-0,37	✓	✓	✓			-0,156	S
136	1,12	1,10	1,04	1,06	1,08	1,08	0,032	-0,74	✓	✓	✓			-0,313	S
147	1,06	1,06	1,05	1,05	1,07	1,06	0,008	-2,76	✓	✓	✓			-1,173	S
151	1,07	1,19	1,09	1,18	1,12	1,13	0,053	3,86	✓	✓	✓			1,643	S
159	1,06	1,10	1,10	1,08	1,10	1,09	0,018	0,00	✓	✓	✓			0,000	S
173	1,04	1,07	1,05	1,05	1,06	1,05	0,011	-3,13	✓	✓	✓			-1,330	S
180	1,06	1,07	1,18	1,04	1,14	1,10	0,059	0,92	✓	✓	✓			0,391	S

**NOTAS:**

<sup>01</sup> "X<sub>i j</sub> con j = 1, 2, 3, 4, 5" es cada uno de los resultados individuales aportados por cada laboratorio, " $\bar{X}_{i\text{arit}}$ " es la media aritmética intralaboratorio calculada sin redondear.

<sup>02</sup> "S<sub>Li</sub>" es la desviación típica intralaboratorios y "D<sub>iarit</sub> %" la desviación, en porcentaje, de la media aritmética intralaboratorios calculada respecto de la media aritmética interlaboratorios.

<sup>03</sup> La evaluación Z-Score (ZS) será considerada de tipo: [Satisfactorio (S) - si | ZS | ≤ 2] [Dudoso (D) - si 2 < | ZS | ≤ 3] [Insatisfactorio (I) - si | ZS | > 3].

<sup>04</sup> El código colorimétrico empleado para las celdas es:

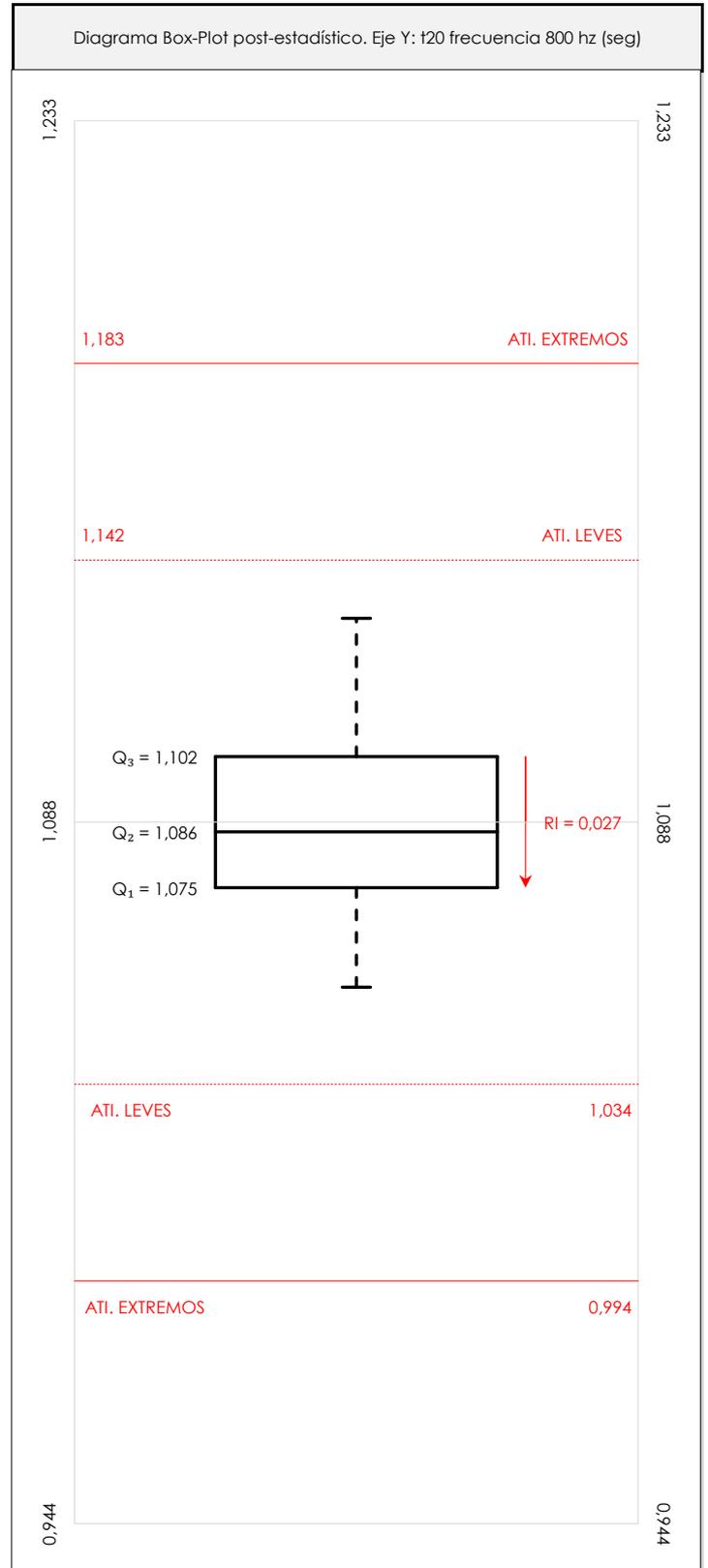
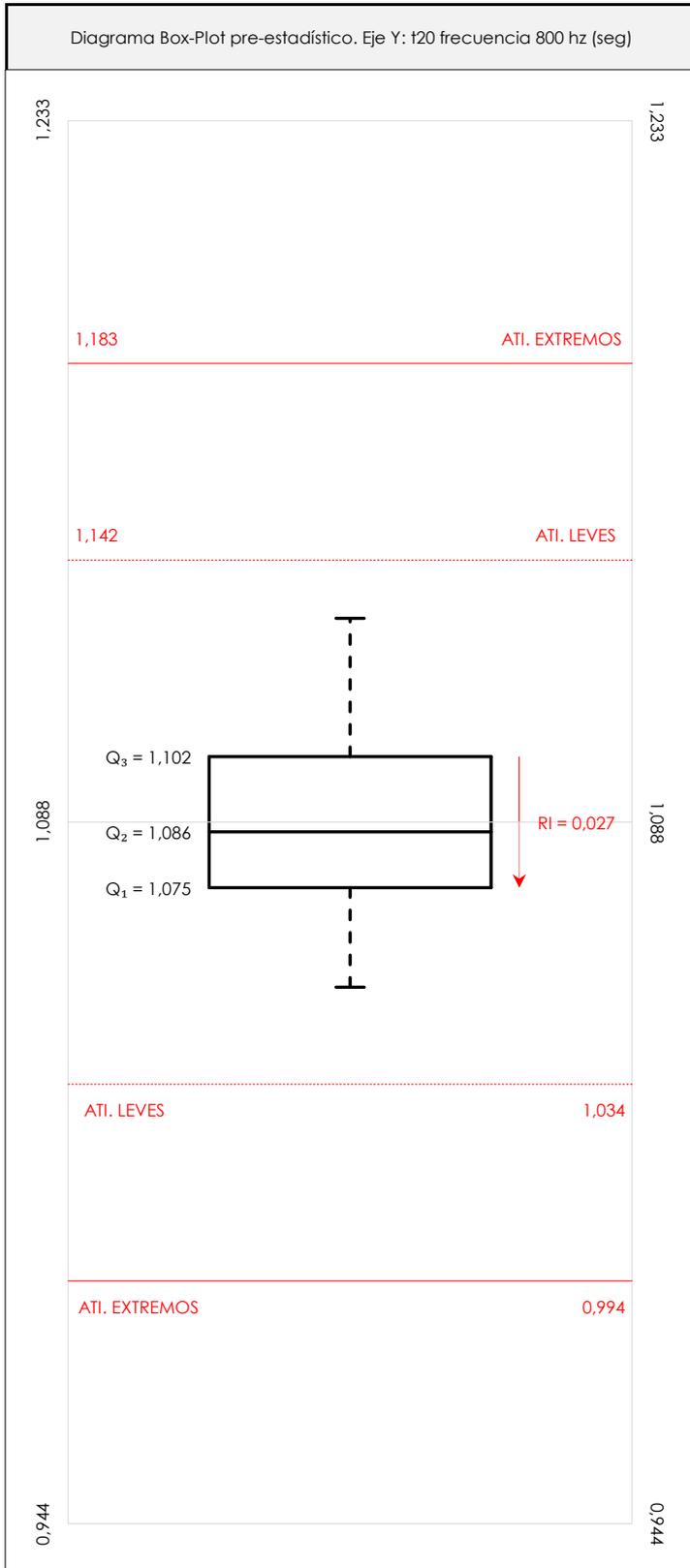
[dudoso]

[insatisfactorio]



## T20 FRECUENCIA 800 HZ (seg) Análisis D. Estudios post-estadísticos

### Apartado D.3. Diagramas Box-Plot o de Caja y Bigotes



#### ANÁLISIS GRÁFICO DE CAJA Y BIGOTES (ANTES Y DESPUÉS DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO)

Diagramas de caja y bigotes (Box Plot) de las medias aritméticas de los resultados aportados por los laboratorios antes (diagrama de la izquierda. Este incluye valores aberrantes y anómalos) y después (diagrama de la derecha. No incluye los valores descartados a lo largo del estudio) de análisis estadístico.

En ambos se han representado: el primer cuartil (Q<sub>1</sub> ; 25% de los datos), el segundo cuartil o la mediana (Q<sub>2</sub> ; 50% de los datos), el tercer cuartil (Q<sub>3</sub> ; 75% de los datos), el rango intercuartílico (RI ; cuartil tres menos cuartil uno) y los límites de valores atípicos leves (f<sub>3</sub> y f<sub>1</sub> para el máximo y mínimo respectivamente ; líneas discontinuas de color rojo) y extremos (f<sub>3</sub>\* y f<sub>1</sub>\* para el máximo y mínimo respectivamente ; líneas continuas de color rojo).

**T20 FRECUENCIA 800 HZ (seg)****Conclusiones**

## Determinación de la repetibilidad y reproducibilidad

El análisis estadístico EILA20 para el ensayo "T20 FRECUENCIA 800 HZ", ha contado con la participación de un total de 8 laboratorios, debiendo haber aportado cada uno de ellos, un total de 5 determinaciones individuales además de su valor medio.

Tras analizar los resultados podemos concluir que, para cumplir con los criterios estadísticos establecidos en el informe, un total de 0 laboratorios han sido apartados de la evaluación final: 0 en el Análisis Pre-Estadístico (por no cumplir el criterio de validación y/o el procedimiento de ejecución recogido en la norma de ensayo) y 0 en el Análisis Estadístico (por resultar anómalos o aberrantes en las técnicas gráficas de consistencia de Mandel y en los ensayos de detección de resultados numéricos de Cochran y Grubbs), al cabo de 1 iteraciones.

De cada uno de los análisis (pre-estadístico y estadístico), se obtienen las siguientes tablas:

TIPO DE ANALISIS	PRE-ESTADISTICO						ESTADISTICO								
Variables	$X_{i1}$	$X_{i2}$	$X_{i3}$	$X_{i4}$	$X_{i5}$	$\bar{X}_{i\text{arit}}$	$X_{i1}$	$X_{i2}$	$X_{i3}$	$X_{i4}$	$X_{i5}$	$\bar{X}_{i\text{arit}}$			
<b>Valor Máximo (max ; %)</b>	1,12	1,19	1,18	1,18	1,18	1,13	1,12	1,19	1,18	1,18	1,18	1,13			
<b>Valor Mínimo (min ; %)</b>	1,04	1,06	1,04	1,04	1,04	1,05	1,04	1,06	1,04	1,04	1,04	1,05			
<b>Valor Promedio (M ; %)</b>	1,07	1,10	1,09	1,08	1,10	1,09	1,07	1,10	1,09	1,08	1,10	1,09			
<b>Desviación Típica (SDL ; ---)</b>	0,02	0,05	0,06	0,05	0,05	0,03	0,02	0,05	0,06	0,05	0,05	0,03			
<b>Coef. Variación (CV ; ---)</b>	0,02	0,05	0,05	0,05	0,04	0,02	0,02	0,05	0,05	0,05	0,04	0,02			
VARIABLES	$S_r^2$	r	$S_L^2$	$S_R^2$	R	$S_r^2$	r	$S_L^2$	$S_R^2$	R	$S_r^2$	r	$S_L^2$	$S_R^2$	R
<b>Valor Calculado</b>	0,002	0,119	0,000	0,002	0,128	0,002	0,119	0,000	0,002	0,128	0,002	0,119	0,000	0,002	0,128
<b>Valor Referencia</b>															

Asimismo, acompañando a éstas tablas y dependiendo del análisis que se esté llevando a cabo, se introducen los indicadores estadísticos "h y k" de Mandel y los valores críticos "C" de Cochran y " $G_{\text{sim}}$  y  $G_{\text{Dob}}$ " de Grubbs, todos ellos adimensionales, obtenidos de las tablas 4, 5, 6 y 7 de la norma UNE 82009-2:1999 o mediante ecuación matemática, en función del número de laboratorios y del número de ensayos efectuados por cada uno de ellos:

TIPO DE ANALISIS	PRE-ESTADISTICO					ESTADISTICO				
VARIABLES	h	k	C	$G_{\text{sim}}$	$G_{\text{Dob}}$	h	k	C	$G_{\text{sim}}$	$G_{\text{Dob}}$
<b>Nivel de Significación 1%</b>	2,06	1,71	0,463	2,274	0,0563	2,06	1,71	0,463	2,274	0,0563
<b>Nivel de Significación 5%</b>	1,75	1,50	0,391	2,126	0,1101	1,75	1,50	0,391	2,126	0,1101

Con los resultados de los laboratorios, que tras los dos análisis estadísticos son evaluados por Z-Score, se han obtenido: 8 resultados satisfactorios, 0 resultados dudosos y 0 resultados insatisfactorios.

Respecto a los métodos para determinar la repetibilidad y la reproducibilidad de las mediciones se van a basar en la evaluación estadística recogida en la ISO 17025, sobre las dispersiones de los resultados individuales y su media, en forma de varianzas o desviaciones estándar, también conocida como ANOVA (siglas de analysis of variance).

Sabiendo que una varianza es la suma de cuadrados dividida por un número, que se llama grados de libertad, que depende del número de participantes menos 1, se puede decir que la imprecisión del ensayo se descompone en dos factores: uno de ellos genera la imprecisión mínima, presente en condiciones de repetibilidad (variabilidad intralaboratorio) y el otro la imprecisión adicional, obtenida en condiciones de reproducibilidad (variabilidad debida al cambio de laboratorio).

Las condiciones de repetibilidad de este ensayo son: mismo laborante, mismo laboratorio y mismo equipo de medición utilizado dentro de un período de tiempo corto. Por ende, las condiciones de reproducibilidad para la misma muestra y ensayo, cambian en: el laborante, el laboratorio, el equipo y las condiciones de uso y tiempo.

**CICE**

Comité de infraestructuras para la  
Calidad de la Edificación

**CSIC**

CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

INSTITU  
TO  
EDUAR  
DO  
TOR  
ROJA

**SACE**

Subcomisión Administrativa para la  
Calidad de la Edificación

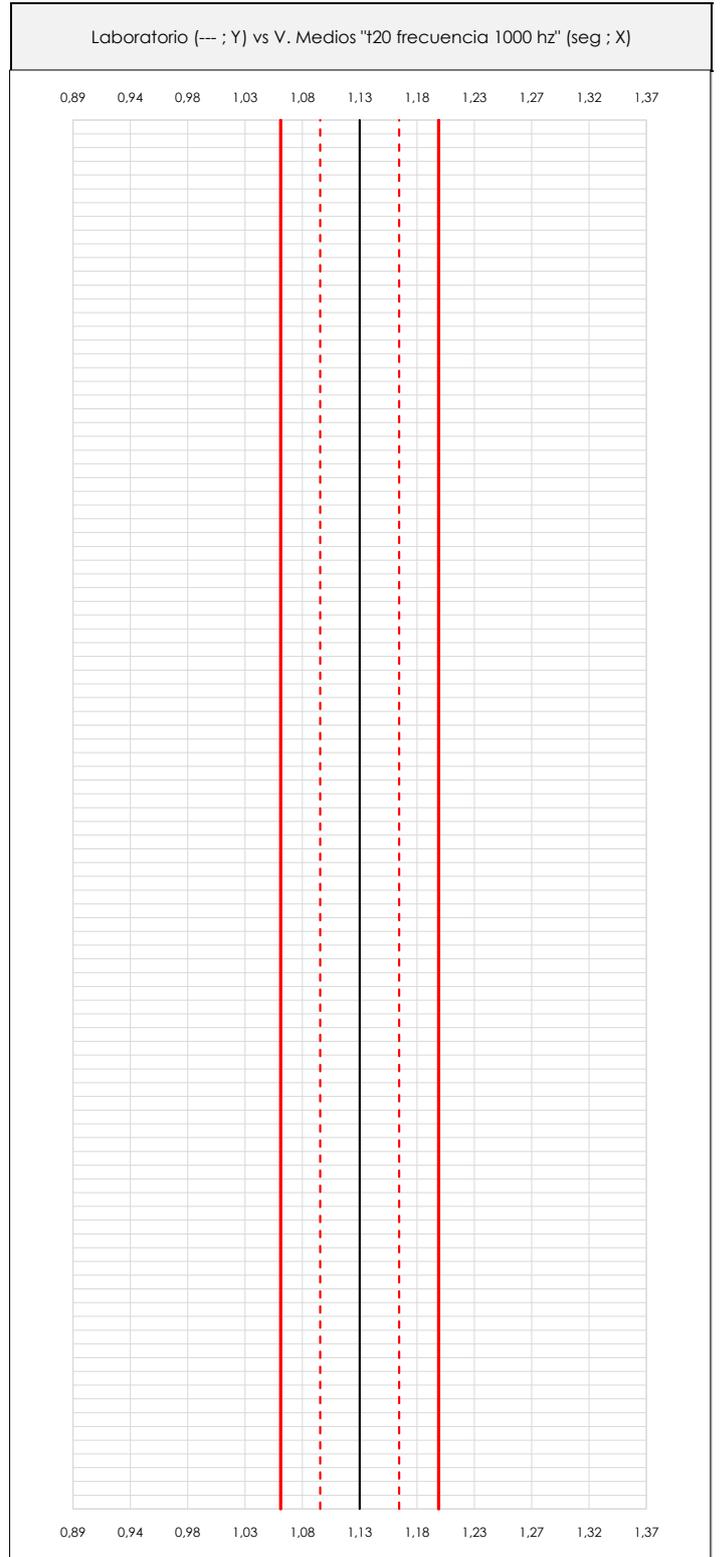
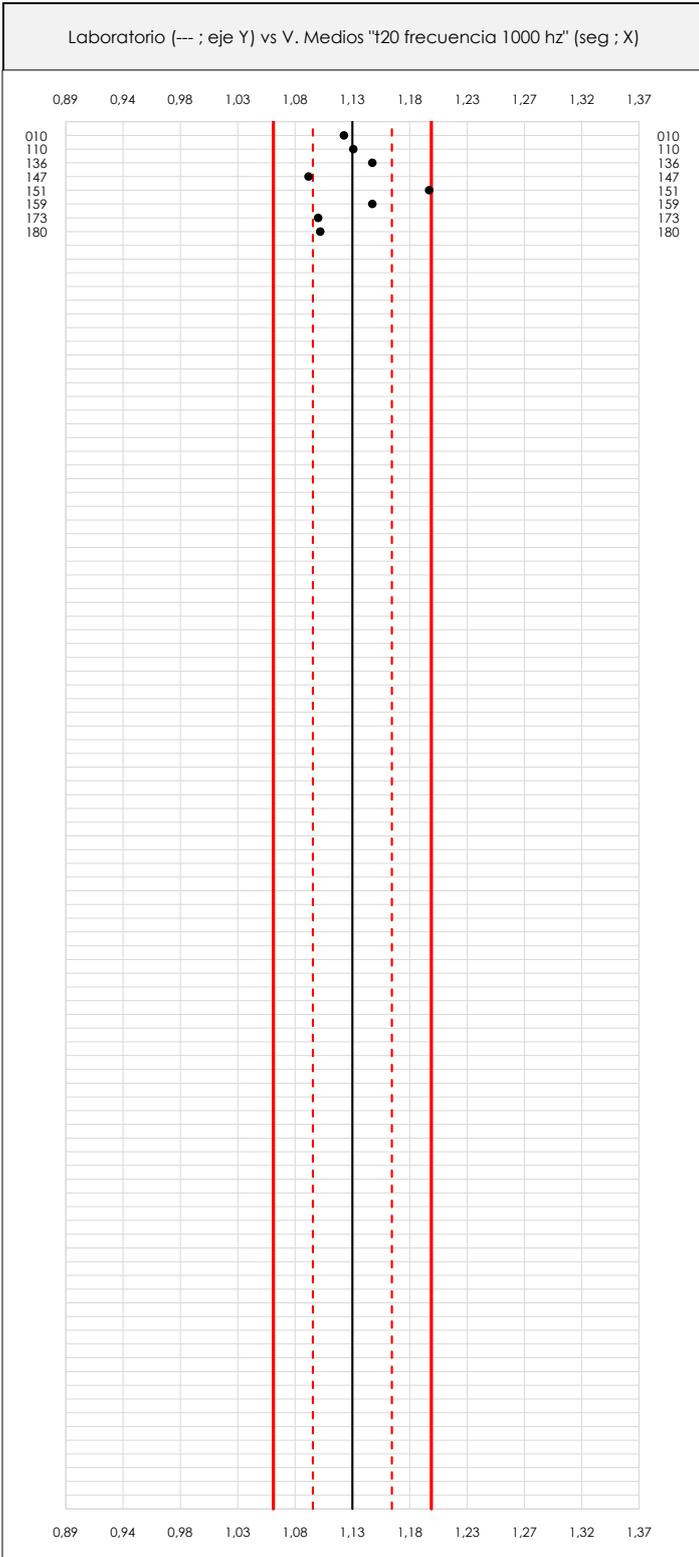
# ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE ACÚSTICA

T20 FRECUENCIA 1000 HZ

# T20 FRECUENCIA 1000 HZ (seg)

## Análisis A. Estudio pre-estadístico

### Apartado A.1. Gráficos de dispersión de valores medios



**ANÁLISIS GRÁFICO DE DISPERSIÓN MEDIA (ANTES DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO)**

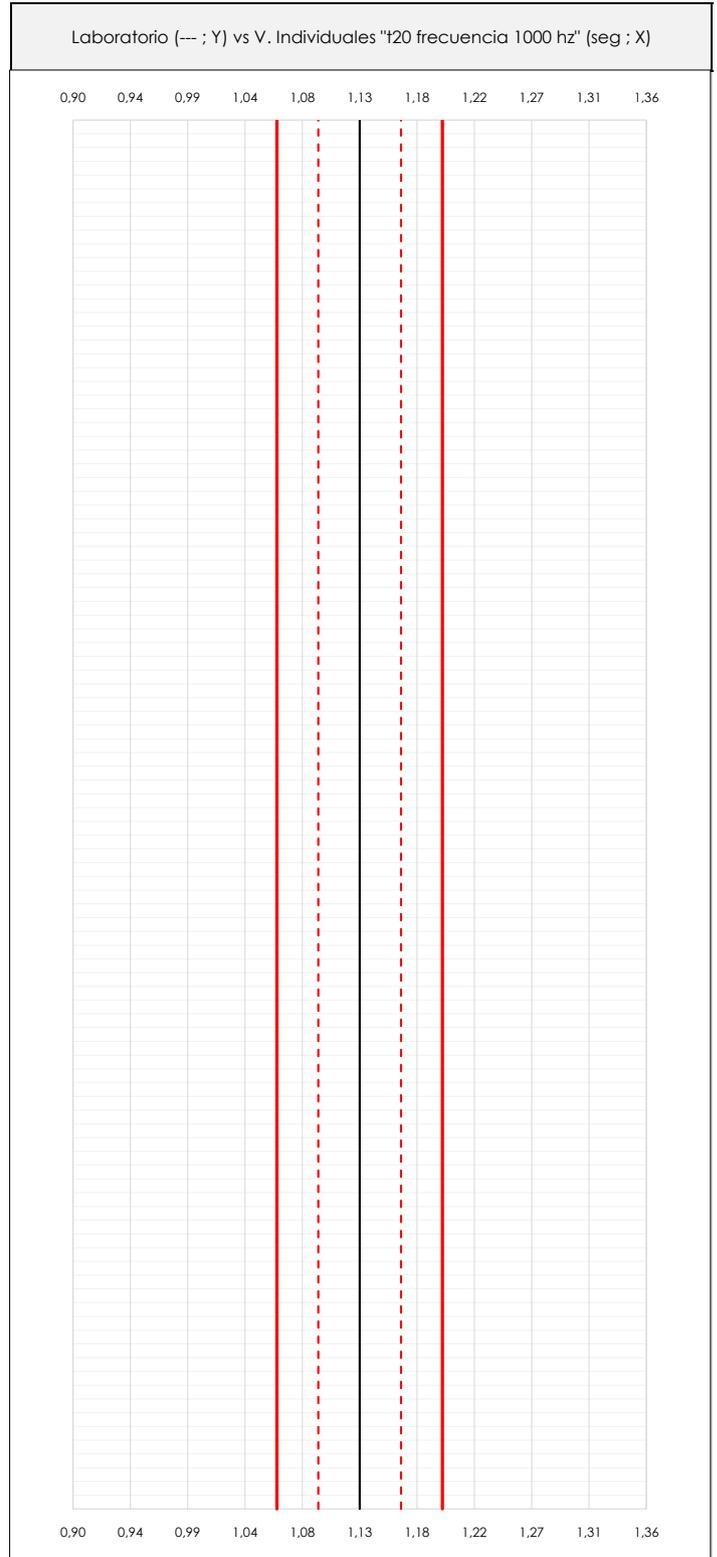
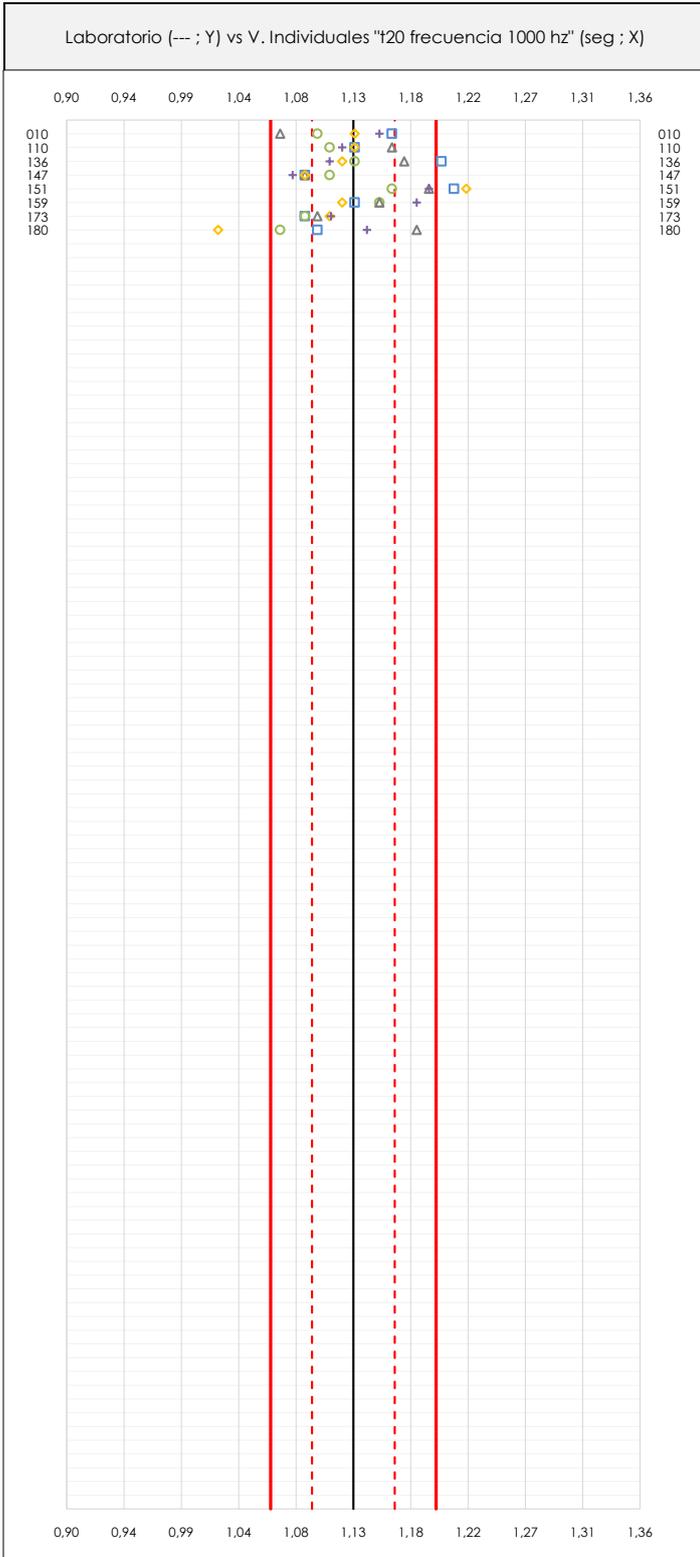
Dispersión de las medias aritméticas intra-laboratorios respecto de la media aritmética inter-laboratorios (1,13 ; línea negra de trazo continuo), la media aritmética inter-laboratorios más/menos la desviación típica (1,16/1,10 ; líneas rojas de trazo punteado) y la media aritmética inter-laboratorios más/menos el doble de la desviación típica (1,20/1,06 ; líneas rojas de trazo continuo).

En el eje Y (adimensional) quedan reflejados los códigos de los laboratorios participantes y en el eje X (las unidades son las mismas que las del ensayo que se está analizando) las medias aritméticas intra-laboratorios representadas por punto de color negro.

# T20 FRECUENCIA 1000 HZ (seg)

## Análisis A. Estudio pre-estadístico

### Apartado A.2. Gráficos de dispersión de valores individuales



**ANÁLISIS GRÁFICOS DE DISPERSIÓN INDIVIDUAL (ANTES DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO)**

Dispersión de los valores individuales respecto de la media aritmética inter-laboratorios (1,13 ; línea negra de trazo continuo), la media aritmética inter-laboratorios más/menos la desviación típica (1,16/1,10 ; líneas rojas de trazo punteado) y la media aritmética inter-laboratorios más/menos el doble de la desviación típica (1,20/1,06 ; líneas rojas de trazo continuo).

En el eje Y (adimensional) queda reflejado el código del laboratorio participante y en el eje X (las unidades son las de los resultados del ensayo que se está analizando) los resultados individuales: el primero ( $X_{i,1}$ ) se representa con un cuadrado azul, el segundo ( $X_{i,2}$ ) con un círculo verde, el tercero ( $X_{i,3}$ ) con un triángulo gris y el cuarto ( $X_{i,4}$ ) con un rombo amarillo.



## T20 FRECUENCIA 1000 HZ (seg)

### Análisis A. Estudio pre-estadístico

#### Apartado A.3. Determinaciones matemáticas

Lab	$X_{i1}$	$X_{i2}$	$X_{i3}$	$X_{i4}$	$X_{i5}$	$\bar{X}_{i\text{arit}}$	$S_{Li}$	$D_{i\text{arit}}\%$	Pasa A	Observaciones
10	1,16	1,10	1,07	1,13	1,15	1,12	0,037	-0,62	✓	
110	1,13	1,11	1,16	1,13	1,12	1,13	0,019	0,09	✓	
136	1,20	1,13	1,17	1,12	1,11	1,15	0,038	1,50	✓	
147	1,09	1,11	1,09	1,09	1,08	1,09	0,011	-3,28	✓	
151	1,21	1,16	1,19	1,22	1,19	1,19	0,023	5,75	✓	
159	1,13	1,15	1,15	1,12	1,18	1,15	0,023	1,50	✓	
173	1,09	1,09	1,10	1,11	1,11	1,10	0,010	-2,55	✓	
180	1,10	1,07	1,18	1,02	1,14	1,10	0,062	-2,39	✓	

**NOTAS:**

- <sup>01</sup> " $X_{ij}$  con  $j = 1, 2, 3, 4, 5$ " es cada uno de los resultados individuales aportados por cada laboratorio, " $\bar{X}_{i\text{arit}}$ " es la media aritmética intralaboratorio calculada sin redondear.
- <sup>02</sup> " $S_{Li}$ " es la desviación típica intralaboratorios y " $D_{i\text{arit}}\%$ " la desviación, en porcentaje, de la media aritmética intralaboratorios calculada respecto de la media aritmética interlaboratorios.
- <sup>03</sup> Los resultados aportados por los laboratorios podrán ser descartados (X) si no cumplen con los criterios establecidos en el protocolo EILA o si no han realizado el ensayo conforme a norma.
- <sup>04</sup> El código colorimétrico empleado para las celdas es: [máximo] [mínimo]

**CICE**  
Comité de infraestructuras para la  
Calidad de la Edificación

**SACE**  
Subcomisión Administrativa para la  
Calidad de la Edificación



**T20 FRECUENCIA 1000 HZ (seg)**  
**Análisis B. Mandel, Cochran y Grubbs**

Apartado B.1. Gráfico de consistencia inter-laboratorios "h" de Mandel



**ANÁLISIS GRÁFICO DE CONSISTENCIA INTER-LABORATORIOS**

Análisis gráfico de consistencia inter-laboratorios "h" de Mandel. En él se representan las medias aritméticas inter-laboratorios y los indicadores estadísticos para un 1% y un 5% de significación (valores obtenidos de la tabla 6 norma UNE 82009-2:1999 o mediante ecuación matemática, en función del número de laboratorios participantes).

Las líneas continuas de color morado (indicador estadístico para un 1% de significación) marca el límite a partir del cual un valor es considerado aberrante y las discontinuas de de color rosaceo (indicador estadístico para un 5% de significación), cuando es considerado anómalo. Una equis de color rojo (X) sobre el eje cero indica que el laboratorio ha sido descartado.

**CICE**  
Comité de infraestructuras para la  
Calidad de la Edificación

**SACE**  
Subcomisión Administrativa para la  
Calidad de la Edificación



**T20 FRECUENCIA 1000 HZ (seg)**  
**Análisis B. Mandel, Cochran y Grubbs**

Apartado B.2. Gráfico de consistencia intra-laboratorios "k" de Mandel



**ANÁLISIS GRÁFICO DE CONSISTENCIA INTRA-LABORATORIOS**

Análisis gráfico de consistencia intra-laboratorios "k" de Mandel. En él se representan las medias aritméticas intra-laboratorios y los indicadores estadísticos para un 1% y un 5% de significación (valores obtenidos de la tabla 6 norma UNE 82009-2:1999 o mediante ecuación matemática, en función del número de laboratorios participantes y el número de ensayos efectuados).

Las líneas continuas de color morado (indicador estadístico para un 1% de significación) marca el límite a partir del cual un valor es considerado aberrante y las discontinuas de de color rosaceo (indicador estadístico para un 5% de significación), cuando es considerado anómalo. Una equis de color rojo (X) sobre el eje cero indica que el laboratorio ha sido descartado.



## T20 FRECUENCIA 1000 HZ (seg)

### Análisis B. Mandel, Cochran y Grubbs

#### Apartado B.3. Determinaciones matemáticas

Lab	X <sub>i1</sub>	X <sub>i2</sub>	X <sub>i3</sub>	X <sub>i4</sub>	X <sub>i5</sub>	$\bar{X}_{i \text{ arit}}$	S <sub>Li</sub>	D <sub>i arit</sub> %	h <sub>i</sub>	k <sub>i</sub>	C <sub>i</sub>	G <sub>sim Inf</sub>	G <sub>sim Sup</sub>	G <sub>Dob Inf</sub>	G <sub>Dob Sup</sub>	Pasa B
10	1,160	1,100	1,070	1,130	1,150	1,122	0,037	-0,06	-0,03	1,45						✓
110	1,13	1,110	1,160	1,130	1,120	1,130	0,019	0,65	0,32	0,73						✓
136	1,20	1,130	1,170	1,120	1,110	1,146	0,038	2,08	1,02	1,48*	0,366		1,024		0,3708	✓
147	1,09	1,110	1,090	1,090	1,080	1,092	0,011	-2,73	-1,35	0,43		1,349		0,1669		✓
151	1,21	1,160	1,190	1,220	1,190	1,194	---	---	---	---	---	---	---	---	---	✗
159	1,13	1,150	1,150	1,120	1,180	1,146	0,023	2,08	1,02	0,90			1,024		0,3708	✓
173	1,09	1,090	1,100	1,110	1,111	1,100	0,010	-2,00	-0,99	0,40				0,1669		✓
180	1,10	1,070	1,180	1,020	1,140	1,102	---	---	---	---	---	---	---	---	---	✗

**NOTAS:**

<sup>01</sup> "X<sub>i j</sub> con j = 1, 2, 3, 4, 5" es cada uno de los resultados individuales aportados por cada laboratorio, " $\bar{X}_{i \text{ arit}}$ " es la media aritmética intralaboratorio calculada sin redondear.

<sup>02</sup> "S<sub>Li</sub>" es la desviación típica intralaboratorios y "D<sub>i arit</sub> %" la desviación, en porcentaje, de la media aritmética intralaboratorios calculada respecto de la media aritmética interlaboratorios.

<sup>03</sup> "h<sub>i</sub> y k<sub>i</sub>", "C<sub>i</sub>", "G<sub>sim</sub> y G<sub>Dob</sub>" hacen referencia a los estadísticos de Mandel, Cochran y Grubbs, respectivamente, obtenidos para cada laboratorio en función de los resultados aportados.

<sup>04</sup> El código colorimétrico empleado para las celdas es:

[aberrante]

[anómalo]

[máximo]

[mínimo]

**CICE**  
Comité de infraestructuras para la  
Calidad de la Edificación

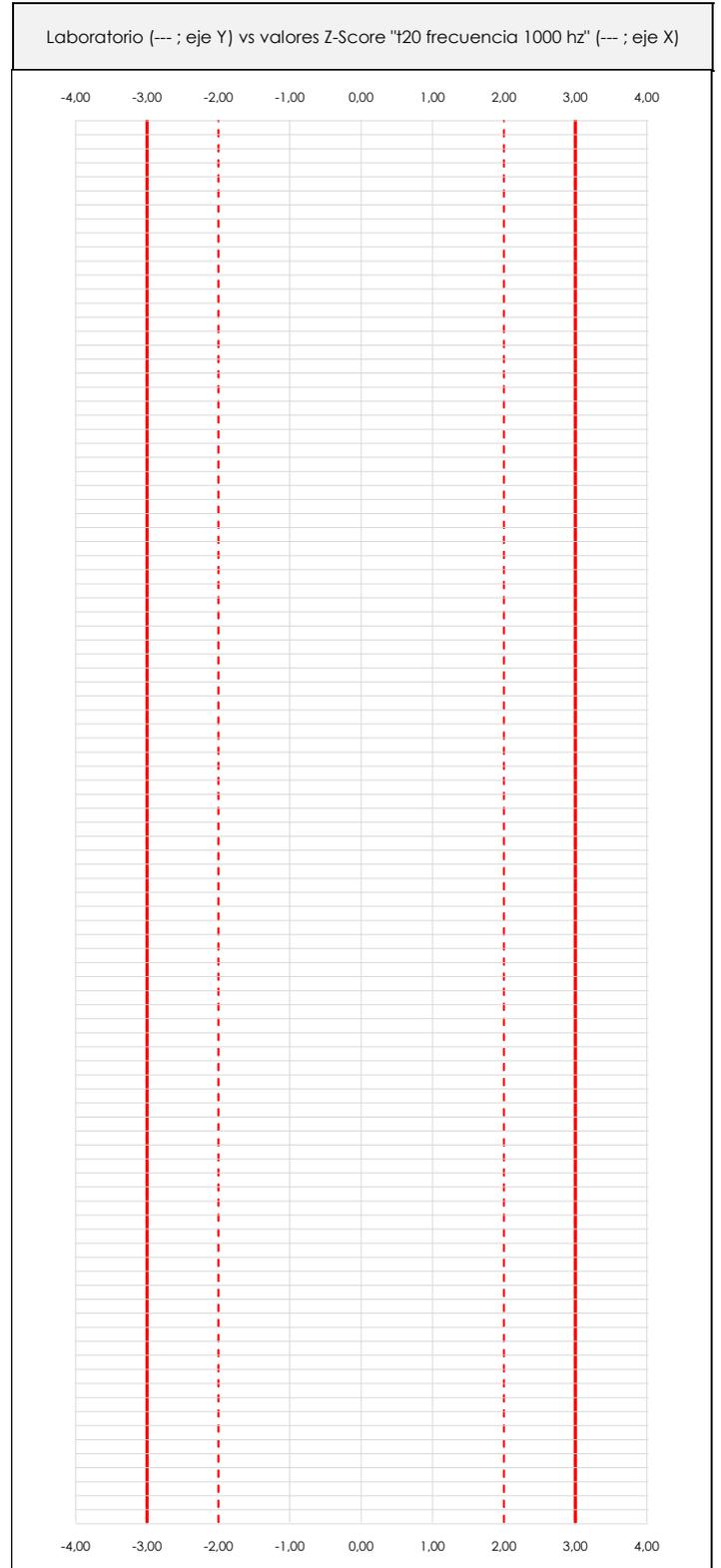
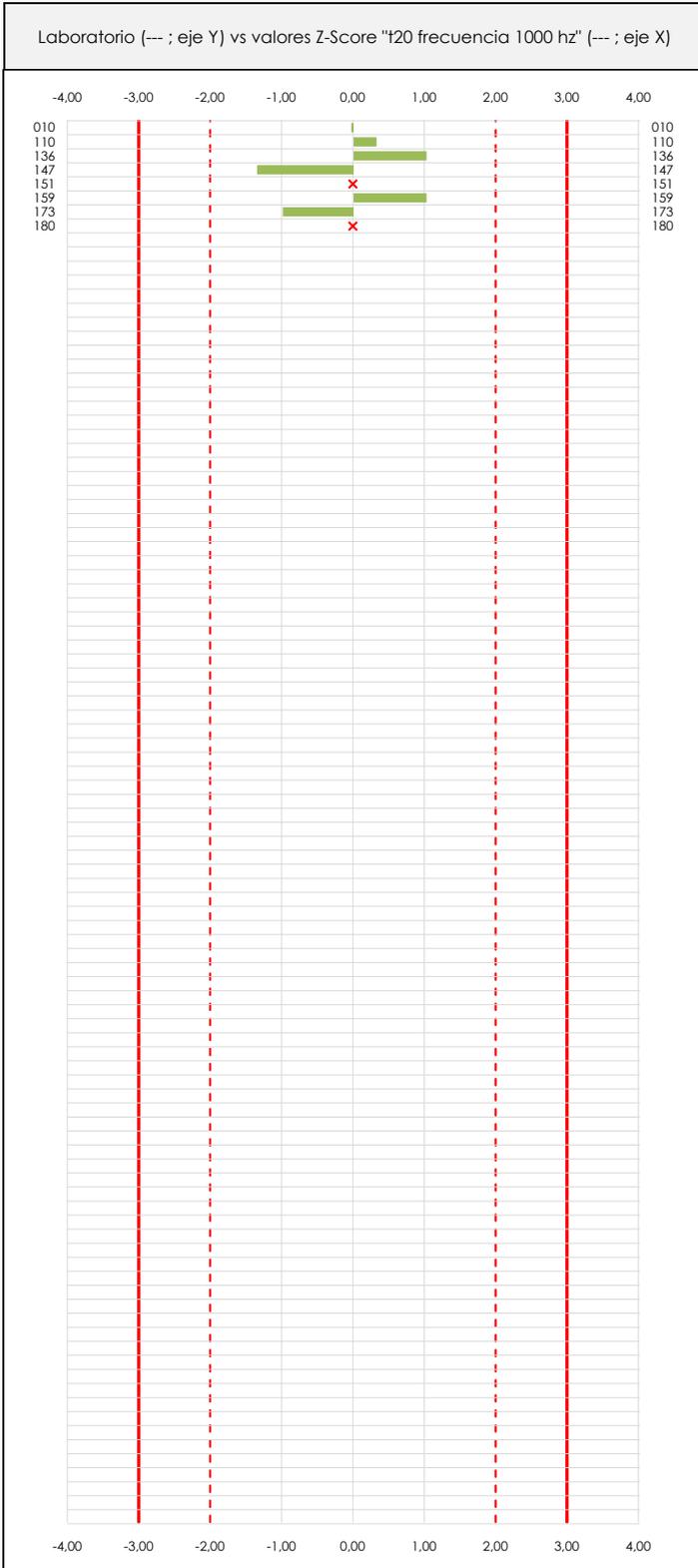
**SACE**  
Subcomisión Administrativa para la  
Calidad de la Edificación



## T20 FRECUENCIA 1000 HZ (seg)

### Análisis C. Evaluación Z-Score

#### Apartado C.1. Análisis gráfico Altman Z-Score



#### ANÁLISIS GRÁFICO Z-SCORE

Diagrama Z-Score para los resultados aportados por los laboratorios. Estos se considerarán satisfactorios (S) si el valor absoluto del Z-Score es menor o igual a 2 unidades, dudoso si está comprendido entre 2 y 3 unidades e insatisfactorio si es mayor o igual a 3 unidades.

Los resultados satisfactorios quedan reflejados entre las dos líneas rojas discontinuas, líneas de referencia en la evaluación Z-Score.



## T20 FRECUENCIA 1000 HZ (seg)

### Análisis C. Evaluación Z-Score

#### Apartado C.2. Determinaciones matemáticas

Lab	X <sub>i1</sub>	X <sub>i2</sub>	X <sub>i3</sub>	X <sub>i4</sub>	X <sub>i5</sub>	$\bar{X}_{i\text{arit}}$	S <sub>Li</sub>	D <sub>iarit</sub> %	Pasa A	Pasa B	Total	Causa	Iteración	Z-Score	Evaluación
10	1,16	1,10	1,07	1,13	1,15	1,12	0,037	-0,06	✓	✓	✓			-0,031	S
110	1,13	1,11	1,16	1,13	1,12	1,13	0,019	0,65	✓	✓	✓			0,321	S
136	1,20	1,13	1,17	1,12	1,11	1,15	0,038	2,08	✓	✓	✓			1,024	S
147	1,09	1,11	1,09	1,09	1,08	1,09	0,011	-2,73	✓	✓	✓			-1,349	S
151	1,21	1,16	1,19	1,22	1,19	1,19	---	---	✓	X	X	AN	0	---	---
159	1,13	1,15	1,15	1,12	1,18	1,15	0,023	2,08	✓	✓	✓			1,024	S
173	1,09	1,09	1,10	1,11	1,11	1,10	0,010	-2,00	✓	✓	✓			-0,989	S
180	1,10	1,07	1,18	1,02	1,14	1,10	---	---	✓	X	X	AN	0	---	---

**NOTAS:**

<sup>01</sup> "X<sub>i j</sub> con j = 1, 2, 3, 4, 5" es cada uno de los resultados individuales aportados por cada laboratorio, " $\bar{X}_{i\text{arit}}$ " es la media aritmética intralaboratorio calculada sin redondear.

<sup>02</sup> "S<sub>Li</sub>" es la desviación típica intralaboratorios y "D<sub>iarit</sub> %" la desviación, en porcentaje, de la media aritmética intralaboratorios calculada respecto de la media aritmética interlaboratorios.

<sup>03</sup> La evaluación Z-Score (ZS) será considerada de tipo: [Satisfactorio (S) - si | ZS | ≤ 2] [Dudoso (D) - si 2 < | ZS | ≤ 3] [Insatisfactorio (I) - si | ZS | > 3].

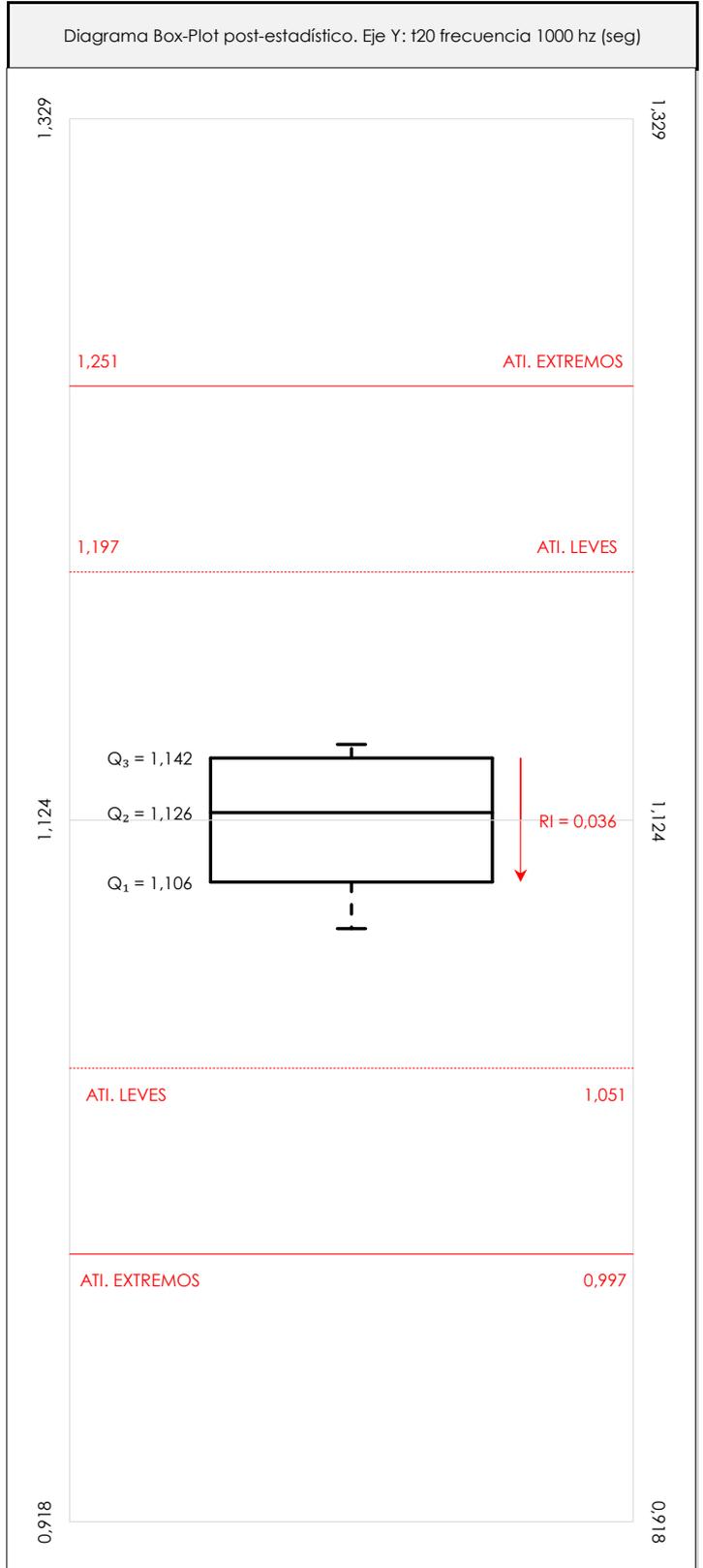
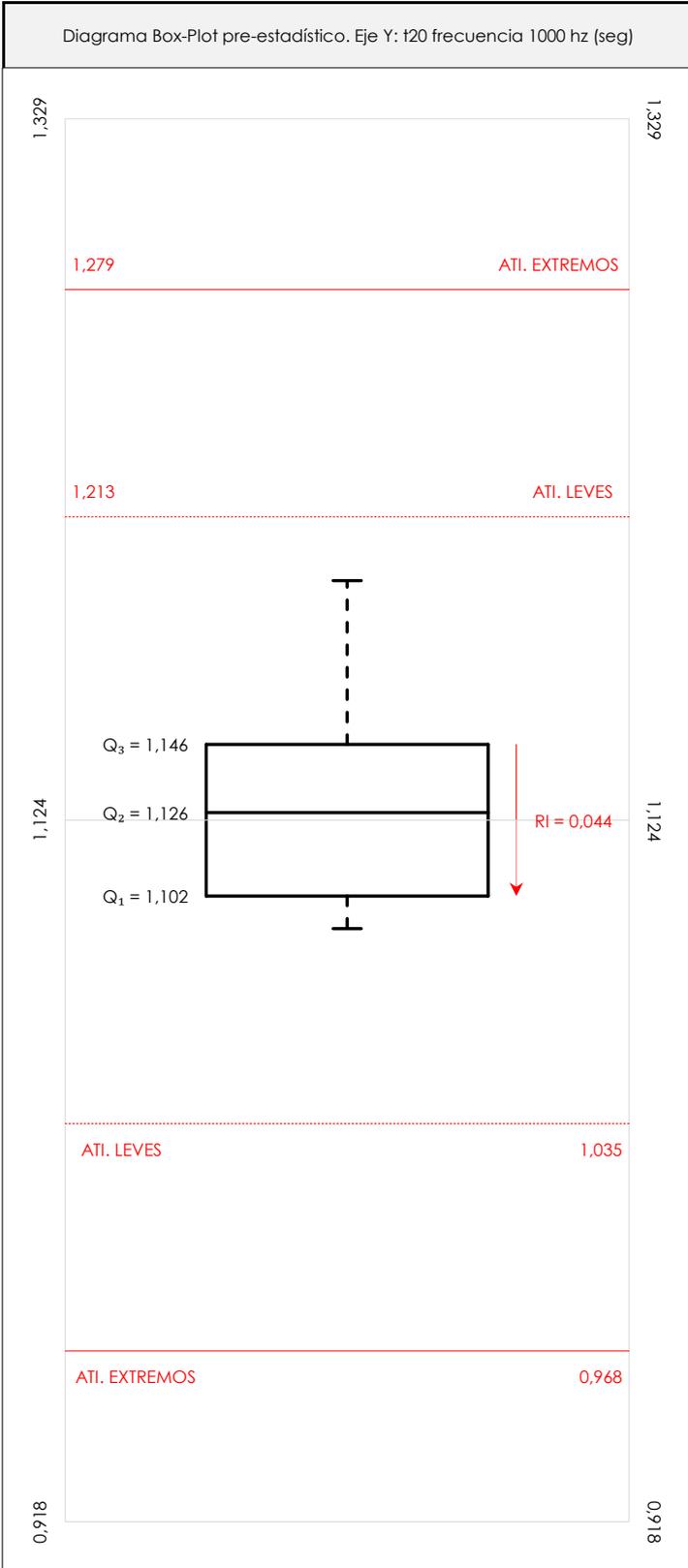
<sup>04</sup> El código colorimétrico empleado para las celdas es:

[dudoso]

[insatisfactorio]

**T20 FRECUENCIA 1000 HZ (seg)**  
**Análisis D. Estudios post-estadísticos**

Apartado D.3. Diagramas Box-Plot o de Caja y Bigotes



**ANÁLISIS GRÁFICO DE CAJA Y BIGOTES (ANTES Y DESPUES DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO)**

Diagramas de caja y bigotes (Box Plot) de las medias aritméticas de los resultados aportados por los laboratorios antes (diagrama de la izquierda. Este incluye valores aberrantes y anómalos) y después (diagrama de la derecha. No incluye los valores descartados a lo largo del estudio) de análisis estadístico.

En ambos se han representado: el primer cuartil (Q<sub>1</sub> ; 25% de los datos), el segundo cuartil o la mediana (Q<sub>2</sub> ; 50% de los datos), el tercer cuartil (Q<sub>3</sub> ; 75% de los datos), el rango intercuartílico (RI ; cuartil tres menos cuartil uno) y los límites de valores atípicos leves (f<sub>3</sub> y f<sub>1</sub> para el máximo y mínimo respectivamente ; líneas discontinuas de color rojo) y extremos (f<sub>3</sub>\* y f<sub>1</sub>\* para el máximo y mínimo respectivamente ; líneas continuas de color rojo).

**CICE**Comité de infraestructuras para la  
Calidad de la Edificación**SACE**Subcomisión Administrativa para la  
Calidad de la Edificación**T20 FRECUENCIA 1000 HZ (seg)****Conclusiones**

## Determinación de la repetibilidad y reproducibilidad

El análisis estadístico EILA20 para el ensayo "T20 FRECUENCIA 1000 HZ", ha contado con la participación de un total de 8 laboratorios, debiendo haber aportado cada uno de ellos, un total de 5 determinaciones individuales además de su valor medio.

Tras analizar los resultados podemos concluir que, para cumplir con los criterios estadísticos establecidos en el informe, un total de 2 laboratorios han sido apartados de la evaluación final: 0 en el Análisis Pre-Estadístico (por no cumplir el criterio de validación y/o el procedimiento de ejecución recogido en la norma de ensayo) y 2 en el Análisis Estadístico (por resultar anómalos o aberrantes en las técnicas gráficas de consistencia de Mandel y en los ensayos de detección de resultados numéricos de Cochran y Grubbs), al cabo de 2 iteraciones.

De cada uno de los análisis (pre-estadístico y estadístico), se obtienen las siguientes tablas:

TIPO DE ANALISIS	PRE-ESTADISTICO						ESTADISTICO					
Variables	$X_{i1}$	$X_{i2}$	$X_{i3}$	$X_{i4}$	$X_{i5}$	$\bar{X}_{i\text{arit}}$	$X_{i1}$	$X_{i2}$	$X_{i3}$	$X_{i4}$	$X_{i5}$	$\bar{X}_{i\text{arit}}$
Valor Máximo (max ; %)	1,21	1,16	1,19	1,22	1,19	1,19	1,20	1,15	1,17	1,13	1,18	1,15
Valor Mínimo (min ; %)	1,09	1,07	1,07	1,02	1,08	1,09	1,09	1,09	1,07	1,09	1,08	1,09
Valor Promedio (M ; %)	1,14	1,12	1,14	1,12	1,14	1,13	1,13	1,12	1,12	1,12	1,13	1,12
Desviación Típica (SDL ; ---)	0,05	0,03	0,05	0,05	0,04	0,03	0,04	0,02	0,04	0,02	0,03	0,02
Coef. Variación (CV ; ---)	0,04	0,03	0,04	0,05	0,03	0,03	0,04	0,02	0,04	0,01	0,03	0,02
VARIABLES	$S_r^2$	r	$S_L^2$	$S_R^2$	R	$S_r^2$	r	$S_L^2$	$S_R^2$	R		
Valor Calculado	0,001	0,089	0,001	0,002	0,122	0,001	0,071	0,000	0,001	0,089		
Valor Referencia												

Asimismo, acompañando a éstas tablas y dependiendo del análisis que se esté llevando a cabo, se introducen los indicadores estadísticos "h y k" de Mandel y los valores críticos "C" de Cochran y " $G_{sim}$  y  $G_{Dob}$ " de Grubbs, todos ellos adimensionales, obtenidos de las tablas 4, 5, 6 y 7 de la norma UNE 82009-2:1999 o mediante ecuación matemática, en función del número de laboratorios y del número de ensayos efectuados por cada uno de ellos:

TIPO DE ANALISIS	PRE-ESTADISTICO					ESTADISTICO				
VARIABLES	h	k	C	$G_{sim}$	$G_{Dob}$	h	k	C	$G_{sim}$	$G_{Dob}$
Nivel de Significación 1%	1,87	1,68	0,463	1,973	0,0116	1,87	1,68	0,564	1,973	0,0116
Nivel de Significación 5%	1,66	1,48	0,391	1,887	0,0349	1,66	1,48	0,480	1,887	0,0349

Con los resultados de los laboratorios, que tras los dos análisis estadísticos son evaluados por Z-Score, se han obtenido: 6 resultados satisfactorios, 0 resultados dudosos y 0 resultados insatisfactorios.

Respecto a los métodos para determinar la repetibilidad y la reproducibilidad de las mediciones se van a basar en la evaluación estadística recogida en la ISO 17025, sobre las dispersiones de los resultados individuales y su media, en forma de varianzas o desviaciones estándar, también conocida como ANOVA (siglas de analysis of variance).

Sabiendo que una varianza es la suma de cuadrados dividida por un número, que se llama grados de libertad, que depende del número de participantes menos 1, se puede decir que la imprecisión del ensayo se descompone en dos factores: uno de ellos genera la imprecisión mínima, presente en condiciones de repetibilidad (variabilidad intralaboratorio) y el otro la imprecisión adicional, obtenida en condiciones de reproducibilidad (variabilidad debida al cambio de laboratorio).

Las condiciones de repetibilidad de este ensayo son: mismo laborante, mismo laboratorio y mismo equipo de medición utilizado dentro de un período de tiempo corto. Por ende, las condiciones de reproducibilidad para la misma muestra y ensayo, cambian en: el laborante, el laboratorio, el equipo y las condiciones de uso y tiempo.

**CICE**

Comité de infraestructuras para la  
Calidad de la Edificación

**CSIC**

CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

INSTITU  
TO  
EDUAR  
DO  
TOR  
ROJA

**SACE**

Subcomisión Administrativa para la  
Calidad de la Edificación

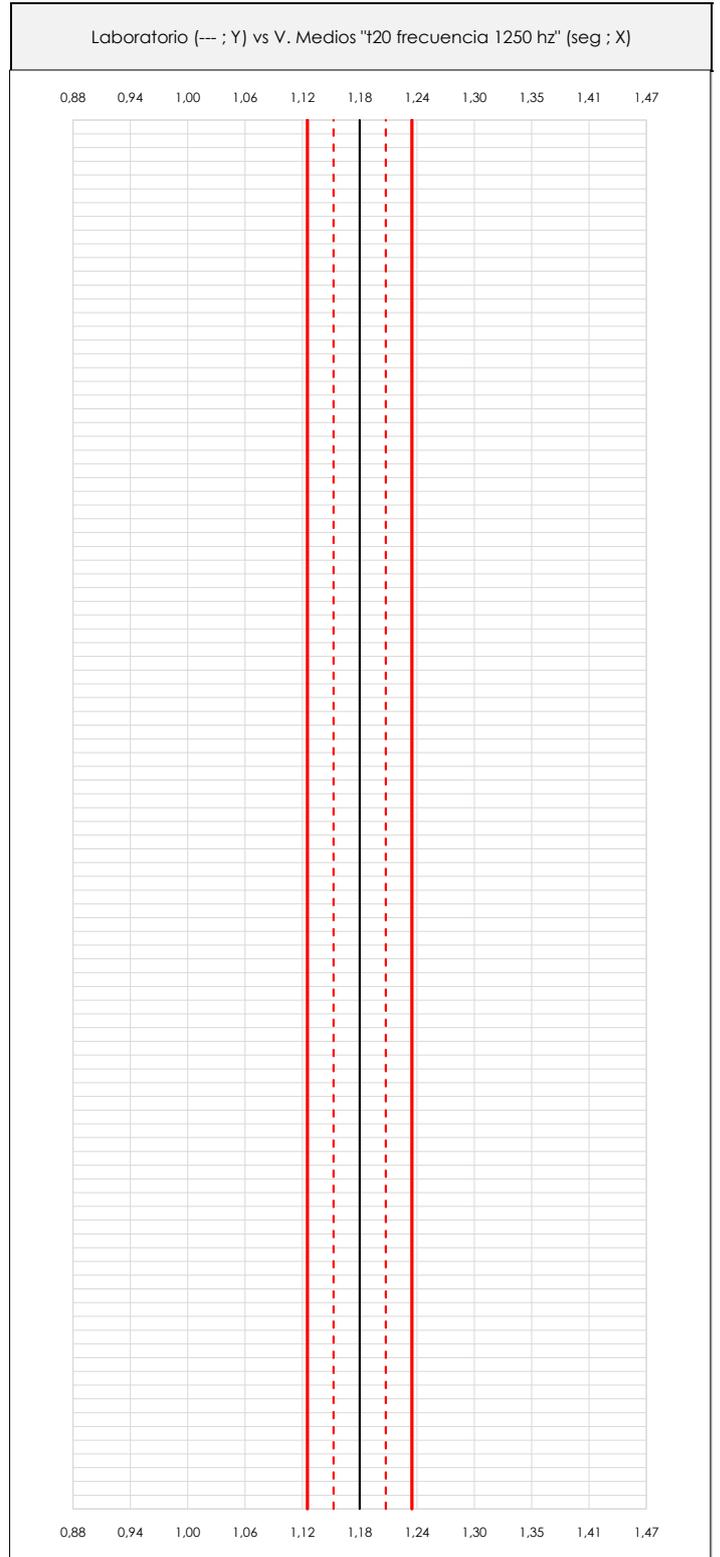
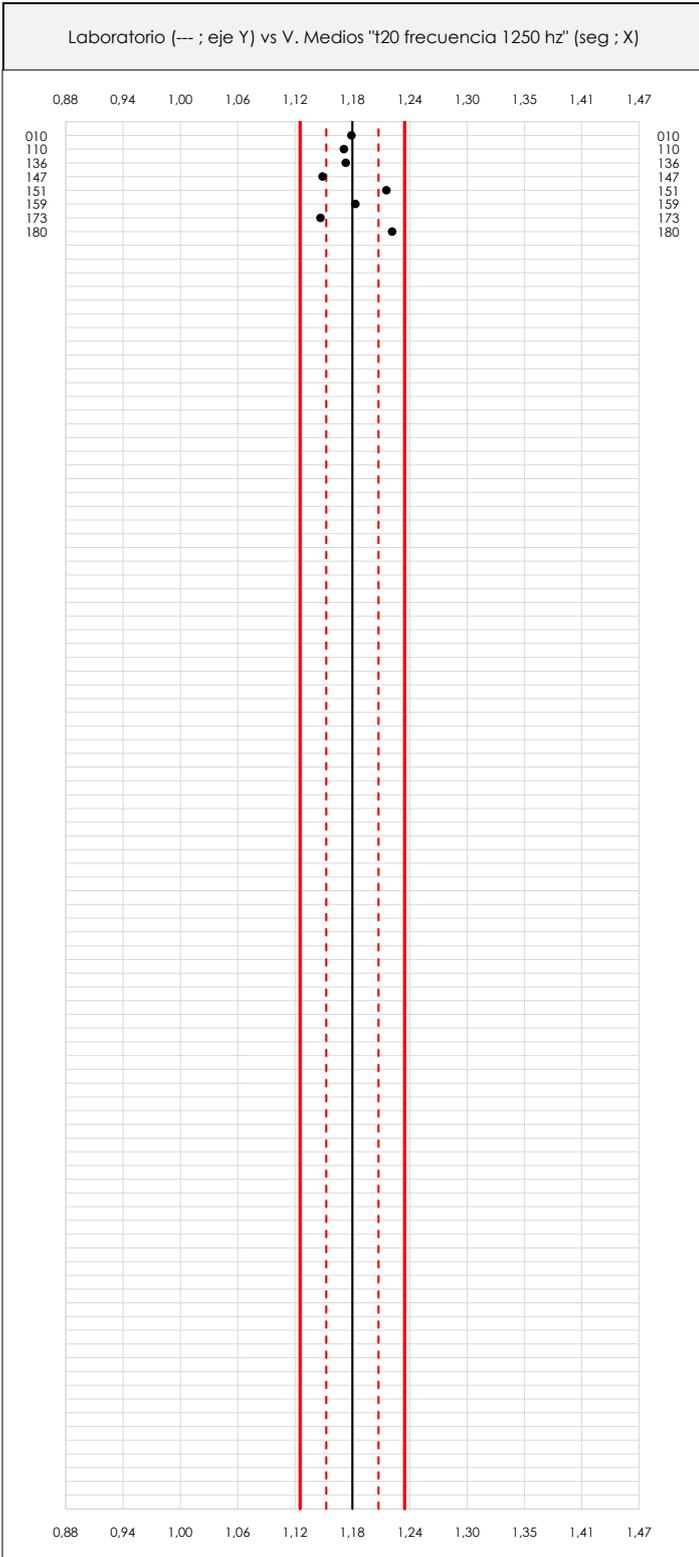
# ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE ACÚSTICA

T20 FRECUENCIA 1250 HZ

# T20 FRECUENCIA 1250 HZ (seg)

## Análisis A. Estudio pre-estadístico

### Apartado A.1. Gráficos de dispersión de valores medios



#### ANÁLISIS GRÁFICO DE DISPERSIÓN MEDIA (ANTES DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO)

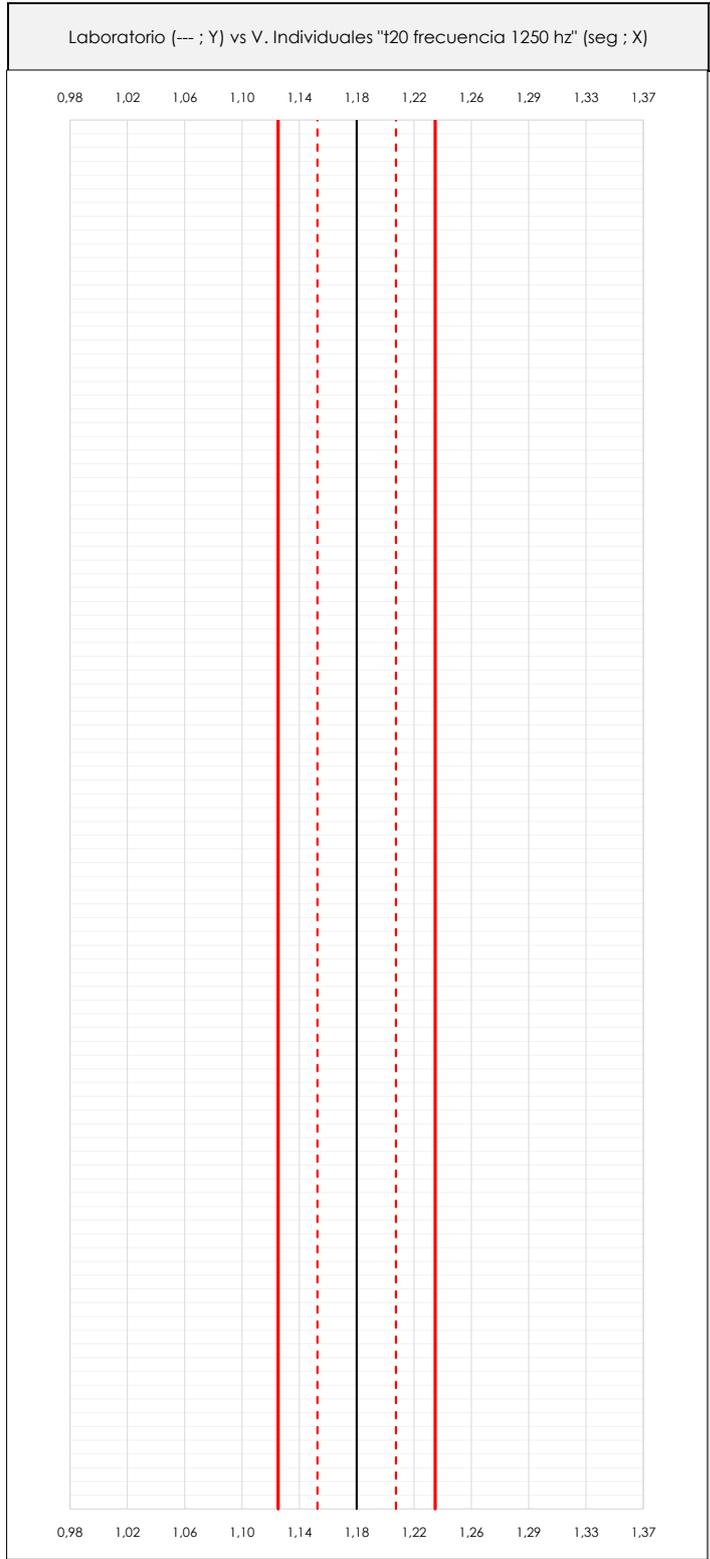
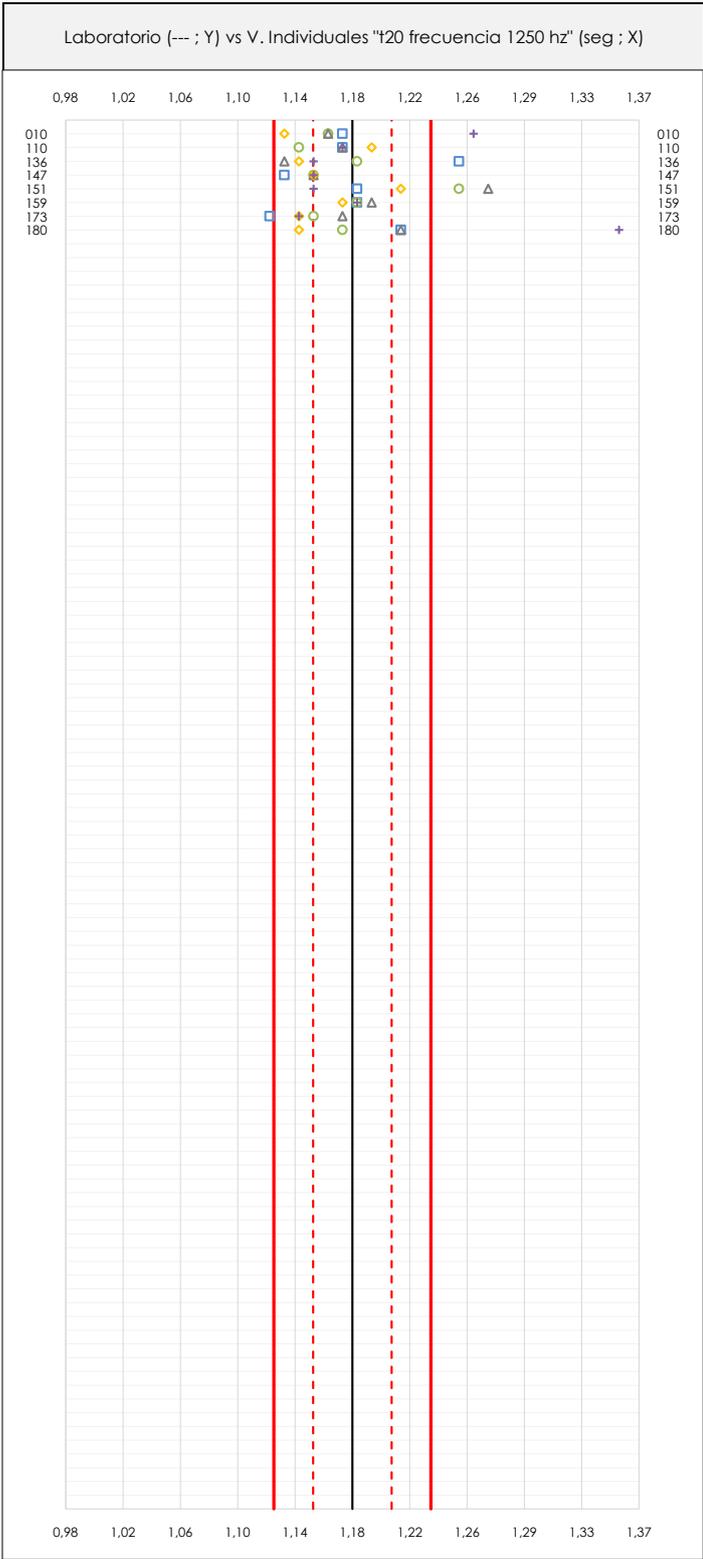
Dispersión de las medias aritméticas intra-laboratorios respecto de la media aritmética inter-laboratorios (1,18 ; línea negra de trazo continuo), la media aritmética inter-laboratorios más/menos la desviación típica (1,20/1,15 ; líneas rojas de trazo punteado) y la media aritmética inter-laboratorios más/menos el doble de la desviación típica (1,23/1,12 ; líneas rojas de trazo continuo).

En el eje Y (adimensional) quedan reflejados los códigos de los laboratorios participantes y en el eje X (las unidades son las mismas que las del ensayo que se está analizando) las medias aritméticas intra-laboratorios representadas por punto de color negro.

# T20 FRECUENCIA 1250 HZ (seg)

## Análisis A. Estudio pre-estadístico

### Apartado A.2. Gráficos de dispersión de valores individuales



**ANÁLISIS GRÁFICOS DE DISPERSIÓN INDIVIDUAL (ANTES DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO)**

Dispersión de los valores individuales respecto de la media aritmética inter-laboratorios (1,18 ; línea negra de trazo continuo), la media aritmética inter-laboratorios más/menos la desviación típica (1,20/1,15 ; líneas rojas de trazo punteado) y la media aritmética inter-laboratorios más/menos el doble de la desviación típica (1,23/1,12 ; líneas rojas de trazo continuo).

En el eje Y (adimensional) queda reflejado el código del laboratorio participante y en el eje X (las unidades son las de los resultados del ensayo que se está analizando) los resultados individuales: el primero ( $X_{i,1}$ ) se representa con un cuadrado azul, el segundo ( $X_{i,2}$ ) con un círculo verde, el tercero ( $X_{i,3}$ ) con un triángulo gris y el cuarto ( $X_{i,4}$ ) con un rombo amarillo.



## T20 FRECUENCIA 1250 HZ (seg)

### Análisis A. Estudio pre-estadístico

#### Apartado A.3. Determinaciones matemáticas

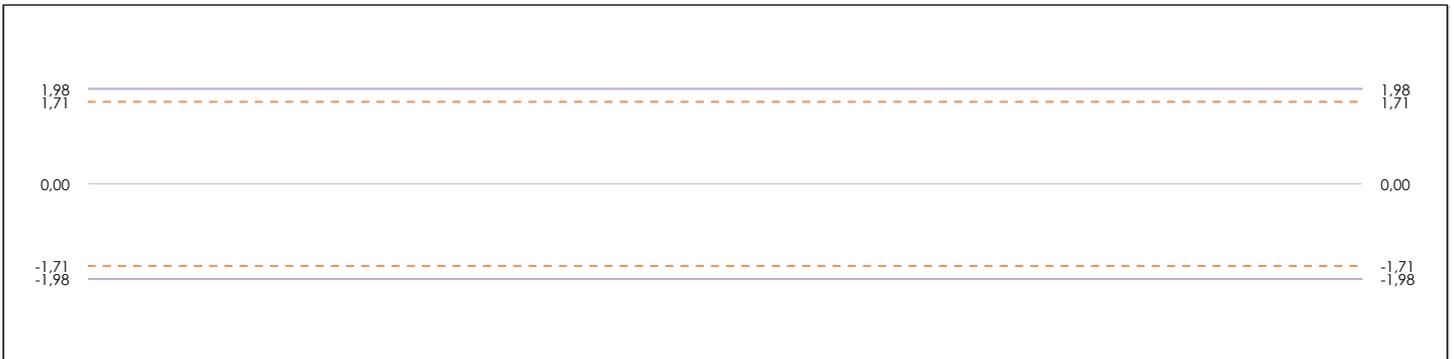
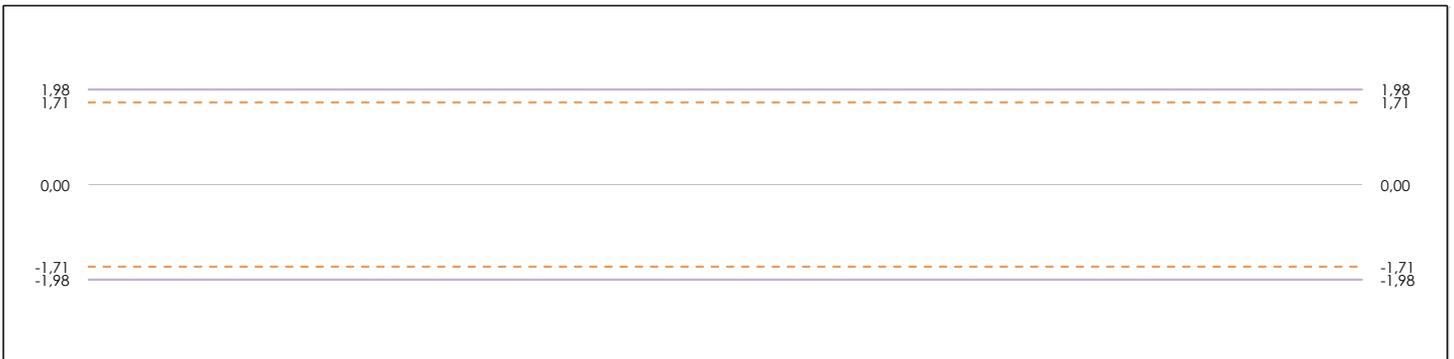
Lab	$X_{i1}$	$X_{i2}$	$X_{i3}$	$X_{i4}$	$X_{i5}$	$\bar{X}_{i\text{arit}}$	$S_{Li}$	$D_{i\text{arit}}\%$	Pasa A	Observaciones
10	1,17	1,16	1,16	1,13	1,26	1,18	0,049	-0,06	✓	
110	1,17	1,14	1,17	1,19	1,17	1,17	0,018	-0,74	✓	
136	1,25	1,18	1,13	1,14	1,15	1,17	0,048	-0,57	✓	
147	1,13	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	0,009	-2,61	✓	
151	1,18	1,25	1,27	1,21	1,15	1,21	0,049	3,00	✓	
159	1,18	1,18	1,19	1,17	1,18	1,18	0,007	0,28	✓	
173	1,12	1,15	1,17	1,14	1,14	1,14	0,018	-2,78	✓	
180	1,21	1,17	1,21	1,14	1,36	1,22	0,085	3,51	✓	

**NOTAS:**

- <sup>01</sup> " $X_{ij}$  con  $j = 1, 2, 3, 4, 5$ " es cada uno de los resultados individuales aportados por cada laboratorio, " $\bar{X}_{i\text{arit}}$ " es la media aritmética intralaboratorio calculada sin redondear.
- <sup>02</sup> " $S_{Li}$ " es la desviación típica intralaboratorios y " $D_{i\text{arit}}\%$ " la desviación, en porcentaje, de la media aritmética intralaboratorios calculada respecto de la media aritmética interlaboratorios.
- <sup>03</sup> Los resultados aportados por los laboratorios podrán ser descartados (X) si no cumplen con los criterios establecidos en el protocolo EILA o si no han realizado el ensayo conforme a norma.
- <sup>04</sup> El código colorimétrico empleado para las celdas es: [máximo] [mínimo]

**T20 FRECUENCIA 1250 HZ (seg)**  
**Análisis B. Mandel, Cochran y Grubbs**

Apartado B.1. Gráfico de consistencia inter-laboratorios "h" de Mandel



**ANÁLISIS GRÁFICO DE CONSISTENCIA INTER-LABORATORIOS**

Análisis gráfico de consistencia inter-laboratorios "h" de Mandel. En él se representan las medias aritméticas inter-laboratorios y los indicadores estadísticos para un 1% y un 5% de significación (valores obtenidos de la tabla 6 norma UNE 82009-2:1999 o mediante ecuación matemática, en función del número de laboratorios participantes).

Las líneas continuas de color morado (indicador estadístico para un 1% de significación) marca el límite a partir del cual un valor es considerado aberrante y las discontinuas de color rosáceo (indicador estadístico para un 5% de significación), cuando es considerado anómalo. Una equis de color rojo (X) sobre el eje cero indica que el laboratorio ha sido descartado.

**CICE**  
Comité de infraestructuras para la  
Calidad de la Edificación

**SACE**  
Subcomisión Administrativa para la  
Calidad de la Edificación



## T20 FRECUENCIA 1250 HZ (seg)

### Análisis B. Mandel, Cochran y Grubbs

Apartado B.2. Gráfico de consistencia intra-laboratorios "k" de Mandel



#### ANÁLISIS GRÁFICO DE CONSISTENCIA INTRA-LABORATORIOS

Análisis gráfico de consistencia intra-laboratorios "k" de Mandel. En él se representan las medias aritméticas intra-laboratorios y los indicadores estadísticos para un 1% y un 5% de significación (valores obtenidos de la tabla 6 norma UNE 82009-2:1999 o mediante ecuación matemática, en función del número de laboratorios participantes y el número de ensayos efectuados).

Las líneas continuas de color morado (indicador estadístico para un 1% de significación) marca el límite a partir del cual un valor es considerado aberrante y las discontinuas de color rosáceo (indicador estadístico para un 5% de significación), cuando es considerado anómalo. Una equis de color rojo (X) sobre el eje cero indica que el laboratorio ha sido descartado.



## T20 FRECUENCIA 1250 HZ (seg)

### Análisis B. Mandel, Cochran y Grubbs

#### Apartado B.3. Determinaciones matemáticas

Lab	$X_{i1}$	$X_{i2}$	$X_{i3}$	$X_{i4}$	$X_{i5}$	$\bar{X}_{i \text{ arit}}$	$S_{Li}$	$D_{i \text{ arit}} \%$	$h_i$	$k_i$	$C_i$	$G_{\text{sim Inf}}$	$G_{\text{sim Sup}}$	$G_{\text{Dob Inf}}$	$G_{\text{Dob Sup}}$	Pasa B	
10	1,170	1,160	1,160	1,130	1,260	1,176	0,049	0,44	0,22	1,46						✓	
110	1,17	1,140	1,170	1,190	1,170	1,168	0,018	-0,24	-0,12	0,53						✓	
136	1,25	1,180	1,130	1,140	1,150	1,170	0,048	-0,07	-0,04	1,44						✓	
147	1,13	1,150	1,150	1,150	1,150	1,146	0,009	-2,12	-1,08	0,26				0,4052		✓	
151	1,18	1,250	1,270	1,210	1,150	1,212	0,049	3,51	1,80*	1,46	0,305		1,795		0,2757	✓	
159	1,18	1,180	1,190	1,170	1,180	1,180	0,007	0,78	0,40	0,21					0,2757	✓	
173	1,12	1,150	1,170	1,140	1,140	1,144	0,018	-2,29	-1,17	0,54		1,172		0,4052		✓	
180	1,21	1,170	1,210	1,140	1,360	1,218	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	X

**NOTAS:**

<sup>01</sup> " $X_{ij}$  con  $j = 1, 2, 3, 4, 5$ " es cada uno de los resultados individuales aportados por cada laboratorio, " $\bar{X}_{i \text{ arit}}$ " es la media aritmética intralaboratorio calculada sin redondear.

<sup>02</sup> " $S_{Li}$ " es la desviación típica intralaboratorios y " $D_{i \text{ arit}} \%$ " la desviación, en porcentaje, de la media aritmética intralaboratorios calculada respecto de la media aritmética interlaboratorios.

<sup>03</sup> " $h_i$  y  $k_i$ ", " $C_i$ ", " $G_{\text{sim}}$  y  $G_{\text{Dob}}$ " hacen referencia a los estadísticos de Mandel, Cochran y Grubbs, respectivamente, obtenidos para cada laboratorio en función de los resultados aportados.

<sup>04</sup> El código colorimétrico empleado para las celdas es:

[aberrante]

[anómalo]

[máximo]

[mínimo]

**CICE**  
Comité de infraestructuras para la  
Calidad de la Edificación

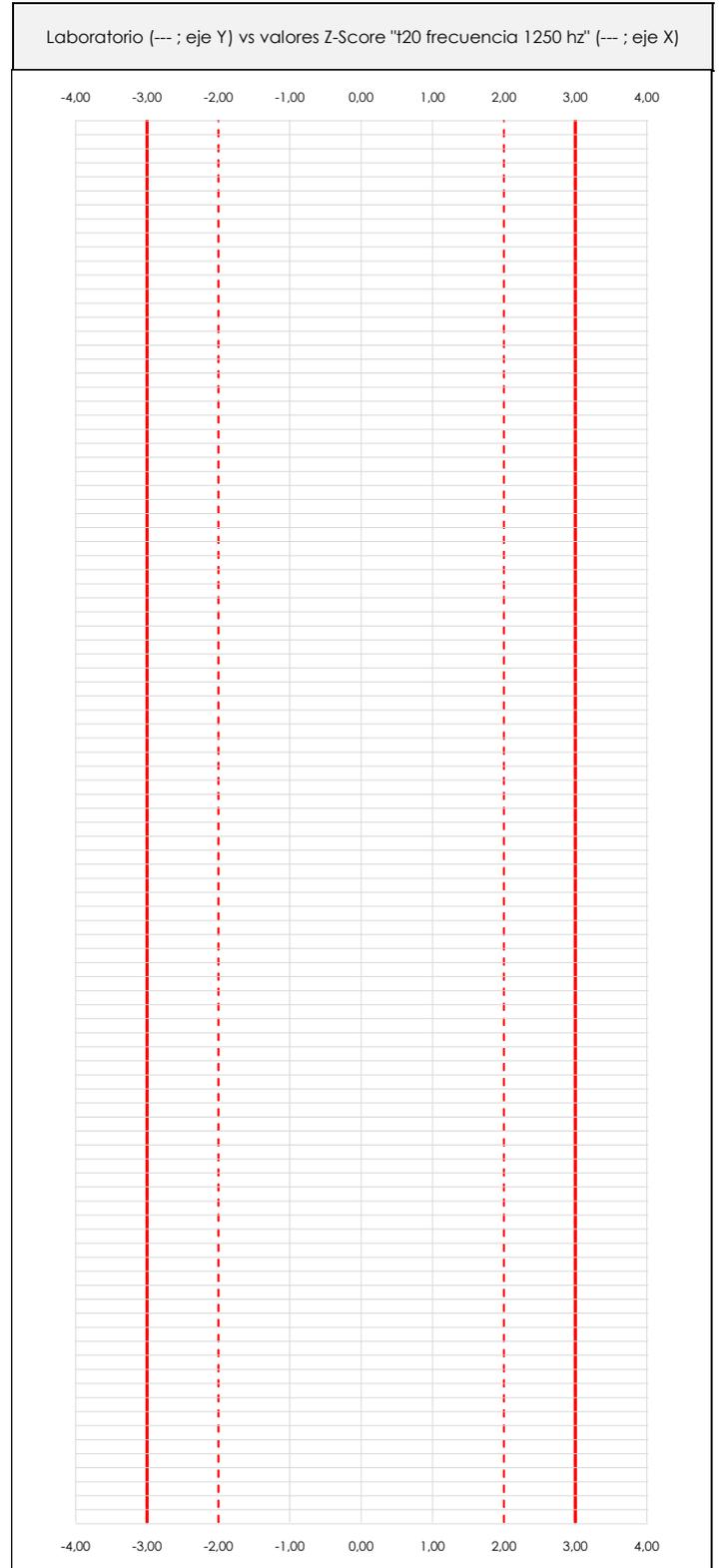
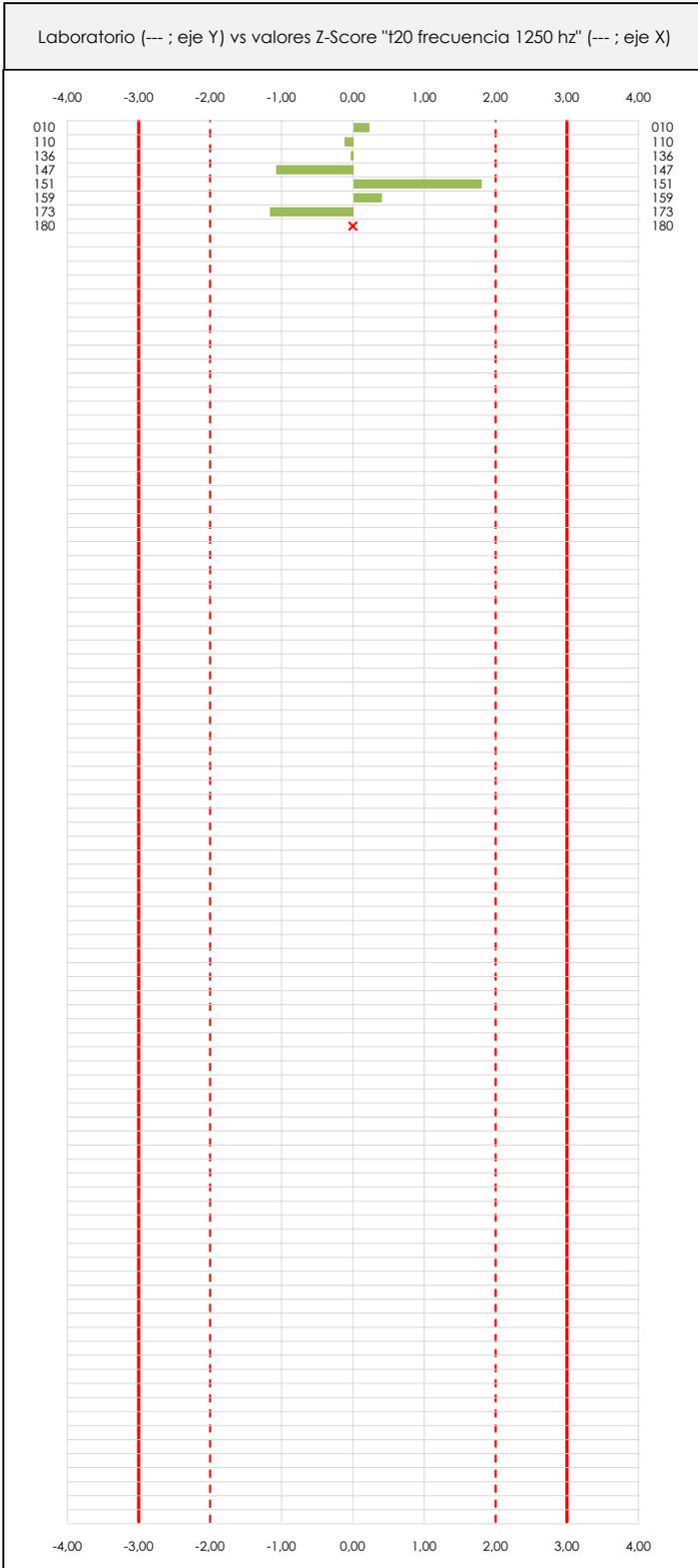
**SACE**  
Subcomisión Administrativa para la  
Calidad de la Edificación



## T20 FRECUENCIA 1250 HZ (seg)

### Análisis C. Evaluación Z-Score

#### Apartado C.1. Análisis gráfico Altman Z-Score



#### ANÁLISIS GRÁFICO Z-SCORE

Diagrama Z-Score para los resultados aportados por los laboratorios. Estos se considerarán satisfactorios (S) si el valor absoluto del Z-Score es menor o igual a 2 unidades, dudoso si está comprendido entre 2 y 3 unidades e insatisfactorio si es mayor o igual a 3 unidades.

Los resultados satisfactorios quedan reflejados entre las dos líneas rojas discontinuas, líneas de referencia en la evaluación Z-Score.



## T20 FRECUENCIA 1250 HZ (seg)

### Análisis C. Evaluación Z-Score

#### Apartado C.2. Determinaciones matemáticas

Lab	X <sub>i1</sub>	X <sub>i2</sub>	X <sub>i3</sub>	X <sub>i4</sub>	X <sub>i5</sub>	$\bar{X}_{i\text{arit}}$	S <sub>Li</sub>	D <sub>iarit</sub> %	Pasa A	Pasa B	Total	Causa	Iteración	Z-Score	Evaluación
10	1,17	1,16	1,16	1,13	1,26	1,18	0,049	0,44	✓	✓	✓			0,224	S
110	1,17	1,14	1,17	1,19	1,17	1,17	0,018	-0,24	✓	✓	✓			-0,125	S
136	1,25	1,18	1,13	1,14	1,15	1,17	0,048	-0,07	✓	✓	✓			-0,037	S
147	1,13	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	0,009	-2,12	✓	✓	✓			-1,085	S
151	1,18	1,25	1,27	1,21	1,15	1,21	0,049	3,51	✓	✓	✓			1,795	S
159	1,18	1,18	1,19	1,17	1,18	1,18	0,007	0,78	✓	✓	✓			0,399	S
173	1,12	1,15	1,17	1,14	1,14	1,14	0,018	-2,29	✓	✓	✓			-1,172	S
180	1,21	1,17	1,21	1,14	1,36	1,22	---	---	✓	X	X	AB	0	---	---

**NOTAS:**

<sup>01</sup> "X<sub>i j</sub> con j = 1, 2, 3, 4, 5" es cada uno de los resultados individuales aportados por cada laboratorio, " $\bar{X}_{i\text{arit}}$ " es la media aritmética intralaboratorio calculada sin redondear.

<sup>02</sup> "S<sub>Li</sub>" es la desviación típica intralaboratorios y "D<sub>iarit</sub> %" la desviación, en porcentaje, de la media aritmética intralaboratorios calculada respecto de la media aritmética interlaboratorios.

<sup>03</sup> La evaluación Z-Score (ZS) será considerada de tipo: [Satisfactorio (S) - si | ZS | ≤ 2] [Dudoso (D) - si 2 < | ZS | ≤ 3] [Insatisfactorio (I) - si | ZS | > 3].

<sup>04</sup> El código colorimétrico empleado para las celdas es:

[dudoso]

[insatisfactorio]

**CICE**  
Comité de infraestructuras para la Calidad de la Edificación

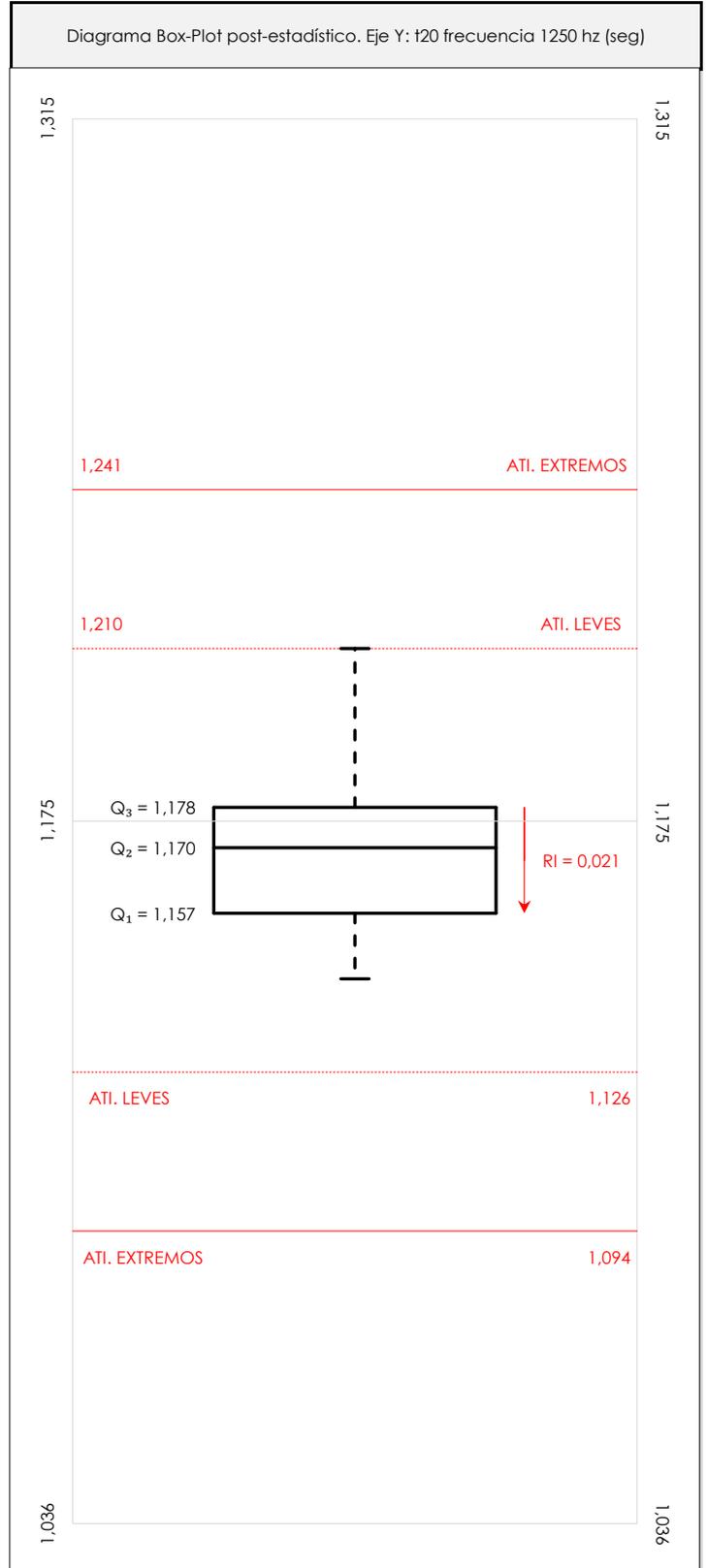
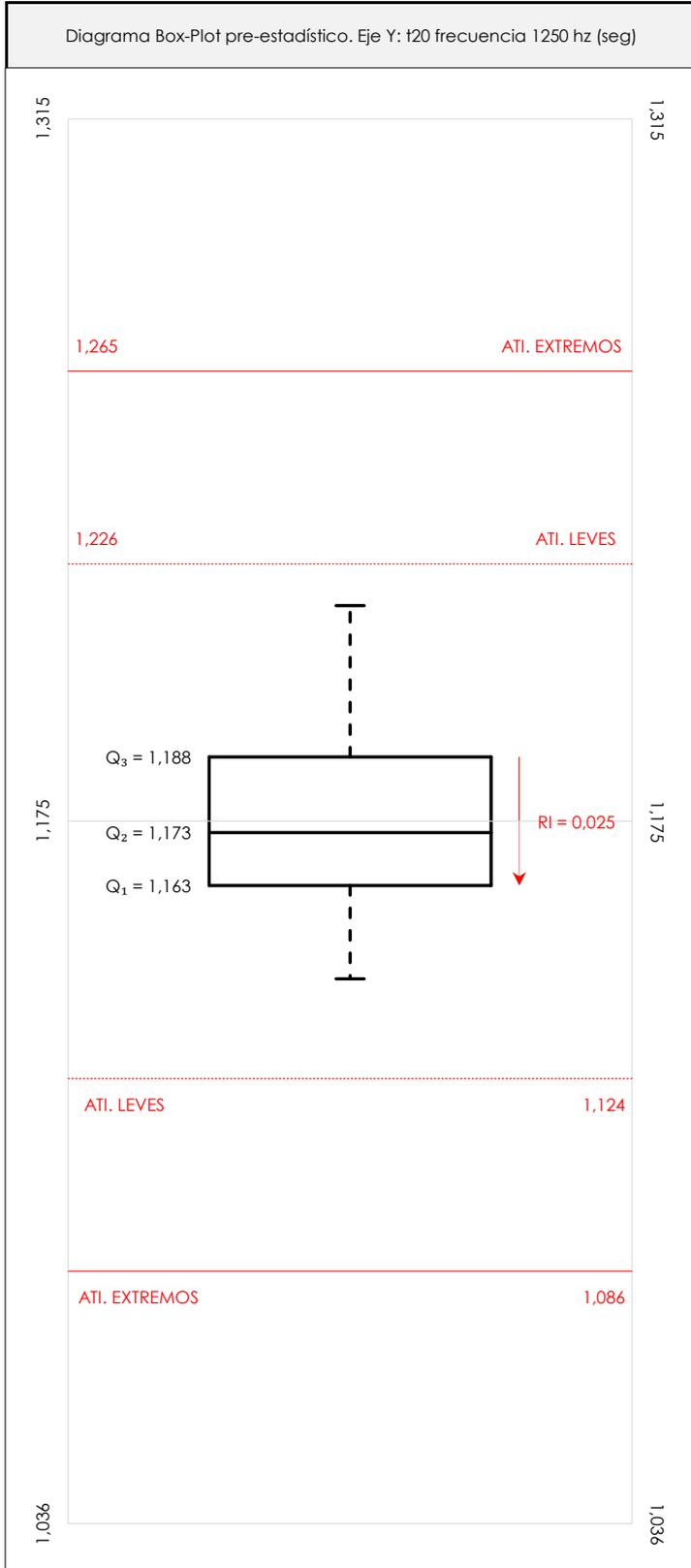
**SACE**  
Subcomisión Administrativa para la Calidad de la Edificación



## T20 FRECUENCIA 1250 HZ (seg)

### Análisis D. Estudios post-estadísticos

#### Apartado D.3. Diagramas Box-Plot o de Caja y Bigotes



#### ANÁLISIS GRÁFICO DE CAJA Y BIGOTES (ANTES Y DESPUÉS DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO)

Diagramas de caja y bigotes (Box Plot) de las medias aritméticas de los resultados aportados por los laboratorios antes (diagrama de la izquierda. Este incluye valores aberrantes y anómalos) y después (diagrama de la derecha. No incluye los valores descartados a lo largo del estudio) de análisis estadístico.

En ambos se han representado: el primer cuartil (Q<sub>1</sub> ; 25% de los datos), el segundo cuartil o la mediana (Q<sub>2</sub> ; 50% de los datos), el tercer cuartil (Q<sub>3</sub> ; 75% de los datos), el rango intercuartílico (RI ; cuartil tres menos cuartil uno) y los límites de valores atípicos leves (f<sub>3</sub> y f<sub>1</sub> para el máximo y mínimo respectivamente ; líneas discontinuas de color rojo) y extremos (f<sub>3</sub>\* y f<sub>1</sub>\* para el máximo y mínimo respectivamente ; líneas continuas de color rojo).

**CICE**Comité de infraestructuras para la  
Calidad de la Edificación**SACE**Subcomisión Administrativa para la  
Calidad de la Edificación**T20 FRECUENCIA 1250 HZ (seg)****Conclusiones**

## Determinación de la repetibilidad y reproducibilidad

El análisis estadístico EILA20 para el ensayo "T20 FRECUENCIA 1250 HZ", ha contado con la participación de un total de 8 laboratorios, debiendo haber aportado cada uno de ellos, un total de 5 determinaciones individuales además de su valor medio.

Tras analizar los resultados podemos concluir que, para cumplir con los criterios estadísticos establecidos en el informe, un total de 1 laboratorios han sido apartados de la evaluación final: 0 en el Análisis Pre-Estadístico (por no cumplir el criterio de validación y/o el procedimiento de ejecución recogido en la norma de ensayo) y 1 en el Análisis Estadístico (por resultar anómalos o aberrantes en las técnicas gráficas de consistencia de Mandel y en los ensayos de detección de resultados numéricos de Cochran y Grubbs), al cabo de 2 iteraciones.

De cada uno de los análisis (pre-estadístico y estadístico), se obtienen las siguientes tablas:

TIPO DE ANALISIS	PRE-ESTADISTICO						ESTADISTICO					
Variables	$X_{i1}$	$X_{i2}$	$X_{i3}$	$X_{i4}$	$X_{i5}$	$\bar{X}_{i\text{arit}}$	$X_{i1}$	$X_{i2}$	$X_{i3}$	$X_{i4}$	$X_{i5}$	$\bar{X}_{i\text{arit}}$
Valor Máximo (max ; %)	1,25	1,25	1,27	1,21	1,36	1,22	1,25	1,25	1,27	1,21	1,26	1,21
Valor Mínimo (min ; %)	1,12	1,14	1,13	1,13	1,14	1,14	1,12	1,14	1,13	1,13	1,14	1,14
Valor Promedio (M ; %)	1,18	1,17	1,18	1,16	1,20	1,18	1,17	1,17	1,18	1,16	1,17	1,17
Desviación Típica (SDL ; ---)	0,04	0,03	0,04	0,03	0,08	0,03	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04	0,02
Coef. Variación (CV ; ---)	0,04	0,03	0,04	0,02	0,06	0,02	0,04	0,03	0,04	0,03	0,04	0,02
VARIABLES	$S_r^2$	r	$S_L^2$	$S_R^2$	R	$S_r^2$	r	$S_L^2$	$S_R^2$	R		
Valor Calculado	0,002	0,121	0,000	0,002	0,131	0,001	0,094	0,000	0,001	0,105		
Valor Referencia												

Asimismo, acompañando a éstas tablas y dependiendo del análisis que se esté llevando a cabo, se introducen los indicadores estadísticos "h y k" de Mandel y los valores críticos "C" de Cochran y " $G_{\text{sim}}$  y  $G_{\text{Dob}}$ " de Grubbs, todos ellos adimensionales, obtenidos de las tablas 4, 5, 6 y 7 de la norma UNE 82009-2:1999 o mediante ecuación matemática, en función del número de laboratorios y del número de ensayos efectuados por cada uno de ellos:

TIPO DE ANALISIS	PRE-ESTADISTICO					ESTADISTICO				
VARIABLES	h	k	C	$G_{\text{sim}}$	$G_{\text{Dob}}$	h	k	C	$G_{\text{sim}}$	$G_{\text{Dob}}$
Nivel de Significación 1%	1,98	1,70	0,463	2,139	0,0308	1,98	1,70	0,508	2,139	0,0308
Nivel de Significación 5%	1,71	1,49	0,391	2,020	0,0708	1,71	1,49	0,431	2,020	0,0708

Con los resultados de los laboratorios, que tras los dos análisis estadísticos son evaluados por Z-Score, se han obtenido: 7 resultados satisfactorios, 0 resultados dudosos y 0 resultados insatisfactorios.

Respecto a los métodos para determinar la repetibilidad y la reproducibilidad de las mediciones se van a basar en la evaluación estadística recogida en la ISO 17025, sobre las dispersiones de los resultados individuales y su media, en forma de varianzas o desviaciones estándar, también conocida como ANOVA (siglas de analysis of variance).

Sabiendo que una varianza es la suma de cuadrados dividida por un número, que se llama grados de libertad, que depende del número de participantes menos 1, se puede decir que la imprecisión del ensayo se descompone en dos factores: uno de ellos genera la imprecisión mínima, presente en condiciones de repetibilidad (variabilidad intralaboratorio) y el otro la imprecisión adicional, obtenida en condiciones de reproducibilidad (variabilidad debida al cambio de laboratorio).

Las condiciones de repetibilidad de este ensayo son: mismo laborante, mismo laboratorio y mismo equipo de medición utilizado dentro de un período de tiempo corto. Por ende, las condiciones de reproducibilidad para la misma muestra y ensayo, cambian en: el laborante, el laboratorio, el equipo y las condiciones de uso y tiempo.

**CICE**

Comité de infraestructuras para la  
Calidad de la Edificación

**CSIC**

CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

INSTITU  
TO  
EDUAR  
DO  
TOR  
ROJA

**SACE**

Subcomisión Administrativa para la  
Calidad de la Edificación

# ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE ACÚSTICA

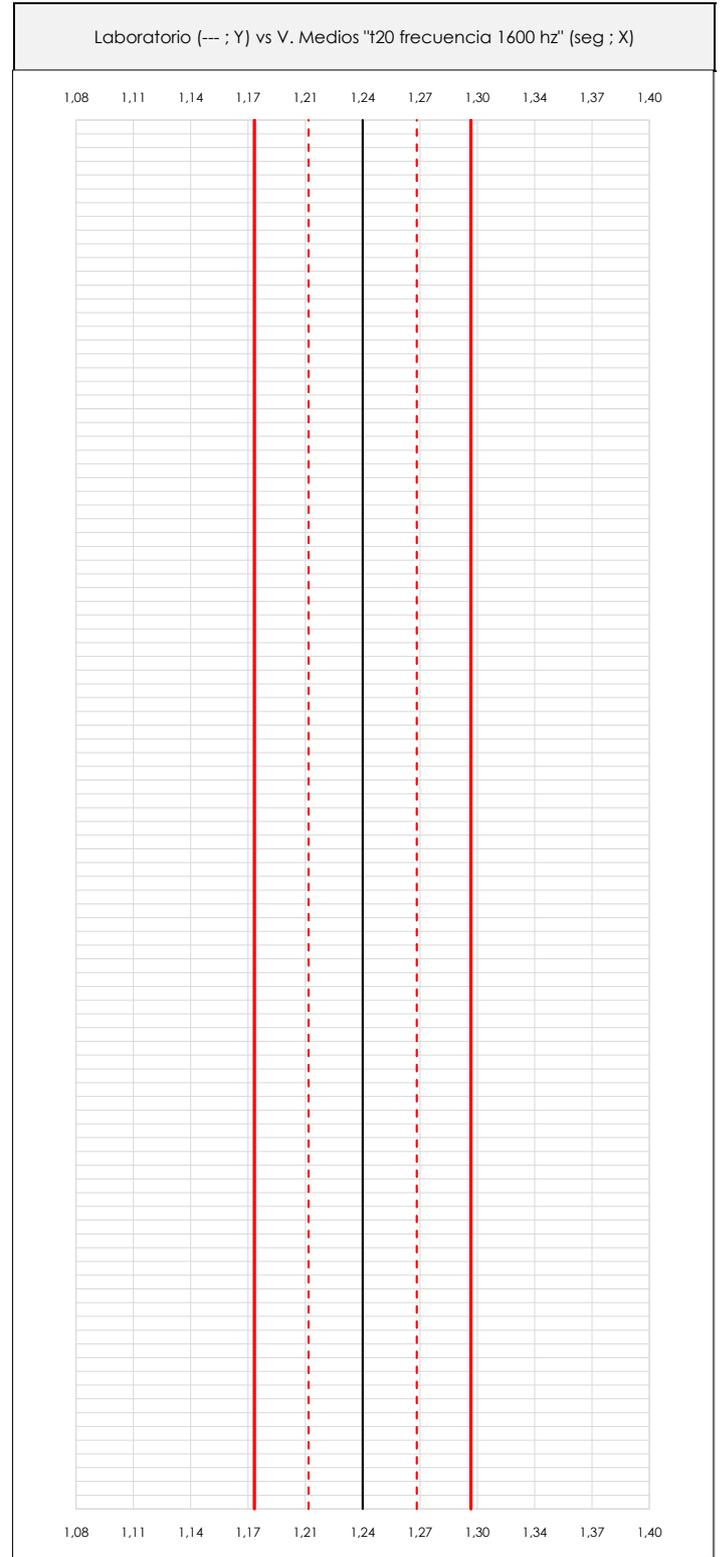
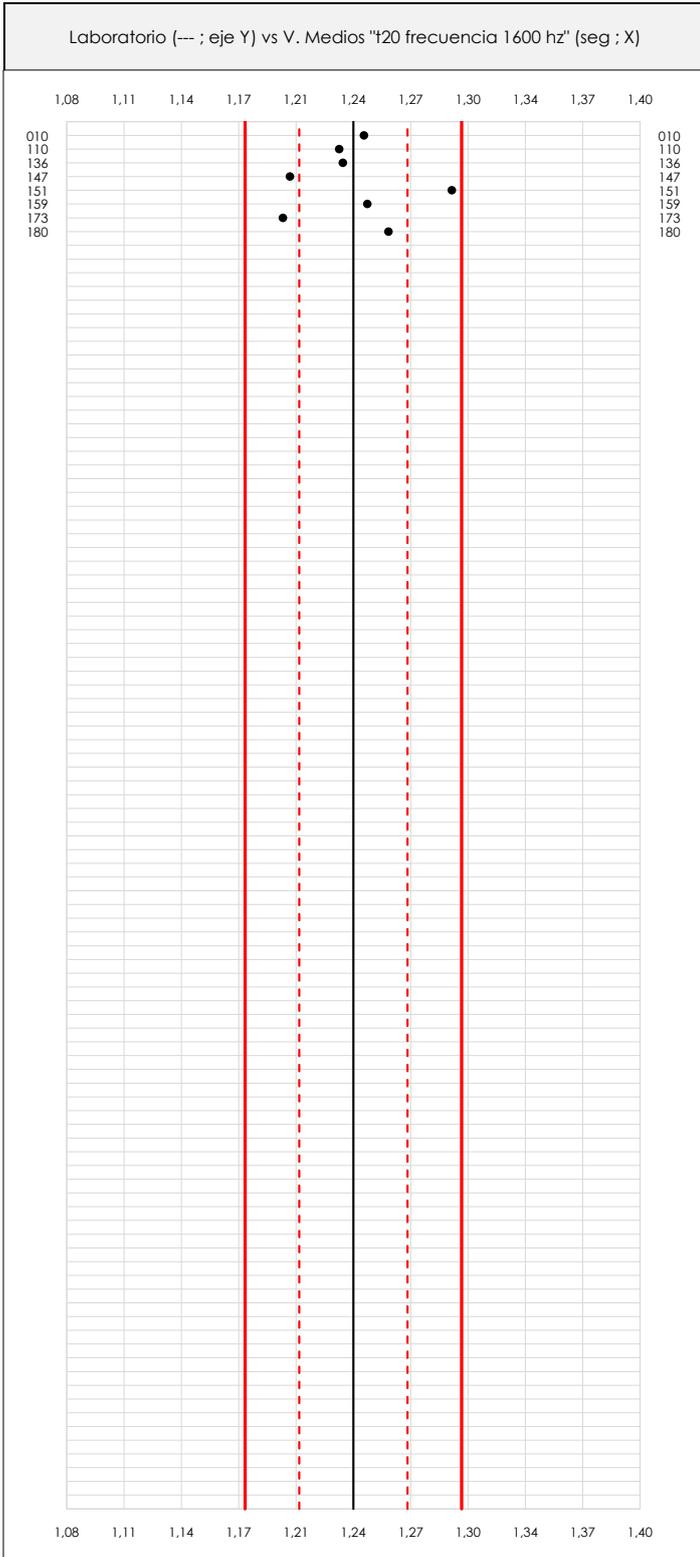
T20 FRECUENCIA 1600 HZ



# T20 FRECUENCIA 1600 HZ (seg)

## Análisis A. Estudio pre-estadístico

### Apartado A.1. Gráficos de dispersión de valores medios



**ANÁLISIS GRÁFICO DE DISPERSIÓN MEDIA (ANTES DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO)**

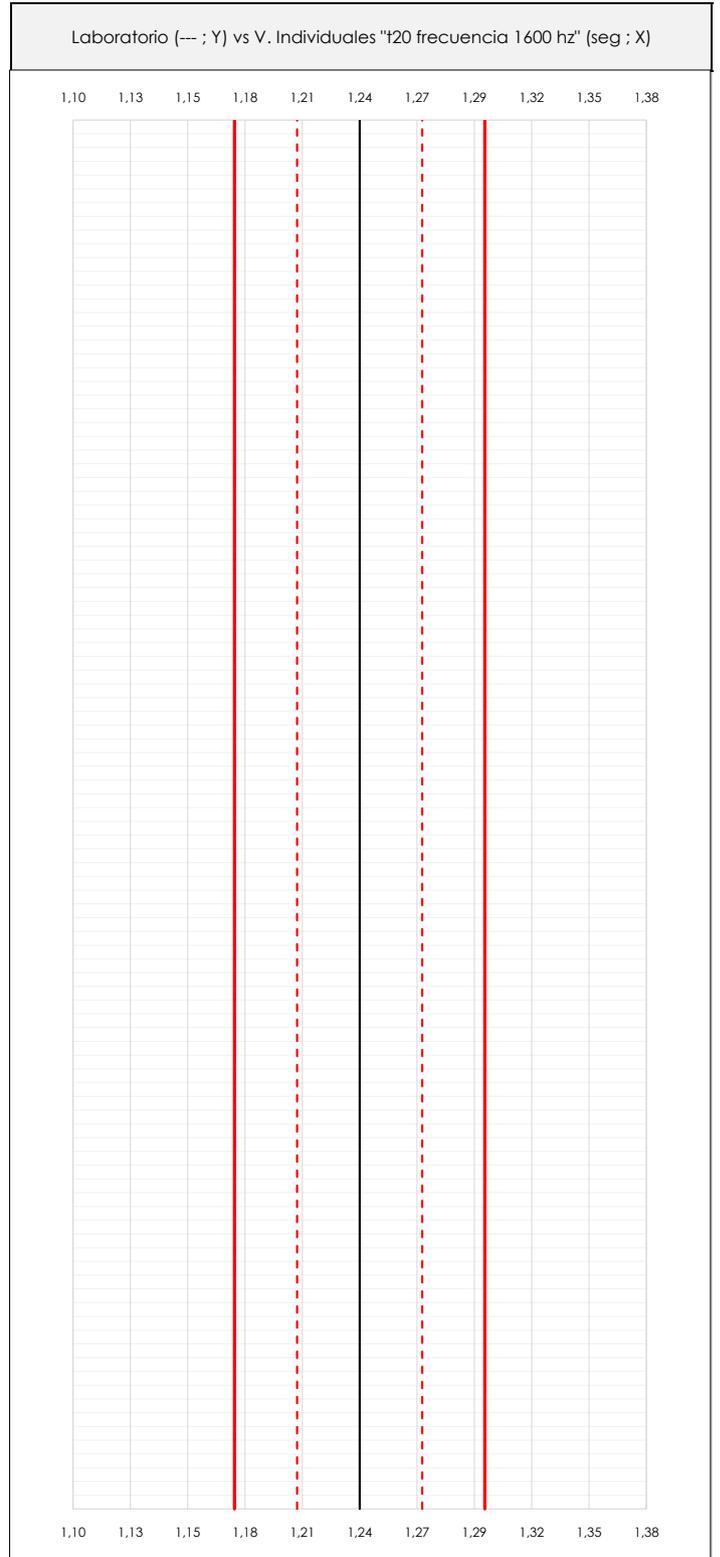
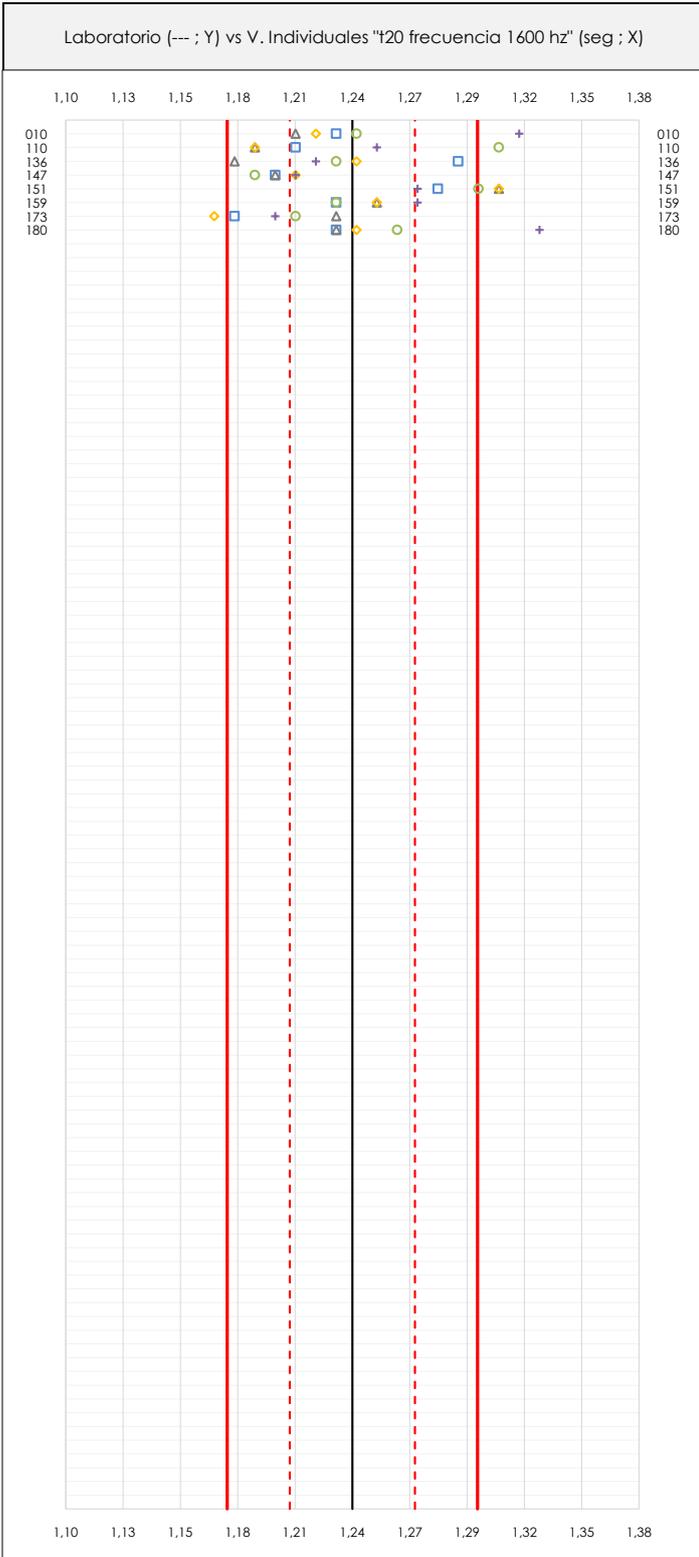
Dispersión de las medias aritméticas intra-laboratorios respecto de la media aritmética inter-laboratorios (1,24 ; línea negra de trazo continuo), la media aritmética inter-laboratorios más/menos la desviación típica (1,27/1,21 ; líneas rojas de trazo punteado) y la media aritmética inter-laboratorios más/menos el doble de la desviación típica (1,30/1,18 ; líneas rojas de trazo continuo).

En el eje Y (adimensional) quedan reflejados los códigos de los laboratorios participantes y en el eje X (las unidades son las mismas que las del ensayo que se está analizando) las medias aritméticas intra-laboratorios representadas por punto de color negro.

# T20 FRECUENCIA 1600 HZ (seg)

## Análisis A. Estudio pre-estadístico

### Apartado A.2. Gráficos de dispersión de valores individuales



#### ANÁLISIS GRÁFICOS DE DISPERSIÓN INDIVIDUAL (ANTES DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO)

Dispersión de los valores individuales respecto de la media aritmética inter-laboratorios (1,24 ; línea negra de trazo continuo), la media aritmética inter-laboratorios más/menos la desviación típica (1,27/1,21 ; líneas rojas de trazo punteado) y la media aritmética inter-laboratorios más/menos el doble de la desviación típica (1,30/1,18 ; líneas rojas de trazo continuo).

En el eje Y (adimensional) queda reflejado el código del laboratorio participante y en el eje X (las unidades son las de los resultados del ensayo que se está analizando) los resultados individuales: el primero ( $X_{1,1}$ ) se representa con un cuadrado azul, el segundo ( $X_{1,2}$ ) con un círculo verde, el tercero ( $X_{1,3}$ ) con un triángulo gris y el cuarto ( $X_{1,4}$ ) con un rombo amarillo.



## T20 FRECUENCIA 1600 HZ (seg)

### Análisis A. Estudio pre-estadístico

#### Apartado A.3. Determinaciones matemáticas

Lab	$X_{i1}$	$X_{i2}$	$X_{i3}$	$X_{i4}$	$X_{i5}$	$\bar{X}_{i \text{ arit}}$	$S_{Li}$	$D_{i \text{ arit}} \%$	Pasa A	Observaciones
10	1,23	1,24	1,21	1,22	1,32	1,24	0,044	0,48	✓	
110	1,21	1,31	1,19	1,19	1,25	1,23	0,051	-0,65	✓	
136	1,29	1,23	1,18	1,24	1,22	1,23	0,040	-0,48	✓	
147	1,20	1,19	1,20	1,21	1,21	1,20	0,008	-2,91	✓	
151	1,28	1,30	1,31	1,31	1,27	1,29	0,018	4,52	✓	
159	1,23	1,23	1,25	1,25	1,27	1,25	0,017	0,65	✓	
173	1,18	1,21	1,23	1,17	1,20	1,20	0,024	-3,23	✓	
180	1,23	1,26	1,23	1,24	1,33	1,26	0,042	1,62	✓	

**NOTAS:**

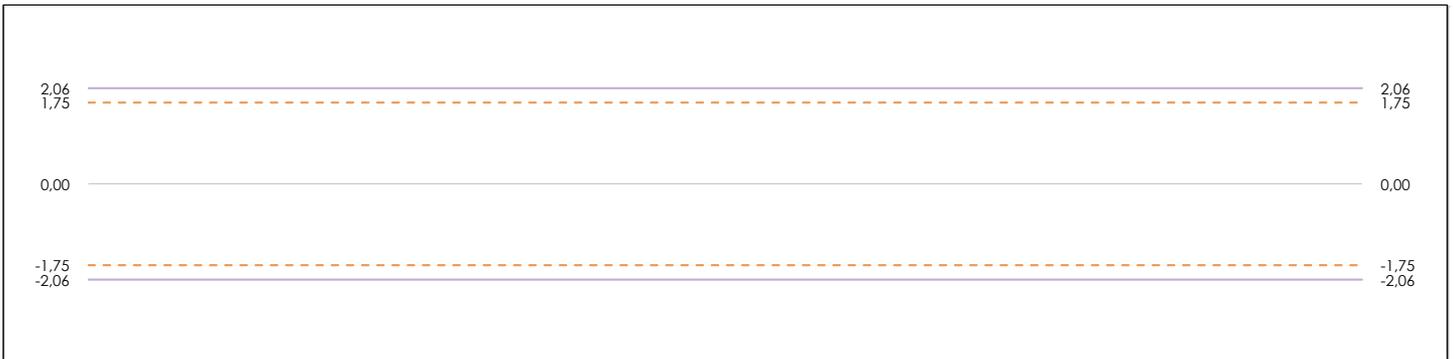
- <sup>01</sup> " $X_{ij}$ " con  $j = 1, 2, 3, 4, 5$ " es cada uno de los resultados individuales aportados por cada laboratorio, " $\bar{X}_{i \text{ arit}}$ " es la media aritmética intralaboratorio calculada sin redondear.
- <sup>02</sup> " $S_{Li}$ " es la desviación típica intralaboratorios y " $D_{i \text{ arit}} \%$ " la desviación, en porcentaje, de la media aritmética intralaboratorios calculada respecto de la media aritmética interlaboratorios.
- <sup>03</sup> Los resultados aportados por los laboratorios podrán ser descartados (X) si no cumplen con los criterios establecidos en el protocolo EILA o si no han realizado el ensayo conforme a norma.
- <sup>04</sup> El código colorimétrico empleado para las celdas es: [máximo] [mínimo]



## T20 FRECUENCIA 1600 HZ (seg)

### Análisis B. Mandel, Cochran y Grubbs

Apartado B.1. Gráfico de consistencia inter-laboratorios "h" de Mandel



#### ANÁLISIS GRÁFICO DE CONSISTENCIA INTER-LABORATORIOS

Análisis gráfico de consistencia inter-laboratorios "h" de Mandel. En él se representan las medias aritméticas inter-laboratorios y los indicadores estadísticos para un 1% y un 5% de significación (valores obtenidos de la tabla 6 norma UNE 82009-2:1999 o mediante ecuación matemática, en función del número de laboratorios participantes).

Las líneas continuas de color morado (indicador estadístico para un 1% de significación) marca el límite a partir del cual un valor es considerado aberrante y las discontinuas de color rosáceo (indicador estadístico para un 5% de significación), cuando es considerado anómalo. Una equis de color rojo (X) sobre el eje cero indica que el laboratorio ha sido descartado.

**CICE**  
Comité de infraestructuras para la  
Calidad de la Edificación

**SACE**  
Subcomisión Administrativa para la  
Calidad de la Edificación



## T20 FRECUENCIA 1600 HZ (seg)

### Análisis B. Mandel, Cochran y Grubbs

Apartado B.2. Gráfico de consistencia intra-laboratorios "k" de Mandel



#### ANÁLISIS GRÁFICO DE CONSISTENCIA INTRA-LABORATORIOS

Análisis gráfico de consistencia intra-laboratorios "k" de Mandel. En él se representan las medias aritméticas intra-laboratorios y los indicadores estadísticos para un 1% y un 5% de significación (valores obtenidos de la tabla 6 norma UNE 82009-2:1999 o mediante ecuación matemática, en función del número de laboratorios participantes y el número de ensayos efectuados).

Las líneas continuas de color morado (indicador estadístico para un 1% de significación) marca el límite a partir del cual un valor es considerado aberrante y las discontinuas de de color rosaceo (indicador estadístico para un 5% de significación), cuando es considerado anómalo. Una equis de color rojo (X) sobre el eje cero indica que el laboratorio ha sido descartado.



## T20 FRECUENCIA 1600 HZ (seg)

### Análisis B. Mandel, Cochran y Grubbs

Apartado B.3. Determinaciones matemáticas

Lab	X <sub>i1</sub>	X <sub>i2</sub>	X <sub>i3</sub>	X <sub>i4</sub>	X <sub>i5</sub>	$\bar{X}_{i \text{ arit}}$	S <sub>Li</sub>	D <sub>i arit</sub> %	h <sub>i</sub>	k <sub>i</sub>	C <sub>i</sub>	G <sub>sim Inf</sub>	G <sub>sim Sup</sub>	G <sub>Dob Inf</sub>	G <sub>Dob Sup</sub>	Pasa B
10	1,230	1,240	1,210	1,220	1,320	1,244	0,044	0,48	0,19	1,30						✓
110	1,21	1,310	1,190	1,190	1,250	1,230	0,051	-0,65	-0,26	1,51*	0,285					✓
136	1,29	1,230	1,180	1,240	1,220	1,232	0,040	-0,48	-0,19	1,17						✓
147	1,20	1,190	1,200	1,210	1,210	1,202	0,008	-2,91	-1,17	0,25				0,4182		✓
151	1,28	1,300	1,310	1,310	1,270	1,294	0,018	4,52	1,82*	0,54	0,285		1,819		0,3217	✓
159	1,23	1,230	1,250	1,250	1,270	1,246	0,017	0,65	0,26	0,50						✓
173	1,18	1,210	1,230	1,170	1,200	1,198	0,024	-3,23	-1,30	0,71		1,300		0,4182		✓
180	1,23	1,260	1,230	1,240	1,330	1,258	0,042	1,62	0,65	1,25					0,3217	✓

**NOTAS:**

<sup>01</sup> "X<sub>i j</sub> con j = 1, 2, 3, 4, 5" es cada uno de los resultados individuales aportados por cada laboratorio, " $\bar{X}_{i \text{ arit}}$ " es la media aritmética intralaboratorio calculada sin redondear.

<sup>02</sup> "S<sub>Li</sub>" es la desviación típica intralaboratorios y "D<sub>i arit</sub> %" la desviación, en porcentaje, de la media aritmética intralaboratorios calculada respecto de la media airtmética interlaboratorios.

<sup>03</sup> "h<sub>i</sub> y k<sub>i</sub>", "C<sub>i</sub>", "G<sub>sim</sub> y G<sub>Dob</sub>" hacen referencia a los estadísticos de Mandel, Cochran y Grubbs, respectivamente, obtenidos para cada laboratorio en función de los resultados aportados.

<sup>04</sup> El código colorimétrico empleado para las celdas es:

[aberrante]	[anómalo]	[máximo]	[mínimo]
-------------	-----------	----------	----------

**CICE**  
Comité de infraestructuras para la  
Calidad de la Edificación

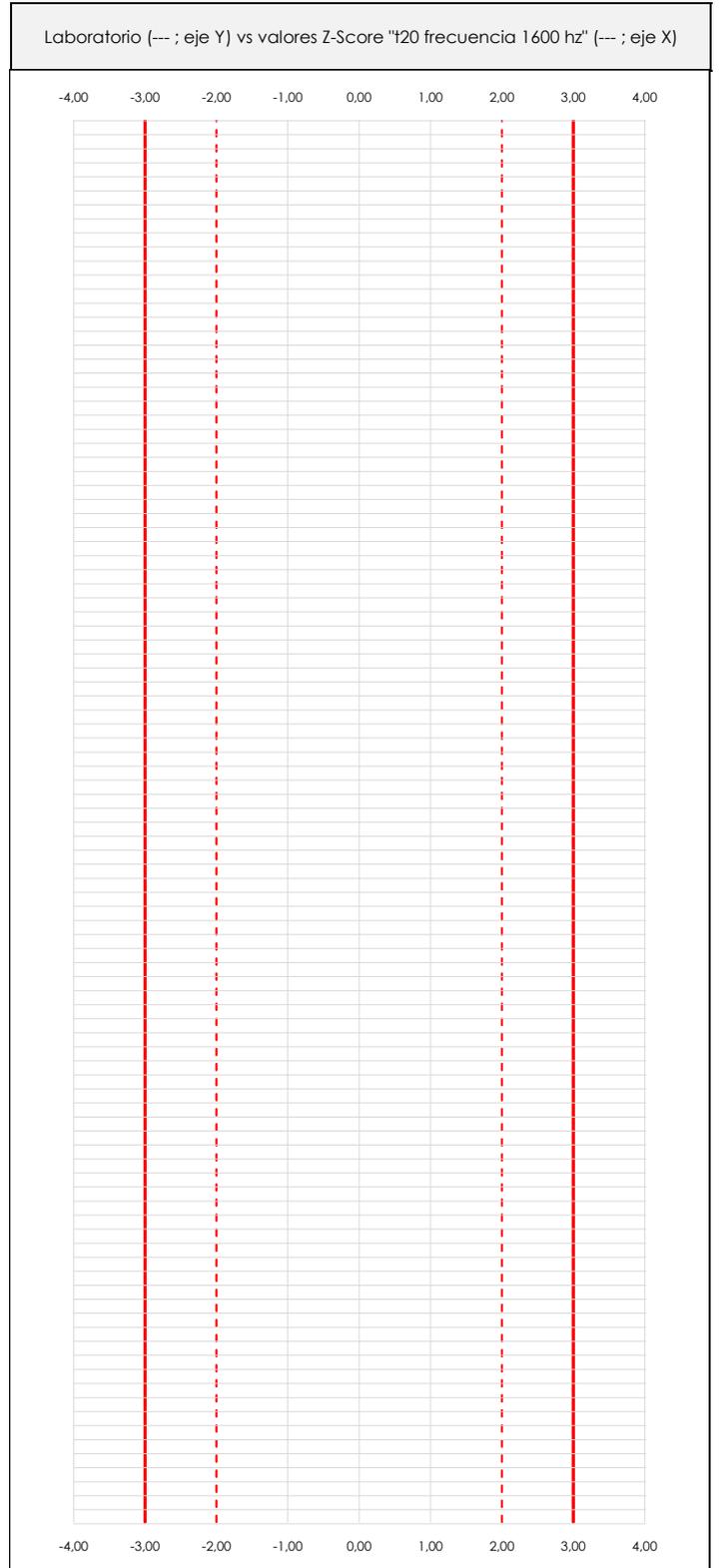
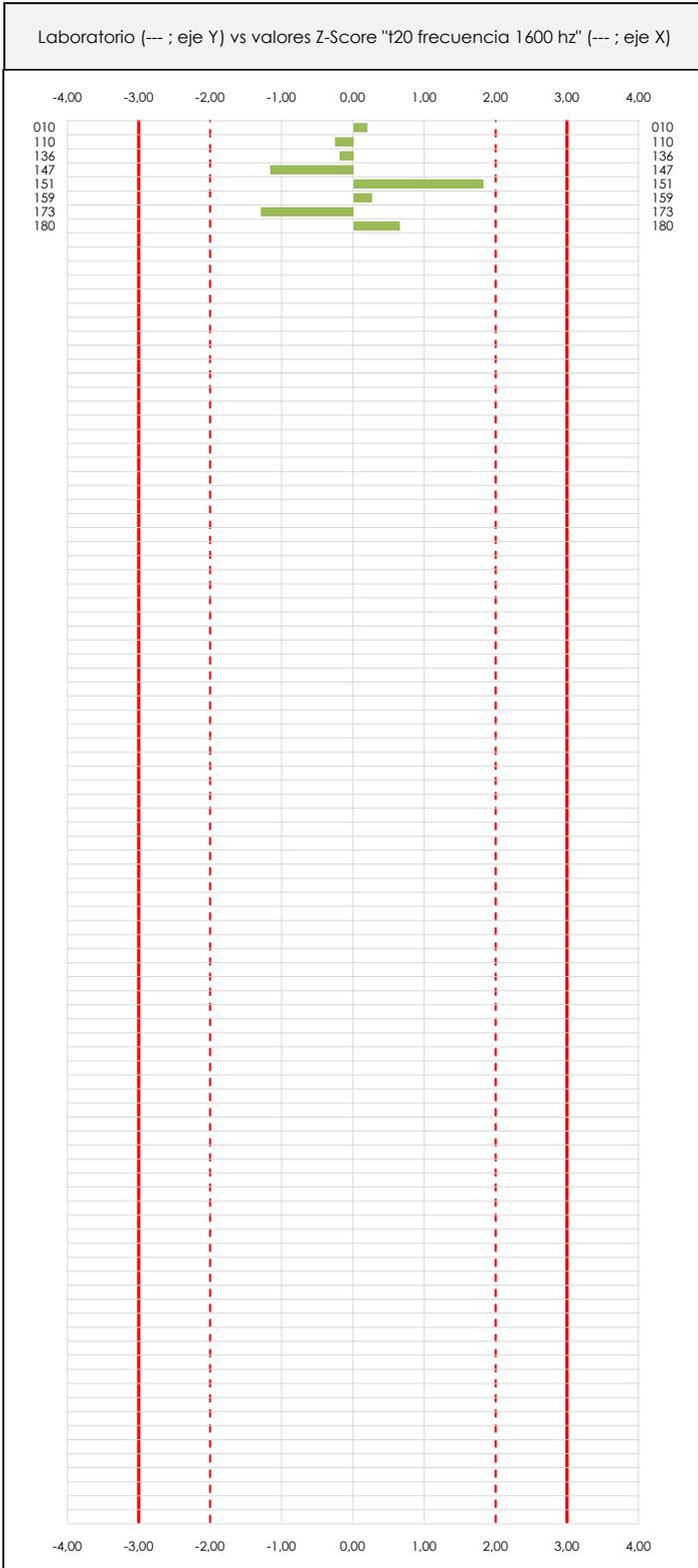
**SACE**  
Subcomisión Administrativa para la  
Calidad de la Edificación



## T20 FRECUENCIA 1600 HZ (seg)

### Análisis C. Evaluación Z-Score

#### Apartado C.1. Análisis gráfico Altman Z-Score



#### ANÁLISIS GRÁFICO Z-SCORE

Diagrama Z-Score para los resultados aportados por los laboratorios. Estos se considerarán satisfactorios (S) si el valor absoluto del Z-Score es menor o igual a 2 unidades, dudoso si está comprendido entre 2 y 3 unidades e insatisfactorio si es mayor o igual a 3 unidades.

Los resultados satisfactorios quedan reflejados entre las dos líneas rojas discontinuas, líneas de referencia en la evaluación Z-Score.



## T20 FRECUENCIA 1600 HZ (seg)

### Análisis C. Evaluación Z-Score

#### Apartado C.2. Determinaciones matemáticas

Lab	X <sub>i1</sub>	X <sub>i2</sub>	X <sub>i3</sub>	X <sub>i4</sub>	X <sub>i5</sub>	$\bar{X}_{i\text{crit}}$	S <sub>Li</sub>	D <sub>i crit</sub> %	Pasa A	Pasa B	Total	Causa	Iteración	Z-Score	Evaluación
10	1,23	1,24	1,21	1,22	1,32	1,24	0,044	0,48	✓	✓	✓			0,195	S
110	1,21	1,31	1,19	1,19	1,25	1,23	0,051	-0,65	✓	✓	✓			-0,260	S
136	1,29	1,23	1,18	1,24	1,22	1,23	0,040	-0,48	✓	✓	✓			-0,195	S
147	1,20	1,19	1,20	1,21	1,21	1,20	0,008	-2,91	✓	✓	✓			-1,170	S
151	1,28	1,30	1,31	1,31	1,27	1,29	0,018	4,52	✓	✓	✓			1,819	S
159	1,23	1,23	1,25	1,25	1,27	1,25	0,017	0,65	✓	✓	✓			0,260	S
173	1,18	1,21	1,23	1,17	1,20	1,20	0,024	-3,23	✓	✓	✓			-1,300	S
180	1,23	1,26	1,23	1,24	1,33	1,26	0,042	1,62	✓	✓	✓			0,650	S

**NOTAS:**

<sup>01</sup> "X<sub>i j</sub> con j = 1, 2, 3, 4, 5" es cada uno de los resultados individuales aportados por cada laboratorio, " $\bar{X}_{i\text{crit}}$ " es la media aritmética intralaboratorio calculada sin redondear.

<sup>02</sup> "S<sub>Li</sub>" es la desviación típica intralaboratorios y "D<sub>i crit</sub> %" la desviación, en porcentaje, de la media aritmética intralaboratorios calculada respecto de la media aritmética interlaboratorios.

<sup>03</sup> La evaluación Z-Score (ZS) será considerada de tipo: [Satisfactorio (S) - si | ZS | ≤ 2] [Dudoso (D) - si 2 < | ZS | ≤ 3] [Insatisfactorio (I) - si | ZS | > 3].

<sup>04</sup> El código colorimétrico empleado para las celdas es:

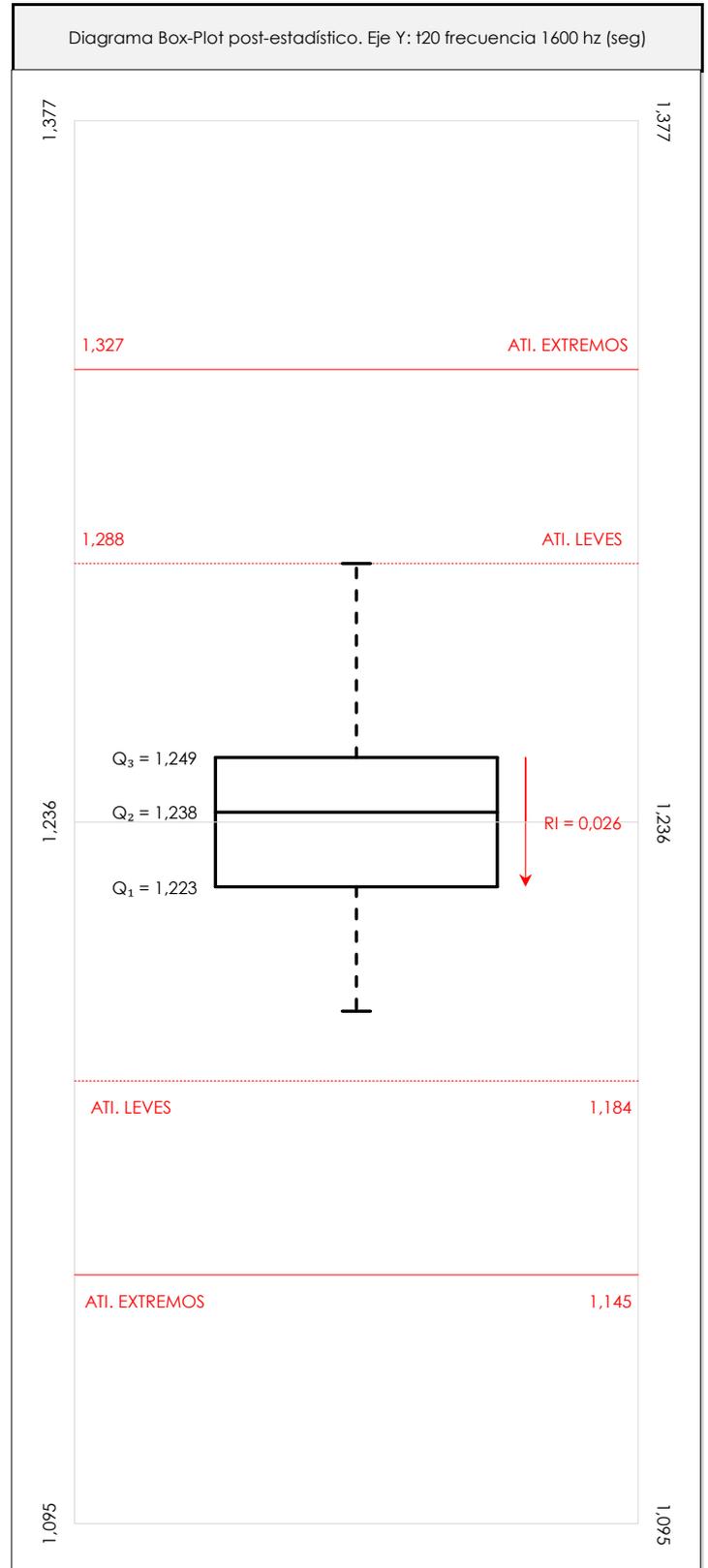
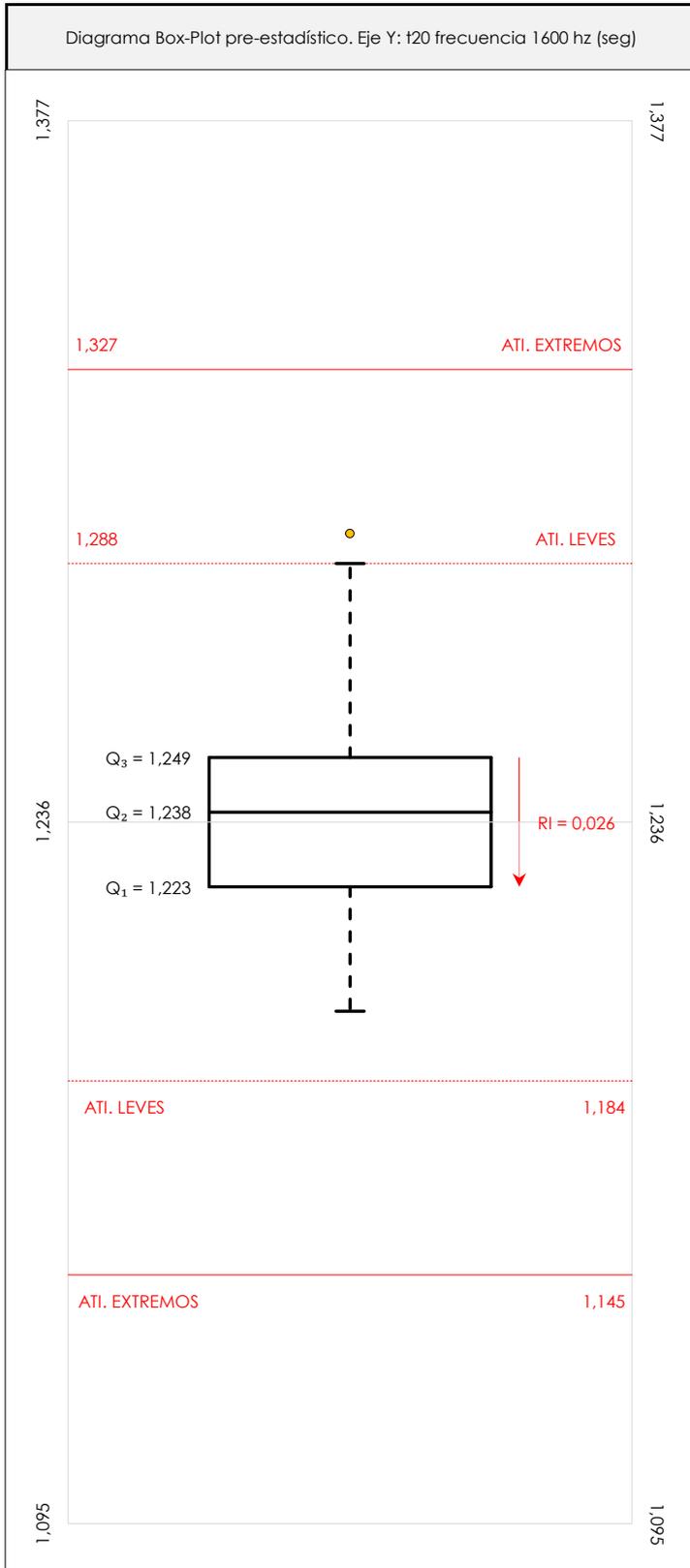
[dudoso]

[insatisfactorio]



## T20 FRECUENCIA 1600 HZ (seg) Análisis D. Estudios post-estadísticos

### Apartado D.3. Diagramas Box-Plot o de Caja y Bigotes



#### ANÁLISIS GRÁFICO DE CAJA Y BIGOTES (ANTES Y DESPUÉS DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO)

Diagramas de caja y bigotes (Box Plot) de las medias aritméticas de los resultados aportados por los laboratorios antes (diagrama de la izquierda. Este incluye valores aberrantes y anómalos) y después (diagrama de la derecha. No incluye los valores descartados a lo largo del estudio) de análisis estadístico.

En ambos se han representado: el primer cuartil (Q<sub>1</sub> ; 25% de los datos), el segundo cuartil o la mediana (Q<sub>2</sub> ; 50% de los datos), el tercer cuartil (Q<sub>3</sub> ; 75% de los datos), el rango intercuartílico (RI ; cuartil tres menos cuartil uno) y los límites de valores atípicos leves (f<sub>3</sub> y f<sub>1</sub> para el máximo y mínimo respectivamente ; líneas discontinuas de color rojo) y extremos (f<sub>3</sub><sup>+</sup> y f<sub>1</sub><sup>+</sup> para el máximo y mínimo respectivamente ; líneas continuas de color rojo).

**CICE**Comité de infraestructuras para la  
Calidad de la Edificación**SACE**Subcomisión Administrativa para la  
Calidad de la Edificación**T20 FRECUENCIA 1600 HZ (seg)****Conclusiones**

## Determinación de la repetibilidad y reproducibilidad

El análisis estadístico EILA20 para el ensayo "T20 FRECUENCIA 1600 HZ", ha contado con la participación de un total de 8 laboratorios, debiendo haber aportado cada uno de ellos, un total de 5 determinaciones individuales además de su valor medio.

Tras analizar los resultados podemos concluir que, para cumplir con los criterios estadísticos establecidos en el informe, un total de 0 laboratorios han sido apartados de la evaluación final: 0 en el Análisis Pre-Estadístico (por no cumplir el criterio de validación y/o el procedimiento de ejecución recogido en la norma de ensayo) y 0 en el Análisis Estadístico (por resultar anómalos o aberrantes en las técnicas gráficas de consistencia de Mandel y en los ensayos de detección de resultados numéricos de Cochran y Grubbs), al cabo de 1 iteraciones.

De cada uno de los análisis (pre-estadístico y estadístico), se obtienen las siguientes tablas:

TIPO DE ANALISIS	PRE-ESTADISTICO						ESTADISTICO					
Variables	$X_{i1}$	$X_{i2}$	$X_{i3}$	$X_{i4}$	$X_{i5}$	$\bar{X}_{i\text{arit}}$	$X_{i1}$	$X_{i2}$	$X_{i3}$	$X_{i4}$	$X_{i5}$	$\bar{X}_{i\text{arit}}$
Valor Máximo (max ; %)	1,29	1,31	1,31	1,31	1,33	1,29	1,29	1,31	1,31	1,31	1,33	1,29
Valor Mínimo (min ; %)	1,18	1,19	1,18	1,17	1,20	1,20	1,18	1,19	1,18	1,17	1,20	1,20
Valor Promedio (M ; %)	1,23	1,25	1,23	1,23	1,26	1,24	1,23	1,25	1,23	1,23	1,26	1,24
Desviación Típica (SDL ; ---)	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,03
Coef. Variación (CV ; ---)	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,02
VARIABLES	$S_r^2$	r	$S_L^2$	$S_R^2$	R	$S_r^2$	r	$S_L^2$	$S_R^2$	R		
Valor Calculado	0,001	0,094	0,001	0,002	0,120	0,001	0,094	0,001	0,002	0,120		
Valor Referencia												

Asimismo, acompañando a éstas tablas y dependiendo del análisis que se esté llevando a cabo, se introducen los indicadores estadísticos "h y k" de Mandel y los valores críticos "C" de Cochran y " $G_{\text{sim}}$  y  $G_{\text{Dob}}$ " de Grubbs, todos ellos adimensionales, obtenidos de las tablas 4, 5, 6 y 7 de la norma UNE 82009-2:1999 o mediante ecuación matemática, en función del número de laboratorios y del número de ensayos efectuados por cada uno de ellos:

TIPO DE ANALISIS	PRE-ESTADISTICO					ESTADISTICO				
VARIABLES	h	k	C	$G_{\text{sim}}$	$G_{\text{Dob}}$	h	k	C	$G_{\text{sim}}$	$G_{\text{Dob}}$
Nivel de Significación 1%	2,06	1,71	0,463	2,274	0,0563	2,06	1,71	0,463	2,274	0,0563
Nivel de Significación 5%	1,75	1,50	0,391	2,126	0,1101	1,75	1,50	0,391	2,126	0,1101

Con los resultados de los laboratorios, que tras los dos análisis estadísticos son evaluados por Z-Score, se han obtenido: 8 resultados satisfactorios, 0 resultados dudosos y 0 resultados insatisfactorios.

Respecto a los métodos para determinar la repetibilidad y la reproducibilidad de las mediciones se van a basar en la evaluación estadística recogida en la ISO 17025, sobre las dispersiones de los resultados individuales y su media, en forma de varianzas o desviaciones estándar, también conocida como ANOVA (siglas de analysis of variance).

Sabiendo que una varianza es la suma de cuadrados dividida por un número, que se llama grados de libertad, que depende del número de participantes menos 1, se puede decir que la imprecisión del ensayo se descompone en dos factores: uno de ellos genera la imprecisión mínima, presente en condiciones de repetibilidad (variabilidad intralaboratorio) y el otro la imprecisión adicional, obtenida en condiciones de reproducibilidad (variabilidad debida al cambio de laboratorio).

Las condiciones de repetibilidad de este ensayo son: mismo laborante, mismo laboratorio y mismo equipo de medición utilizado dentro de un período de tiempo corto. Por ende, las condiciones de reproducibilidad para la misma muestra y ensayo, cambian en: el laborante, el laboratorio, el equipo y las condiciones de uso y tiempo.

**CICE**

Comité de infraestructuras para la  
Calidad de la Edificación



**CSIC**

CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

INSTITUTO  
DE EDIFICACIÓN  
Y  
ACÚSTICA

**SACE**

Subcomisión Administrativa para la  
Calidad de la Edificación

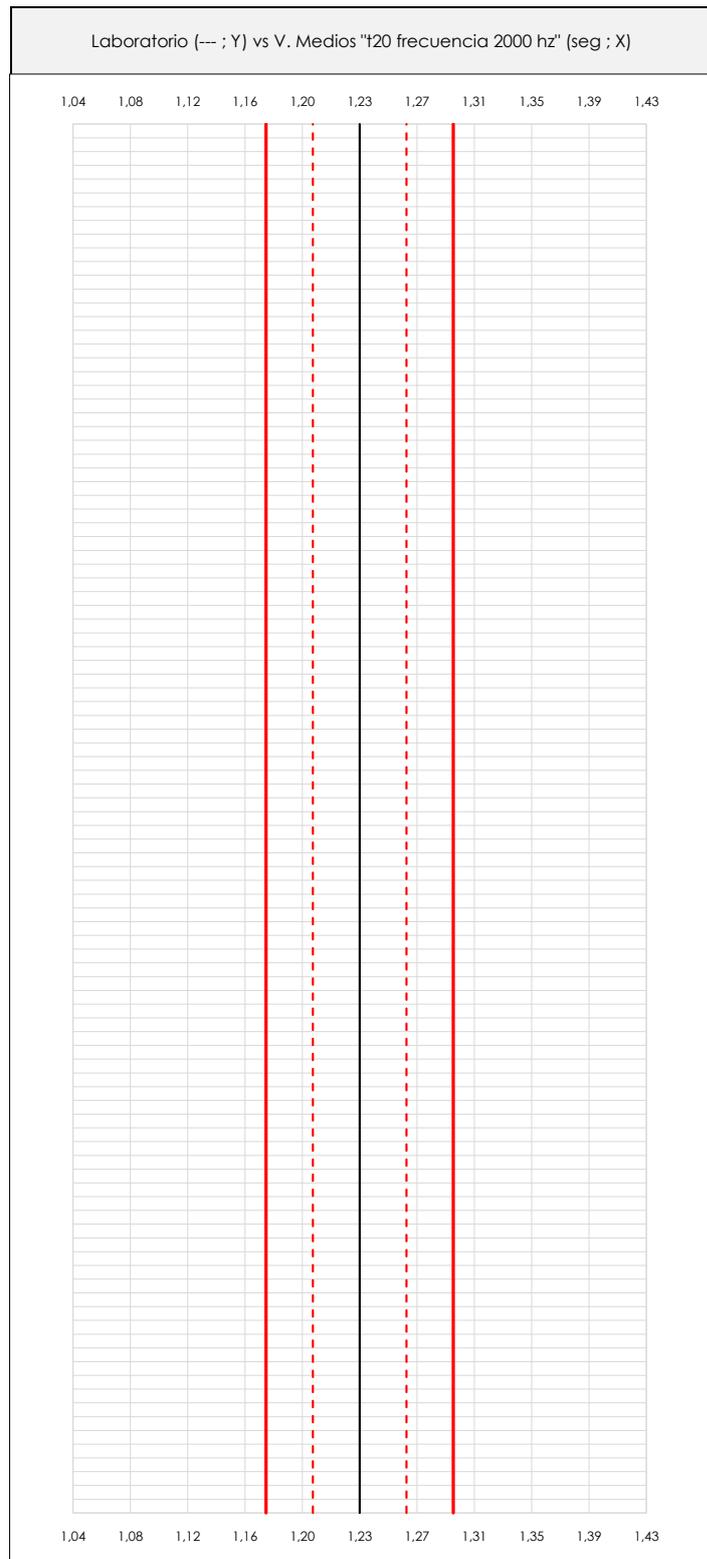
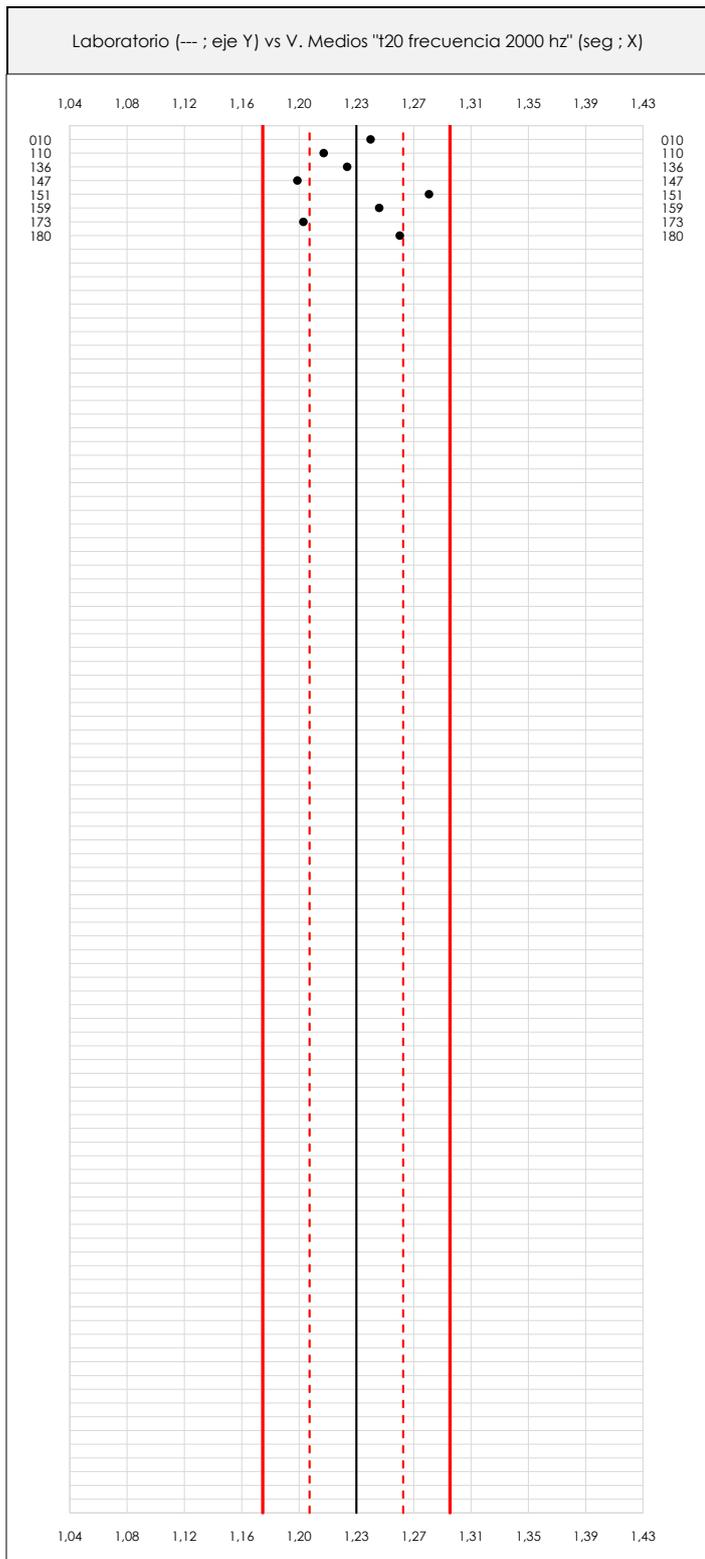
# ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE ACÚSTICA

T20 FRECUENCIA 2000 HZ

# T20 FRECUENCIA 2000 HZ (seg)

## Análisis A. Estudio pre-estadístico

### Apartado A.1. Gráficos de dispersión de valores medios



**ANÁLISIS GRÁFICO DE DISPERSIÓN MEDIA (ANTES DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO)**

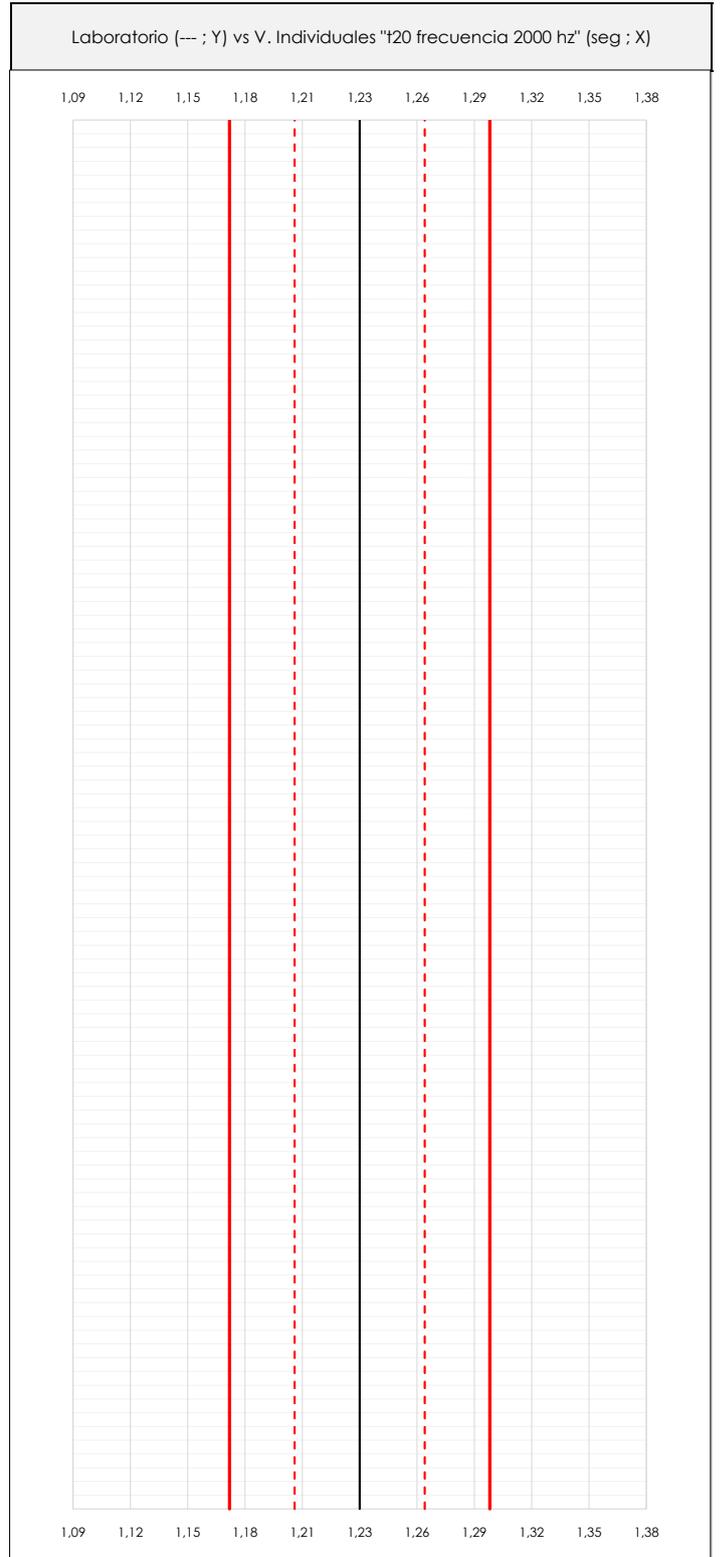
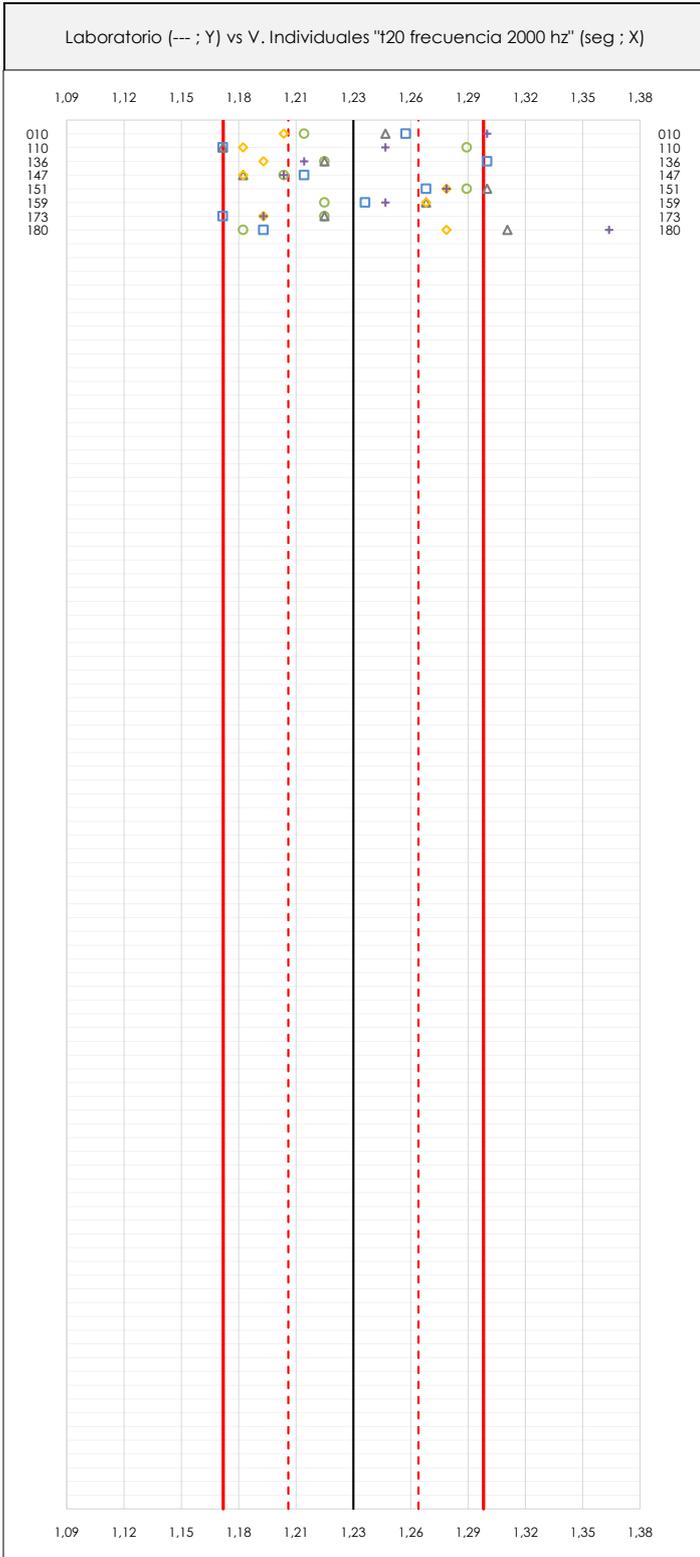
Dispersión de las medias aritméticas intra-laboratorios respecto de la media aritmética inter-laboratorios (1,23 ; línea negra de trazo continuo), la media aritmética inter-laboratorios más/menos la desviación típica (1,27/1,20 ; líneas rojas de trazo punteado) y la media aritmética inter-laboratorios más/menos el doble de la desviación típica (1,30/1,17 ; líneas rojas de trazo continuo).

En el eje Y (adimensional) quedan reflejados los códigos de los laboratorios participantes y en el eje X (las unidades son las mismas que las del ensayo que se está analizando) las medias aritméticas intra-laboratorios representadas por punto de color negro.

# T20 FRECUENCIA 2000 HZ (seg)

## Análisis A. Estudio pre-estadístico

### Apartado A.2. Gráficos de dispersión de valores individuales



**ANÁLISIS GRÁFICOS DE DISPERSIÓN INDIVIDUAL (ANTES DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO)**

Dispersión de los valores individuales respecto de la media aritmética inter-laboratorios (1,23 ; línea negra de trazo continuo), la media aritmética inter-laboratorios más/menos la desviación típica (1,27/1,20 ; líneas rojas de trazo punteado) y la media aritmética inter-laboratorios más/menos el doble de la desviación típica (1,30/1,17 ; líneas rojas de trazo continuo).

En el eje Y (adimensional) queda reflejado el código del laboratorio participante y en el eje X (las unidades son las de los resultados del ensayo que se está analizando) los resultados individuales: el primero ( $X_{i,1}$ ) se representa con un cuadrado azul, el segundo ( $X_{i,2}$ ) con un círculo verde, el tercero ( $X_{i,3}$ ) con un triángulo gris y el cuarto ( $X_{i,4}$ ) con un rombo amarillo.



## T20 FRECUENCIA 2000 HZ (seg)

### Análisis A. Estudio pre-estadístico

#### Apartado A.3. Determinaciones matemáticas

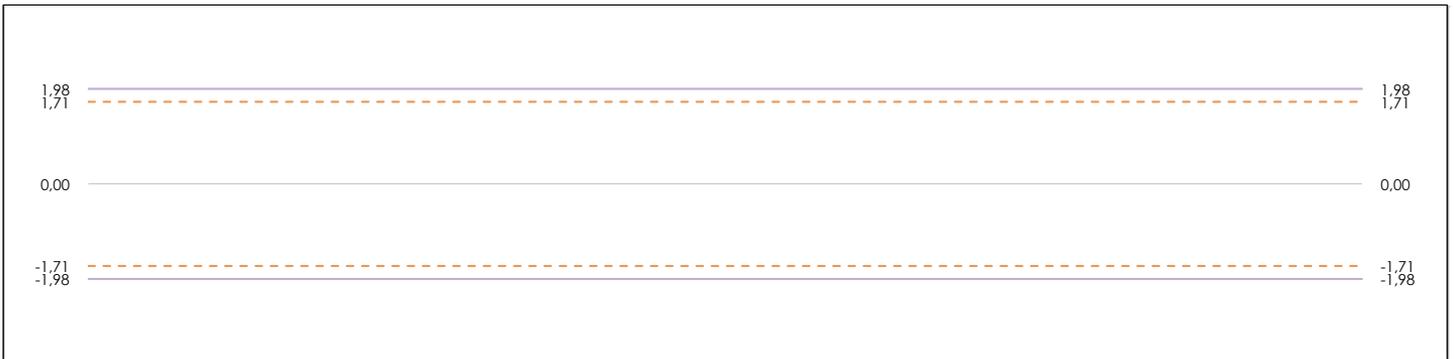
Lab	$X_{i1}$	$X_{i2}$	$X_{i3}$	$X_{i4}$	$X_{i5}$	$\bar{X}_{i \text{arit}}$	$S_{Li}$	$D_{i \text{arit}} \%$	Pasa A	Observaciones
10	1,26	1,21	1,25	1,20	1,30	1,24	0,040	0,79	✓	
110	1,17	1,29	1,17	1,18	1,25	1,21	0,055	-1,80	✓	
136	1,30	1,22	1,22	1,19	1,21	1,23	0,042	-0,51	✓	
147	1,21	1,20	1,18	1,18	1,20	1,19	0,013	-3,26	✓	
151	1,27	1,29	1,30	1,28	1,28	1,28	0,011	4,03	✓	
159	1,24	1,22	1,27	1,27	1,25	1,25	0,021	1,28	✓	
173	1,17	1,22	1,22	1,19	1,19	1,20	0,022	-2,94	✓	
180	1,19	1,18	1,31	1,28	1,36	1,26	0,078	2,41	✓	

**NOTAS:**

- <sup>01</sup> " $X_{ij}$ " con  $j = 1, 2, 3, 4, 5$ " es cada uno de los resultados individuales aportados por cada laboratorio, " $\bar{X}_{i \text{arit}}$ " es la media aritmética intralaboratorio calculada sin redondear.
- <sup>02</sup> " $S_{Li}$ " es la desviación típica intralaboratorios y " $D_{i \text{arit}} \%$ " la desviación, en porcentaje, de la media aritmética intralaboratorios calculada respecto de la media aritmética interlaboratorios.
- <sup>03</sup> Los resultados aportados por los laboratorios podrán ser descartados (X) si no cumplen con los criterios establecidos en el protocolo EILA o si no han realizado el ensayo conforme a norma.
- <sup>04</sup> El código colorimétrico empleado para las celdas es: [máximo] [mínimo]

**T20 FRECUENCIA 2000 HZ (seg)**  
**Análisis B. Mandel, Cochran y Grubbs**

Apartado B.1. Gráfico de consistencia inter-laboratorios "h" de Mandel



**ANÁLISIS GRÁFICO DE CONSISTENCIA INTER-LABORATORIOS**

Análisis gráfico de consistencia inter-laboratorios "h" de Mandel. En él se representan las medias aritméticas inter-laboratorios y los indicadores estadísticos para un 1% y un 5% de significación (valores obtenidos de la tabla 6 norma UNE 82009-2:1999 o mediante ecuación matemática, en función del número de laboratorios participantes).

Las líneas continuas de color morado (indicador estadístico para un 1% de significación) marca el límite a partir del cual un valor es considerado aberrante y las discontinuas de de color rosaceo (indicador estadístico para un 5% de significación), cuando es considerado anómalo. Una equis de color rojo (X) sobre el eje cero indica que el laboratorio ha sido descartado.

**CICE**  
Comité de infraestructuras para la  
Calidad de la Edificación

**SACE**  
Subcomisión Administrativa para la  
Calidad de la Edificación



## T20 FRECUENCIA 2000 HZ (seg)

### Análisis B. Mandel, Cochran y Grubbs

Apartado B.2. Gráfico de consistencia intra-laboratorios "k" de Mandel



#### ANÁLISIS GRÁFICO DE CONSISTENCIA INTRA-LABORATORIOS

Análisis gráfico de consistencia intra-laboratorios "k" de Mandel. En él se representan las medias aritméticas intra-laboratorios y los indicadores estadísticos para un 1% y un 5% de significación (valores obtenidos de la tabla 6 norma UNE 82009-2:1999 o mediante ecuación matemática, en función del número de laboratorios participantes y el número de ensayos efectuados).

Las líneas continuas de color morado (indicador estadístico para un 1% de significación) marca el límite a partir del cual un valor es considerado aberrante y las discontinuas de de color rosaceo (indicador estadístico para un 5% de significación), cuando es considerado anómalo. Una equis de color rojo (X) sobre el eje cero indica que el laboratorio ha sido descartado.



## T20 FRECUENCIA 2000 HZ (seg)

### Análisis B. Mandel, Cochran y Grubbs

#### Apartado B.3. Determinaciones matemáticas

Lab	X <sub>i1</sub>	X <sub>i2</sub>	X <sub>i3</sub>	X <sub>i4</sub>	X <sub>i5</sub>	$\bar{X}_{i \text{ arit}}$	S <sub>Li</sub>	D <sub>i arit</sub> %	h <sub>i</sub>	k <sub>i</sub>	C <sub>i</sub>	G <sub>sim Inf</sub>	G <sub>sim Sup</sub>	G <sub>Dob Inf</sub>	G <sub>Dob Sup</sub>	Pasa B		
10	1,260	1,210	1,250	1,200	1,300	1,244	0,040	1,14	0,44	1,22							✓	
110	1,17	1,290	1,170	1,180	1,250	1,212	0,055	-1,46	-0,56	1,66*	0,395						✓	
136	1,30	1,220	1,220	1,190	1,210	1,228	0,042	-0,16	-0,06	1,27							✓	
147	1,21	1,200	1,180	1,180	1,200	1,194	0,013	-2,93	-1,12	0,41		1,124		0,4732			✓	
151	1,27	1,290	1,300	1,280	1,280	1,284	0,011	4,39	1,69	0,34			1,685		0,2839		✓	
159	1,24	1,220	1,270	1,270	1,250	1,250	0,021	1,63	0,62	0,64					0,2839		✓	
173	1,17	1,220	1,220	1,190	1,190	1,198	0,022	-2,60	-1,00	0,66				0,4732			✓	
180	1,19	1,180	1,310	1,280	1,360	1,264	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	X

**NOTAS:**

<sup>01</sup> "X<sub>i j</sub> con j = 1, 2, 3, 4, 5" es cada uno de los resultados individuales aportados por cada laboratorio, " $\bar{X}_{i \text{ arit}}$ " es la media aritmética intralaboratorio calculada sin redondear.

<sup>02</sup> "S<sub>Li</sub>" es la desviación típica intralaboratorios y "D<sub>i arit</sub> %" la desviación, en porcentaje, de la media aritmética intralaboratorios calculada respecto de la media aritmética interlaboratorios.

<sup>03</sup> "h<sub>i</sub> y k<sub>i</sub>", "C<sub>i</sub>", "G<sub>sim</sub> y G<sub>Dob</sub>" hacen referencia a los estadísticos de Mandel, Cochran y Grubbs, respectivamente, obtenidos para cada laboratorio en función de los resultados aportados.

<sup>04</sup> El código colorimétrico empleado para las celdas es:

[aberrante]	[anómalo]	[máximo]	[mínimo]
-------------	-----------	----------	----------

**CICE**  
Comité de infraestructuras para la  
Calidad de la Edificación

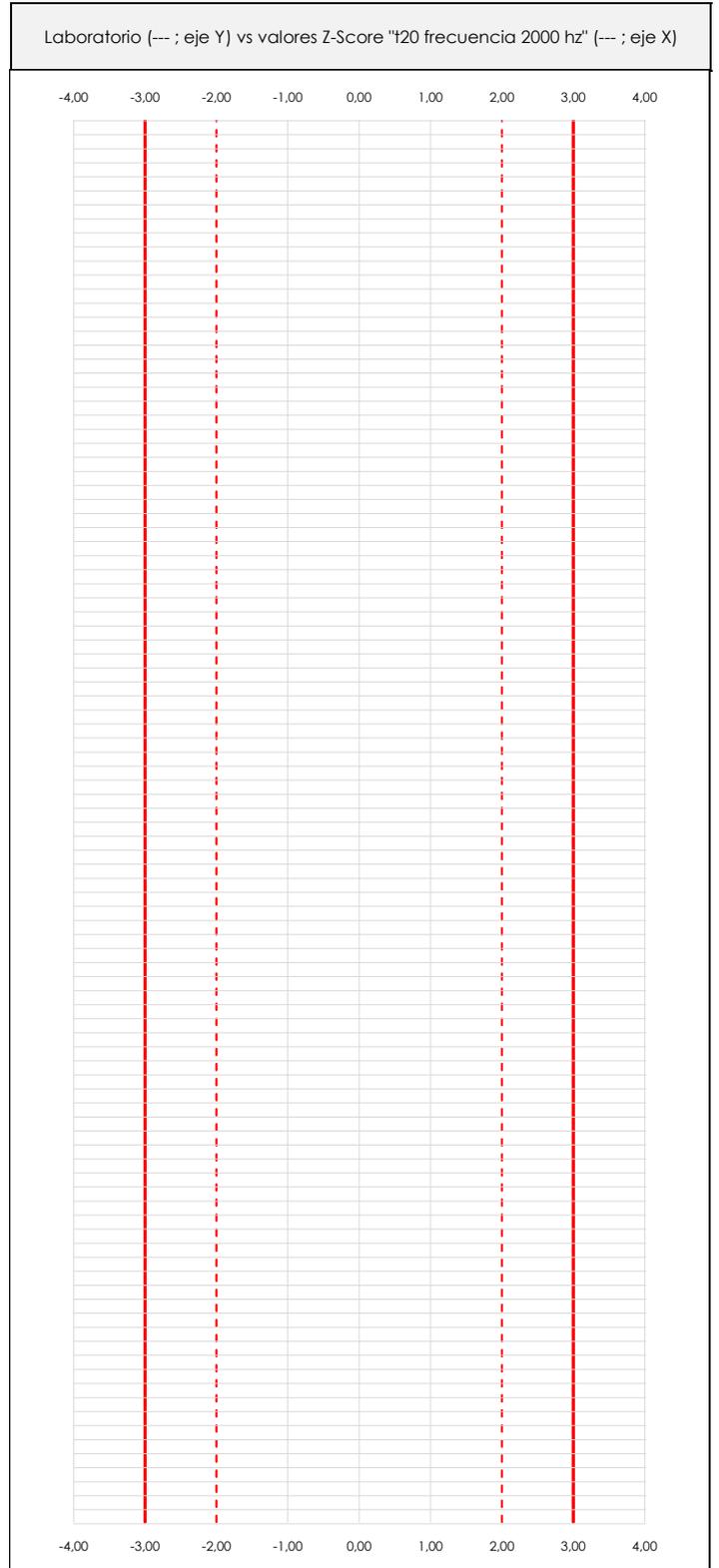
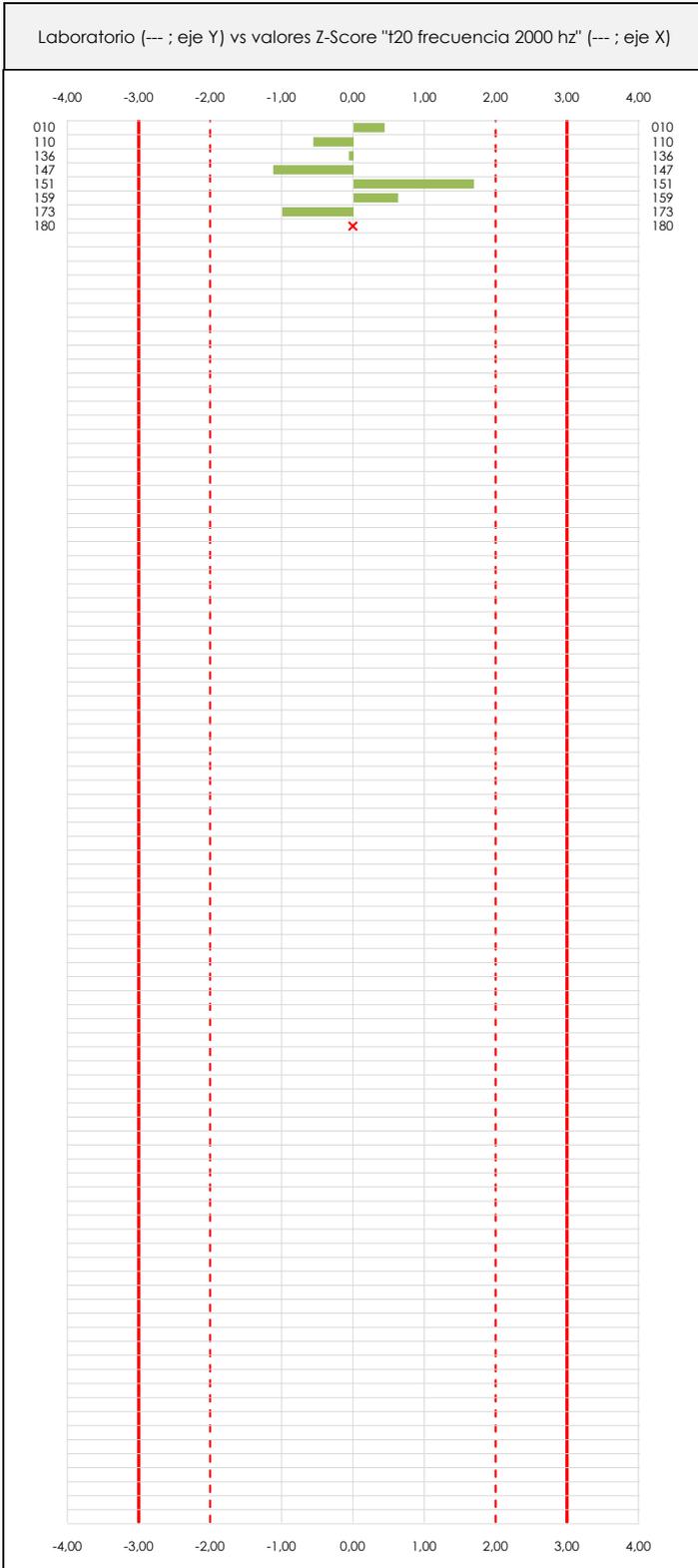
**SACE**  
Subcomisión Administrativa para la  
Calidad de la Edificación



## T20 FRECUENCIA 2000 HZ (seg)

### Análisis C. Evaluación Z-Score

#### Apartado C.1. Análisis gráfico Altman Z-Score



#### ANÁLISIS GRÁFICO Z-SCORE

Diagrama Z-Score para los resultados aportados por los laboratorios. Estos se considerarán satisfactorios (S) si el valor absoluto del Z-Score es menor o igual a 2 unidades, dudoso si está comprendido entre 2 y 3 unidades e insatisfactorio si es mayor o igual a 3 unidades.

Los resultados satisfactorios quedan reflejados entre las dos líneas rojas discontinuas, líneas de referencia en la evaluación Z-Score.



## T20 FRECUENCIA 2000 HZ (seg)

### Análisis C. Evaluación Z-Score

#### Apartado C.2. Determinaciones matemáticas

Lab	X <sub>i1</sub>	X <sub>i2</sub>	X <sub>i3</sub>	X <sub>i4</sub>	X <sub>i5</sub>	$\bar{X}_{i\text{arit}}$	S <sub>Li</sub>	D <sub>iarit</sub> %	Pasa A	Pasa B	Total	Causa	Iteración	Z-Score	Evaluación
10	1,26	1,21	1,25	1,20	1,30	1,24	0,040	1,14	✓	✓	✓			0,437	S
110	1,17	1,29	1,17	1,18	1,25	1,21	0,055	-1,46	✓	✓	✓			-0,562	S
136	1,30	1,22	1,22	1,19	1,21	1,23	0,042	-0,16	✓	✓	✓			-0,062	S
147	1,21	1,20	1,18	1,18	1,20	1,19	0,013	-2,93	✓	✓	✓			-1,124	S
151	1,27	1,29	1,30	1,28	1,28	1,28	0,011	4,39	✓	✓	✓			1,685	S
159	1,24	1,22	1,27	1,27	1,25	1,25	0,021	1,63	✓	✓	✓			0,624	S
173	1,17	1,22	1,22	1,19	1,19	1,20	0,022	-2,60	✓	✓	✓			-0,999	S
180	1,19	1,18	1,31	1,28	1,36	1,26	---	---	✓	X	X	AN	0	---	---

**NOTAS:**

<sup>01</sup> "X<sub>i j</sub> con j = 1, 2, 3, 4, 5" es cada uno de los resultados individuales aportados por cada laboratorio, " $\bar{X}_{i\text{arit}}$ " es la media aritmética intralaboratorio calculada sin redondear.

<sup>02</sup> "S<sub>Li</sub>" es la desviación típica intralaboratorios y "D<sub>iarit</sub> %" la desviación, en porcentaje, de la media aritmética intralaboratorios calculada respecto de la media aritmética interlaboratorios.

<sup>03</sup> La evaluación Z-Score (ZS) será considerada de tipo: [Satisfactorio (S) - si | ZS | ≤ 2] [Dudoso (D) - si 2 < | ZS | ≤ 3] [Insatisfactorio (I) - si | ZS | > 3].

<sup>04</sup> El código colorimétrico empleado para las celdas es:

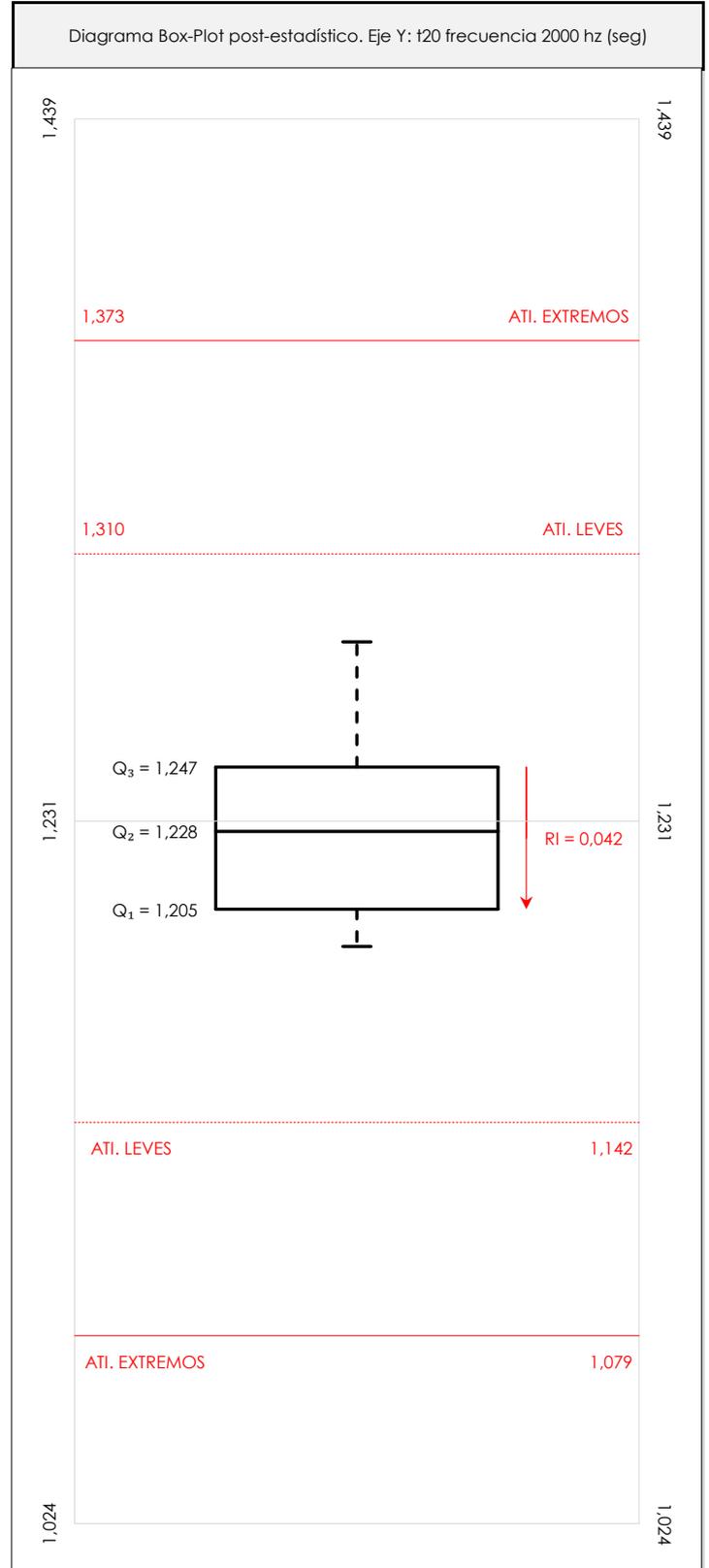
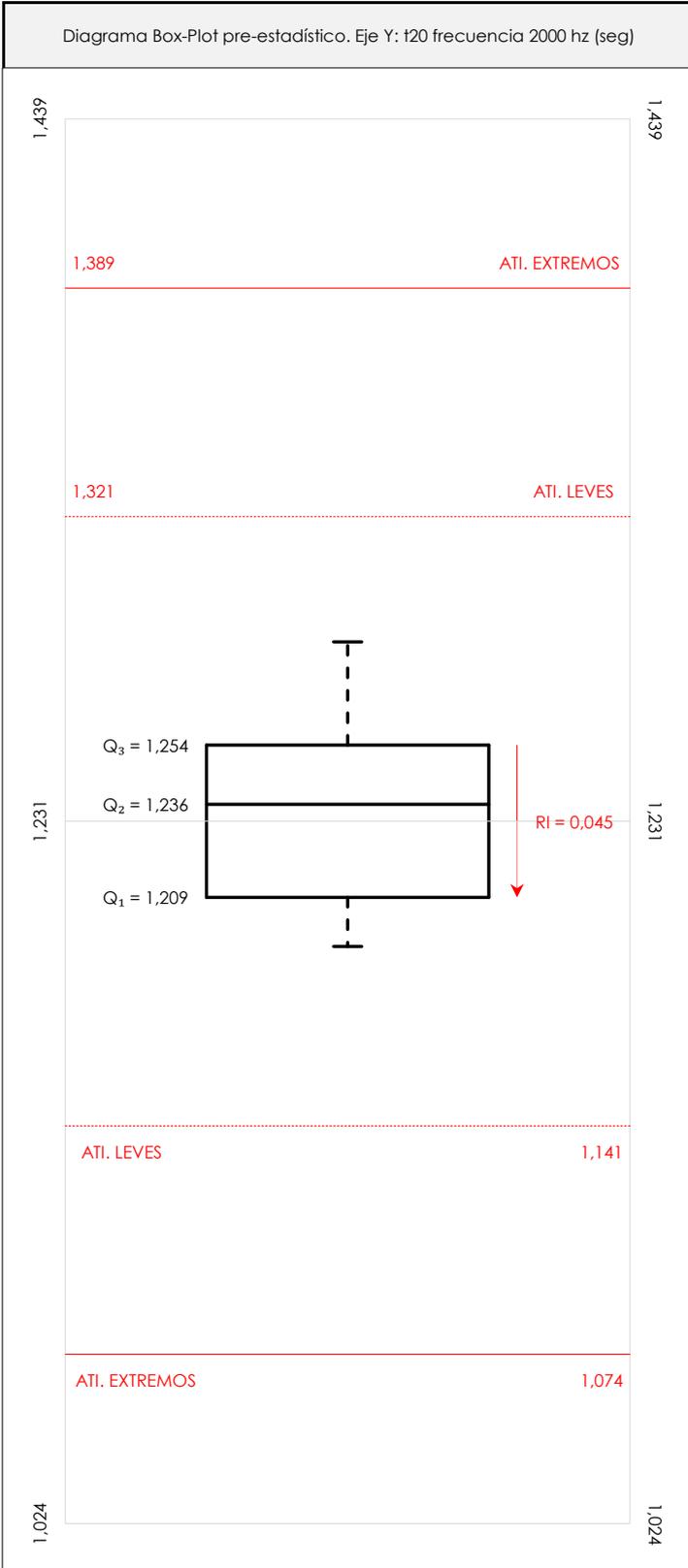
[dudoso]

[insatisfactorio]

## T20 FRECUENCIA 2000 HZ (seg)

### Análisis D. Estudios post-estadísticos

#### Apartado D.3. Diagramas Box-Plot o de Caja y Bigotes



**ANÁLISIS GRÁFICO DE CAJA Y BIGOTES (ANTES Y DESPUÉS DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO)**

Diagramas de caja y bigotes (Box Plot) de las medias aritméticas de los resultados aportados por los laboratorios antes (diagrama de la izquierda. Este incluye valores aberrantes y anómalos) y después (diagrama de la derecha. No incluye los valores descartados a lo largo del estudio) de análisis estadístico.

En ambos se han representado: el primer cuartil (Q<sub>1</sub> ; 25% de los datos), el segundo cuartil o la mediana (Q<sub>2</sub> ; 50% de los datos), el tercer cuartil (Q<sub>3</sub> ; 75% de los datos), el rango intercuartílico (RI ; cuartil tres menos cuartil uno) y los límites de valores atípicos leves (f<sub>3</sub> y f<sub>1</sub> para el máximo y mínimo respectivamente ; líneas discontinuas de color rojo) y extremos (f<sub>3</sub><sup>\*</sup> y f<sub>1</sub><sup>\*</sup> para el máximo y mínimo respectivamente ; líneas continuas de color rojo).

**CICE**Comité de infraestructuras para la  
Calidad de la Edificación**SACE**Subcomisión Administrativa para la  
Calidad de la Edificación**T20 FRECUENCIA 2000 HZ (seg)****Conclusiones**

## Determinación de la repetibilidad y reproducibilidad

El análisis estadístico EILA20 para el ensayo "T20 FRECUENCIA 2000 HZ", ha contado con la participación de un total de 8 laboratorios, debiendo haber aportado cada uno de ellos, un total de 5 determinaciones individuales además de su valor medio.

Tras analizar los resultados podemos concluir que, para cumplir con los criterios estadísticos establecidos en el informe, un total de 1 laboratorios han sido apartados de la evaluación final: 0 en el Análisis Pre-Estadístico (por no cumplir el criterio de validación y/o el procedimiento de ejecución recogido en la norma de ensayo) y 1 en el Análisis Estadístico (por resultar anómalos o aberrantes en las técnicas gráficas de consistencia de Mandel y en los ensayos de detección de resultados numéricos de Cochran y Grubbs), al cabo de 2 iteraciones.

De cada uno de los análisis (pre-estadístico y estadístico), se obtienen las siguientes tablas:

TIPO DE ANALISIS	PRE-ESTADISTICO						ESTADISTICO					
Variables	$X_{i1}$	$X_{i2}$	$X_{i3}$	$X_{i4}$	$X_{i5}$	$\bar{X}_{i\text{arit}}$	$X_{i1}$	$X_{i2}$	$X_{i3}$	$X_{i4}$	$X_{i5}$	$\bar{X}_{i\text{arit}}$
<b>Valor Máximo (max ; %)</b>	1,30	1,29	1,31	1,28	1,36	1,28	1,30	1,29	1,30	1,28	1,30	1,28
<b>Valor Mínimo (min ; %)</b>	1,17	1,18	1,17	1,18	1,19	1,19	1,17	1,20	1,17	1,18	1,19	1,19
<b>Valor Promedio (M ; %)</b>	1,23	1,23	1,24	1,22	1,26	1,23	1,23	1,24	1,23	1,21	1,24	1,23
<b>Desviación Típica (SDL ; ---)</b>	0,05	0,04	0,05	0,05	0,06	0,03	0,05	0,04	0,05	0,04	0,04	0,03
<b>Coef. Variación (CV ; ---)</b>	0,04	0,03	0,04	0,04	0,05	0,03	0,04	0,03	0,04	0,04	0,03	0,03
VARIABLES	$S_r^2$	r	$S_L^2$	$S_R^2$	R	$S_r^2$	r	$S_L^2$	$S_R^2$	R		
<b>Valor Calculado</b>	0,002	0,115	0,001	0,002	0,136	0,001	0,092	0,001	0,002	0,121		
<b>Valor Referencia</b>												

Asimismo, acompañando a éstas tablas y dependiendo del análisis que se esté llevando a cabo, se introducen los indicadores estadísticos "h y k" de Mandel y los valores críticos "C" de Cochran y " $G_{\text{sim}}$  y  $G_{\text{Dob}}$ " de Grubbs, todos ellos adimensionales, obtenidos de las tablas 4, 5, 6 y 7 de la norma UNE 82009-2:1999 o mediante ecuación matemática, en función del número de laboratorios y del número de ensayos efectuados por cada uno de ellos:

TIPO DE ANALISIS	PRE-ESTADISTICO					ESTADISTICO				
VARIABLES	h	k	C	$G_{\text{sim}}$	$G_{\text{Dob}}$	h	k	C	$G_{\text{sim}}$	$G_{\text{Dob}}$
<b>Nivel de Significación 1%</b>	1,98	1,70	0,463	2,139	0,0308	1,98	1,70	0,508	2,139	0,0308
<b>Nivel de Significación 5%</b>	1,71	1,49	0,391	2,020	0,0708	1,71	1,49	0,431	2,020	0,0708

Con los resultados de los laboratorios, que tras los dos análisis estadísticos son evaluados por Z-Score, se han obtenido: 7 resultados satisfactorios, 0 resultados dudosos y 0 resultados insatisfactorios.

Respecto a los métodos para determinar la repetibilidad y la reproducibilidad de las mediciones se van a basar en la evaluación estadística recogida en la ISO 17025, sobre las dispersiones de los resultados individuales y su media, en forma de varianzas o desviaciones estándar, también conocida como ANOVA (siglas de analysis of variance).

Sabiendo que una varianza es la suma de cuadrados dividida por un número, que se llama grados de libertad, que depende del número de participantes menos 1, se puede decir que la imprecisión del ensayo se descompone en dos factores: uno de ellos genera la imprecisión mínima, presente en condiciones de repetibilidad (variabilidad intralaboratorio) y el otro la imprecisión adicional, obtenida en condiciones de reproducibilidad (variabilidad debida al cambio de laboratorio).

Las condiciones de repetibilidad de este ensayo son: mismo laborante, mismo laboratorio y mismo equipo de medición utilizado dentro de un período de tiempo corto. Por ende, las condiciones de reproducibilidad para la misma muestra y ensayo, cambian en: el laborante, el laboratorio, el equipo y las condiciones de uso y tiempo.

**CICE**

Comité de infraestructuras para la  
Calidad de la Edificación



**CSIC**

CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

INSTITUTO  
DE EDU-  
CACIÓN  
SUPERIOR

**SACE**

Subcomisión Administrativa para la  
Calidad de la Edificación

# ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE ACÚSTICA

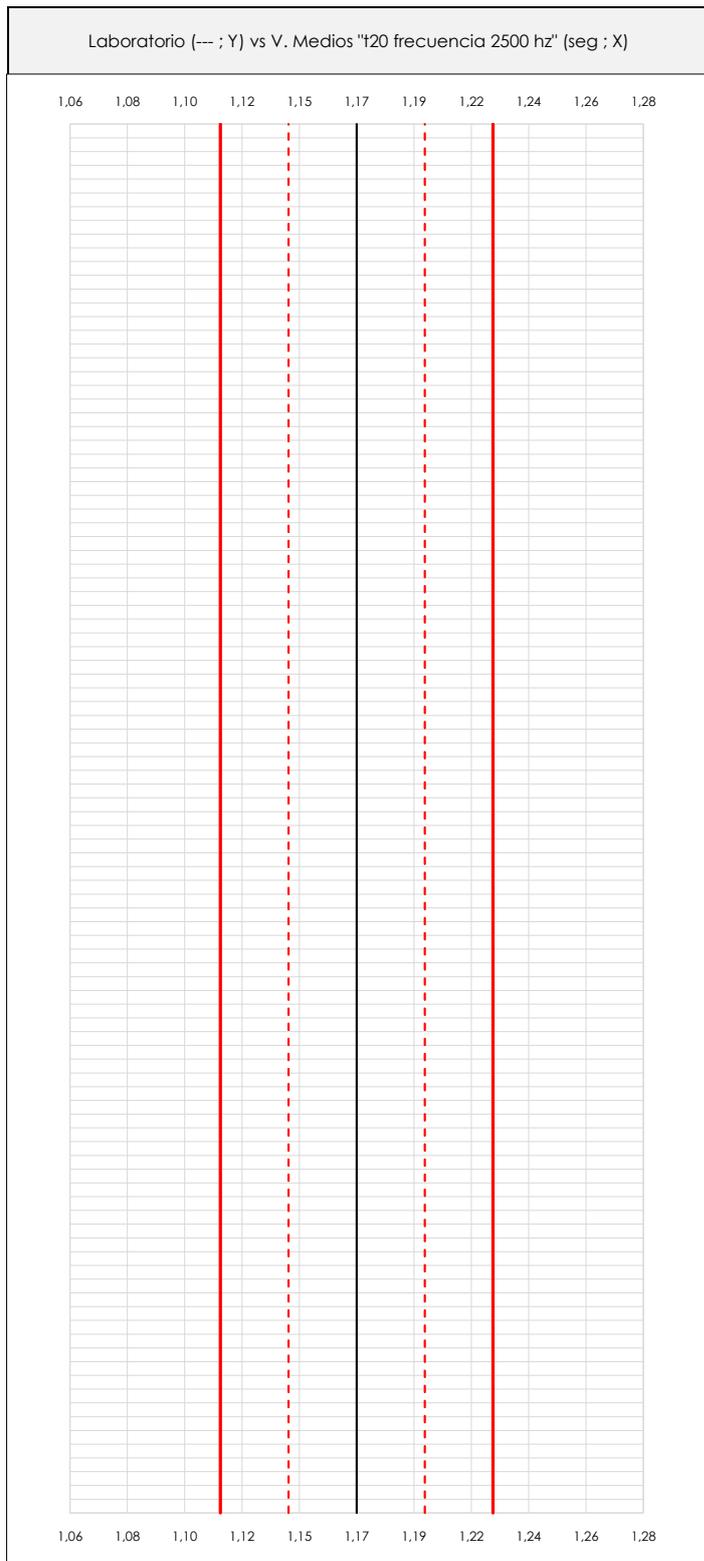
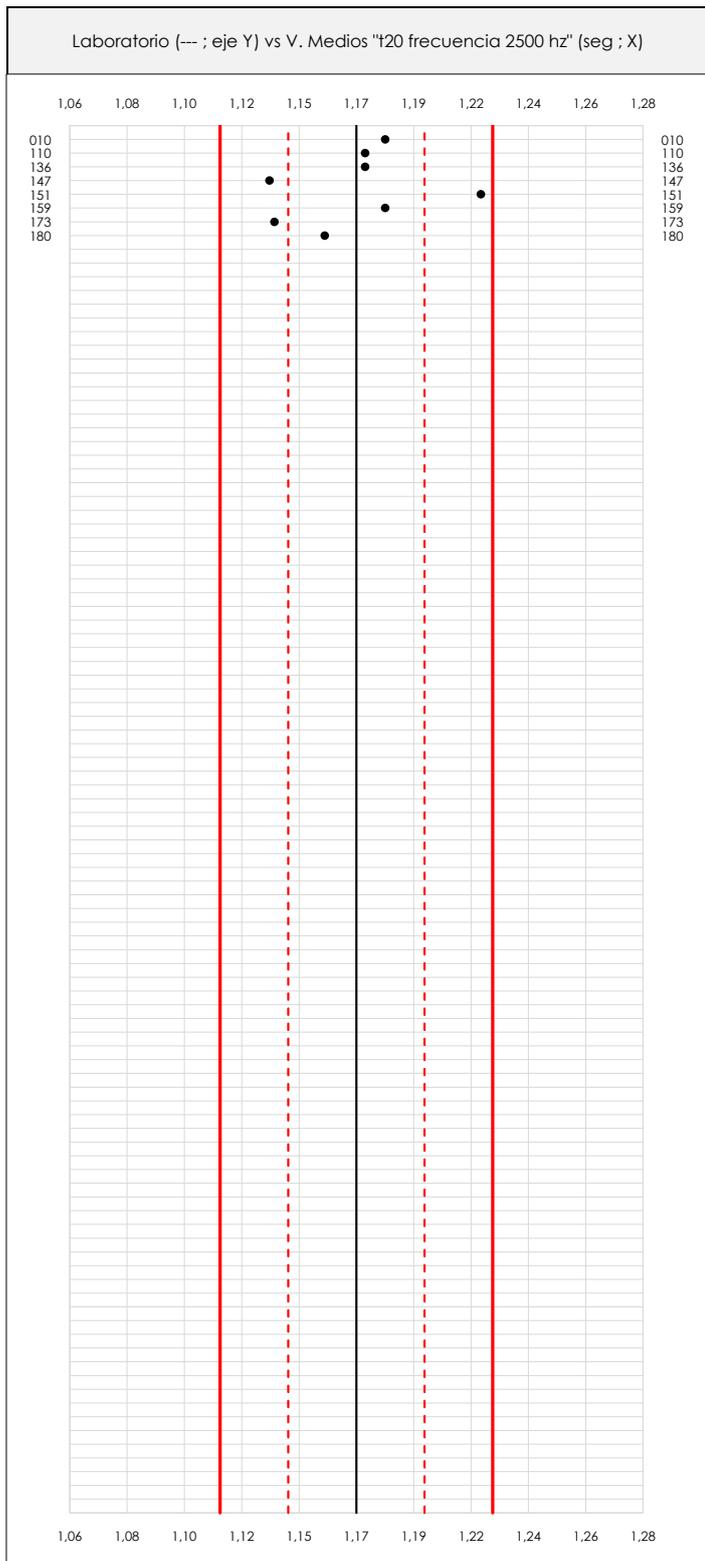
T20 FRECUENCIA 2500 HZ



# T20 FRECUENCIA 2500 HZ (seg)

## Análisis A. Estudio pre-estadístico

### Apartado A.1. Gráficos de dispersión de valores medios



#### ANÁLISIS GRÁFICO DE DISPERSIÓN MEDIA (ANTES DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO)

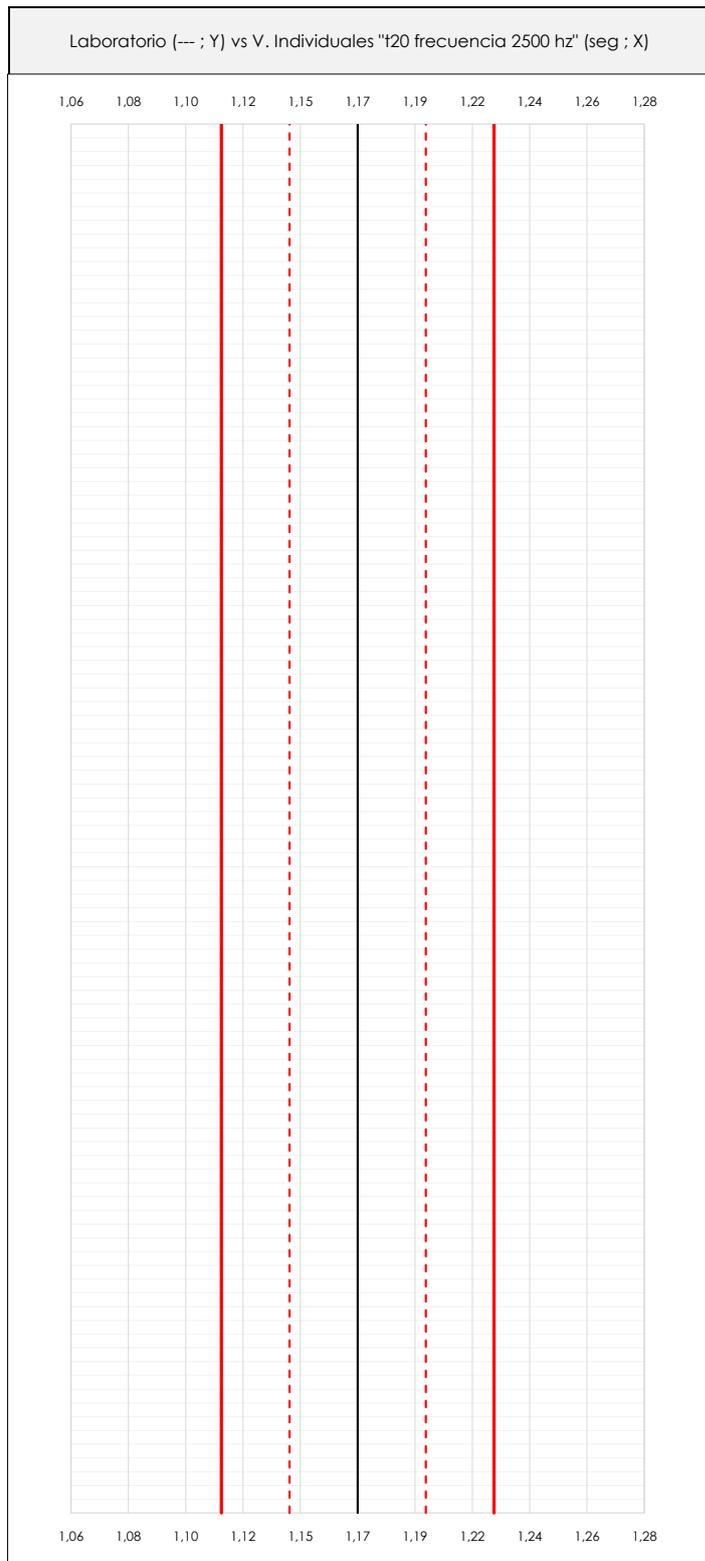
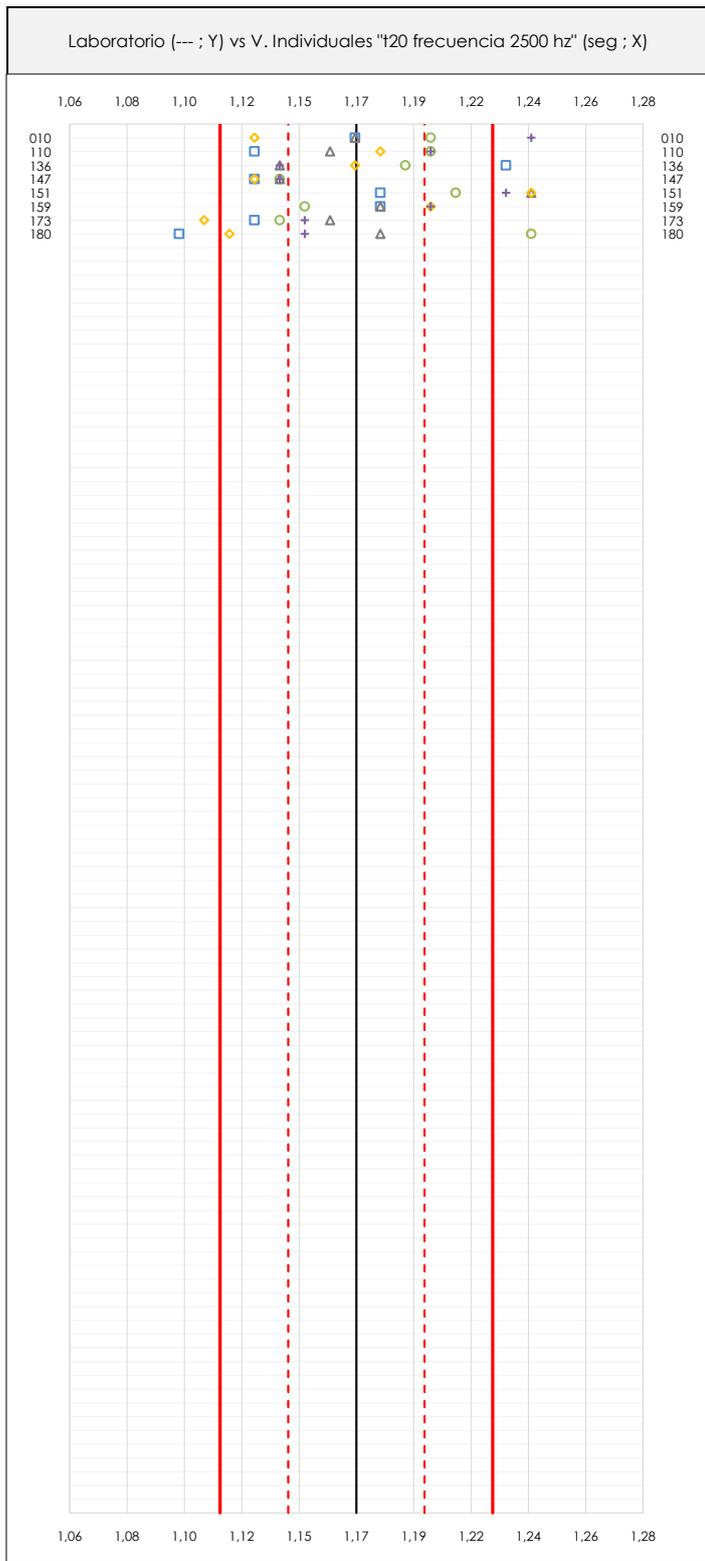
Dispersión de las medias aritméticas intra-laboratorios respecto de la media aritmética inter-laboratorios (1,17 ; línea negra de trazo continuo), la media aritmética inter-laboratorios más/menos la desviación típica (1,20/1,14 ; líneas rojas de trazo punteado) y la media aritmética inter-laboratorios más/menos el doble de la desviación típica (1,22/1,12 ; líneas rojas de trazo continuo).

En el eje Y (adimensional) quedan reflejados los códigos de los laboratorios participantes y en el eje X (las unidades son las mismas que las del ensayo que se está analizando) las medias aritméticas intra-laboratorios representadas por punto de color negro.

# T20 FRECUENCIA 2500 HZ (seg)

## Análisis A. Estudio pre-estadístico

### Apartado A.2. Gráficos de dispersión de valores individuales



**ANÁLISIS GRÁFICOS DE DISPERSIÓN INDIVIDUAL (ANTES DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO)**

Dispersión de los valores individuales respecto de la media aritmética inter-laboratorios (1,17 ; línea negra de trazo continuo), la media aritmética inter-laboratorios más/menos la desviación típica (1,20/1,14 ; líneas rojas de trazo punteado) y la media aritmética inter-laboratorios más/menos el doble de la desviación típica (1,22/1,12 ; líneas rojas de trazo continuo).

En el eje Y (adimensional) queda reflejado el código del laboratorio participante y en el eje X (las unidades son las de los resultados del ensayo que se está analizando) los resultados individuales: el primero ( $X_{i,1}$ ) se representa con un cuadrado azul, el segundo ( $X_{i,2}$ ) con un círculo verde, el tercero ( $X_{i,3}$ ) con un triángulo gris y el cuarto ( $X_{i,4}$ ) con un rombo amarillo.



# T20 FRECUENCIA 2500 HZ (seg)

## Análisis A. Estudio pre-estadístico

### Apartado A.3. Determinaciones matemáticas

Lab	X <sub>i1</sub>	X <sub>i2</sub>	X <sub>i3</sub>	X <sub>i4</sub>	X <sub>i5</sub>	$\bar{X}_{i\text{arit}}$	S <sub>Li</sub>	D <sub>iarit</sub> %	Pasa A	Observaciones
10	1,17	1,20	1,17	1,13	1,24	1,18	0,041	0,98	✓	
110	1,13	1,20	1,16	1,18	1,20	1,17	0,030	0,30	✓	
136	1,23	1,19	1,14	1,17	1,14	1,17	0,038	0,30	✓	
147	1,13	1,14	1,14	1,13	1,14	1,14	0,005	-2,95	✓	
151	1,18	1,21	1,24	1,24	1,23	1,22	0,025	4,23	✓	
159	1,18	1,15	1,18	1,20	1,20	1,18	0,020	0,98	✓	
173	1,13	1,14	1,16	1,11	1,15	1,14	0,019	-2,78	✓	
180	1,10	1,24	1,18	1,12	1,15	1,16	0,055	-1,07	✓	

**NOTAS:**

- <sup>01</sup> "X<sub>i,j</sub>" con j = 1, 2, 3, 4, 5" es cada uno de los resultados individuales aportados por cada laboratorio, " $\bar{X}_{i\text{arit}}$ " es la media aritmética intralaboratorio calculada sin redondear.
- <sup>02</sup> "S<sub>Li</sub>" es la desviación típica intralaboratorios y "D<sub>iarit</sub> %" la desviación, en porcentaje, de la media aritmética intralaboratorios calculada respecto de la media aritmética interlaboratorios.
- <sup>03</sup> Los resultados aportados por los laboratorios podrán ser descartados (X) si no cumplen con los criterios establecidos en el protocolo EILA o si no han realizado el ensayo conforme a norma.
- <sup>04</sup> El código colorimétrico empleado para las celdas es: [máximo] [mínimo]

**CICE**  
Comité de infraestructuras para la  
Calidad de la Edificación

**SACE**  
Subcomisión Administrativa para la  
Calidad de la Edificación



**T20 FRECUENCIA 2500 HZ (seg)**  
**Análisis B. Mandel, Cochran y Grubbs**

Apartado B.1. Gráfico de consistencia inter-laboratorios "h" de Mandel



**ANÁLISIS GRÁFICO DE CONSISTENCIA INTER-LABORATORIOS**

Análisis gráfico de consistencia inter-laboratorios "h" de Mandel. En él se representan las medias aritméticas inter-laboratorios y los indicadores estadísticos para un 1% y un 5% de significación (valores obtenidos de la tabla 6 norma UNE 82009-2:1999 o mediante ecuación matemática, en función del número de laboratorios participantes).

Las líneas continuas de color morado (indicador estadístico para un 1% de significación) marca el límite a partir del cual un valor es considerado aberrante y las discontinuas de de color rosaceo (indicador estadístico para un 5% de significación), cuando es considerado anómalo. Una equis de color rojo (X) sobre el eje cero indica que el laboratorio ha sido descartado.

**CICE**  
Comité de infraestructuras para la  
Calidad de la Edificación

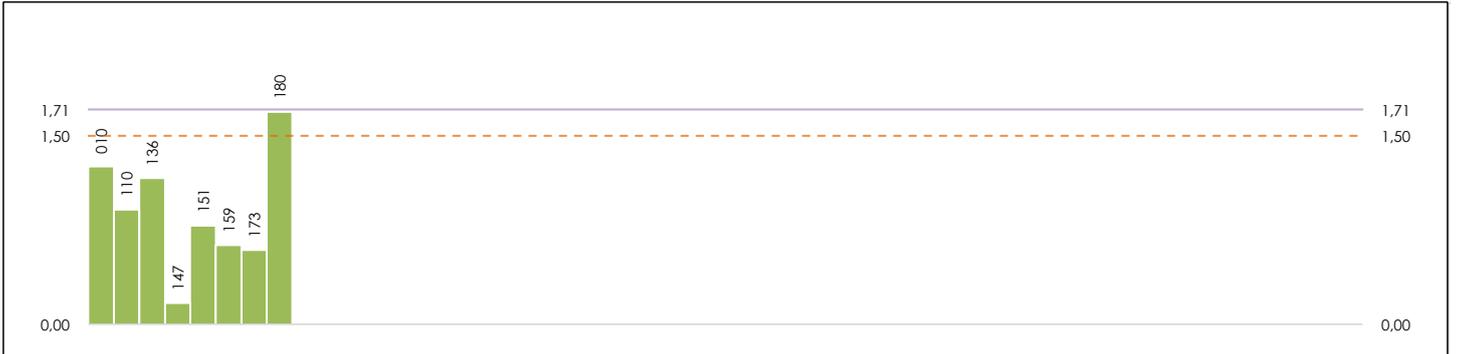
**SACE**  
Subcomisión Administrativa para la  
Calidad de la Edificación



## T20 FRECUENCIA 2500 HZ (seg)

### Análisis B. Mandel, Cochran y Grubbs

Apartado B.2. Gráfico de consistencia intra-laboratorios "k" de Mandel



#### ANÁLISIS GRÁFICO DE CONSISTENCIA INTRA-LABORATORIOS

Análisis gráfico de consistencia intra-laboratorios "k" de Mandel. En él se representan las medias aritméticas intra-laboratorios y los indicadores estadísticos para un 1% y un 5% de significación (valores obtenidos de la tabla 6 norma UNE 82009-2:1999 o mediante ecuación matemática, en función del número de laboratorios participantes y el número de ensayos efectuados).

Las líneas continuas de color morado (indicador estadístico para un 1% de significación) marca el límite a partir del cual un valor es considerado aberrante y las discontinuas de de color rosaceo (indicador estadístico para un 5% de significación), cuando es considerado anómalo. Una equis de color rojo (X) sobre el eje cero indica que el laboratorio ha sido descartado.



## T20 FRECUENCIA 2500 HZ (seg)

### Análisis B. Mandel, Cochran y Grubbs

#### Apartado B.3. Determinaciones matemáticas

Lab	X <sub>i1</sub>	X <sub>i2</sub>	X <sub>i3</sub>	X <sub>i4</sub>	X <sub>i5</sub>	$\bar{X}_{i \text{ arit}}$	S <sub>Li</sub>	D <sub>i arit</sub> %	h <sub>i</sub>	k <sub>i</sub>	C <sub>i</sub>	G <sub>sim Inf</sub>	G <sub>sim Sup</sub>	G <sub>Dob Inf</sub>	G <sub>Dob Sup</sub>	Pasa B
10	1,170	1,200	1,170	1,130	1,240	1,182	0,041	0,98	0,42	1,26					0,3772	✓
110	1,13	1,200	1,160	1,180	1,200	1,174	0,030	0,30	0,13	0,91						✓
136	1,23	1,190	1,140	1,170	1,140	1,174	0,038	0,30	0,13	1,16						✓
147	1,13	1,140	1,140	1,130	1,140	1,136	0,005	-2,95	-1,27	0,17		1,273		0,4176		✓
151	1,18	1,210	1,240	1,240	1,230	1,220	0,025	4,23	1,83*	0,78	0,357		1,826		0,3772	✓
159	1,18	1,150	1,180	1,200	1,200	1,182	0,020	0,98	0,42	0,63					0,3772	✓
173	1,13	1,140	1,160	1,110	1,150	1,138	0,019	-2,78	-1,20	0,59				0,4176		✓
180	1,10	1,240	1,180	1,120	1,150	1,158	0,055	-1,07	-0,46	1,69*	0,357					✓

**NOTAS:**

<sup>01</sup> "X<sub>i j</sub> con j = 1, 2, 3, 4, 5" es cada uno de los resultados individuales aportados por cada laboratorio, " $\bar{X}_{i \text{ arit}}$ " es la media aritmética intralaboratorio calculada sin redondear.

<sup>02</sup> "S<sub>Li</sub>" es la desviación típica intralaboratorios y "D<sub>i arit</sub> %" la desviación, en porcentaje, de la media aritmética intralaboratorios calculada respecto de la media aritmética interlaboratorios.

<sup>03</sup> "h<sub>i</sub> y k<sub>i</sub>", "C<sub>i</sub>", "G<sub>sim</sub> y G<sub>Dob</sub>" hacen referencia a los estadísticos de Mandel, Cochran y Grubbs, respectivamente, obtenidos para cada laboratorio en función de los resultados aportados.

<sup>04</sup> El código colorimétrico empleado para las celdas es:

[aberrante]	[anómalo]	[máximo]	[mínimo]
-------------	-----------	----------	----------

**CICE**  
Comité de infraestructuras para la  
Calidad de la Edificación

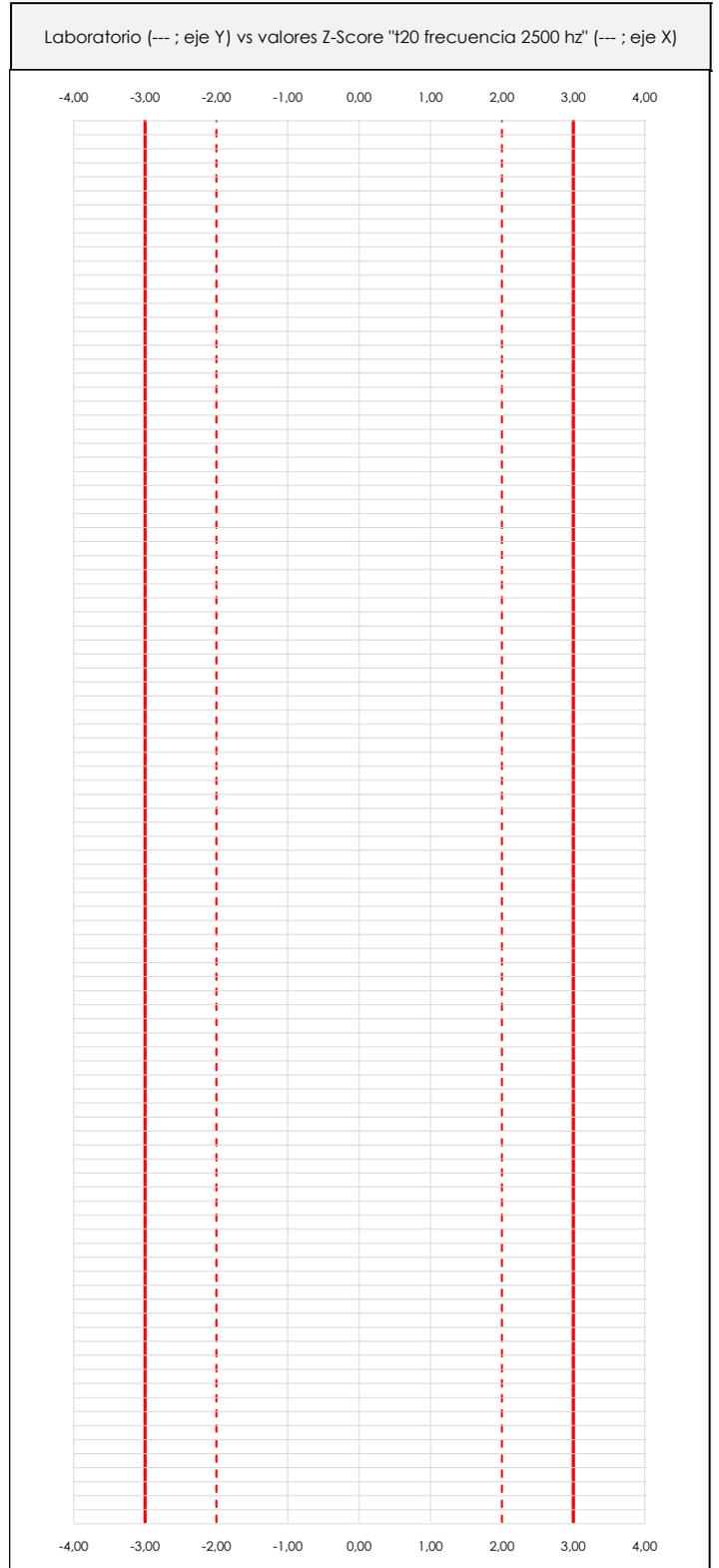
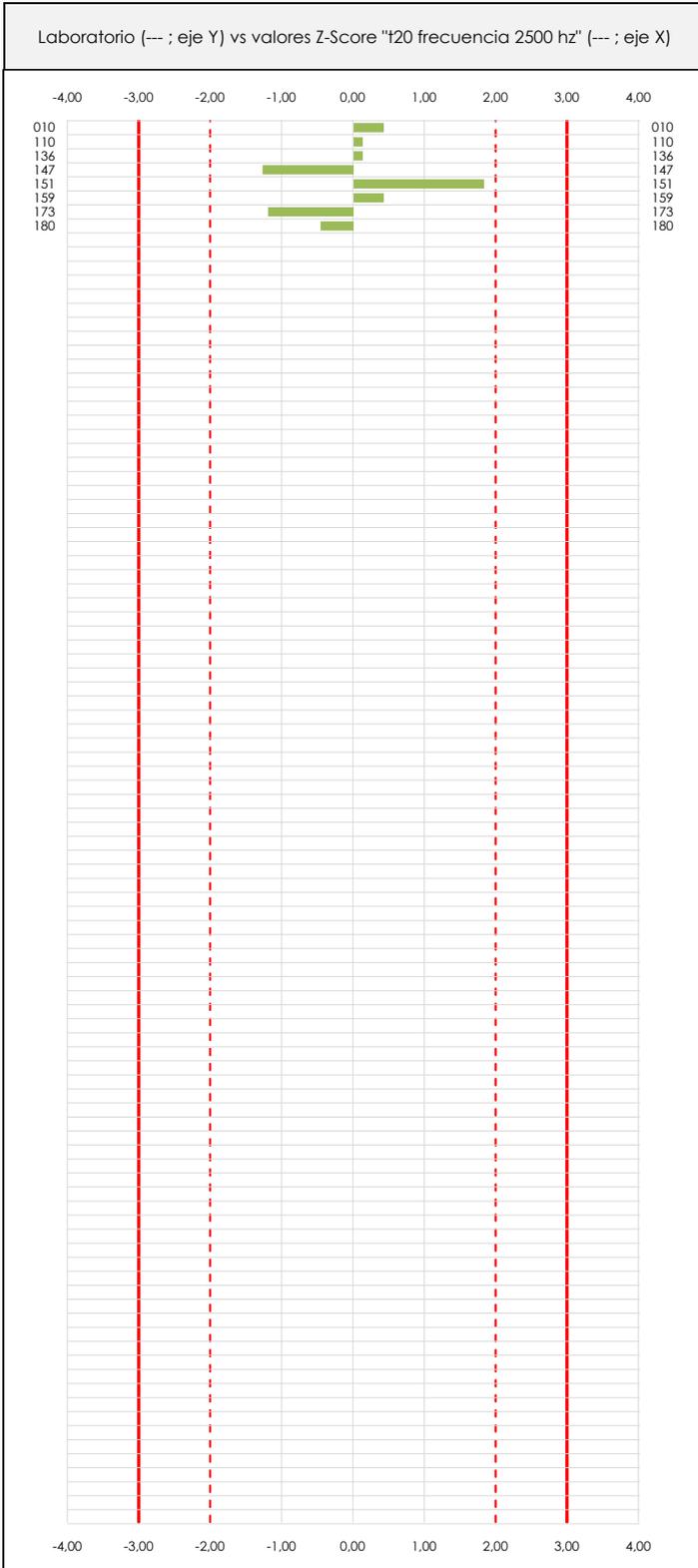
**SACE**  
Subcomisión Administrativa para la  
Calidad de la Edificación



## T20 FRECUENCIA 2500 HZ (seg)

### Análisis C. Evaluación Z-Score

#### Apartado C.1. Análisis gráfico Altman Z-Score



#### ANÁLISIS GRÁFICO Z-SCORE

Diagrama Z-Score para los resultados aportados por los laboratorios. Estos se considerarán satisfactorios (S) si el valor absoluto del Z-Score es menor o igual a 2 unidades, dudoso si está comprendido entre 2 y 3 unidades e insatisfactorio si es mayor o igual a 3 unidades.

Los resultados satisfactorios quedan reflejados entre las dos líneas rojas discontinuas, líneas de referencia en la evaluación Z-Score.



## T20 FRECUENCIA 2500 HZ (seg)

### Análisis C. Evaluación Z-Score

#### Apartado C.2. Determinaciones matemáticas

Lab	X <sub>i1</sub>	X <sub>i2</sub>	X <sub>i3</sub>	X <sub>i4</sub>	X <sub>i5</sub>	$\bar{X}_{i\text{arit}}$	S <sub>Li</sub>	D <sub>iarit</sub> %	Pasa A	Pasa B	Total	Causa	Iteración	Z-Score	Evaluación
10	1,17	1,20	1,17	1,13	1,24	1,18	0,041	0,98	✓	✓	✓			0,424	S
110	1,13	1,20	1,16	1,18	1,20	1,17	0,030	0,30	✓	✓	✓			0,129	S
136	1,23	1,19	1,14	1,17	1,14	1,17	0,038	0,30	✓	✓	✓			0,129	S
147	1,13	1,14	1,14	1,13	1,14	1,14	0,005	-2,95	✓	✓	✓			-1,273	S
151	1,18	1,21	1,24	1,24	1,23	1,22	0,025	4,23	✓	✓	✓			1,826	S
159	1,18	1,15	1,18	1,20	1,20	1,18	0,020	0,98	✓	✓	✓			0,424	S
173	1,13	1,14	1,16	1,11	1,15	1,14	0,019	-2,78	✓	✓	✓			-1,199	S
180	1,10	1,24	1,18	1,12	1,15	1,16	0,055	-1,07	✓	✓	✓			-0,461	S

**NOTAS:**

<sup>01</sup> "X<sub>i j</sub> con j = 1, 2, 3, 4, 5" es cada uno de los resultados individuales aportados por cada laboratorio, " $\bar{X}_{i\text{arit}}$ " es la media aritmética intralaboratorio calculada sin redondear.

<sup>02</sup> "S<sub>Li</sub>" es la desviación típica intralaboratorios y "D<sub>iarit</sub> %" la desviación, en porcentaje, de la media aritmética intralaboratorios calculada respecto de la media aritmética interlaboratorios.

<sup>03</sup> La evaluación Z-Score (ZS) será considerada de tipo: [Satisfactorio (S) - si | ZS | ≤ 2] [Dudoso (D) - si 2 < | ZS | ≤ 3] [Insatisfactorio (I) - si | ZS | > 3].

<sup>04</sup> El código colorimétrico empleado para las celdas es:

[dudoso]

[insatisfactorio]

**CICE**  
Comité de infraestructuras para la Calidad de la Edificación

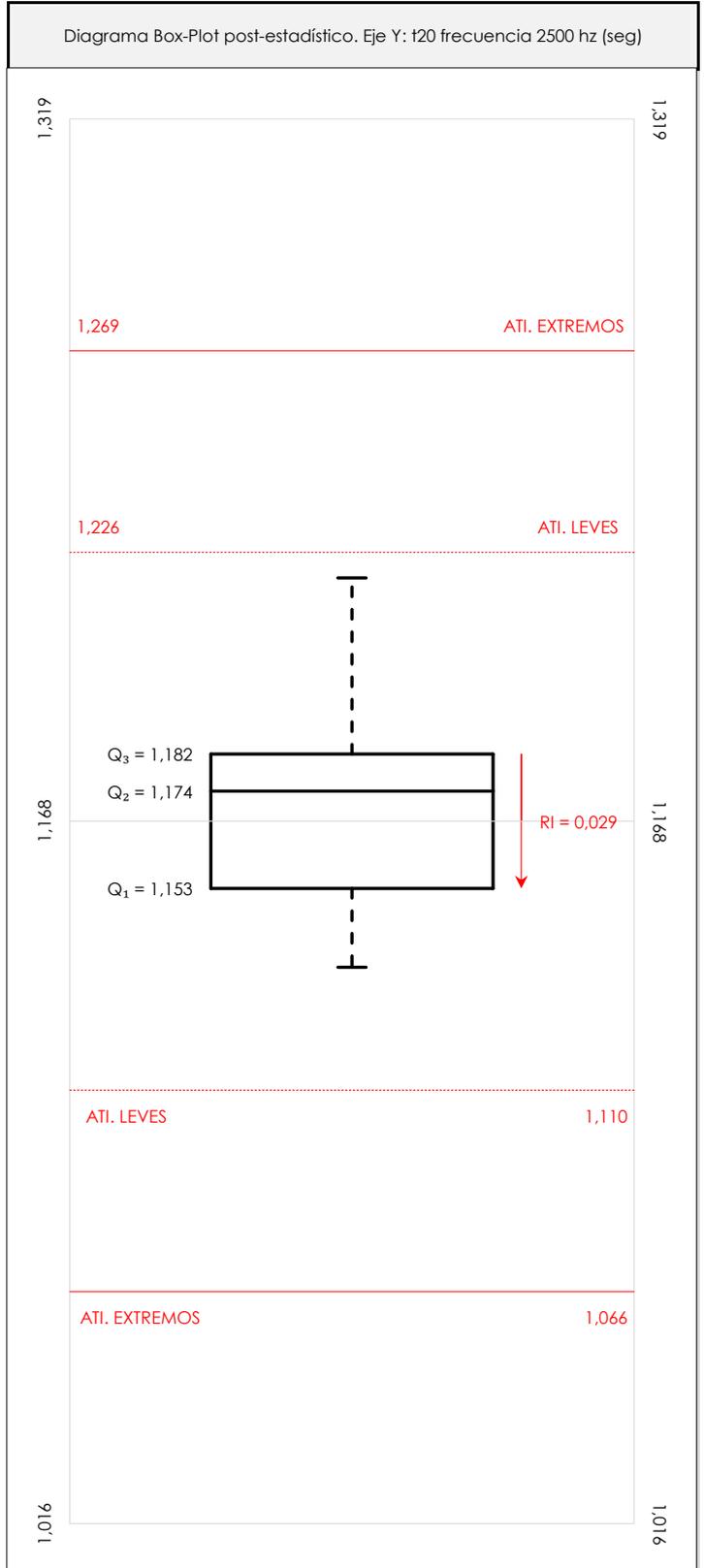
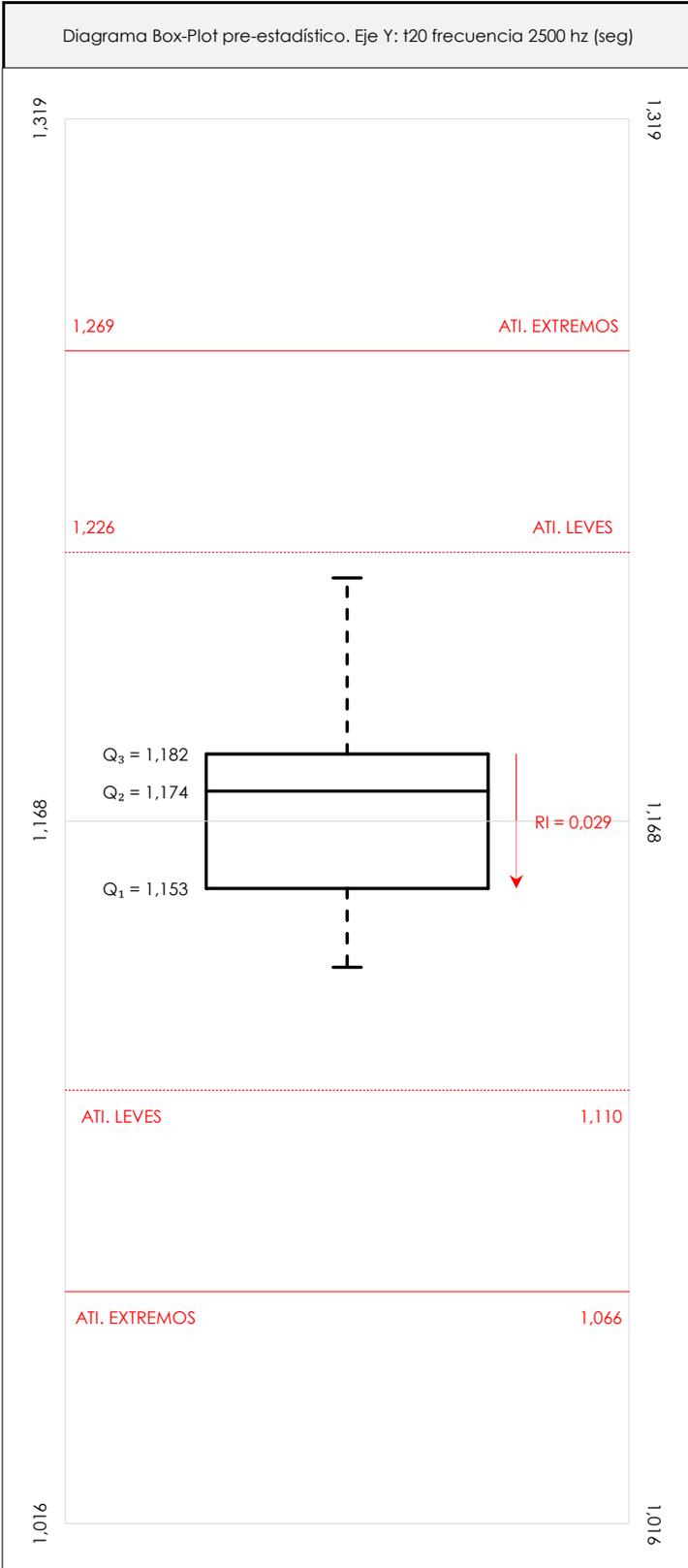
**SACE**  
Subcomisión Administrativa para la Calidad de la Edificación



## T20 FRECUENCIA 2500 HZ (seg)

### Análisis D. Estudios post-estadísticos

#### Apartado D.3. Diagramas Box-Plot o de Caja y Bigotes



**ANÁLISIS GRÁFICO DE CAJA Y BIGOTES (ANTES Y DESPUES DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO)**

Diagramas de caja y bigotes (Box Plot) de las medias aritméticas de los resultados aportados por los laboratorios antes (diagrama de la izquierda. Este incluye valores aberrantes y anómalos) y después (diagrama de la derecha. No incluye los valores descartados a lo largo del estudio) de análisis estadístico.

En ambos se han representado: el primer cuartil (Q<sub>1</sub> ; 25% de los datos), el segundo cuartil o la mediana (Q<sub>2</sub> ; 50% de los datos), el tercer cuartil (Q<sub>3</sub> ; 75% de los datos), el rango intercuartil (RI ; cuartil tres menos cuartil uno) y los límites de valores atípicos leves (f<sub>3</sub> y f<sub>1</sub> para el máximo y mínimo respectivamente ; líneas discontinuas de color rojo) y extremos (f<sub>3</sub><sup>\*</sup> y f<sub>1</sub><sup>\*</sup> para el máximo y mínimo respectivamente ; líneas continuas de color rojo).

**CICE**Comité de infraestructuras para la  
Calidad de la Edificación**SACE**Subcomisión Administrativa para la  
Calidad de la Edificación**T20 FRECUENCIA 2500 HZ (seg)****Conclusiones**

## Determinación de la repetibilidad y reproducibilidad

El análisis estadístico EILA20 para el ensayo "T20 FRECUENCIA 2500 HZ", ha contado con la participación de un total de 8 laboratorios, debiendo haber aportado cada uno de ellos, un total de 5 determinaciones individuales además de su valor medio.

Tras analizar los resultados podemos concluir que, para cumplir con los criterios estadísticos establecidos en el informe, un total de 0 laboratorios han sido apartados de la evaluación final: 0 en el Análisis Pre-Estadístico (por no cumplir el criterio de validación y/o el procedimiento de ejecución recogido en la norma de ensayo) y 0 en el Análisis Estadístico (por resultar anómalos o aberrantes en las técnicas gráficas de consistencia de Mandel y en los ensayos de detección de resultados numéricos de Cochran y Grubbs), al cabo de 1 iteraciones.

De cada uno de los análisis (pre-estadístico y estadístico), se obtienen las siguientes tablas:

TIPO DE ANALISIS	PRE-ESTADISTICO						ESTADISTICO					
Variables	$X_{i1}$	$X_{i2}$	$X_{i3}$	$X_{i4}$	$X_{i5}$	$\bar{X}_{i\text{arit}}$	$X_{i1}$	$X_{i2}$	$X_{i3}$	$X_{i4}$	$X_{i5}$	$\bar{X}_{i\text{arit}}$
Valor Máximo (max ; %)	1,23	1,24	1,24	1,24	1,24	1,22	1,23	1,24	1,24	1,24	1,24	1,22
Valor Mínimo (min ; %)	1,10	1,14	1,14	1,11	1,14	1,14	1,10	1,14	1,14	1,11	1,14	1,14
Valor Promedio (M ; %)	1,16	1,18	1,17	1,16	1,18	1,17	1,16	1,18	1,17	1,16	1,18	1,17
Desviación Típica (SDL ; ---)	0,04	0,04	0,03	0,05	0,04	0,03	0,04	0,04	0,03	0,05	0,04	0,03
Coef. Variación (CV ; ---)	0,04	0,03	0,03	0,04	0,03	0,02	0,04	0,03	0,03	0,04	0,03	0,02
VARIABLES	$S_r^2$	r	$S_L^2$	$S_R^2$	R	$S_r^2$	r	$S_L^2$	$S_R^2$	R		
Valor Calculado	0,001	0,090	0,001	0,002	0,110	0,001	0,090	0,001	0,002	0,110		
Valor Referencia												

Asimismo, acompañando a éstas tablas y dependiendo del análisis que se esté llevando a cabo, se introducen los indicadores estadísticos "h y k" de Mandel y los valores críticos "C" de Cochran y " $G_{\text{sim}}$  y  $G_{\text{Dob}}$ " de Grubbs, todos ellos adimensionales, obtenidos de las tablas 4, 5, 6 y 7 de la norma UNE 82009-2:1999 o mediante ecuación matemática, en función del número de laboratorios y del número de ensayos efectuados por cada uno de ellos:

TIPO DE ANALISIS	PRE-ESTADISTICO					ESTADISTICO				
VARIABLES	h	k	C	$G_{\text{sim}}$	$G_{\text{Dob}}$	h	k	C	$G_{\text{sim}}$	$G_{\text{Dob}}$
Nivel de Significación 1%	2,06	1,71	0,463	2,274	0,0563	2,06	1,71	0,463	2,274	0,0563
Nivel de Significación 5%	1,75	1,50	0,391	2,126	0,1101	1,75	1,50	0,391	2,126	0,1101

Con los resultados de los laboratorios, que tras los dos análisis estadísticos son evaluados por Z-Score, se han obtenido: 8 resultados satisfactorios, 0 resultados dudosos y 0 resultados insatisfactorios.

Respecto a los métodos para determinar la repetibilidad y la reproducibilidad de las mediciones se van a basar en la evaluación estadística recogida en la ISO 17025, sobre las dispersiones de los resultados individuales y su media, en forma de varianzas o desviaciones estándar, también conocida como ANOVA (siglas de analysis of variance).

Sabiendo que una varianza es la suma de cuadrados dividida por un número, que se llama grados de libertad, que depende del número de participantes menos 1, se puede decir que la imprecisión del ensayo se descompone en dos factores: uno de ellos genera la imprecisión mínima, presente en condiciones de repetibilidad (variabilidad intralaboratorio) y el otro la imprecisión adicional, obtenida en condiciones de reproducibilidad (variabilidad debida al cambio de laboratorio).

Las condiciones de repetibilidad de este ensayo son: mismo laborante, mismo laboratorio y mismo equipo de medición utilizado dentro de un período de tiempo corto. Por ende, las condiciones de reproducibilidad para la misma muestra y ensayo, cambian en: el laborante, el laboratorio, el equipo y las condiciones de uso y tiempo.

**CICE**

Comité de infraestructuras para la  
Calidad de la Edificación



**SACE**

Subcomisión Administrativa para la  
Calidad de la Edificación

# ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE ACÚSTICA

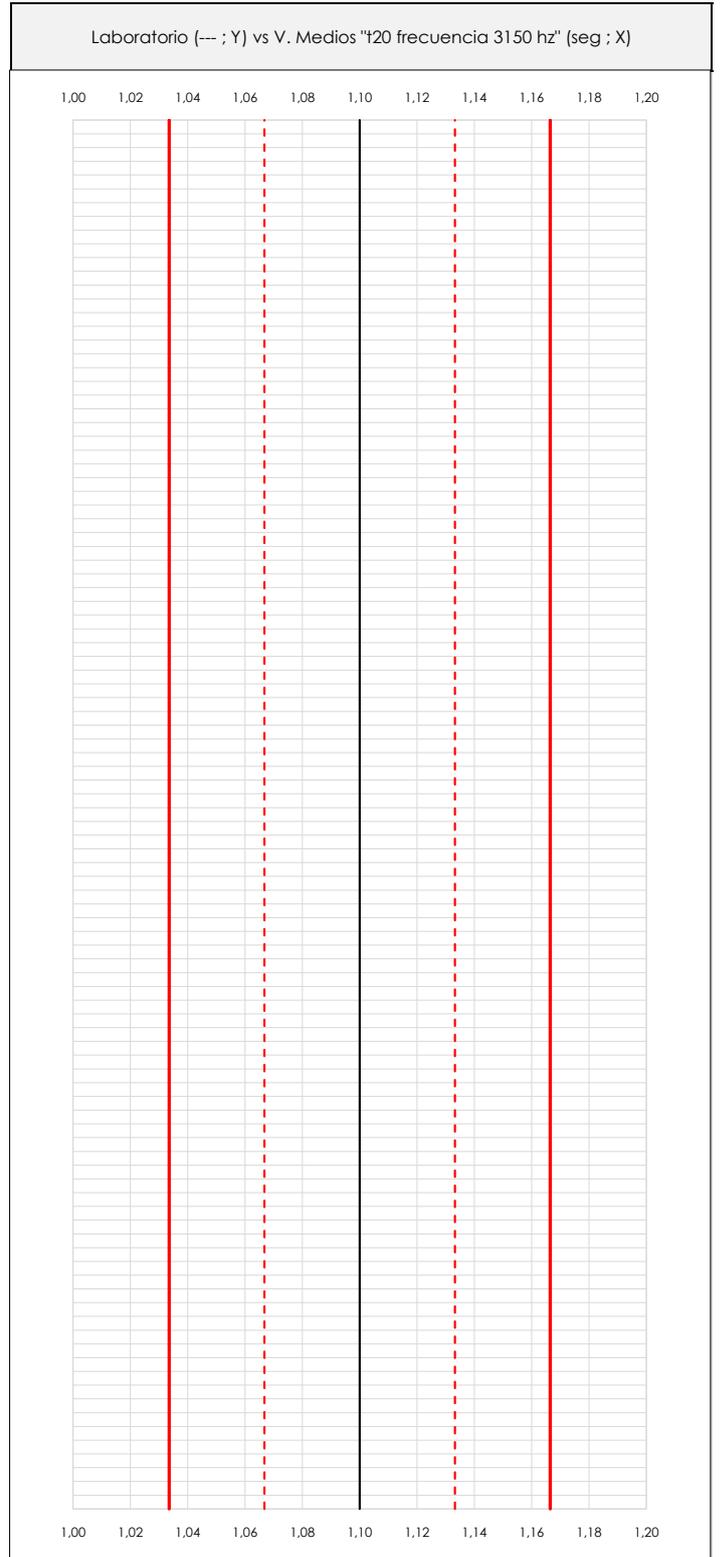
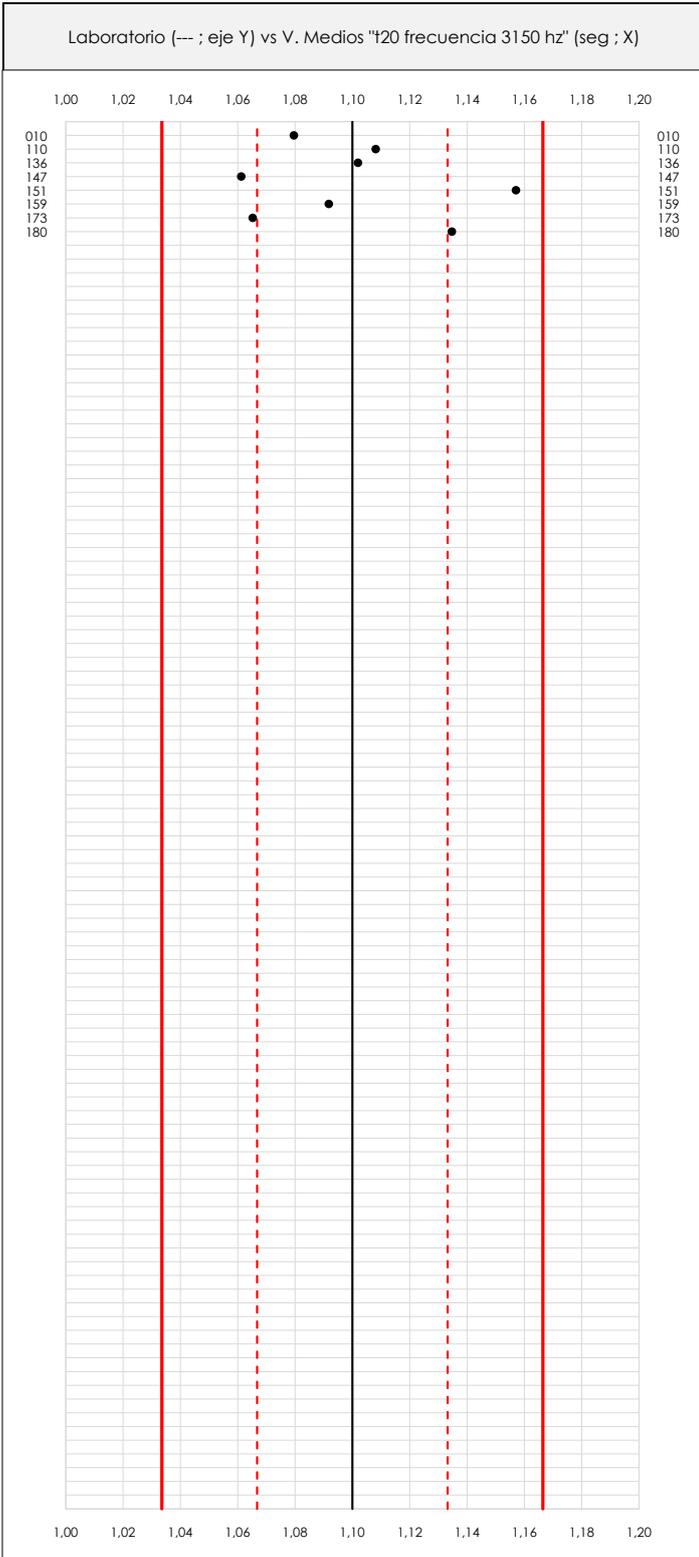
T20 FRECUENCIA 3150 HZ



# T20 FRECUENCIA 3150 HZ (seg)

## Análisis A. Estudio pre-estadístico

### Apartado A.1. Gráficos de dispersión de valores medios



**ANÁLISIS GRÁFICO DE DISPERSIÓN MEDIA (ANTES DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO)**

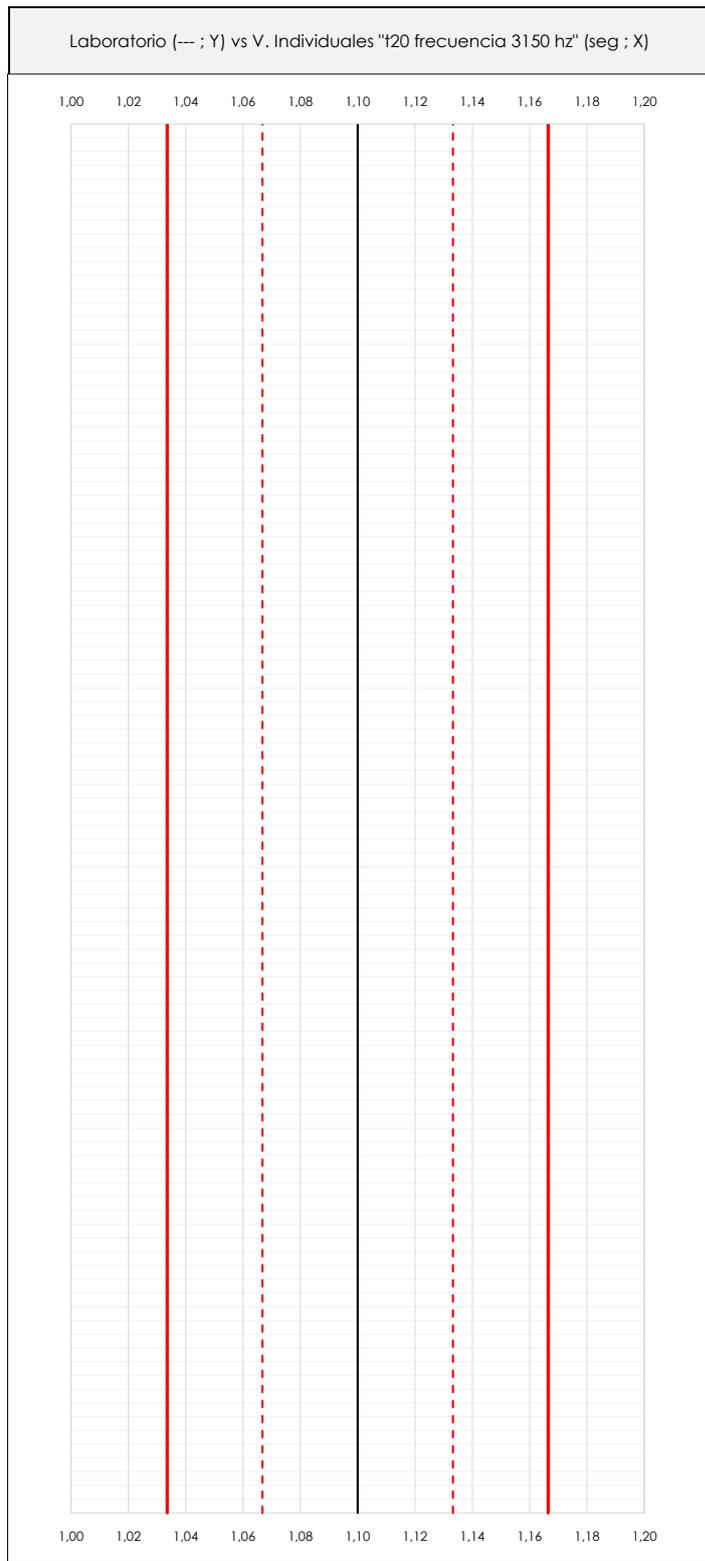
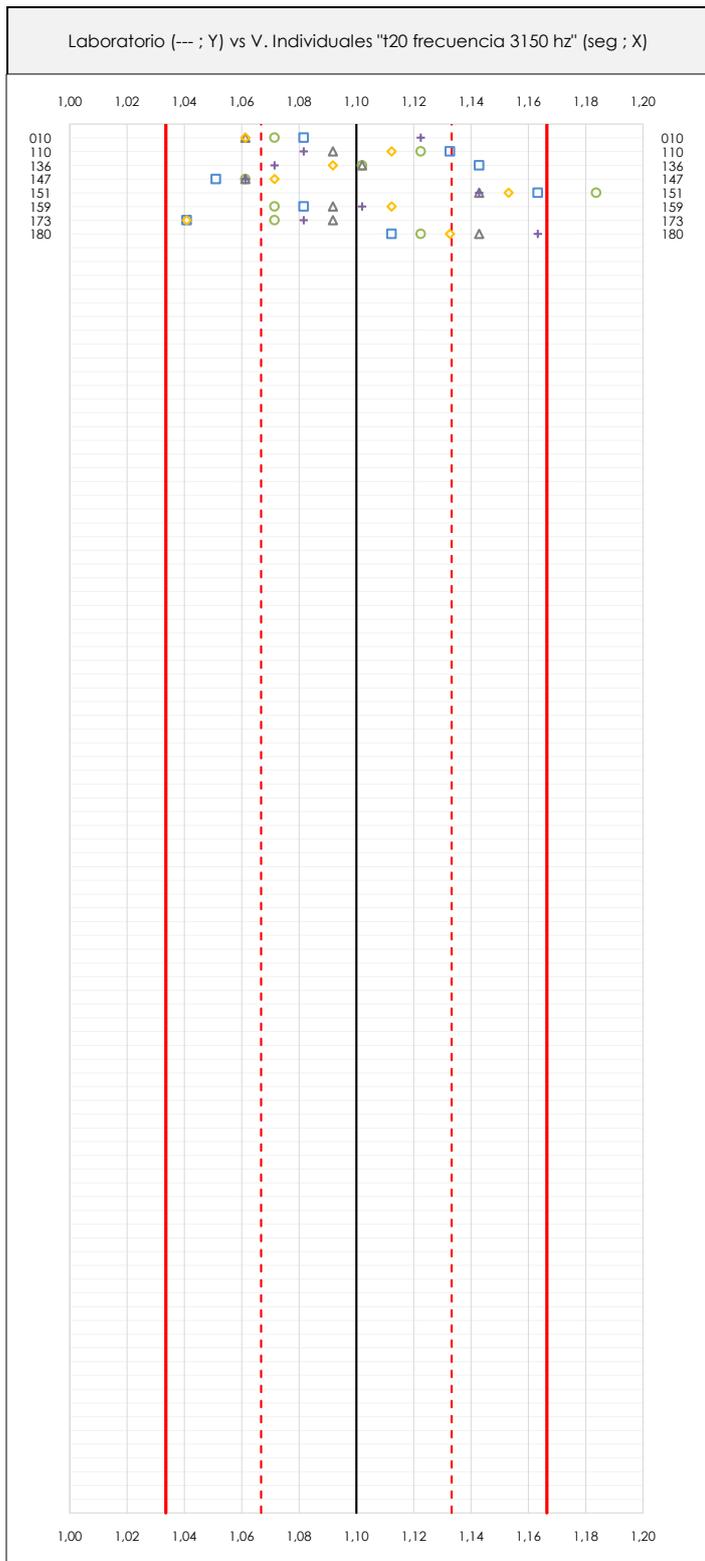
Dispersión de las medias aritméticas intra-laboratorios respecto de la media aritmética inter-laboratorios (1,10 ; línea negra de trazo continuo), la media aritmética inter-laboratorios más/menos la desviación típica (1,13/1,07 ; líneas rojas de trazo punteado) y la media aritmética inter-laboratorios más/menos el doble de la desviación típica (1,16/1,03 ; líneas rojas de trazo continuo).

En el eje Y (adimensional) quedan reflejados los códigos de los laboratorios participantes y en el eje X (las unidades son las mismas que las del ensayo que se está analizando) las medias aritméticas intra-laboratorios representadas por punto de color negro.

## T20 FRECUENCIA 3150 HZ (seg)

### Análisis A. Estudio pre-estadístico

#### Apartado A.2. Gráficos de dispersión de valores individuales



#### ANÁLISIS GRÁFICOS DE DISPERSIÓN INDIVIDUAL (ANTES DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO)

Dispersión de los valores individuales respecto de la media aritmética inter-laboratorios (1,10 ; línea negra de trazo continuo), la media aritmética inter-laboratorios más/menos la desviación típica (1,13/1,07 ; líneas rojas de trazo punteado) y la media aritmética inter-laboratorios más/menos el doble de la desviación típica (1,16/1,03 ; líneas rojas de trazo continuo).

En el eje Y (adimensional) queda reflejado el código del laboratorio participante y en el eje X (las unidades son las de los resultados del ensayo que se está analizando) los resultados individuales: el primero ( $X_{i,1}$ ) se representa con un cuadrado azul, el segundo ( $X_{i,2}$ ) con un círculo verde, el tercero ( $X_{i,3}$ ) con un triángulo gris y el cuarto ( $X_{i,4}$ ) con un rombo amarillo.



## T20 FRECUENCIA 3150 HZ (seg)

### Análisis A. Estudio pre-estadístico

#### Apartado A.3. Determinaciones matemáticas

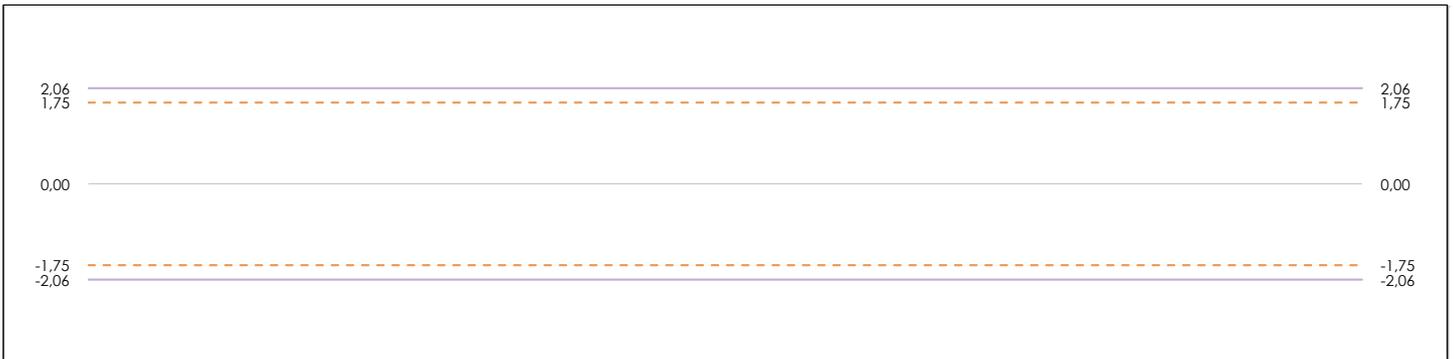
Lab	$X_{i1}$	$X_{i2}$	$X_{i3}$	$X_{i4}$	$X_{i5}$	$\bar{X}_{i \text{arit}}$	$S_{Li}$	$D_{i \text{arit}} \%$	Pasa A	Observaciones
10	1,08	1,07	1,06	1,06	1,12	1,08	0,025	-1,82	✓	
110	1,13	1,12	1,09	1,11	1,08	1,11	0,021	0,73	✓	
136	1,14	1,10	1,10	1,09	1,07	1,10	0,025	0,18	✓	
147	1,05	1,06	1,06	1,07	1,06	1,06	0,007	-3,46	✓	
151	1,16	1,18	1,14	1,15	1,14	1,15	0,017	5,10	✓	
159	1,08	1,07	1,09	1,11	1,10	1,09	0,016	-0,73	✓	
173	1,04	1,07	1,09	1,04	1,08	1,06	0,023	-3,10	✓	
180	1,11	1,12	1,14	1,13	1,16	1,13	0,019	3,10	✓	

**NOTAS:**

- <sup>01</sup> " $X_{ij}$ " con  $j = 1, 2, 3, 4, 5$ " es cada uno de los resultados individuales aportados por cada laboratorio, " $\bar{X}_{i \text{arit}}$ " es la media aritmética intralaboratorio calculada sin redondear.
- <sup>02</sup> " $S_{Li}$ " es la desviación típica intralaboratorios y " $D_{i \text{arit}} \%$ " la desviación, en porcentaje, de la media aritmética intralaboratorios calculada respecto de la media aritmética interlaboratorios.
- <sup>03</sup> Los resultados aportados por los laboratorios podrán ser descartados (X) si no cumplen con los criterios establecidos en el protocolo EILA o si no han realizado el ensayo conforme a norma.
- <sup>04</sup> El código colorimétrico empleado para las celdas es: [máximo] [mínimo]

**T20 FRECUENCIA 3150 HZ (seg)**  
**Análisis B. Mandel, Cochran y Grubbs**

Apartado B.1. Gráfico de consistencia inter-laboratorios "h" de Mandel



**ANÁLISIS GRÁFICO DE CONSISTENCIA INTER-LABORATORIOS**

Análisis gráfico de consistencia inter-laboratorios "h" de Mandel. En él se representan las medias aritméticas inter-laboratorios y los indicadores estadísticos para un 1% y un 5% de significación (valores obtenidos de la tabla 6 norma UNE 82009-2:1999 o mediante ecuación matemática, en función del número de laboratorios participantes).

Las líneas continuas de color morado (indicador estadístico para un 1% de significación) marca el límite a partir del cual un valor es considerado aberrante y las discontinuas de color rosáceo (indicador estadístico para un 5% de significación), cuando es considerado anómalo. Una equis de color rojo (X) sobre el eje cero indica que el laboratorio ha sido descartado.

**CICE**  
Comité de infraestructuras para la  
Calidad de la Edificación

**SACE**  
Subcomisión Administrativa para la  
Calidad de la Edificación



## T20 FRECUENCIA 3150 HZ (seg)

### Análisis B. Mandel, Cochran y Grubbs

Apartado B.2. Gráfico de consistencia intra-laboratorios "k" de Mandel



#### ANÁLISIS GRÁFICO DE CONSISTENCIA INTRA-LABORATORIOS

Análisis gráfico de consistencia intra-laboratorios "k" de Mandel. En él se representan las medias aritméticas intra-laboratorios y los indicadores estadísticos para un 1% y un 5% de significación (valores obtenidos de la tabla 6 norma UNE 82009-2:1999 o mediante ecuación matemática, en función del número de laboratorios participantes y el número de ensayos efectuados).

Las líneas continuas de color morado (indicador estadístico para un 1% de significación) marca el límite a partir del cual un valor es considerado aberrante y las discontinuas de de color rosaceo (indicador estadístico para un 5% de significación), cuando es considerado anómalo. Una equis de color rojo (X) sobre el eje cero indica que el laboratorio ha sido descartado.



## T20 FRECUENCIA 3150 HZ (seg)

### Análisis B. Mandel, Cochran y Grubbs

Apartado B.3. Determinaciones matemáticas

Lab	$X_{i1}$	$X_{i2}$	$X_{i3}$	$X_{i4}$	$X_{i5}$	$\bar{X}_{i \text{arit}}$	$S_{Li}$	$D_{i \text{arit}} \%$	$h_i$	$k_i$	$C_i$	$G_{\text{sim Inf}}$	$G_{\text{sim Sup}}$	$G_{\text{Dob Inf}}$	$G_{\text{Dob Sup}}$	Pasa B
10	1,080	1,070	1,060	1,060	1,120	1,078	0,025	-1,82	-0,61	1,25						✓
110	1,13	1,120	1,090	1,110	1,080	1,106	0,021	0,73	0,25	1,04						✓
136	1,14	1,100	1,100	1,090	1,070	1,100	0,025	0,18	0,06	1,28						✓
147	1,05	1,060	1,060	1,070	1,060	1,060	0,007	-3,46	-1,17	0,35		1,167		0,5334		✓
151	1,16	1,180	1,140	1,150	1,140	1,154	0,017	5,10	1,72	0,84			1,720		0,2400	✓
159	1,08	1,070	1,090	1,110	1,100	1,090	0,016	-0,73	-0,25	0,79						✓
173	1,04	1,070	1,090	1,040	1,080	1,064	0,023	-3,10	-1,04	1,15				0,5334		✓
180	1,11	1,120	1,140	1,130	1,160	1,132	0,019	3,10	1,04	0,96					0,2400	✓

**NOTAS:**

<sup>01</sup> " $X_{ij}$  con  $j = 1, 2, 3, 4, 5$ " es cada uno de los resultados individuales aportados por cada laboratorio, " $\bar{X}_{i \text{arit}}$ " es la media aritmética intralaboratorio calculada sin redondear.

<sup>02</sup> " $S_{Li}$ " es la desviación típica intralaboratorios y " $D_{i \text{arit}} \%$ " la desviación, en porcentaje, de la media aritmética intralaboratorios calculada respecto de la media aritmética interlaboratorios.

<sup>03</sup> " $h_i$  y  $k_i$ ", " $C_i$ ", " $G_{\text{sim}}$  y  $G_{\text{Dob}}$ " hacen referencia a los estadísticos de Mandel, Cochran y Grubbs, respectivamente, obtenidos para cada laboratorio en función de los resultados aportados.

<sup>04</sup> El código colorimétrico empleado para las celdas es:

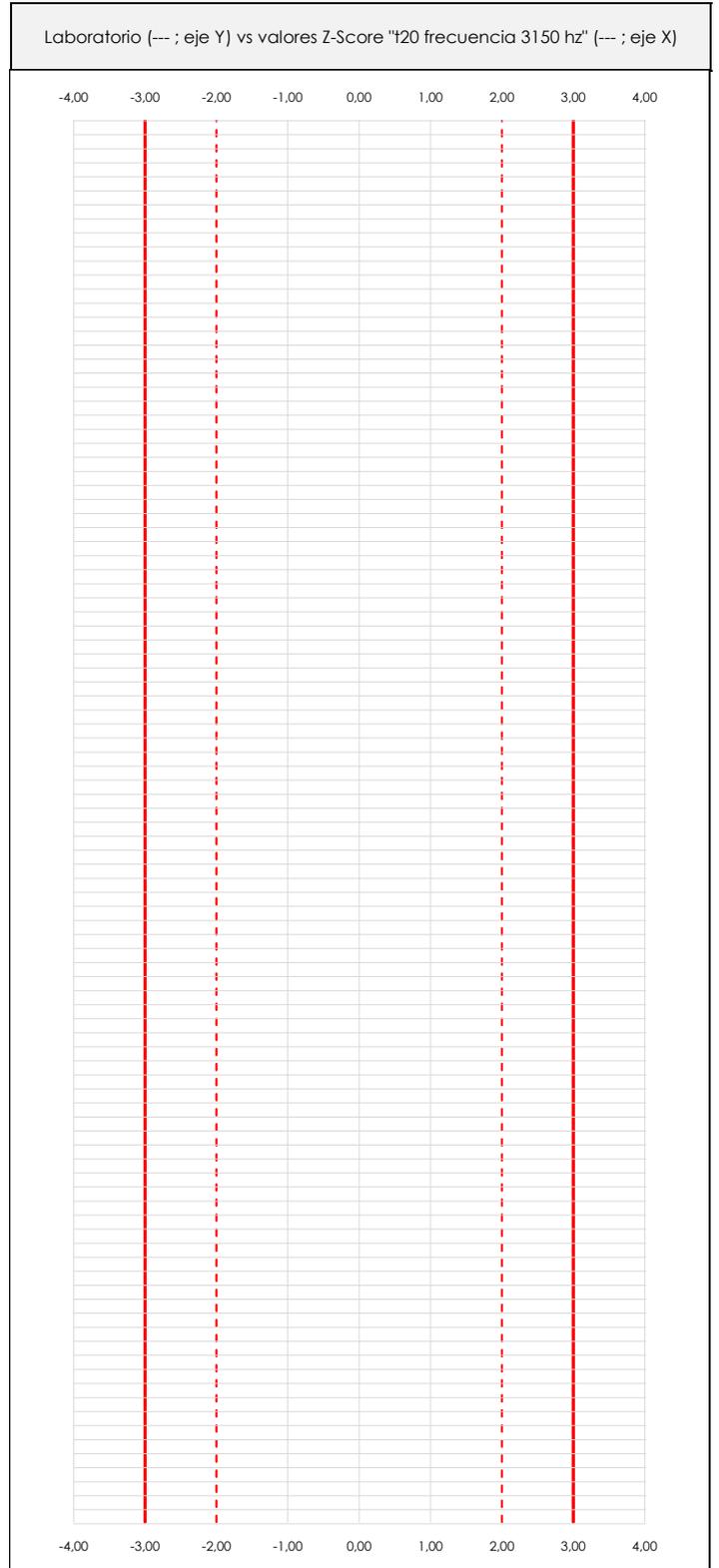
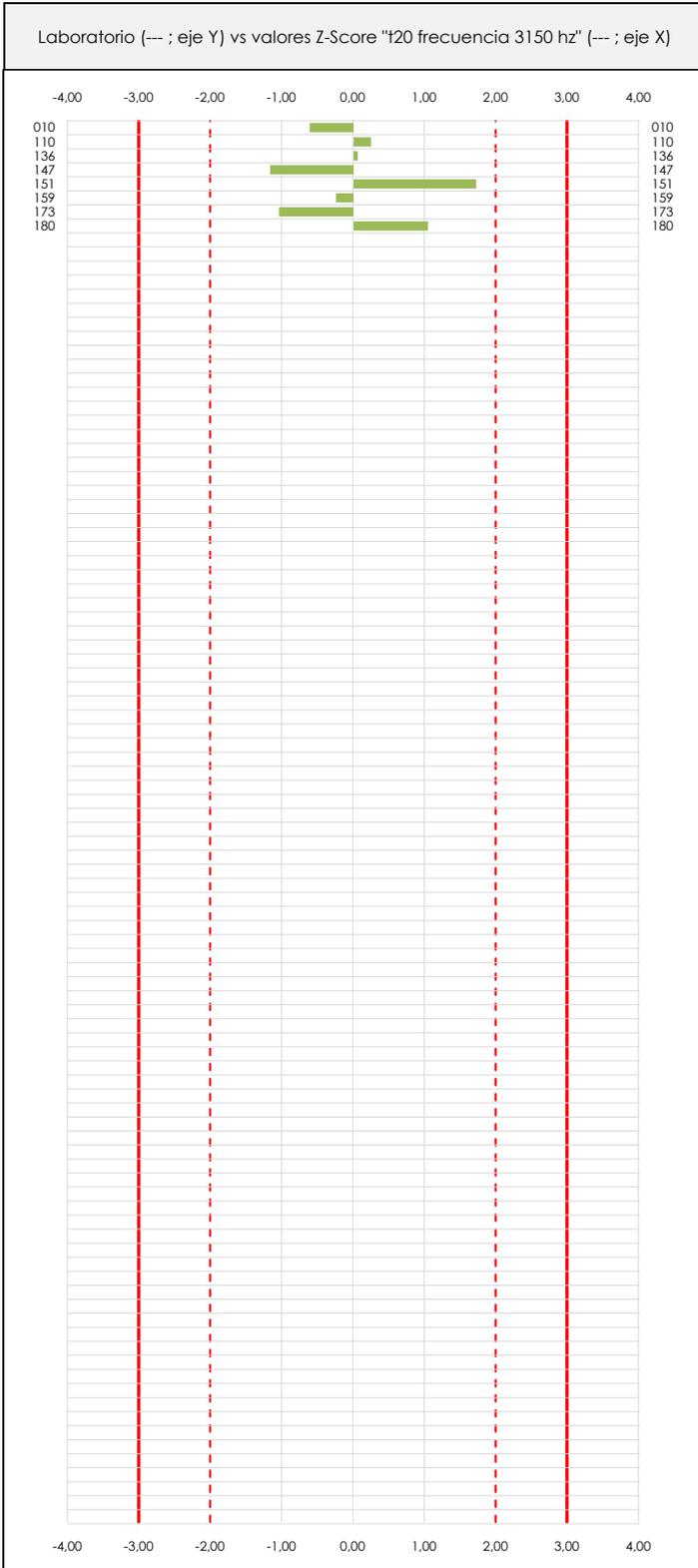
[aberrante]	[anómalo]	[máximo]	[mínimo]
-------------	-----------	----------	----------



## T20 FRECUENCIA 3150 HZ (seg)

### Análisis C. Evaluación Z-Score

#### Apartado C.1. Análisis gráfico Altman Z-Score



#### ANÁLISIS GRÁFICO Z-SCORE

Diagrama Z-Score para los resultados aportados por los laboratorios. Estos se considerarán satisfactorios (S) si el valor absoluto del Z-Score es menor o igual a 2 unidades, dudoso si está comprendido entre 2 y 3 unidades e insatisfactorio si es mayor o igual a 3 unidades.

Los resultados satisfactorios quedan reflejados entre las dos líneas rojas discontinuas, líneas de referencia en la evaluación Z-Score.



## T20 FRECUENCIA 3150 HZ (seg)

### Análisis C. Evaluación Z-Score

#### Apartado C.2. Determinaciones matemáticas

Lab	X <sub>i1</sub>	X <sub>i2</sub>	X <sub>i3</sub>	X <sub>i4</sub>	X <sub>i5</sub>	$\bar{X}_i$ arit	S <sub>Li</sub>	D <sub>i arit</sub> %	Pasa A	Pasa B	Total	Causa	Iteración	Z-Score	Evaluación
10	1,08	1,07	1,06	1,06	1,12	1,08	0,025	-1,82	✓	✓	✓			-0,614	S
110	1,13	1,12	1,09	1,11	1,08	1,11	0,021	0,73	✓	✓	✓			0,246	S
136	1,14	1,10	1,10	1,09	1,07	1,10	0,025	0,18	✓	✓	✓			0,061	S
147	1,05	1,06	1,06	1,07	1,06	1,06	0,007	-3,46	✓	✓	✓			-1,167	S
151	1,16	1,18	1,14	1,15	1,14	1,15	0,017	5,10	✓	✓	✓			1,720	S
159	1,08	1,07	1,09	1,11	1,10	1,09	0,016	-0,73	✓	✓	✓			-0,246	S
173	1,04	1,07	1,09	1,04	1,08	1,06	0,023	-3,10	✓	✓	✓			-1,044	S
180	1,11	1,12	1,14	1,13	1,16	1,13	0,019	3,10	✓	✓	✓			1,044	S

**NOTAS:**

<sup>01</sup> "X<sub>i j</sub> con j = 1, 2, 3, 4, 5" es cada uno de los resultados individuales aportados por cada laboratorio, " $\bar{X}_i$  arit" es la media aritmética intralaboratorio calculada sin redondear.

<sup>02</sup> "S<sub>Li</sub>" es la desviación típica intralaboratorios y "D<sub>i arit</sub> %" la desviación, en porcentaje, de la media aritmética intralaboratorios calculada respecto de la media aritmética interlaboratorios.

<sup>03</sup> La evaluación Z-Score (ZS) será considerada de tipo: [Satisfactorio (S) - si | ZS | ≤ 2] [Dudoso (D) - si 2 < | ZS | ≤ 3] [Insatisfactorio (I) - si | ZS | > 3].

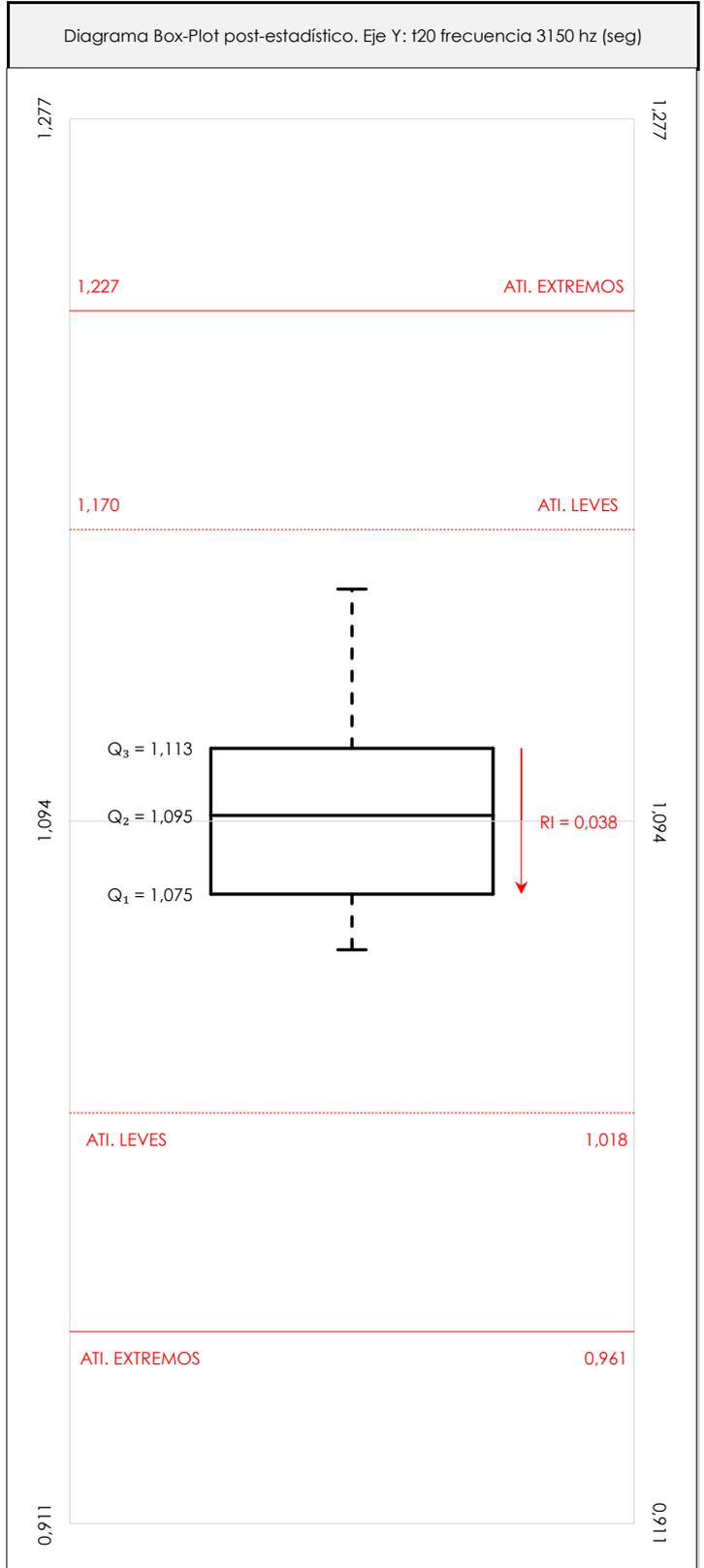
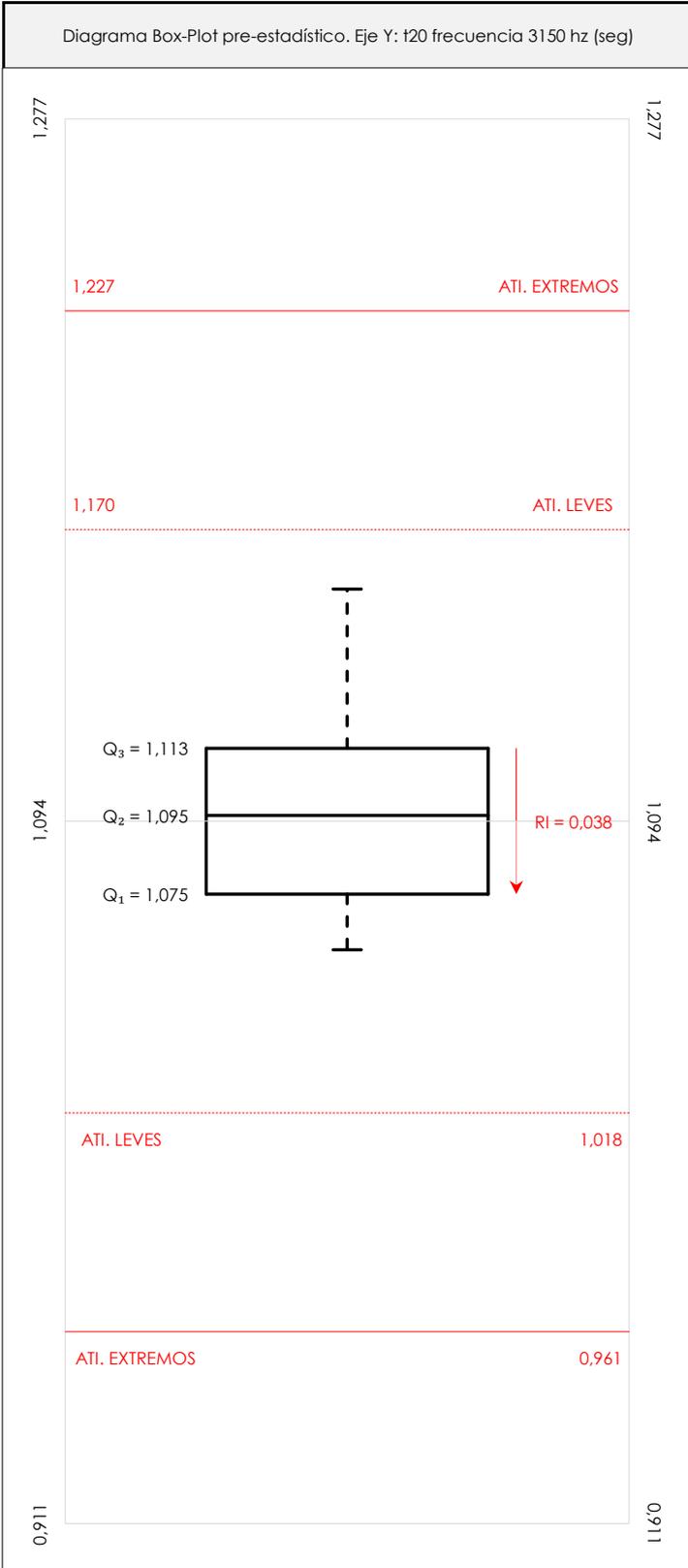
<sup>04</sup> El código colorimétrico empleado para las celdas es:

[dudoso]

[insatisfactorio]

**T20 FRECUENCIA 3150 HZ (seg)**  
**Análisis D. Estudios post-estadísticos**

Apartado D.3. Diagramas Box-Plot o de Caja y Bigotes



**ANÁLISIS GRÁFICO DE CAJA Y BIGOTES (ANTES Y DESPUES DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO)**

Diagramas de caja y bigotes (Box Plot) de las medias aritméticas de los resultados aportados por los laboratorios antes (diagrama de la izquierda. Este incluye valores aberrantes y anómalos) y después (diagrama de la derecha. No incluye los valores descartados a lo largo del estudio) de análisis estadístico.

En ambos se han representado: el primer cuartil (Q<sub>1</sub> ; 25% de los datos), el segundo cuartil o la mediana (Q<sub>2</sub> ; 50% de los datos), el tercer cuartil (Q<sub>3</sub> ; 75% de los datos), el rango intercuartílico (RI ; cuartil tres menos cuartil uno) y los límites de valores atípicos leves (f<sub>3</sub> y f<sub>1</sub> para el máximo y mínimo respectivamente ; líneas discontinuas de color rojo) y extremos (f<sub>3</sub>\* y f<sub>1</sub>\* para el máximo y mínimo respectivamente ; líneas continuas de color rojo).

**CICE**Comité de infraestructuras para la  
Calidad de la Edificación**SACE**Subcomisión Administrativa para la  
Calidad de la Edificación**T20 FRECUENCIA 3150 HZ (seg)****Conclusiones**

## Determinación de la repetibilidad y reproducibilidad

El análisis estadístico EILA20 para el ensayo "T20 FRECUENCIA 3150 HZ", ha contado con la participación de un total de 8 laboratorios, debiendo haber aportado cada uno de ellos, un total de 5 determinaciones individuales además de su valor medio.

Tras analizar los resultados podemos concluir que, para cumplir con los criterios estadísticos establecidos en el informe, un total de 0 laboratorios han sido apartados de la evaluación final: 0 en el Análisis Pre-Estadístico (por no cumplir el criterio de validación y/o el procedimiento de ejecución recogido en la norma de ensayo) y 0 en el Análisis Estadístico (por resultar anómalos o aberrantes en las técnicas gráficas de consistencia de Mandel y en los ensayos de detección de resultados numéricos de Cochran y Grubbs), al cabo de 1 iteraciones.

De cada uno de los análisis (pre-estadístico y estadístico), se obtienen las siguientes tablas:

TIPO DE ANALISIS	PRE-ESTADISTICO						ESTADISTICO					
Variables	$X_{i1}$	$X_{i2}$	$X_{i3}$	$X_{i4}$	$X_{i5}$	$\bar{X}_{i\text{arit}}$	$X_{i1}$	$X_{i2}$	$X_{i3}$	$X_{i4}$	$X_{i5}$	$\bar{X}_{i\text{arit}}$
Valor Máximo (max ; %)	1,16	1,18	1,14	1,15	1,16	1,15	1,16	1,18	1,14	1,15	1,16	1,15
Valor Mínimo (min ; %)	1,04	1,06	1,06	1,04	1,06	1,06	1,04	1,06	1,06	1,04	1,06	1,06
Valor Promedio (M ; %)	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10
Desviación Típica (SDL ; ---)	0,04	0,04	0,03	0,04	0,04	0,03	0,04	0,04	0,03	0,04	0,04	0,03
Coef. Variación (CV ; ---)	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03
VARIABLES	$S_r^2$	r	$S_L^2$	$S_R^2$	R	$S_r^2$	r	$S_L^2$	$S_R^2$	R		
Valor Calculado	0,000	0,055	0,001	0,001	0,103	0,000	0,055	0,001	0,001	0,103		
Valor Referencia												

Asimismo, acompañando a éstas tablas y dependiendo del análisis que se esté llevando a cabo, se introducen los indicadores estadísticos "h y k" de Mandel y los valores críticos "C" de Cochran y " $G_{\text{sim}}$  y  $G_{\text{Dob}}$ " de Grubbs, todos ellos adimensionales, obtenidos de las tablas 4, 5, 6 y 7 de la norma UNE 82009-2:1999 o mediante ecuación matemática, en función del número de laboratorios y del número de ensayos efectuados por cada uno de ellos:

TIPO DE ANALISIS	PRE-ESTADISTICO					ESTADISTICO				
VARIABLES	h	k	C	$G_{\text{sim}}$	$G_{\text{Dob}}$	h	k	C	$G_{\text{sim}}$	$G_{\text{Dob}}$
Nivel de Significación 1%	2,06	1,71	0,463	2,274	0,0563	2,06	1,71	0,463	2,274	0,0563
Nivel de Significación 5%	1,75	1,50	0,391	2,126	0,1101	1,75	1,50	0,391	2,126	0,1101

Con los resultados de los laboratorios, que tras los dos análisis estadísticos son evaluados por Z-Score, se han obtenido: 8 resultados satisfactorios, 0 resultados dudosos y 0 resultados insatisfactorios.

Respecto a los métodos para determinar la repetibilidad y la reproducibilidad de las mediciones se van a basar en la evaluación estadística recogida en la ISO 17025, sobre las dispersiones de los resultados individuales y su media, en forma de varianzas o desviaciones estándar, también conocida como ANOVA (siglas de analysis of variance).

Sabiendo que una varianza es la suma de cuadrados dividida por un número, que se llama grados de libertad, que depende del número de participantes menos 1, se puede decir que la imprecisión del ensayo se descompone en dos factores: uno de ellos genera la imprecisión mínima, presente en condiciones de repetibilidad (variabilidad intralaboratorio) y el otro la imprecisión adicional, obtenida en condiciones de reproducibilidad (variabilidad debida al cambio de laboratorio).

Las condiciones de repetibilidad de este ensayo son: mismo laborante, mismo laboratorio y mismo equipo de medición utilizado dentro de un período de tiempo corto. Por ende, las condiciones de reproducibilidad para la misma muestra y ensayo, cambian en: el laborante, el laboratorio, el equipo y las condiciones de uso y tiempo.

**CICE**

Comité de infraestructuras para la  
Calidad de la Edificación



**SACE**

Subcomisión Administrativa para la  
Calidad de la Edificación

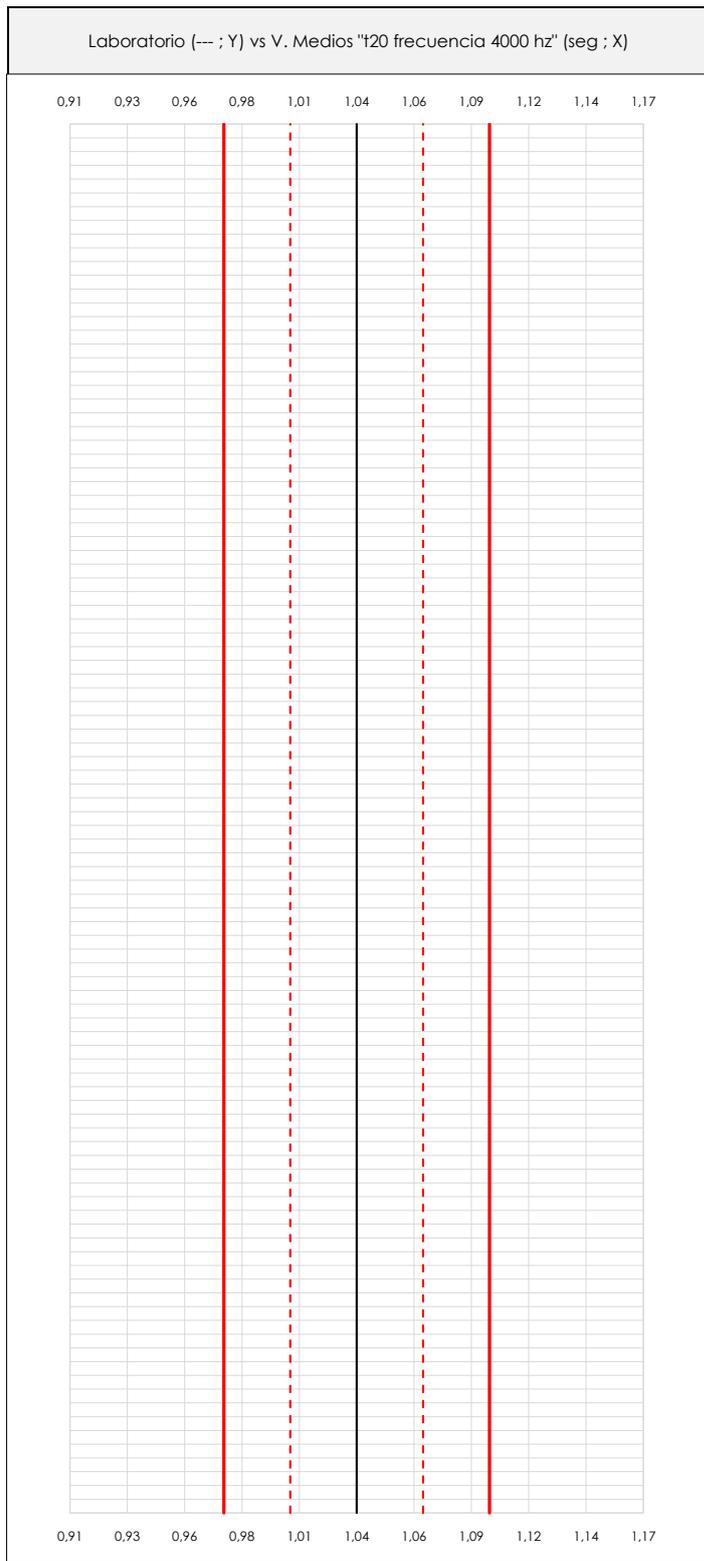
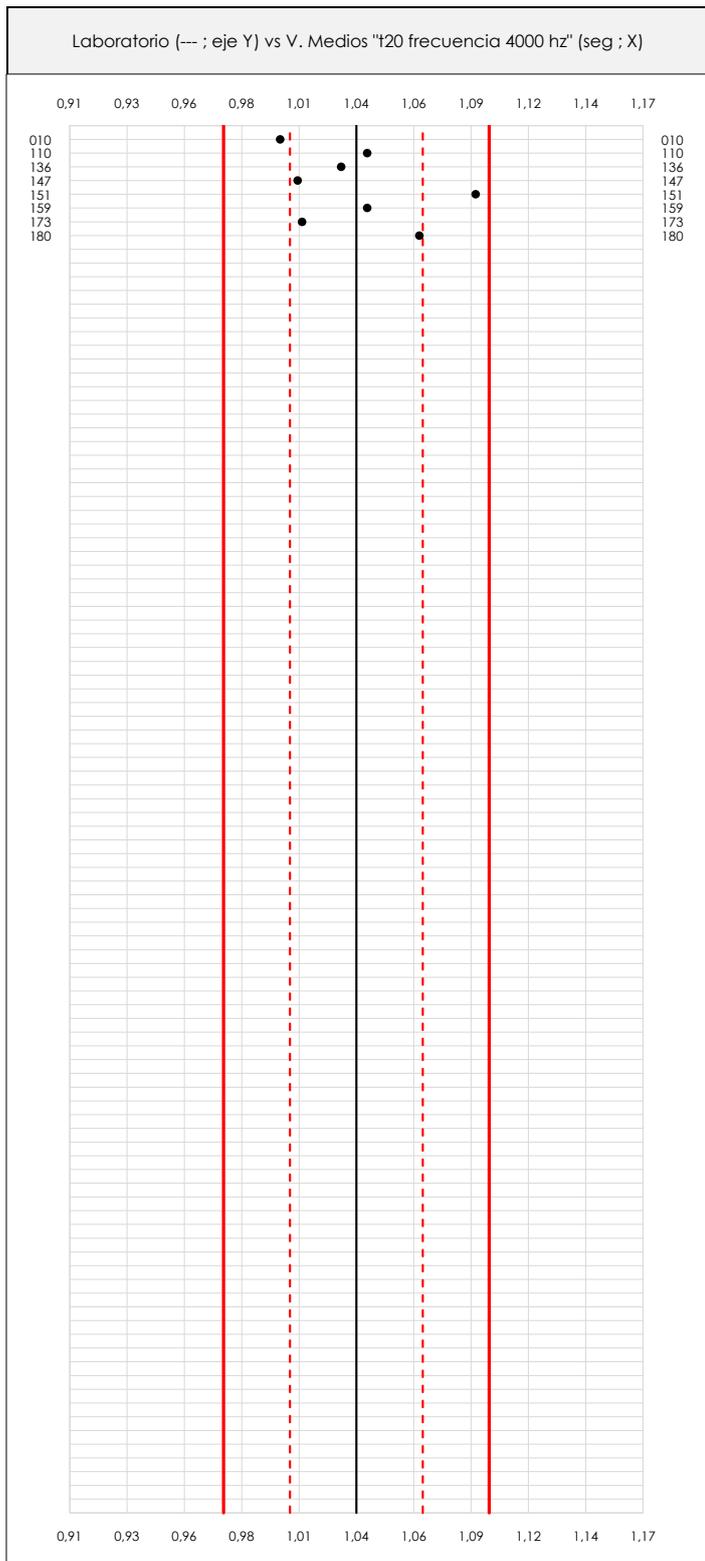
# ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE ACÚSTICA

T20 FRECUENCIA 4000 HZ

## T20 FRECUENCIA 4000 HZ (seg)

### Análisis A. Estudio pre-estadístico

#### Apartado A.1. Gráficos de dispersión de valores medios



#### ANÁLISIS GRÁFICO DE DISPERSIÓN MEDIA (ANTES DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO)

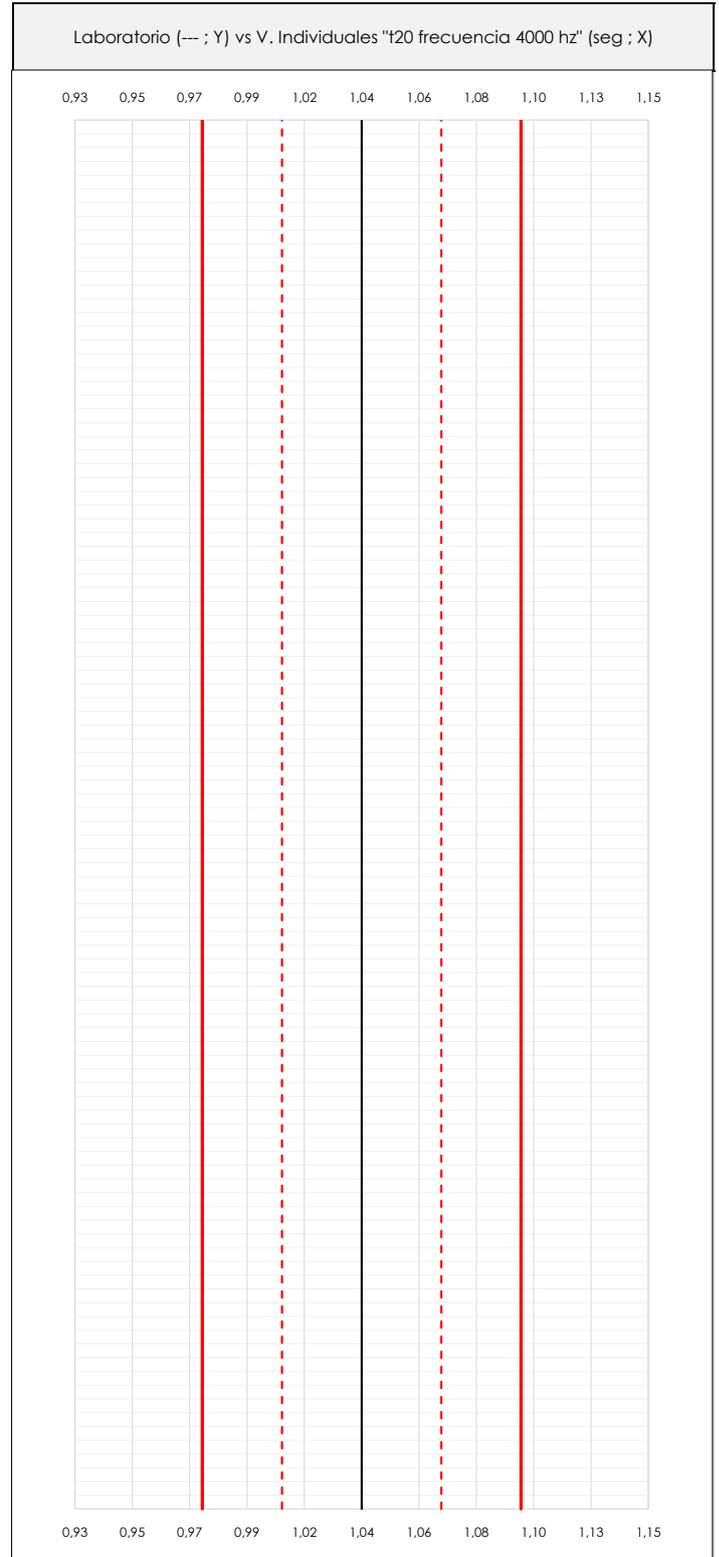
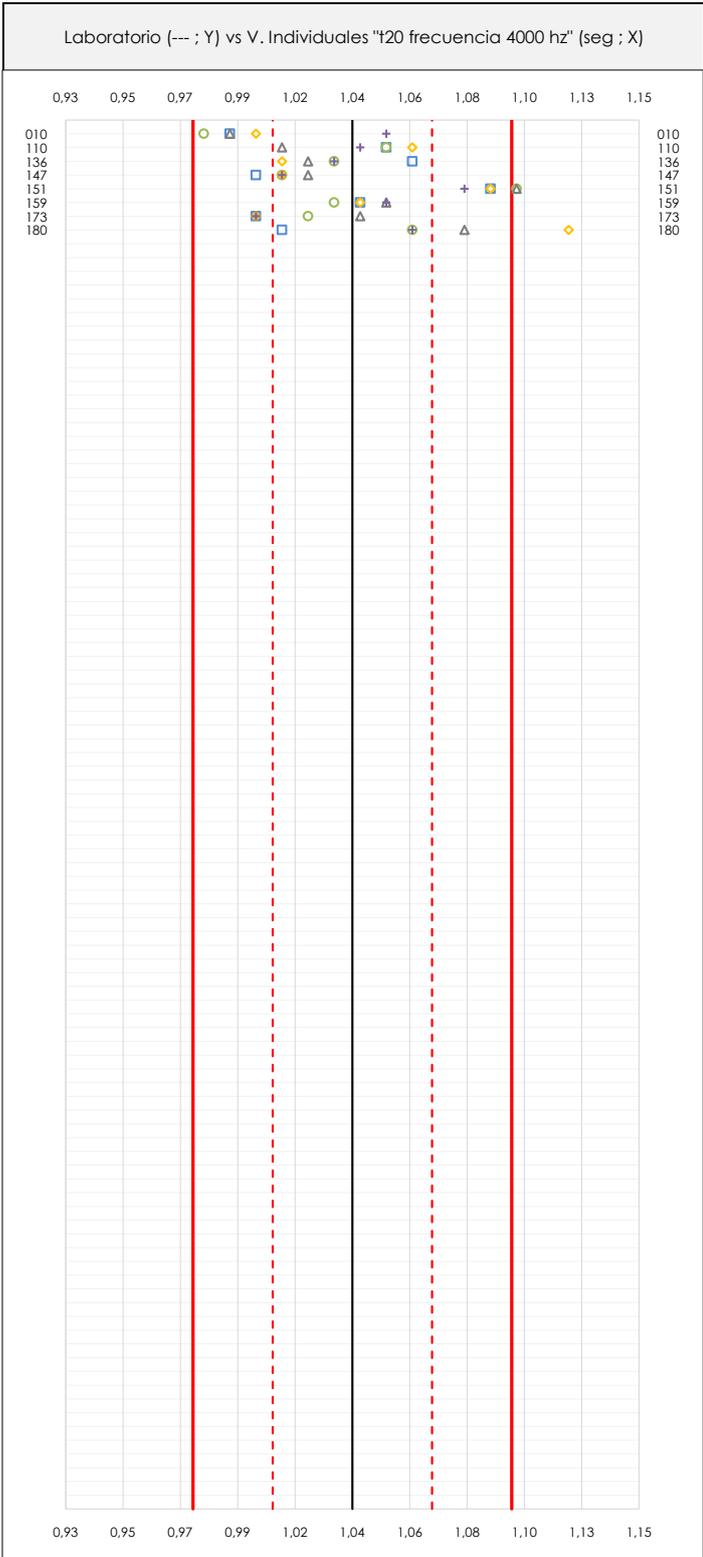
Dispersión de las medias aritméticas intra-laboratorios respecto de la media aritmética inter-laboratorios (1,04 ; línea negra de trazo continuo), la media aritmética inter-laboratorios más/menos la desviación típica (1,07/1,01 ; líneas rojas de trazo punteado) y la media aritmética inter-laboratorios más/menos el doble de la desviación típica (1,10/0,98 ; líneas rojas de trazo continuo).

En el eje Y (adimensional) quedan reflejados los códigos de los laboratorios participantes y en el eje X (las unidades son las mismas que las del ensayo que se está analizando) las medias aritméticas intra-laboratorios representadas por punto de color negro.

# T20 FRECUENCIA 4000 HZ (seg)

## Análisis A. Estudio pre-estadístico

### Apartado A.2. Gráficos de dispersión de valores individuales



#### ANÁLISIS GRÁFICOS DE DISPERSIÓN INDIVIDUAL (ANTES DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO)

Dispersión de los valores individuales respecto de la media aritmética inter-laboratorios (1,04 ; línea negra de trazo continuo), la media aritmética inter-laboratorios más/menos la desviación típica (1,07/1,01 ; líneas rojas de trazo punteado) y la media aritmética inter-laboratorios más/menos el doble de la desviación típica (1,10/0,98 ; líneas rojas de trazo continuo).

En el eje Y (adimensional) queda reflejado el código del laboratorio participante y en el eje X (las unidades son las de los resultados del ensayo que se está analizando) los resultados individuales: el primero ( $X_{i,1}$ ) se representa con un cuadrado azul, el segundo ( $X_{i,2}$ ) con un círculo verde, el tercero ( $X_{i,3}$ ) con un triángulo gris y el cuarto ( $X_{i,4}$ ) con un rombo amarillo.



## T20 FRECUENCIA 4000 HZ (seg)

### Análisis A. Estudio pre-estadístico

#### Apartado A.3. Determinaciones matemáticas

Lab	$X_{i1}$	$X_{i2}$	$X_{i3}$	$X_{i4}$	$X_{i5}$	$\bar{X}_{i \text{arit}}$	$S_{Li}$	$D_{i \text{arit}} \%$	Pasa A	Observaciones
10	0,99	0,98	0,99	1,00	1,05	1,00	0,028	-3,38	✓	
110	1,05	1,05	1,01	1,06	1,04	1,04	0,019	0,48	✓	
136	1,06	1,03	1,02	1,01	1,03	1,03	0,019	-0,68	✓	
147	1,00	1,01	1,02	1,01	1,01	1,01	0,007	-2,60	✓	
151	1,09	1,10	1,10	1,09	1,08	1,09	0,008	5,30	✓	
159	1,04	1,03	1,05	1,04	1,05	1,04	0,008	0,48	✓	
173	1,00	1,02	1,04	1,00	1,00	1,01	0,018	-2,41	✓	
180	1,01	1,06	1,08	1,12	1,06	1,07	0,040	2,80	✓	

**NOTAS:**

- <sup>01</sup> " $X_{ij}$ " con  $j = 1, 2, 3, 4, 5$ " es cada uno de los resultados individuales aportados por cada laboratorio, " $\bar{X}_{i \text{arit}}$ " es la media aritmética intralaboratorio calculada sin redondear.
- <sup>02</sup> " $S_{Li}$ " es la desviación típica intralaboratorios y " $D_{i \text{arit}} \%$ " la desviación, en porcentaje, de la media aritmética intralaboratorios calculada respecto de la media aritmética interlaboratorios.
- <sup>03</sup> Los resultados aportados por los laboratorios podrán ser descartados (X) si no cumplen con los criterios establecidos en el protocolo EILA o si no han realizado el ensayo conforme a norma.
- <sup>04</sup> El código colorimétrico empleado para las celdas es: [máximo] [mínimo]

**CICE**  
Comité de infraestructuras para la  
Calidad de la Edificación

**SACE**  
Subcomisión Administrativa para la  
Calidad de la Edificación



## T20 FRECUENCIA 4000 HZ (seg)

### Análisis B. Mandel, Cochran y Grubbs

Apartado B.1. Gráfico de consistencia inter-laboratorios "h" de Mandel



**ANÁLISIS GRÁFICO DE CONSISTENCIA INTER-LABORATORIOS**

Análisis gráfico de consistencia inter-laboratorios "h" de Mandel. En él se representan las medias aritméticas inter-laboratorios y los indicadores estadísticos para un 1% y un 5% de significación (valores obtenidos de la tabla 6 norma UNE 82009-2:1999 o mediante ecuación matemática, en función del número de laboratorios participantes).

Las líneas continuas de color morado (indicador estadístico para un 1% de significación) marca el límite a partir del cual un valor es considerado aberrante y las discontinuas de de color rosaceo (indicador estadístico para un 5% de significación), cuando es considerado anómalo. Una equis de color rojo (X) sobre el eje cero indica que el laboratorio ha sido descartado.

**T20 FRECUENCIA 4000 HZ (seg)**  
**Análisis B. Mandel, Cochran y Grubbs**

Apartado B.2. Gráfico de consistencia intra-laboratorios "k" de Mandel



**ANÁLISIS GRÁFICO DE CONSISTENCIA INTRA-LABORATORIOS**

Análisis gráfico de consistencia intra-laboratorios "k" de Mandel. En él se representan las medias aritméticas intra-laboratorios y los indicadores estadísticos para un 1% y un 5% de significación (valores obtenidos de la tabla 6 norma UNE 82009-2:1999 o mediante ecuación matemática, en función del número de laboratorios participantes y el número de ensayos efectuados).

Las líneas continuas de color morado (indicador estadístico para un 1% de significación) marca el límite a partir del cual un valor es considerado aberrante y las discontinuas de de color rosaceo (indicador estadístico para un 5% de significación), cuando es considerado anómalo. Una equis de color rojo (X) sobre el eje cero indica que el laboratorio ha sido descartado.



## T20 FRECUENCIA 4000 HZ (seg)

### Análisis B. Mandel, Cochran y Grubbs

Apartado B.3. Determinaciones matemáticas

Lab	$X_{i1}$	$X_{i2}$	$X_{i3}$	$X_{i4}$	$X_{i5}$	$\bar{X}_{i \text{ arit}}$	$S_{Li}$	$D_{i \text{ arit}} \%$	$h_i$	$k_i$	$C_i$	$G_{\text{sim Inf}}$	$G_{\text{sim Sup}}$	$G_{\text{Dob Inf}}$	$G_{\text{Dob Sup}}$	Pasa B	
10	0,990	0,980	0,990	1,000	1,050	1,002	0,028	-2,05	-1,21	1,55*	0,399	1,212		0,4015		✓	
110	1,05	1,050	1,010	1,060	1,040	1,042	0,019	1,86	1,10	1,07			1,096		0,2790	✓	
136	1,06	1,030	1,020	1,010	1,030	1,030	0,019	0,68	0,40	1,04						✓	
147	1,00	1,010	1,020	1,010	1,010	1,010	0,007	-1,27	-0,75	0,39				0,4015		✓	
151	1,09	1,100	1,100	1,090	1,080	1,092	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	X
159	1,04	1,030	1,050	1,040	1,050	1,042	0,008	1,86	1,10	0,47			1,096		0,2790	✓	
173	1,00	1,020	1,040	1,000	1,000	1,012	0,018	-1,08	-0,63	1,00						✓	
180	1,01	1,060	1,080	1,120	1,060	1,066	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	X

**NOTAS:**

<sup>01</sup> " $X_{ij}$  con  $j = 1, 2, 3, 4, 5$ " es cada uno de los resultados individuales aportados por cada laboratorio, " $\bar{X}_{i \text{ arit}}$ " es la media aritmética intralaboratorio calculada sin redondear.

<sup>02</sup> " $S_{Li}$ " es la desviación típica intralaboratorios y " $D_{i \text{ arit}} \%$ " la desviación, en porcentaje, de la media aritmética intralaboratorios calculada respecto de la media aritmética interlaboratorios.

<sup>03</sup> " $h_i$  y  $k_i$ ", " $C_i$ ", " $G_{\text{sim}}$  y  $G_{\text{Dob}}$ " hacen referencia a los estadísticos de Mandel, Cochran y Grubbs, respectivamente, obtenidos para cada laboratorio en función de los resultados aportados.

<sup>04</sup> El código colorimétrico empleado para las celdas es:

[aberrante]
[anómalo]
[máximo]
[mínimo]

**CICE**  
Comité de infraestructuras para la  
Calidad de la Edificación

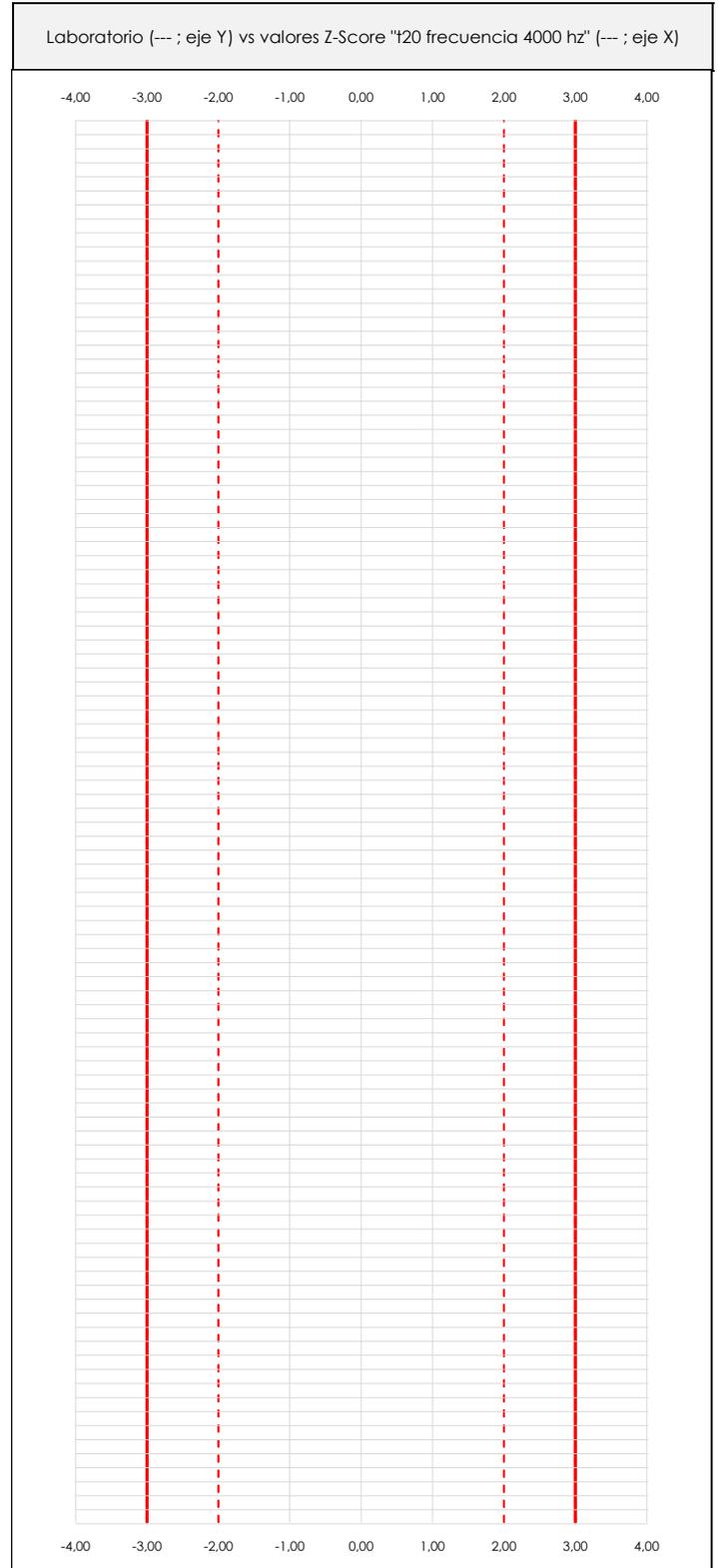
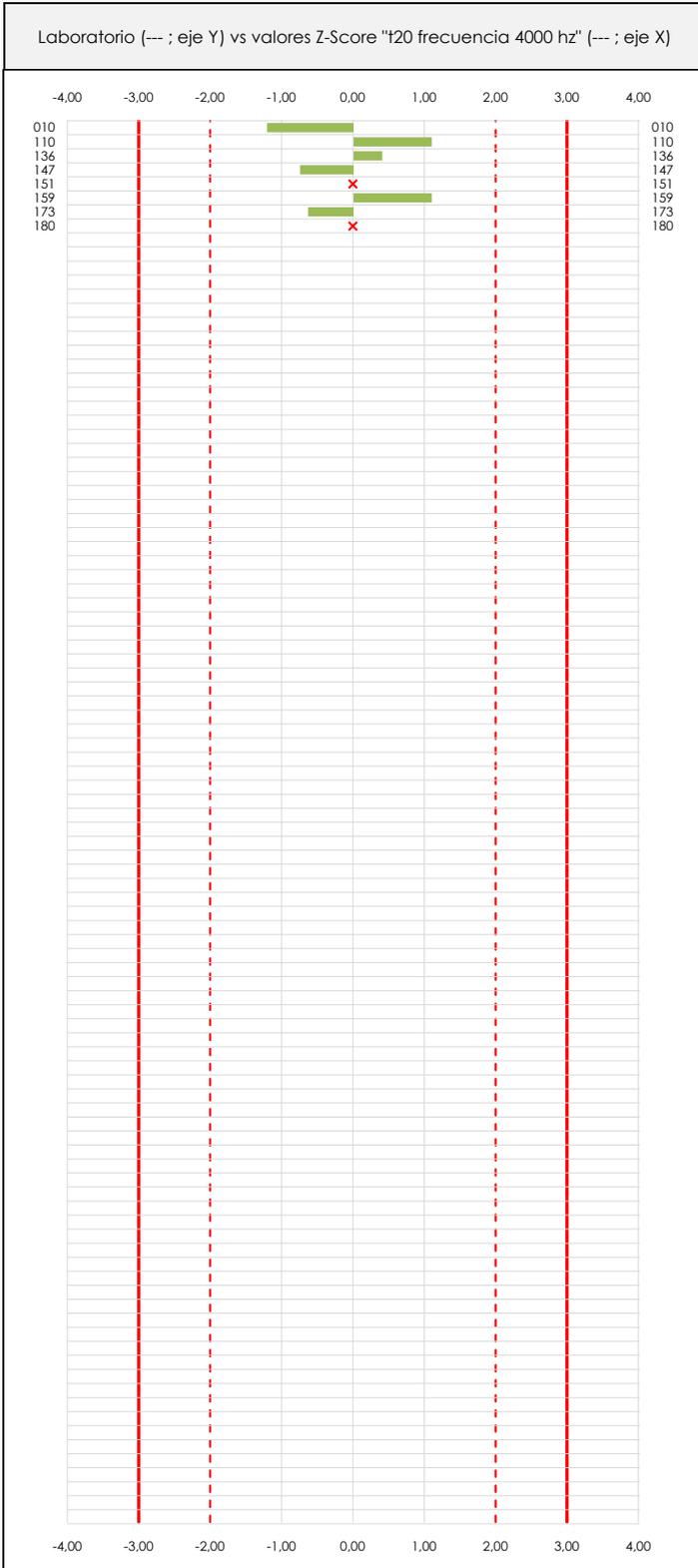
**SACE**  
Subcomisión Administrativa para la  
Calidad de la Edificación



## T20 FRECUENCIA 4000 HZ (seg)

### Análisis C. Evaluación Z-Score

#### Apartado C.1. Análisis gráfico Altman Z-Score



#### ANÁLISIS GRÁFICO Z-SCORE

Diagrama Z-Score para los resultados aportados por los laboratorios. Estos se considerarán satisfactorios (S) si el valor absoluto del Z-Score es menor o igual a 2 unidades, dudoso si está comprendido entre 2 y 3 unidades e insatisfactorio si es mayor o igual a 3 unidades.

Los resultados satisfactorios quedan reflejados entre las dos líneas rojas discontinuas, líneas de referencia en la evaluación Z-Score.



## T20 FRECUENCIA 4000 HZ (seg)

### Análisis C. Evaluación Z-Score

#### Apartado C.2. Determinaciones matemáticas

Lab	X <sub>i1</sub>	X <sub>i2</sub>	X <sub>i3</sub>	X <sub>i4</sub>	X <sub>i5</sub>	$\bar{X}_{i \text{ crit}}$	S <sub>Li</sub>	D <sub>i crit %</sub>	Pasa A	Pasa B	Total	Causa	Iteración	Z-Score	Evaluación
10	0,99	0,98	0,99	1,00	1,05	1,00	0,028	-2,05	✓	✓	✓			-1,212	S
110	1,05	1,05	1,01	1,06	1,04	1,04	0,019	1,86	✓	✓	✓			1,096	S
136	1,06	1,03	1,02	1,01	1,03	1,03	0,019	0,68	✓	✓	✓			0,404	S
147	1,00	1,01	1,02	1,01	1,01	1,01	0,007	-1,27	✓	✓	✓			-0,750	S
151	1,09	1,10	1,10	1,09	1,08	1,09	---	---	✓	✗	✗	AN	0	---	---
159	1,04	1,03	1,05	1,04	1,05	1,04	0,008	1,86	✓	✓	✓			1,096	S
173	1,00	1,02	1,04	1,00	1,00	1,01	0,018	-1,08	✓	✓	✓			-0,635	S
180	1,01	1,06	1,08	1,12	1,06	1,07	---	---	✓	✗	✗	AN	0	---	---

**NOTAS:**

<sup>01</sup> "X<sub>i j</sub> con j = 1, 2, 3, 4, 5" es cada uno de los resultados individuales aportados por cada laboratorio, " $\bar{X}_{i \text{ crit}}$ " es la media aritmética intralaboratorio calculada sin redondear.

<sup>02</sup> "S<sub>Li</sub>" es la desviación típica intralaboratorios y "D<sub>i crit %</sub>" la desviación, en porcentaje, de la media aritmética intralaboratorios calculada respecto de la media aritmética interlaboratorios.

<sup>03</sup> La evaluación Z-Score (ZS) será considerada de tipo: [Satisfactorio (S) - si | ZS | ≤ 2] [Dudoso (D) - si 2 < | ZS | ≤ 3] [Insatisfactorio (I) - si | ZS | > 3].

<sup>04</sup> El código colorimétrico empleado para las celdas es:

[dudoso]

[insatisfactorio]

**CICE**  
Comité de infraestructuras para la  
Calidad de la Edificación

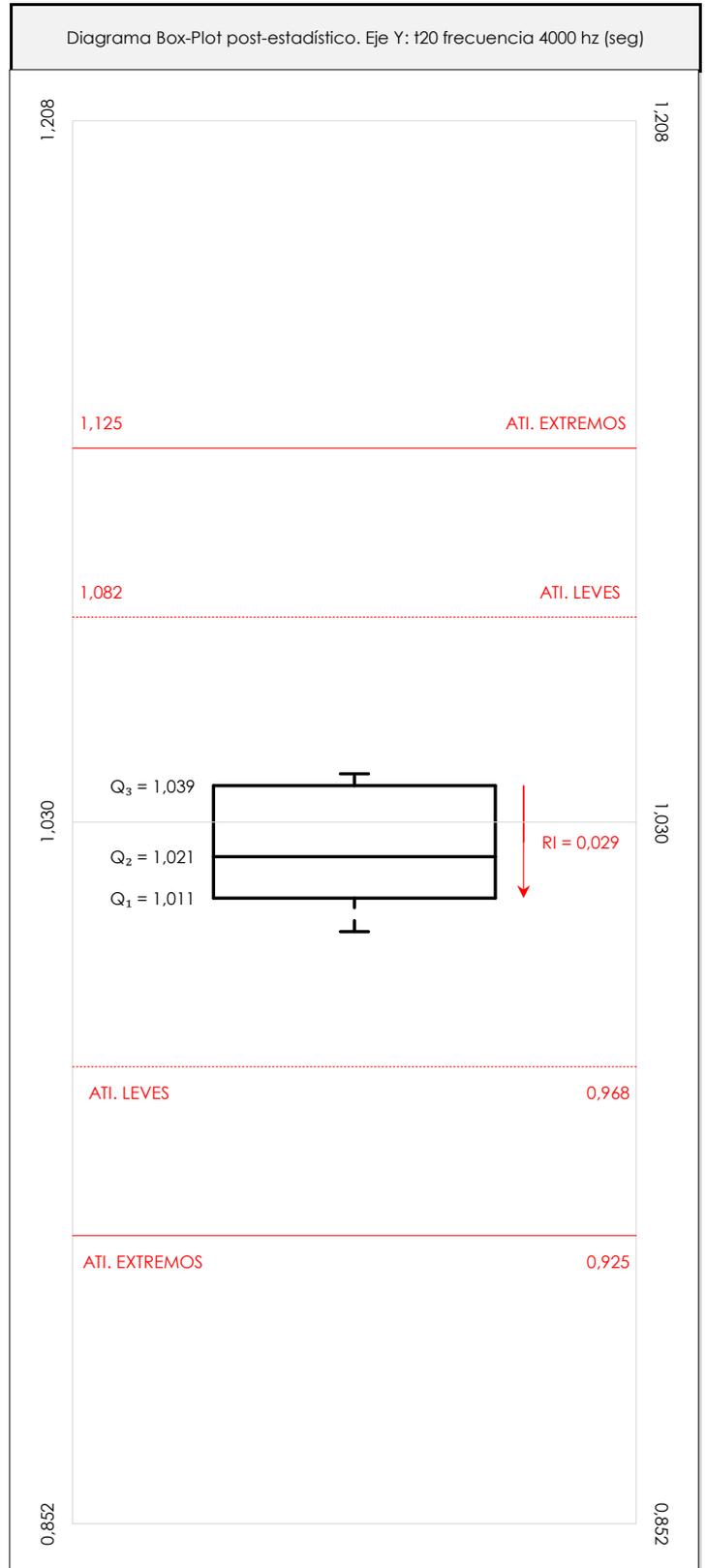
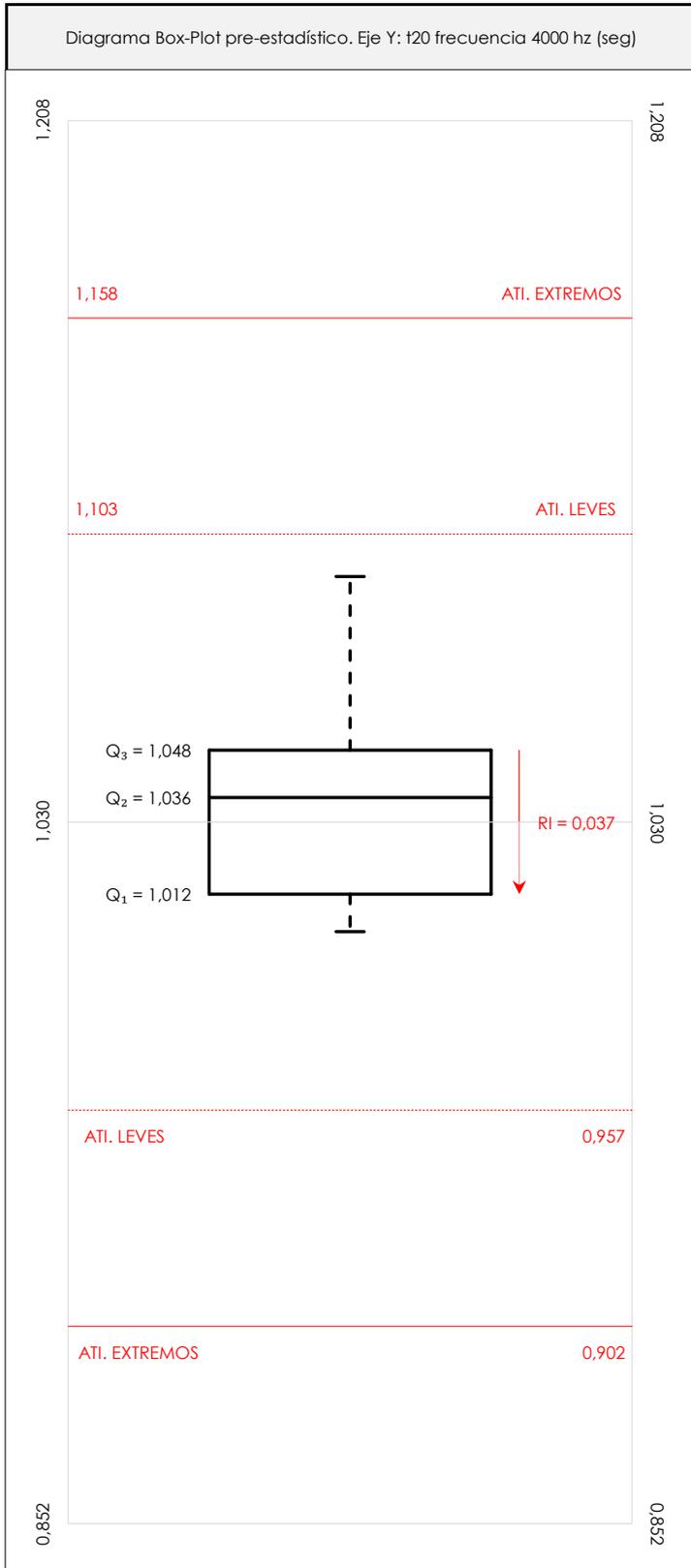
**SACE**  
Subcomisión Administrativa para la  
Calidad de la Edificación



## T20 FRECUENCIA 4000 HZ (seg)

### Análisis D. Estudios post-estadísticos

#### Apartado D.3. Diagramas Box-Plot o de Caja y Bigotes



#### ANÁLISIS GRÁFICO DE CAJA Y BIGOTES (ANTES Y DESPUÉS DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO)

Diagramas de caja y bigotes (Box Plot) de las medias aritméticas de los resultados aportados por los laboratorios antes (diagrama de la izquierda. Este incluye valores aberrantes y anómalos) y después (diagrama de la derecha. No incluye los valores descartados a lo largo del estudio) de análisis estadístico.

En ambos se han representado: el primer cuartil (Q<sub>1</sub> ; 25% de los datos), el segundo cuartil o la mediana (Q<sub>2</sub> ; 50% de los datos), el tercer cuartil (Q<sub>3</sub> ; 75% de los datos), el rango intercuartílico (RI ; cuartil tres menos cuartil uno) y los límites de valores atípicos leves (f<sub>3</sub> y f<sub>1</sub> para el máximo y mínimo respectivamente ; líneas discontinuas de color rojo) y extremos (f<sub>3</sub>\* y f<sub>1</sub>\* para el máximo y mínimo respectivamente ; líneas continuas de color rojo).

**CICE**Comité de infraestructuras para la  
Calidad de la Edificación**SACE**Subcomisión Administrativa para la  
Calidad de la Edificación**T20 FRECUENCIA 4000 HZ (seg)****Conclusiones**

## Determinación de la repetibilidad y reproducibilidad

El análisis estadístico EILA20 para el ensayo "T20 FRECUENCIA 4000 HZ", ha contado con la participación de un total de 8 laboratorios, debiendo haber aportado cada uno de ellos, un total de 5 determinaciones individuales además de su valor medio.

Tras analizar los resultados podemos concluir que, para cumplir con los criterios estadísticos establecidos en el informe, un total de 2 laboratorios han sido apartados de la evaluación final: 0 en el Análisis Pre-Estadístico (por no cumplir el criterio de validación y/o el procedimiento de ejecución recogido en la norma de ensayo) y 2 en el Análisis Estadístico (por resultar anómalos o aberrantes en las técnicas gráficas de consistencia de Mandel y en los ensayos de detección de resultados numéricos de Cochran y Grubbs), al cabo de 2 iteraciones.

De cada uno de los análisis (pre-estadístico y estadístico), se obtienen las siguientes tablas:

TIPO DE ANALISIS	PRE-ESTADISTICO						ESTADISTICO					
Variables	$X_{i1}$	$X_{i2}$	$X_{i3}$	$X_{i4}$	$X_{i5}$	$\bar{X}_{i\text{arit}}$	$X_{i1}$	$X_{i2}$	$X_{i3}$	$X_{i4}$	$X_{i5}$	$\bar{X}_{i\text{arit}}$
Valor Máximo (max ; %)	1,09	1,10	1,10	1,12	1,08	1,09	1,06	1,05	1,05	1,06	1,05	1,04
Valor Mínimo (min ; %)	0,99	0,98	0,99	1,00	1,00	1,00	0,99	0,98	0,99	1,00	1,00	1,00
Valor Promedio (M ; %)	1,03	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,02	1,02	1,02	1,02	1,03	1,02
Desviación Típica (SDL ; ---)	0,04	0,04	0,04	0,05	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Coef. Variación (CV ; ---)	0,03	0,03	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
VARIABLES	$S_r^2$	r	$S_L^2$	$S_R^2$	R	$S_r^2$	r	$S_L^2$	$S_R^2$	R		
Valor Calculado	0,000	0,059	0,001	0,001	0,100	0,000	0,050	0,000	0,001	0,065		
Valor Referencia												

Asimismo, acompañando a éstas tablas y dependiendo del análisis que se esté llevando a cabo, se introducen los indicadores estadísticos "h y k" de Mandel y los valores críticos "C" de Cochran y " $G_{\text{sim}}$  y  $G_{\text{Dob}}$ " de Grubbs, todos ellos adimensionales, obtenidos de las tablas 4, 5, 6 y 7 de la norma UNE 82009-2:1999 o mediante ecuación matemática, en función del número de laboratorios y del número de ensayos efectuados por cada uno de ellos:

TIPO DE ANALISIS	PRE-ESTADISTICO					ESTADISTICO				
VARIABLES	h	k	C	$G_{\text{sim}}$	$G_{\text{Dob}}$	h	k	C	$G_{\text{sim}}$	$G_{\text{Dob}}$
Nivel de Significación 1%	1,87	1,68	0,463	1,973	0,0116	1,87	1,68	0,564	1,973	0,0116
Nivel de Significación 5%	1,66	1,48	0,391	1,887	0,0349	1,66	1,48	0,480	1,887	0,0349

Con los resultados de los laboratorios, que tras los dos análisis estadísticos son evaluados por Z-Score, se han obtenido: 6 resultados satisfactorios, 0 resultados dudosos y 0 resultados insatisfactorios.

Respecto a los métodos para determinar la repetibilidad y la reproducibilidad de las mediciones se van a basar en la evaluación estadística recogida en la ISO 17025, sobre las dispersiones de los resultados individuales y su media, en forma de varianzas o desviaciones estándar, también conocida como ANOVA (siglas de analysis of variance).

Sabiendo que una varianza es la suma de cuadrados dividida por un número, que se llama grados de libertad, que depende del número de participantes menos 1, se puede decir que la imprecisión del ensayo se descompone en dos factores: uno de ellos genera la imprecisión mínima, presente en condiciones de repetibilidad (variabilidad intralaboratorio) y el otro la imprecisión adicional, obtenida en condiciones de reproducibilidad (variabilidad debida al cambio de laboratorio).

Las condiciones de repetibilidad de este ensayo son: mismo laborante, mismo laboratorio y mismo equipo de medición utilizado dentro de un período de tiempo corto. Por ende, las condiciones de reproducibilidad para la misma muestra y ensayo, cambian en: el laborante, el laboratorio, el equipo y las condiciones de uso y tiempo.

**CICE**

Comité de infraestructuras para la  
Calidad de la Edificación



**CSIC**

CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

INSTITUTO  
DE EDU-  
CACIÓN  
SUPERIOR

**SACE**

Subcomisión Administrativa para la  
Calidad de la Edificación

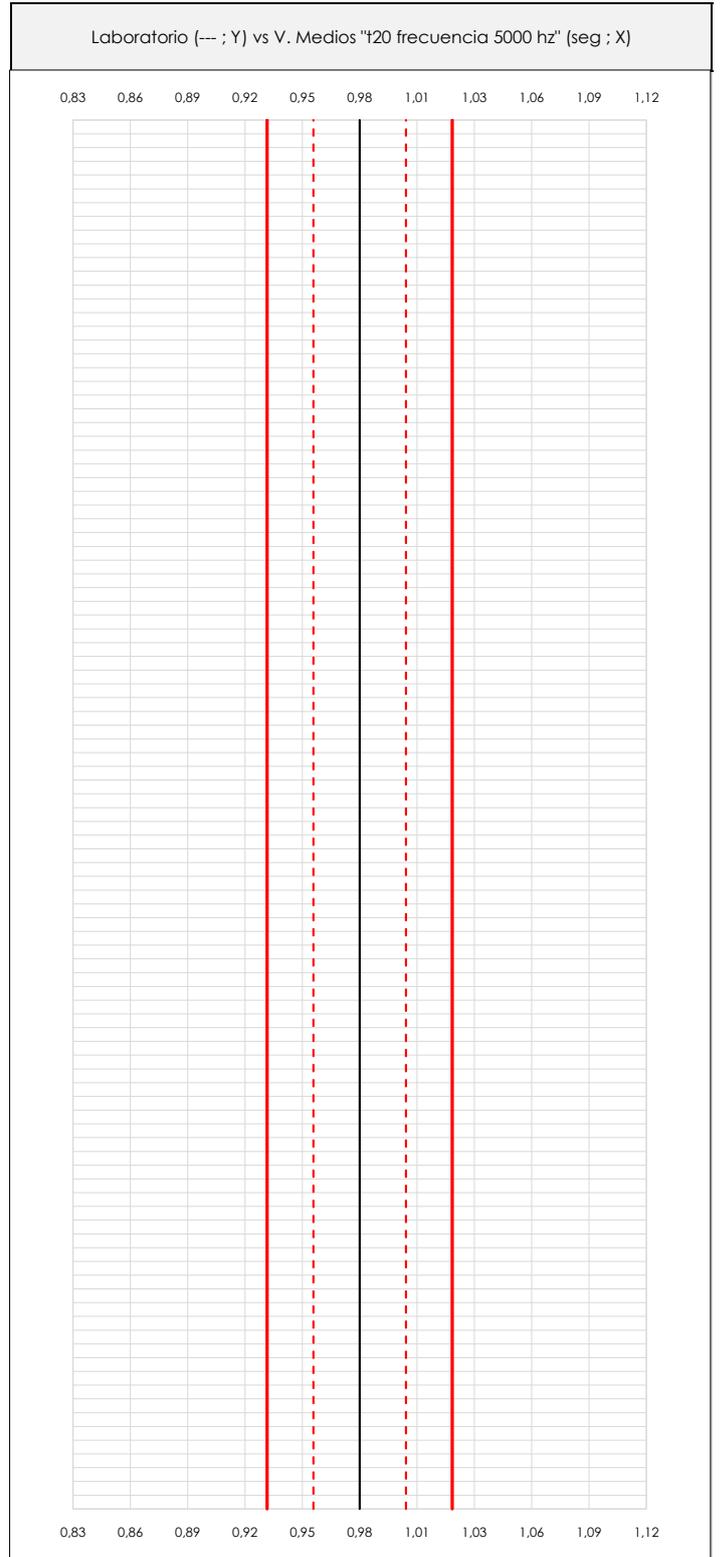
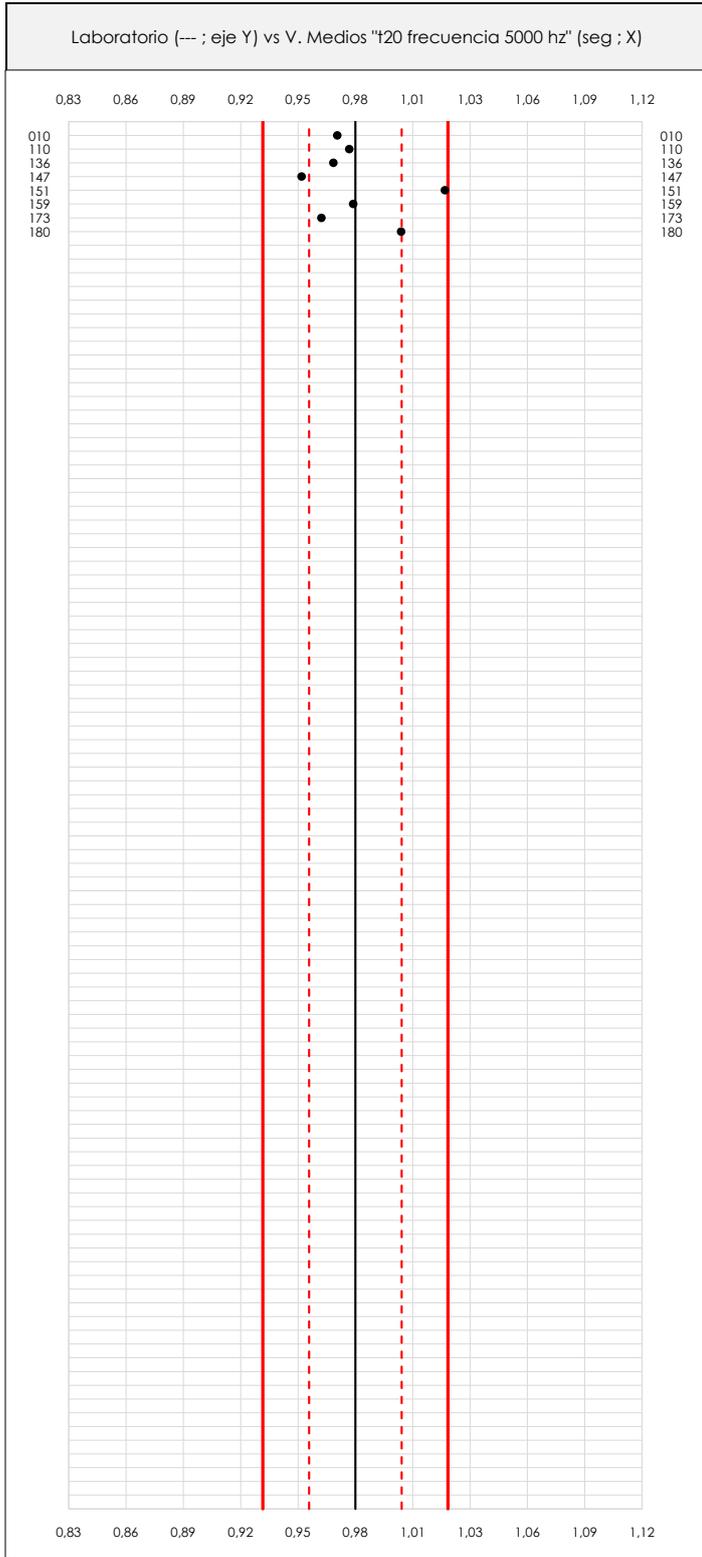
# ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE ACÚSTICA

T20 FRECUENCIA 5000 HZ

# T20 FRECUENCIA 5000 HZ (seg)

## Análisis A. Estudio pre-estadístico

### Apartado A.1. Gráficos de dispersión de valores medios



**ANÁLISIS GRÁFICO DE DISPERSIÓN MEDIA (ANTES DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO)**

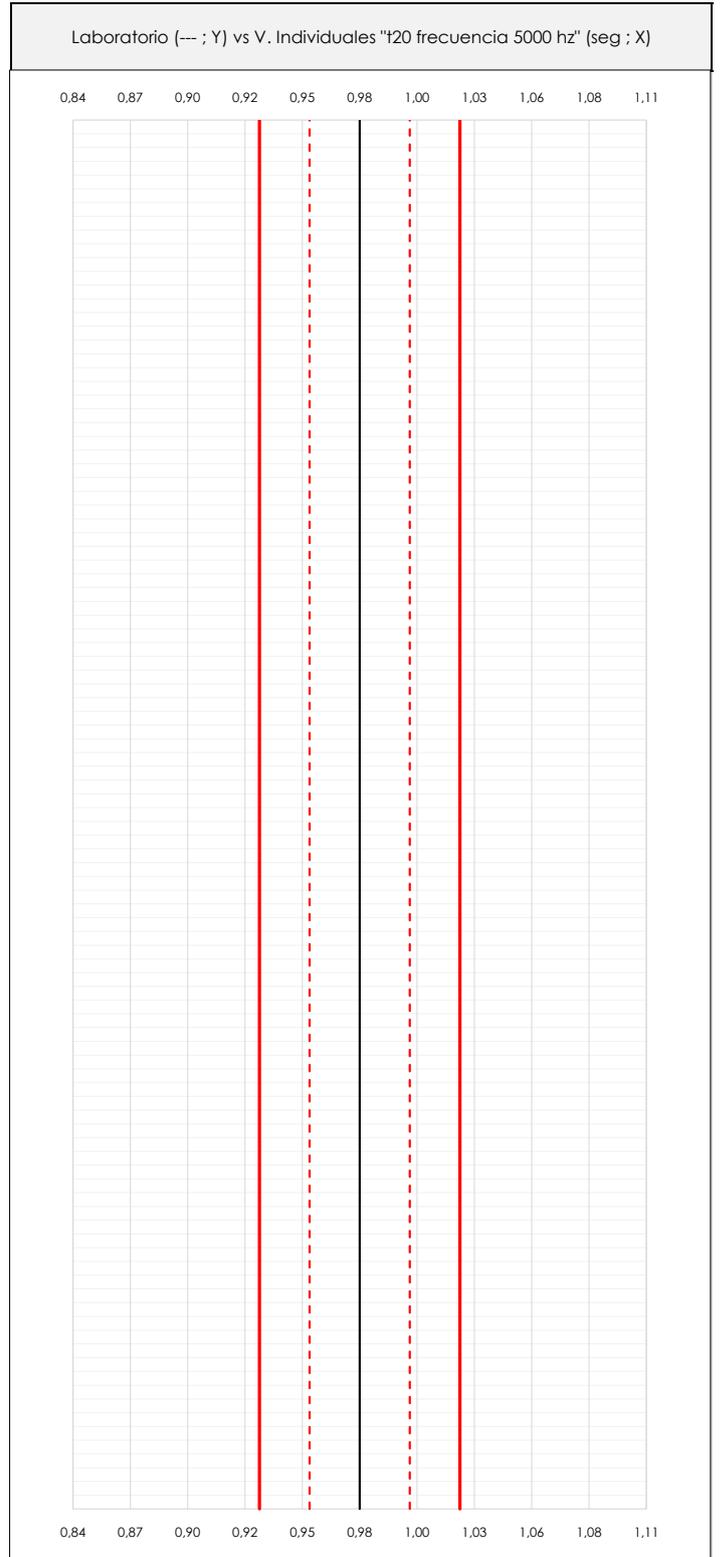
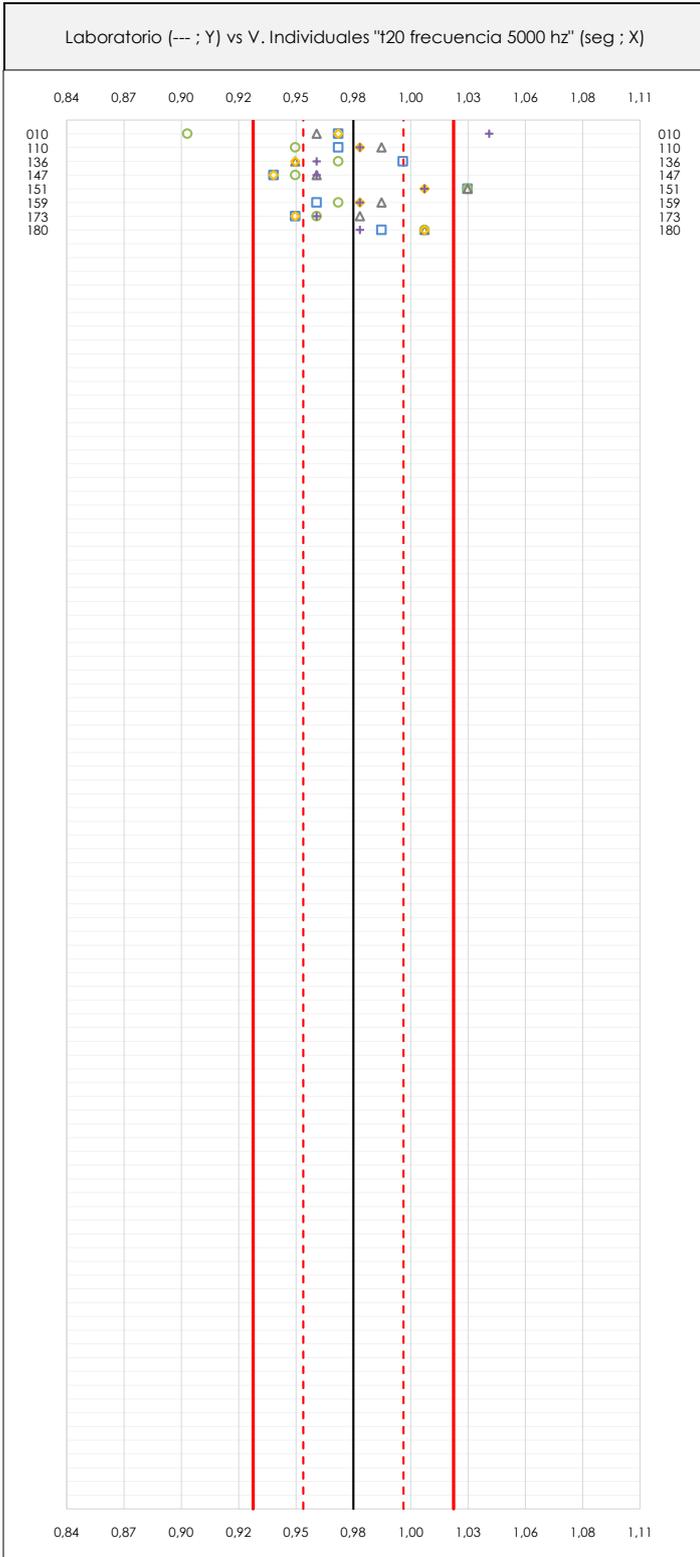
Dispersión de las medias aritméticas intra-laboratorios respecto de la media aritmética inter-laboratorios (0,98 ; línea negra de trazo continuo), la media aritmética inter-laboratorios más/menos la desviación típica (1,00/0,95 ; líneas rojas de trazo punteado) y la media aritmética inter-laboratorios más/menos el doble de la desviación típica (1,02/0,93 ; líneas rojas de trazo continuo).

En el eje Y (adimensional) quedan reflejados los códigos de los laboratorios participantes y en el eje X (las unidades son las mismas que las del ensayo que se está analizando) las medias aritméticas intra-laboratorios representadas por punto de color negro.

# T20 FRECUENCIA 5000 HZ (seg)

## Análisis A. Estudio pre-estadístico

### Apartado A.2. Gráficos de dispersión de valores individuales



**ANÁLISIS GRÁFICOS DE DISPERSIÓN INDIVIDUAL (ANTES DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO)**

Dispersión de los valores individuales respecto de la media aritmética inter-laboratorios (0,98 ; línea negra de trazo continuo), la media aritmética inter-laboratorios más/menos la desviación típica (1,00/0,95 ; líneas rojas de trazo punteado) y la media aritmética inter-laboratorios más/menos el doble de la desviación típica (1,02/0,93 ; líneas rojas de trazo continuo).

En el eje Y (adimensional) queda reflejado el código del laboratorio participante y en el eje X (las unidades son las de los resultados del ensayo que se está analizando) los resultados individuales: el primero ( $X_{i,1}$ ) se representa con un cuadrado azul, el segundo ( $X_{i,2}$ ) con un círculo verde, el tercero ( $X_{i,3}$ ) con un triángulo gris y el cuarto ( $X_{i,4}$ ) con un rombo amarillo.



## T20 FRECUENCIA 5000 HZ (seg)

### Análisis A. Estudio pre-estadístico

#### Apartado A.3. Determinaciones matemáticas

Lab	$X_{i1}$	$X_{i2}$	$X_{i3}$	$X_{i4}$	$X_{i5}$	$\bar{X}_{i \text{arit}}$	$S_{Li}$	$D_{i \text{arit}} \%$	Pasa A	Observaciones
10	0,97	0,90	0,96	0,97	1,04	0,97	0,050	-0,92	✓	
110	0,97	0,95	0,99	0,98	0,98	0,97	0,015	-0,31	✓	
136	1,00	0,97	0,95	0,95	0,96	0,97	0,021	-1,13	✓	
147	0,94	0,95	0,96	0,94	0,96	0,95	0,010	-2,76	✓	
151	1,03	1,03	1,03	1,01	1,01	1,02	0,011	4,61	✓	
159	0,96	0,97	0,99	0,98	0,98	0,98	0,011	-0,10	✓	
173	0,95	0,96	0,98	0,95	0,96	0,96	0,012	-1,74	✓	
180	0,99	1,01	1,01	1,01	0,98	1,00	0,014	2,35	✓	

**NOTAS:**

- <sup>01</sup> " $X_{ij}$  con  $j = 1, 2, 3, 4, 5$ " es cada uno de los resultados individuales aportados por cada laboratorio, " $\bar{X}_{i \text{arit}}$ " es la media aritmética intralaboratorio calculada sin redondear.
- <sup>02</sup> " $S_{Li}$ " es la desviación típica intralaboratorios y " $D_{i \text{arit}} \%$ " la desviación, en porcentaje, de la media aritmética intralaboratorios calculada respecto de la media aritmética interlaboratorios.
- <sup>03</sup> Los resultados aportados por los laboratorios podrán ser descartados (X) si no cumplen con los criterios establecidos en el protocolo EILA o si no han realizado el ensayo conforme a norma.
- <sup>04</sup> El código colorimétrico empleado para las celdas es: [máximo] [mínimo]

**T20 FRECUENCIA 5000 HZ (seg)**  
**Análisis B. Mandel, Cochran y Grubbs**

Apartado B.1. Gráfico de consistencia inter-laboratorios "h" de Mandel



**ANÁLISIS GRÁFICO DE CONSISTENCIA INTER-LABORATORIOS**

Análisis gráfico de consistencia inter-laboratorios "h" de Mandel. En él se representan las medias aritméticas inter-laboratorios y los indicadores estadísticos para un 1% y un 5% de significación (valores obtenidos de la tabla 6 norma UNE 82009-2:1999 o mediante ecuación matemática, en función del número de laboratorios participantes).

Las líneas continuas de color morado (indicador estadístico para un 1% de significación) marca el límite a partir del cual un valor es considerado aberrante y las discontinuas de de color rosaceo (indicador estadístico para un 5% de significación), cuando es considerado anómalo. Una equis de color rojo (X) sobre el eje cero indica que el laboratorio ha sido descartado.

**CICE**  
Comité de infraestructuras para la  
Calidad de la Edificación

**SACE**  
Subcomisión Administrativa para la  
Calidad de la Edificación



## T20 FRECUENCIA 5000 HZ (seg)

### Análisis B. Mandel, Cochran y Grubbs

Apartado B.2. Gráfico de consistencia intra-laboratorios "k" de Mandel



#### ANÁLISIS GRÁFICO DE CONSISTENCIA INTRA-LABORATORIOS

Análisis gráfico de consistencia intra-laboratorios "k" de Mandel. En él se representan las medias aritméticas intra-laboratorios y los indicadores estadísticos para un 1% y un 5% de significación (valores obtenidos de la tabla 6 norma UNE 82009-2:1999 o mediante ecuación matemática, en función del número de laboratorios participantes y el número de ensayos efectuados).

Las líneas continuas de color morado (indicador estadístico para un 1% de significación) marca el límite a partir del cual un valor es considerado aberrante y las discontinuas de de color rosaceo (indicador estadístico para un 5% de significación), cuando es considerado anómalo. Una equis de color rojo (X) sobre el eje cero indica que el laboratorio ha sido descartado.



## T20 FRECUENCIA 5000 HZ (seg)

### Análisis B. Mandel, Cochran y Grubbs

Apartado B.3. Determinaciones matemáticas

Lab	X <sub>i1</sub>	X <sub>i2</sub>	X <sub>i3</sub>	X <sub>i4</sub>	X <sub>i5</sub>	$\bar{X}_{i \text{ arit}}$	S <sub>Li</sub>	D <sub>i arit</sub> %	h <sub>i</sub>	k <sub>i</sub>	C <sub>i</sub>	G <sub>sim Inf</sub>	G <sub>sim Sup</sub>	G <sub>Dob Inf</sub>	G <sub>Dob Sup</sub>	Pasa B	
10	0,970	0,900	0,960	0,970	1,040	0,968	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	X
110	0,97	0,950	0,990	0,980	0,980	0,974	0,015	0,31	0,18	1,05	---	---	---	---	---	---	✓
136	1,00	0,970	0,950	0,950	0,960	0,966	0,021	-0,51	-0,29	1,44	---	---	---	---	---	---	✓
147	0,94	0,950	0,960	0,940	0,960	0,950	0,010	-2,16	-1,23	0,70	---	1,228	---	0,4405	---	---	✓
151	1,03	1,030	1,030	1,010	1,010	1,022	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	X
159	0,96	0,970	0,990	0,980	0,980	0,976	0,011	0,51	0,29	0,79	---	---	---	---	0,2100	---	✓
173	0,95	0,960	0,980	0,950	0,960	0,960	0,012	-1,13	-0,64	0,85	---	---	---	0,4405	---	---	✓
180	0,99	1,010	1,010	1,010	0,980	1,000	0,014	2,99	1,70*	0,98	0,347	---	1,696	---	0,2100	---	✓

**NOTAS:**

<sup>01</sup> "X<sub>i j</sub> con j = 1, 2, 3, 4, 5" es cada uno de los resultados individuales aportados por cada laboratorio, " $\bar{X}_{i \text{ arit}}$ " es la media aritmética intralaboratorio calculada sin redondear.

<sup>02</sup> "S<sub>Li</sub>" es la desviación típica intralaboratorios y "D<sub>i arit</sub> %" la desviación, en porcentaje, de la media aritmética intralaboratorios calculada respecto de la media aritmética interlaboratorios.

<sup>03</sup> "h<sub>i</sub> y k<sub>i</sub>", "C<sub>i</sub>", "G<sub>sim</sub> y G<sub>Dob</sub>" hacen referencia a los estadísticos de Mandel, Cochran y Grubbs, respectivamente, obtenidos para cada laboratorio en función de los resultados aportados.

<sup>04</sup> El código colorimétrico empleado para las celdas es:

[aberrante]

[anómalo]

[máximo]

[mínimo]

**CICE**  
Comité de infraestructuras para la  
Calidad de la Edificación

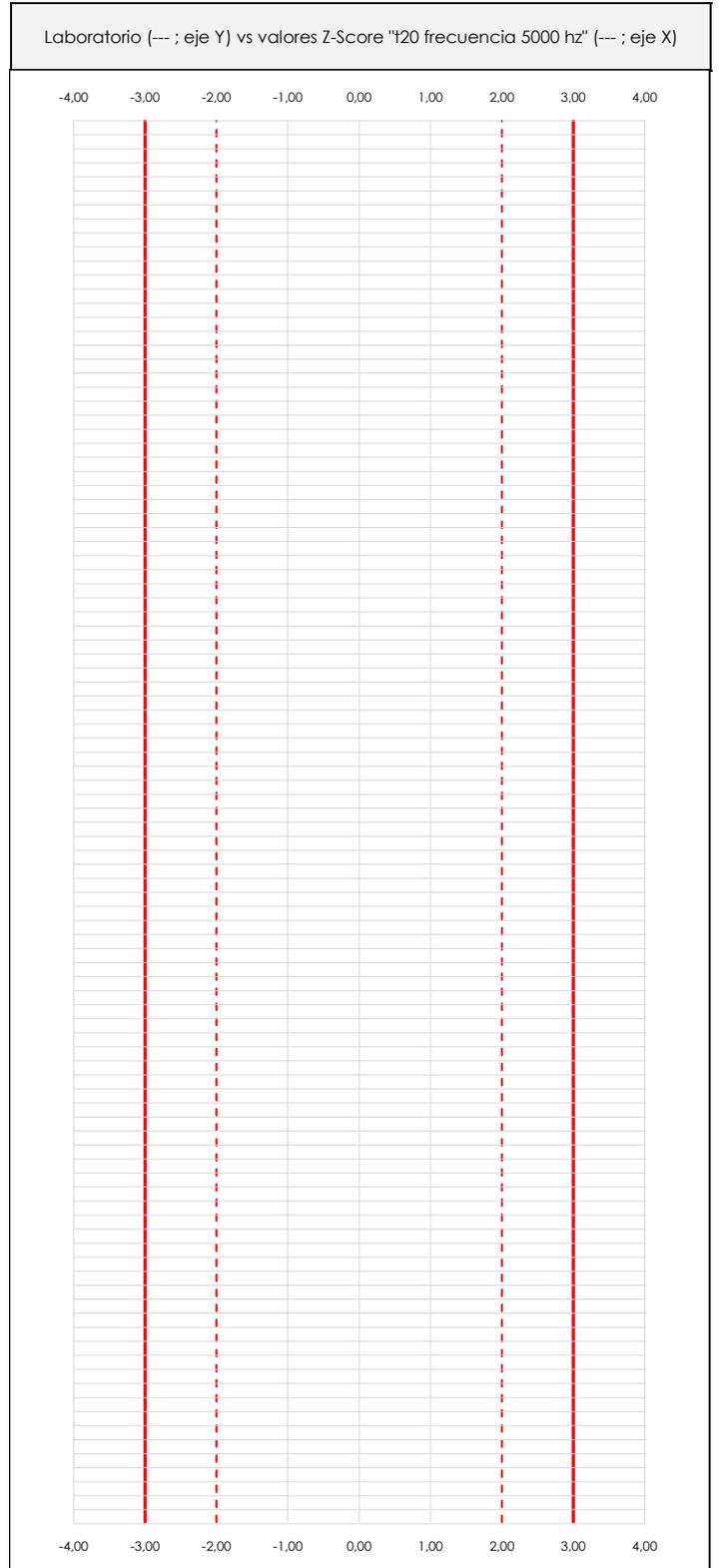
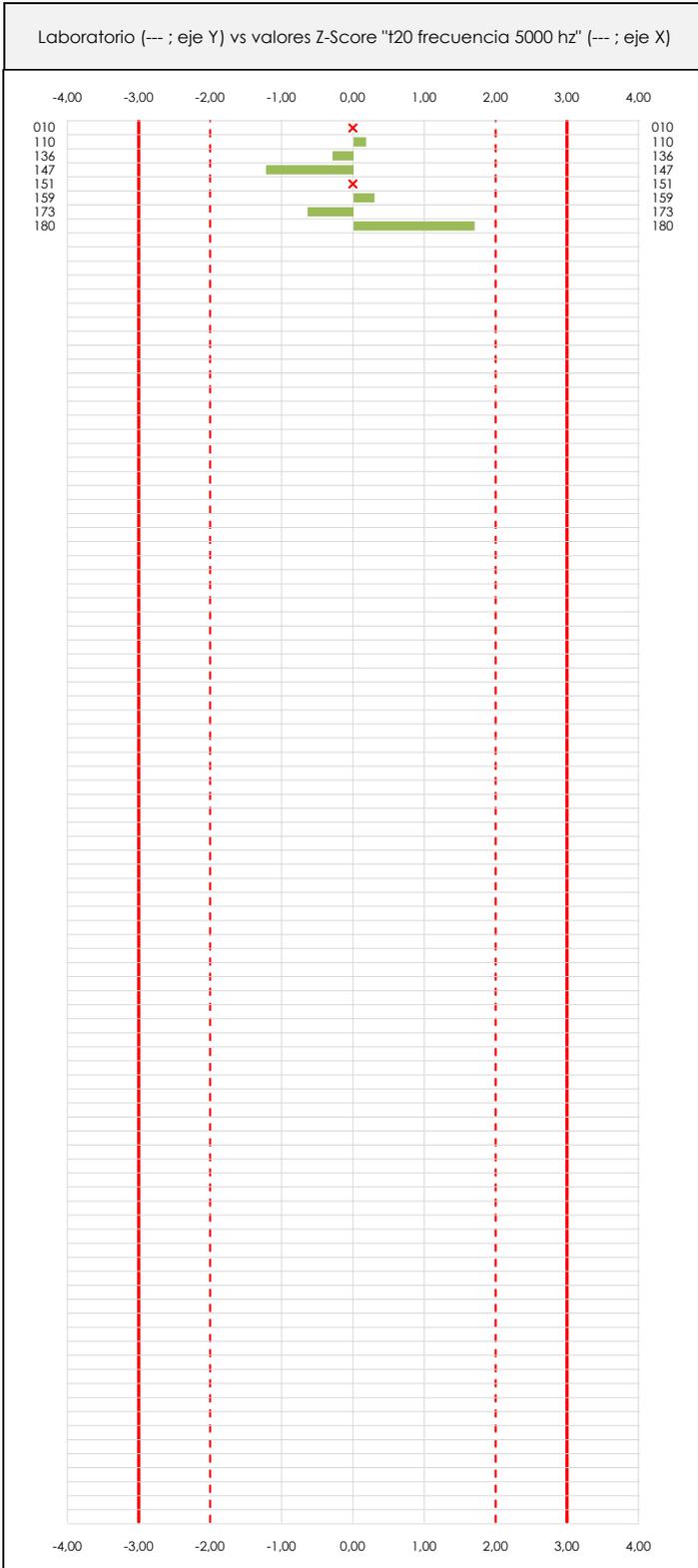
**SACE**  
Subcomisión Administrativa para la  
Calidad de la Edificación



## T20 FRECUENCIA 5000 HZ (seg)

### Análisis C. Evaluación Z-Score

#### Apartado C.1. Análisis gráfico Altman Z-Score



#### ANÁLISIS GRÁFICO Z-SCORE

Diagrama Z-Score para los resultados aportados por los laboratorios. Estos se considerarán satisfactorios (S) si el valor absoluto del Z-Score es menor o igual a 2 unidades, dudoso si está comprendido entre 2 y 3 unidades e insatisfactorio si es mayor o igual a 3 unidades.

Los resultados satisfactorios quedan reflejados entre las dos líneas rojas discontinuas, líneas de referencia en la evaluación Z-Score.



## T20 FRECUENCIA 5000 HZ (seg)

### Análisis C. Evaluación Z-Score

#### Apartado C.2. Determinaciones matemáticas

Lab	X <sub>i1</sub>	X <sub>i2</sub>	X <sub>i3</sub>	X <sub>i4</sub>	X <sub>i5</sub>	$\bar{X}_i$ crit	S <sub>Li</sub>	D <sub>i</sub> crit %	Pasa A	Pasa B	Total	Causa	Iteración	Z-Score	Evaluación
10	0,97	0,90	0,96	0,97	1,04	0,97	---	---	✓	✗	✗	AB	0	---	---
110	0,97	0,95	0,99	0,98	0,98	0,97	0,015	0,31	✓	✓	✓			0,175	S
136	1,00	0,97	0,95	0,95	0,96	0,97	0,021	-0,51	✓	✓	✓			-0,292	S
147	0,94	0,95	0,96	0,94	0,96	0,95	0,010	-2,16	✓	✓	✓			-1,228	S
151	1,03	1,03	1,03	1,01	1,01	1,02	---	---	✓	✗	✗	AB	0	---	---
159	0,96	0,97	0,99	0,98	0,98	0,98	0,011	0,51	✓	✓	✓			0,292	S
173	0,95	0,96	0,98	0,95	0,96	0,96	0,012	-1,13	✓	✓	✓			-0,643	S
180	0,99	1,01	1,01	1,01	0,98	1,00	0,014	2,99	✓	✓	✓			1,696	S

**NOTAS:**

<sup>01</sup> "X<sub>i j</sub> con j = 1, 2, 3, 4, 5" es cada uno de los resultados individuales aportados por cada laboratorio, " $\bar{X}_i$  crit" es la media aritmética intralaboratorio calculada sin redondear.

<sup>02</sup> "S<sub>Li</sub>" es la desviación típica intralaboratorios y "D<sub>i</sub> crit %" la desviación, en porcentaje, de la media aritmética intralaboratorios calculada respecto de la media aritmética interlaboratorios.

<sup>03</sup> La evaluación Z-Score (ZS) será considerada de tipo: [Satisfactorio (S) - si | ZS | ≤ 2] [Dudoso (D) - si 2 < | ZS | ≤ 3] [Insatisfactorio (I) - si | ZS | > 3].

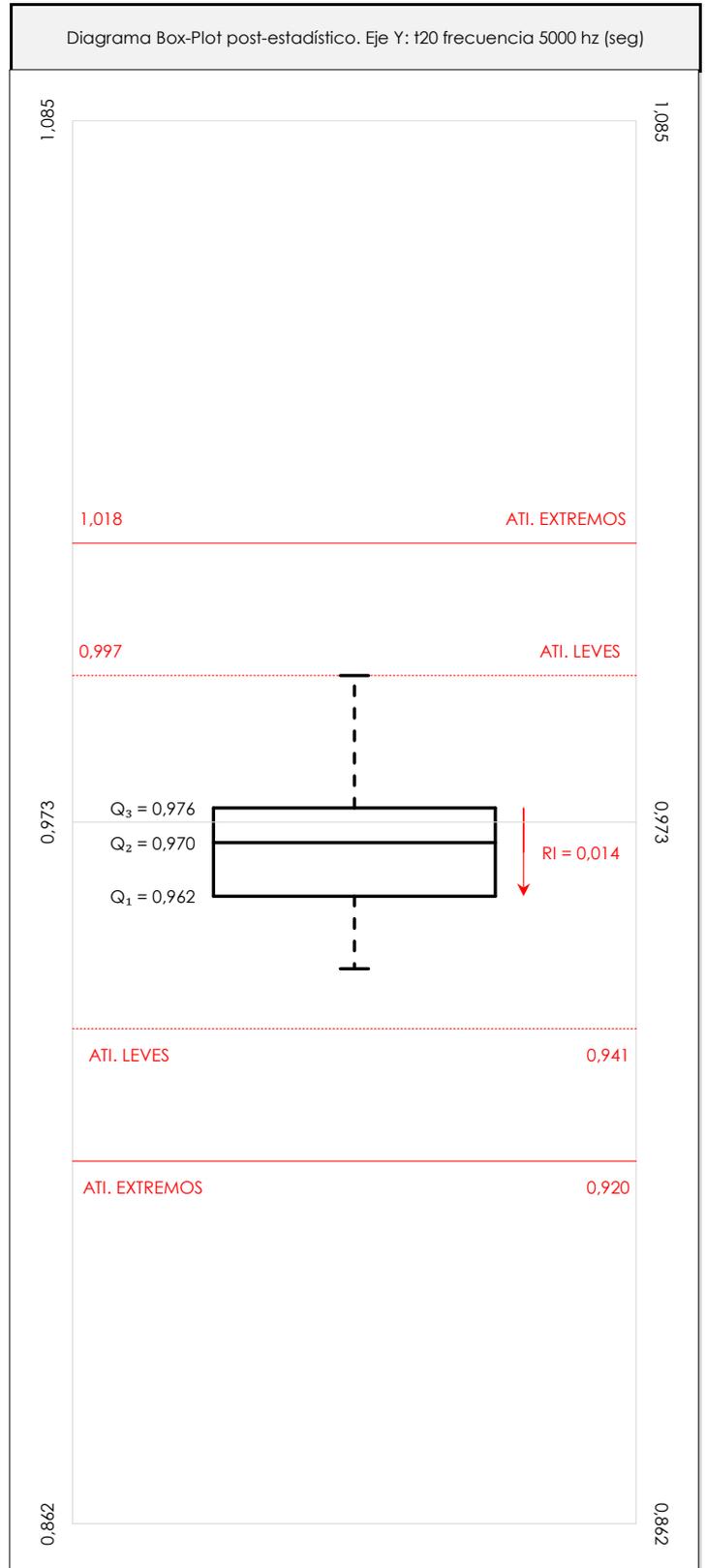
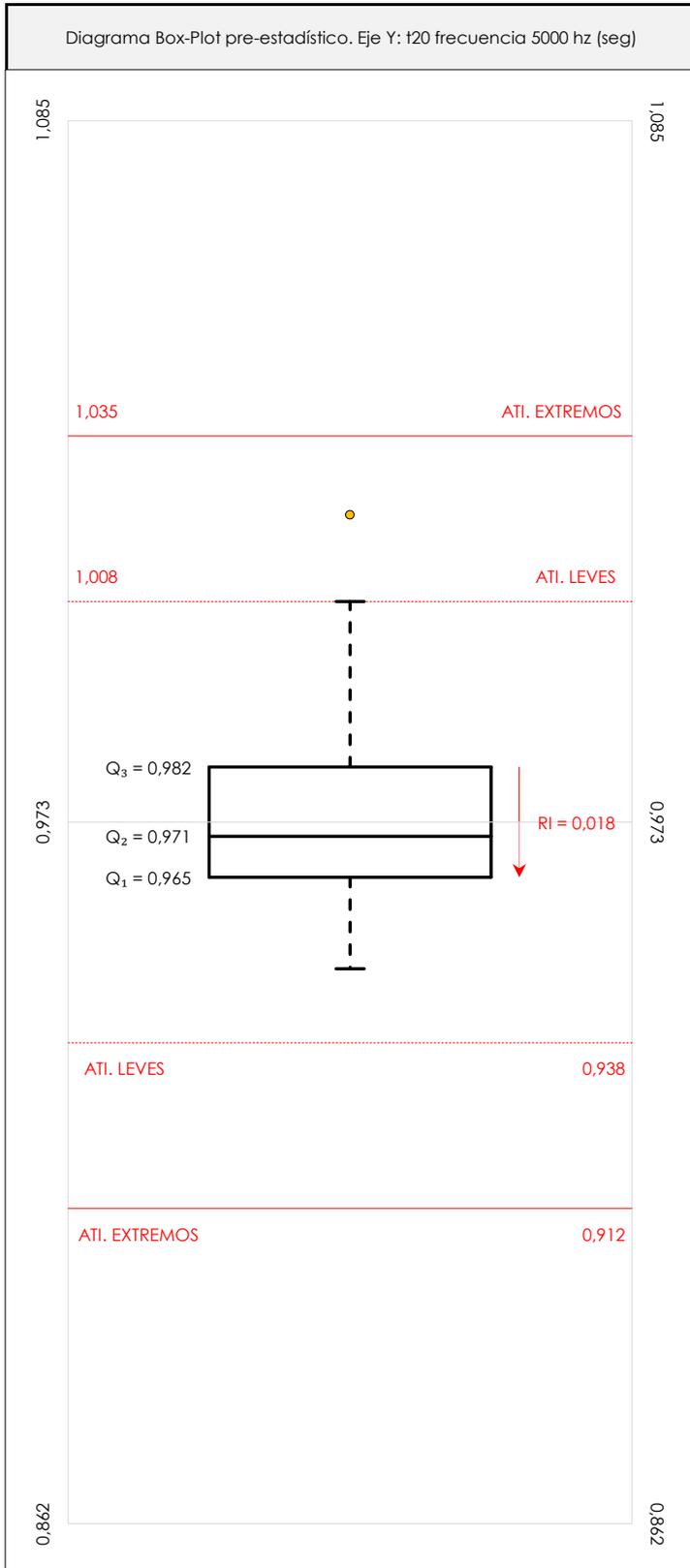
<sup>04</sup> El código colorimétrico empleado para las celdas es:

[dudoso]

[insatisfactorio]

**T20 FRECUENCIA 5000 HZ (seg)**  
**Análisis D. Estudios post-estadísticos**

Apartado D.3. Diagramas Box-Plot o de Caja y Bigotes



**ANÁLISIS GRÁFICO DE CAJA Y BIGOTES (ANTES Y DESPUÉS DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO)**

Diagramas de caja y bigotes (Box Plot) de las medias aritméticas de los resultados aportados por los laboratorios antes (diagrama de la izquierda. Este incluye valores aberrantes y anómalos) y después (diagrama de la derecha. No incluye los valores descartados a lo largo del estudio) de análisis estadístico.

En ambos se han representado: el primer cuartil (Q<sub>1</sub> ; 25% de los datos), el segundo cuartil o la mediana (Q<sub>2</sub> ; 50% de los datos), el tercer cuartil (Q<sub>3</sub> ; 75% de los datos), el rango intercuartílico (RI ; cuartil tres menos cuartil uno) y los límites de valores atípicos leves (f<sub>3</sub> y f<sub>1</sub> para el máximo y mínimo respectivamente ; líneas discontinuas de color rojo) y extremos (f<sub>3</sub><sup>\*</sup> y f<sub>1</sub><sup>\*</sup> para el máximo y mínimo respectivamente ; líneas continuas de color rojo).

**CICE**Comité de infraestructuras para la  
Calidad de la Edificación**SACE**Subcomisión Administrativa para la  
Calidad de la Edificación**T20 FRECUENCIA 5000 HZ (seg)****Conclusiones**

## Determinación de la repetibilidad y reproducibilidad

El análisis estadístico EILA20 para el ensayo "T20 FRECUENCIA 5000 HZ", ha contado con la participación de un total de 8 laboratorios, debiendo haber aportado cada uno de ellos, un total de 5 determinaciones individuales además de su valor medio.

Tras analizar los resultados podemos concluir que, para cumplir con los criterios estadísticos establecidos en el informe, un total de 2 laboratorios han sido apartados de la evaluación final: 0 en el Análisis Pre-Estadístico (por no cumplir el criterio de validación y/o el procedimiento de ejecución recogido en la norma de ensayo) y 2 en el Análisis Estadístico (por resultar anómalos o aberrantes en las técnicas gráficas de consistencia de Mandel y en los ensayos de detección de resultados numéricos de Cochran y Grubbs), al cabo de 2 iteraciones.

De cada uno de los análisis (pre-estadístico y estadístico), se obtienen las siguientes tablas:

TIPO DE ANALISIS	PRE-ESTADISTICO						ESTADISTICO					
Variables	$X_{i1}$	$X_{i2}$	$X_{i3}$	$X_{i4}$	$X_{i5}$	$\bar{X}_{i\text{arit}}$	$X_{i1}$	$X_{i2}$	$X_{i3}$	$X_{i4}$	$X_{i5}$	$\bar{X}_{i\text{arit}}$
Valor Máximo (max ; %)	1,03	1,03	1,03	1,01	1,04	1,02	1,00	1,01	1,01	1,01	0,98	1,00
Valor Mínimo (min ; %)	0,94	0,90	0,95	0,94	0,96	0,95	0,94	0,95	0,95	0,94	0,96	0,95
Valor Promedio (M ; %)	0,98	0,97	0,98	0,97	0,98	0,98	0,97	0,97	0,98	0,97	0,97	0,97
Desviación Típica (SDL ; ---)	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,01	0,02
Coef. Variación (CV ; ---)	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,01	0,02
VARIABLES	$S_r^2$	r	$S_L^2$	$S_R^2$	R		$S_r^2$	r	$S_L^2$	$S_R^2$	R	
Valor Calculado	0,000	0,061	0,000	0,001	0,084		0,000	0,040	0,000	0,000		0,059
Valor Referencia												

Asimismo, acompañando a éstas tablas y dependiendo del análisis que se esté llevando a cabo, se introducen los indicadores estadísticos "h y k" de Mandel y los valores críticos "C" de Cochran y " $G_{\text{sim}}$  y  $G_{\text{Dob}}$ " de Grubbs, todos ellos adimensionales, obtenidos de las tablas 4, 5, 6 y 7 de la norma UNE 82009-2:1999 o mediante ecuación matemática, en función del número de laboratorios y del número de ensayos efectuados por cada uno de ellos:

TIPO DE ANALISIS	PRE-ESTADISTICO					ESTADISTICO				
VARIABLES	h	k	C	$G_{\text{sim}}$	$G_{\text{Dob}}$	h	k	C	$G_{\text{sim}}$	$G_{\text{Dob}}$
Nivel de Significación 1%	1,87	1,68	0,463	1,973	0,0116	1,87	1,68	0,564	1,973	0,0116
Nivel de Significación 5%	1,66	1,48	0,391	1,887	0,0349	1,66	1,48	0,480	1,887	0,0349

Con los resultados de los laboratorios, que tras los dos análisis estadísticos son evaluados por Z-Score, se han obtenido: 6 resultados satisfactorios, 0 resultados dudosos y 0 resultados insatisfactorios.

Respecto a los métodos para determinar la repetibilidad y la reproducibilidad de las mediciones se van a basar en la evaluación estadística recogida en la ISO 17025, sobre las dispersiones de los resultados individuales y su media, en forma de varianzas o desviaciones estándar, también conocida como ANOVA (siglas de analysis of variance).

Sabiendo que una varianza es la suma de cuadrados dividida por un número, que se llama grados de libertad, que depende del número de participantes menos 1, se puede decir que la imprecisión del ensayo se descompone en dos factores: uno de ellos genera la imprecisión mínima, presente en condiciones de repetibilidad (variabilidad intralaboratorio) y el otro la imprecisión adicional, obtenida en condiciones de reproducibilidad (variabilidad debida al cambio de laboratorio).

Las condiciones de repetibilidad de este ensayo son: mismo laborante, mismo laboratorio y mismo equipo de medición utilizado dentro de un período de tiempo corto. Por ende, las condiciones de reproducibilidad para la misma muestra y ensayo, cambian en: el laborante, el laboratorio, el equipo y las condiciones de uso y tiempo.