

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ELCHE

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA



CARACTERIZACIÓN DE ENTORNO
ACÚSTICO Y ADECUACIÓN DE EQUIPO
DE ENSAYOS PARA LA REALIZACIÓN DE
MEDICIONES SONORAS EN MÁQUINAS

TRABAJO FIN DE GRADO

Junio 2025

AUTOR: Guillermo Rodríguez Salvador

DIRECTORES: Nuria Campillo Davó

Ramón Peral Orts

ÍNDICE:

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. ANTECEDENTES	1
1.2. ESTADO DEL ARTE	3
1.3. REVISIÓN NORMATIVA	9
1.3.1. NORMATIVA APLICABLE	9
1.3.2. NORMATIVAS ASOCIADAS A SOFTWARE	10
1.3.3. PROCEDIMIENTOS DE USO Y MANTENIMIENTO	10
1.4. OBJETIVOS DEL TRABAJO DE FIN DE GRADO	11
2. MATERIALES Y MÉTODOS	13
2.1. MATERIALES USADOS	13
2.1.1. SALA ACÚSTICA	13
2.1.2. SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS LAN-XI LIGHT 4-CHANNEL DATA ACQUISITION MODULE TYPE 3677	15
2.1.3. ELEMENTOS DE MEDICIÓN	19
2.1.5. FUENTE SONORA	22
2.1.6. PORTATIL CON EL SOFTWARE	23
2.1.7. ELEMENTOS DE PROTECCIÓN FRENTE AL RUIDO	23
2.1.8. CALIBRADOR ACÚSTICO	24
2.2. PROCEDIMIENTO PARA SU DEBIDA UTILIZACIÓN	25
2.2.1 ACCESO AL PORTATIL	25
2.2.2. PREPARAR EL SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS	25
2.2.3. PREPARAR LA FUENTE SONORA	28
2.2.4. PREPARAR LOS MICRÓFONOS	31
2.2.5. USO SOFTWARE BK CONNECT	34
2.3. DESCRIPCIÓN DE LOS EXPERIMENTOS	40
2.3.1. DESCRIPCIÓN DE LA CARACTERIZACIÓN	40
2.3.2. DESCRIPCIÓN DEL EXPERIMENTO CON EL SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS	62
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	71
3.1. RESULTADOS CARACTERIZACIÓN	71

3.2. RESULTADOS PRUEBA DENTRO DE LA SALA ACÚSTICA	78
3.3. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	88
4. CONCLUSIÓN	91
4.1. CONCLUSIONES DE LA INVESTIGACIÓN	91
4.2. TRABAJOS FUTUROS	92
5. PLANOS	93
6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	95
7. ANEXOS	97
7.1. CÁLCULOS DE LA NORMA	97
7.2. IMÁGENES ADICIONALES	128
7.3. FICHAS TÉCNICAS	146



Índice de Figuras:

<i>Figura 1: Geometría de la integral de Kirchhoff-Helmholtz, según R. Haasjes, A.P. Berkhoff [5].</i>	3
<i>Figura 2: Estimación del tiempo de reverberación, según R. Haasjes, A.P. Berkhoff [5].</i>	4
<i>Figura 3: Configuración experimental, según R. Haasjes, A.P. Berkhoff [5].</i>	5
<i>Figura 4: Respuesta impulsiva con y sin control, según R. Haasjes, A.P. Berkhoff [5].</i>	6
<i>Figura 5: Configuración experimental en cámara semianecoica de Breuberg, Alemania, según Luca Rapino, Francesco Ripamonti, Samanta Dallasta, Simone Baro, Roberto Corradi [6].</i>	7
<i>Figura 6: Comparación experimental y simulada del nivel de presión sonora ponderado, según Luca Rapino, Francesco Ripamonti, Samanta Dallasta, Simone Baro, Roberto Corradi [1].</i>	8
<i>Figura 7: Sala acústica Edificio Altet de la Universidad Miguel Hernández de Elche.</i>	14
<i>Figura 8: Instalación de iluminación dentro de la sala acústica.</i>	14
<i>Figura 9: Instalación de ventilación dentro de la sala acústica.</i>	14
<i>Figura 10: Unidad de adquisición de datos LAN-XI Light Tipo 3677.</i>	17
<i>Figura 11: Panel frontal del LAN-XI.</i>	18
<i>Figura 12: Adaptador de corriente.</i>	18
<i>Figura 13: Adaptador LAN-LAN.</i>	19
<i>Figura 14: Adaptador LAN-USB.</i>	19
<i>Figura 15: Sonómetro.</i>	20
<i>Figura 16: Modelos micrófono y preamplificador.</i>	20
<i>Figura 17: Micrófonos.</i>	21
<i>Figura 18: Amplificador.</i>	22
<i>Figura 19: Dodecaedro montado sobre el trípode.</i>	22
<i>Figura 20: Portátil con el software.</i>	23
<i>Figura 21: Logotipo BK Connect.</i>	23
<i>Figura 22: Cascos insonorizados.</i>	24
<i>Figura 23: Calibrador.</i>	24
<i>Figura 24: Bolsa AN-0058.</i>	26
<i>Figura 25: Clavija Lemo 00.</i>	26
<i>Figura 26: Puerto Ext. Power 10 to 32 V.</i>	26
<i>Figura 27: Bolsa del RJ45 NETWORK PATCH CORD.</i>	27
<i>Figura 28: Panel frontal del sistema.</i>	27
<i>Figura 29: Panel frontal del sistema activado.</i>	28
<i>Figura 30: Sistema de adquisición listo.</i>	28
<i>Figura 31: Conexión dodecaedro.</i>	29
<i>Figura 32: Output del amplificador.</i>	29

<i>Figura 33: Input del amplificador.</i>	30
<i>Figura 34: Conexión de corriente para el amplificador.</i>	30
<i>Figura 35: Enchufe dentro de la sala acústica.</i>	31
<i>Figura 36: Cable coaxial con conectores BNC.</i>	32
<i>Figura 37: Cable BNC-SMA macho.</i>	32
<i>Figura 38: Montaje al trípode.</i>	33
<i>Figura 39: Todo el equipo conectado.</i>	33
<i>Figura 40: Menú BK Connect Front-end Setup.</i>	34
<i>Figura 41: Edit y Add Devices.</i>	34
<i>Figura 42: Menú BK Connect.</i>	35
<i>Figura 43: Core Applications.</i>	36
<i>Figura 44: Data Processing.</i>	36
<i>Figura 45: Set Up Transducer Manager.</i>	37
<i>Figura 46: Set up Transducer Verification.</i>	38
<i>Figura 47: Standard processing setup.</i>	40
<i>Figura 48: Calibración del Sonómetro.</i>	41
<i>Figura 49: Medición dentro de la sala acústica.</i>	44
<i>Figura 50: Vista de detalle de las posiciones dentro de la sala para la fuente 1.</i>	45
<i>Figura 51: Vista de detalle de las posiciones dentro de la sala para la fuente 2.</i>	45
<i>Figura 52: Medición en el pasillo.</i>	47
<i>Figura 53 Vista de detalle de las posiciones en el pasillo de fuera.</i>	47
<i>Figura 54: Medición en el laboratorio.</i>	48
<i>Figura 55: Vista de detalle de las posiciones en el laboratorio.</i>	49
<i>Figura 56: Medición en el almacén.</i>	50
<i>Figura 57: Vista de detalle de las posiciones en el almacén.</i>	50
<i>Figura 58: Medición en el pasillo de arriba.</i>	51
<i>Figura 59: Vista de detalle de las posiciones en el pasillo de arriba.</i>	52
<i>Figura 60: Medición en el aula de arriba.</i>	53
<i>Figura 61: Vista de detalle de las posiciones en el aula de arriba.</i>	53
<i>Figura 62: Vista de detalle de las posiciones en el interior de la sala acústica para los cálculos de la fachada.</i>	55
<i>Figura 63: Posicionamiento de la fuente sonora.</i>	56
<i>Figura 64: Medida en el exterior.</i>	56
<i>Figura 65: Situación en el exterior.</i>	57
<i>Figura 66: Equipo preparado.</i>	62
<i>Figura 67: Calibración de los micrófonos.</i>	63
<i>Figura 68: Time Data Recorder.</i>	64

<i>Figura 69: Standard processing.</i>	64
<i>Figura 70: Data Table Viewer.</i>	65
<i>Figura 71: Resultado de la prueba en el dominio del tiempo para la comprobación de que los micrófonos estuviesen en fase.</i>	65
<i>Figura 72: Resultado de la prueba en bandas de tercio de octava en dBA.</i>	66
<i>Figura 73: Resultado de la prueba en bandas de tercio de octava en dBC.</i>	66
<i>Figura 74: Resultado de la prueba en FFT.</i>	67
<i>Figura 75: Trípodes preparados en la sala acústica.</i>	68
<i>Figura 76: La fuente con los micrófonos.</i>	68
<i>Figura 77: Posiciones de los micrófonos normales y la fuente sonora para realizar las mediciones.</i>	69
<i>Figura 78: Posiciones de los micrófonos alternativas y la fuente sonora para realizar las mediciones.</i>	70
<i>Figura 79: Comportamiento del sonido dentro de la sala acústica, para F.S. R.R. P.N.</i>	79
<i>Figura 80: Comportamiento del sonido dentro de la sala acústica, para F.S. R.R. P.A.</i>	79
<i>Figura 81: Comportamiento del sonido dentro de la sala acústica, para F.S. 1000 Hz P.N.</i>	79
<i>Figura 82: Comportamiento del sonido dentro de la sala acústica, para F.S. 1000 Hz P.A.</i>	80
<i>Figura 83: Comportamiento del sonido dentro de la sala acústica, para F.T. R.R. P.N.</i>	80
<i>Figura 84: Comportamiento del sonido dentro de la sala acústica, para F.T. R.R. P.A.</i>	80
<i>Figura 85: Comportamiento del sonido dentro de la sala acústica, para F.T. 1000 Hz P.N.</i>	81
<i>Figura 86: Comportamiento del sonido dentro de la sala acústica, para F.T. 1000 Hz P.A.</i>	81
<i>Figura 87: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los de la diferencia en los niveles, para el pasillo.</i>	98
<i>Figura 88: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los de la diferencia en los niveles normalizada, para el pasillo.</i>	99
<i>Figura 89: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los de la diferencia en los niveles estandarizada, para el pasillo.</i>	100
<i>Figura 90: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los del índice de reducción acústica aparente, para el pasillo.</i>	101
<i>Figura 91: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los de la diferencia en los niveles, para el laboratorio.</i>	103
<i>Figura 92: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los de la diferencia en los niveles normalizada, para el laboratorio.</i>	104
<i>Figura 93: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los de la diferencia en los niveles estandarizada, para el laboratorio.</i>	105
<i>Figura 94: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los del índice de reducción acústica aparente, para el laboratorio.</i>	106

<i>Figura 95: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los de la diferencia en los niveles, para el almacén.</i>	108
<i>Figura 96: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los de la diferencia en los niveles normalizada, para el almacén.</i>	109
<i>Figura 97: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los de la diferencia en los niveles estandarizada, para el almacén.</i>	110
<i>Figura 98: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los del índice de reducción acústica aparente, para el almacén.</i>	111
<i>Figura 99: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los de la diferencia en los niveles, para el pasillo de arriba.</i>	113
<i>Figura 100: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los de la diferencia en los niveles normalizada, para el pasillo de arriba.</i>	114
<i>Figura 101: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los de la diferencia en los niveles estandarizada, para el pasillo de arriba.</i>	115
<i>Figura 102: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los de la diferencia en los niveles, para el aula de arriba.</i>	117
<i>Figura 103: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los de la diferencia en los niveles normalizada, para el aula de arriba.</i>	118
<i>Figura 104: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los de la diferencia en los niveles estandarizada, para el aula de arriba.</i>	119
<i>Figura 105: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los del índice de reducción acústico aparente, para el aula de arriba.</i>	120
<i>Figura 106: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los de la diferencia en los niveles, para el exterior.</i>	122
<i>Figura 107: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los de la diferencia en los niveles normalizada, para el exterior.</i>	123
<i>Figura 108: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los de la diferencia en los niveles estandarizada, para el exterior.</i>	124
<i>Figura 109: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los del índice de reducción acústica aparente, para el exterior.</i>	125
<i>Figura 110: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los del índice de reducción acústica aparente 45º, para el exterior.</i>	126
<i>Figura 111: Posición de fuente 1 primera medida, en el interior de la sala acústica.</i>	128
<i>Figura 112: Posición de fuente 1 segunda medida, en el interior de la sala acústica.</i>	128
<i>Figura 113: Posición de fuente 1 tercera medida, en el interior de la sala acústica.</i>	129
<i>Figura 114: Posición de fuente 1 cuarta medida, en el interior de la sala acústica.</i>	129
<i>Figura 115: Posición de fuente 1 quinta medida, en el interior de la sala acústica.</i>	130

<i>Figura 116: Posición de fuente 2 primera medida, en el interior de la sala acústica.</i>	<i>130</i>
<i>Figura 117: Posición de fuente 2 segunda medida, en el interior de la sala acústica.</i>	<i>131</i>
<i>Figura 118: Posición de fuente 2 tercera medida, en el interior de la sala acústica.</i>	<i>131</i>
<i>Figura 119: Posición de fuente 2 cuarta medida, en el interior de la sala acústica.</i>	<i>132</i>
<i>Figura 120: Posición de fuente 2 quinta medida, en el interior de la sala acústica.</i>	<i>132</i>
<i>Figura 121: Primera posición, en el pasillo.</i>	<i>133</i>
<i>Figura 122: Segunda posición, en el pasillo.</i>	<i>133</i>
<i>Figura 123: Tercera posición, en el pasillo.</i>	<i>134</i>
<i>Figura 124: Cuarta posición, en el pasillo.</i>	<i>134</i>
<i>Figura 125: Quinta posición, en el pasillo.</i>	<i>135</i>
<i>Figura 126: Primera posición, en el laboratorio.</i>	<i>135</i>
<i>Figura 127: Segunda posición, en el laboratorio.</i>	<i>136</i>
<i>Figura 128: Tercera posición, en el laboratorio.</i>	<i>136</i>
<i>Figura 129: Cuarta posición, en el laboratorio.</i>	<i>137</i>
<i>Figura 130: Quinta posición, en el laboratorio.</i>	<i>137</i>
<i>Figura 131: Primera posición, en el almacén.</i>	<i>138</i>
<i>Figura 132: Segunda posición, en el almacén.</i>	<i>138</i>
<i>Figura 133: Tercera posición, en el almacén.</i>	<i>139</i>
<i>Figura 134: Cuarta posición, en el almacén.</i>	<i>139</i>
<i>Figura 135: Quinta posición, en el almacén.</i>	<i>140</i>
<i>Figura 136: Primera posición, en el pasillo de arriba.</i>	<i>140</i>
<i>Figura 137: Segunda posición, en el pasillo de arriba.</i>	<i>141</i>
<i>Figura 138: Tercera posición, en el pasillo de arriba.</i>	<i>141</i>
<i>Figura 139: Cuarta posición, en el pasillo de arriba.</i>	<i>142</i>
<i>Figura 140: Quinta posición, en el pasillo de arriba.</i>	<i>142</i>
<i>Figura 141: Primera posición, en el aula de arriba.</i>	<i>143</i>
<i>Figura 142: Segunda posición, en el aula de arriba.</i>	<i>143</i>
<i>Figura 143: Tercera posición, en el aula de arriba.</i>	<i>144</i>
<i>Figura 144: Cuarta posición, en el aula de arriba.</i>	<i>144</i>
<i>Figura 145: Quinta posición, en el aula de arriba.</i>	<i>145</i>

Índice de Tablas:

<i>Tabla 1: Datos obtenidos dentro de la sala.</i>	46
<i>Tabla 2: Datos obtenidos en el pasillo.</i>	48
<i>Tabla 3: Ruido de fondo en el pasillo.</i>	48
<i>Tabla 4: Datos obtenidos en el laboratorio.</i>	49
<i>Tabla 5: Ruido de fondo en el laboratorio.</i>	49
<i>Tabla 6: Datos obtenidos en el almacén.</i>	51
<i>Tabla 7: Ruido de fondo en el almacén.</i>	51
<i>Tabla 8: Datos obtenidos en el pasillo de arriba.</i>	52
<i>Tabla 9: Ruido de fondo en el pasillo de arriba.</i>	52
<i>Tabla 10: Datos obtenidos en el aula de arriba.</i>	54
<i>Tabla 11: Ruido de fondo en el aula de arriba.</i>	54
<i>Tabla 12: Datos obtenidos en el exterior.</i>	57
<i>Tabla 13: Datos obtenidos en la sala emitiendo desde el exterior.</i>	57
<i>Tabla 14: Números mínimos de posiciones y mediciones [10].</i>	58
<i>Tabla 15: Tiempo de reverberación en el pasillo.</i>	59
<i>Tabla 16: Tiempo de reverberación en el laboratorio.</i>	60
<i>Tabla 17: Tiempo de reverberación en el almacén.</i>	60
<i>Tabla 18: Tiempo de reverberación en el pasillo de arriba.</i>	60
<i>Tabla 19: Tiempo de reverberación en el aula de arriba.</i>	61
<i>Tabla 20: Tiempo de reverberación en el interior de la sala.</i>	61
<i>Tabla 21: Valores de referencia [13].</i>	71
<i>Tabla 22: Espectros de nivel sonoro para calcular los términos de adaptación [13].</i>	72
<i>Tabla 23: Valores únicos de aislamiento, para el pasillo.</i>	76
<i>Tabla 24: Valores únicos de aislamiento, para el laboratorio.</i>	76
<i>Tabla 25: Valores únicos de aislamiento, para el almacén.</i>	76
<i>Tabla 26: Valores únicos de aislamiento, para el pasillo de arriba.</i>	76
<i>Tabla 27: Valores únicos de aislamiento, para el aula de arriba.</i>	77
<i>Tabla 28: Valores únicos de aislamiento, para el exterior.</i>	77
<i>Tabla 29: Comparación de los L_{eq} entre los micrófonos y el sonómetro.</i>	82
<i>Tabla 30: Comparación de los L_{eq} entre los micrófonos y el sonómetro, considerando que pudiese saturar.</i>	83
<i>Tabla 31: Comparación de los L_{eq} entre los micrófonos y el sonómetro, considerando la corrección de la distancia del micrófono del sonómetro y la rotación de la fuente.</i>	84
<i>Tabla 32: Máxima diferencia de dBA debido al giro de la fuente de ruido, para la posición 1 reproduciendo R.R.</i>	85

<i>Tabla 33: Máxima diferencia de dBA debido al giro de la fuente de ruido, para la posición 2 reproduciendo R.R.</i>	85
<i>Tabla 34: Máxima diferencia de dBA debido al giro de la fuente de ruido, para la posición 3 reproduciendo R.R.</i>	85
<i>Tabla 35: Máxima diferencia de dBA debido al giro de la fuente de ruido, para la posición 4 reproduciendo R.R.</i>	85
<i>Tabla 36: Máxima diferencia de dBA debido al giro de la fuente de ruido, para la posición 1 reproduciendo 1000 Hz.</i>	86
<i>Tabla 37: Máxima diferencia de dBA debido al giro de la fuente de ruido, para la posición 2 reproduciendo 1000 Hz.</i>	86
<i>Tabla 38: Máxima diferencia de dBA debido al giro de la fuente de ruido, para la posición 3 reproduciendo 1000 Hz.</i>	86
<i>Tabla 39: Máxima diferencia de dBA debido al giro de la fuente de ruido, para la posición 4 reproduciendo 1000 Hz.</i>	86
<i>Tabla 40: Comparación de los L_{eq} entre los micrófonos y el sonómetro, considerando la corrección de los cables.</i>	87
<i>Tabla 41: Resultados para los valores de referencia según las diferentes normas para el pasillo.</i>	97
<i>Tabla 42: Diferencia entre los valores de referencia y los de diferencia en los niveles para el pasillo.</i>	97
<i>Tabla 43: Diferencia entre los valores de referencia y los de diferencia en los niveles normalizada para el pasillo.</i>	98
<i>Tabla 44: Diferencia entre los valores de referencia y los de diferencia en los niveles estandarizada para el pasillo.</i>	99
<i>Tabla 45: Diferencia entre los valores de referencia y el índice de reducción acústica aparente para el pasillo.</i>	100
<i>Tabla 46: Calculo de los términos de adaptación para el pasillo.</i>	101
<i>Tabla 47: Valor de la magnitud global de la diferencia en los niveles, para el pasillo.</i>	102
<i>Tabla 48: Valor de la magnitud global de la diferencia en los niveles normalizado, para el pasillo.</i>	102
<i>Tabla 49: Valor de la magnitud global de la diferencia en los niveles estandarizado, para el pasillo.</i>	102
<i>Tabla 50: Valor de la magnitud global del índice de reducción acústico aparente, para el pasillo.</i>	102
<i>Tabla 51: Resultados para los valores de referencia según las diferentes normas para el laboratorio.</i>	102
<i>Tabla 52: Diferencia entre los valores de referencia y los de diferencia en los niveles para el laboratorio.</i>	102
<i>Tabla 53: Diferencia entre los valores de referencia y los de diferencia en los niveles normalizada para el laboratorio.</i>	103
<i>Tabla 54: Diferencia entre los valores de referencia y los de diferencia en los niveles estandarizada para el laboratorio.</i>	104

<i>Tabla 55: Diferencia entre los valores de referencia y los del índice de reducción acústica aparente para el laboratorio.</i>	105
<i>Tabla 56: Calculo de los términos de adaptación para el laboratorio.</i>	106
<i>Tabla 57: Valor de la magnitud global de la diferencia en los niveles, para el laboratorio.</i>	107
<i>Tabla 58: Valor de la magnitud global de la diferencia en los niveles normalizado, para el laboratorio.</i>	107
<i>Tabla 59: Valor de la magnitud global de la diferencia en los niveles estandarizado, para el laboratorio.</i>	107
<i>Tabla 60: Valor de la magnitud global del índice de reducción acústica aparente, para el laboratorio.</i>	107
<i>Tabla 61: Resultados para los valores de referencia según las diferentes normas para el almacén.</i>	107
<i>Tabla 62: Diferencia entre los valores de referencia y los de diferencia en los niveles para el almacén.</i>	107
<i>Tabla 63: Diferencia entre los valores de referencia y los de diferencia en los niveles normalizada para el almacén.</i>	108
<i>Tabla 64: Diferencia entre los valores de referencia y los de diferencia en los niveles estandarizada para el almacén.</i>	109
<i>Tabla 65: Diferencia entre los valores de referencia y los del índice de reducción acústica aparente para el almacén.</i>	110
<i>Tabla 66: Calculo de los términos de adaptación para el almacén.</i>	111
<i>Tabla 67: Valor de la magnitud global de la diferencia en los niveles, para el almacén.</i>	112
<i>Tabla 68: Valor de la magnitud global de la diferencia en los niveles normalizada, para el almacén.</i>	112
<i>Tabla 69: Valor de la magnitud global de la diferencia en los niveles estandarizado, para el almacén.</i>	112
<i>Tabla 70: Valor de la magnitud global del índice de reducción acústica aparente, para el almacén.</i>	112
<i>Tabla 71: Resultados para los valores de referencia según las diferentes normas para el pasillo de arriba.</i>	112
<i>Tabla 72: Diferencia entre los valores de referencia y los de diferencia en los niveles para el pasillo de arriba.</i>	112
<i>Tabla 73: Diferencia entre los valores de referencia y los de diferencia en los niveles normalizada para el pasillo de arriba.</i>	113
<i>Tabla 74: Diferencia entre los valores de referencia y los de diferencia en los niveles estandarizada para el pasillo de arriba.</i>	114
<i>Tabla 75: Calculo de los términos de adaptación para el pasillo de arriba.</i>	115
<i>Tabla 76: Valor de la magnitud global de la diferencia en los niveles, para el pasillo de arriba.</i>	116
<i>Tabla 77: Valor de la magnitud global de la diferencia en los niveles normalizada, para el pasillo de arriba.</i>	116
<i>Tabla 78: Valor de la magnitud global de la diferencia en los niveles estandarizada, para el pasillo de arriba.</i>	116
<i>Tabla 79: Resultados para los valores de referencia según las diferentes normas para la habitación de arriba.</i>	116

<i>Tabla 80: Diferencia entre los valores de referencia y los de diferencia en los niveles para el aula de arriba.</i>	116
<i>Tabla 81: Diferencia entre los valores de referencia y los de diferencia en los niveles normalizada para el aula de arriba.</i>	117
<i>Tabla 82: Diferencia entre los valores de referencia y los de diferencia en los niveles estandarizada para el aula de arriba.</i>	118
<i>Tabla 83: Diferencia entre los valores de referencia y los del índice de reducción aparente para el aula de arriba.</i>	119
<i>Tabla 84: Calculo de los términos de adaptación para el aula de arriba.</i>	120
<i>Tabla 85: Valor de la magnitud global de la diferencia en los niveles, para el aula de arriba.</i>	121
<i>Tabla 86: Valor de la magnitud global de la diferencia en los niveles normalizada, para el aula de arriba.</i>	121
<i>Tabla 87: Valor de la magnitud global de la diferencia en los niveles estandarizada, para el aula de arriba.</i>	121
<i>Tabla 88: Valor de la magnitud global del índice de reducción acústica aparente, para el aula de arriba.</i>	121
<i>Tabla 89: Resultados para los valores de referencia según las diferentes normas para el exterior.</i>	121
<i>Tabla 90: Diferencia entre los valores de referencia y los de diferencia en los niveles para el exterior.</i>	121
<i>Tabla 91: Diferencia entre los valores de referencia y los de diferencia normalizada en los niveles para el exterior.</i>	122
<i>Tabla 92: : Diferencia entre los valores de referencia y los de diferencia en los niveles estandarizada para el exterior.</i>	123
<i>Tabla 93: Diferencia entre los valores de referencia y los del índice de reducción aparente para el exterior.</i>	124
<i>Tabla 94: Diferencia entre los valores de referencia y los del índice de reducción aparente 45º para el exterior.</i>	125
<i>Tabla 95: Calculo de los términos de adaptación para el exterior.</i>	126
<i>Tabla 96: Valor de la magnitud global de la diferencia en los niveles, para el exterior.</i>	127
<i>Tabla 97: Valor de la magnitud global de la diferencia en los niveles normalizada, para el exterior.</i>	127
<i>Tabla 98: Valor de la magnitud global de la diferencia en los niveles estandarizada, para el exterior.</i>	127
<i>Tabla 99: Valor de la magnitud global del índice de reducción acústica aparente, para el exterior.</i>	127
<i>Tabla 100: Valor de la magnitud global del índice de reducción acústica aparente 45º, para el exterior.</i>	127



1. INTRODUCCIÓN

El sonido está presente a lo largo de toda nuestra vida, aunque muchas veces pasa desapercibido, es solamente en exceso y mal utilizado cuando puede llegarnos a molestar. La contaminación acústica no solo perturba nuestra tranquilidad, sino que también puede llegar a generarnos problemas de salud, ya sea estrés o problemas de audición. En entornos industriales y urbanos el ruido representa un desafío técnico y social. Llegar a entender y manejar el sonido correctamente no es solamente por comodidad, también lo es para crear espacios más armónicos y sostenibles.

La contaminación acústica [1], según la OMS, es uno de los factores ambientales que provoca más problemas de salud.

En este capítulo se van a describir las ideas generales de este proyecto, se revisarán los antecedentes y al estado del arte, además de la normativa que será aplicable, pero antes de continuar se va a aclarar un concepto que nos hará falta para comprender la situación.

Una cámara anecoica es una sala aislada estructuralmente para que las vibraciones de estructuras colindantes no puedan influir en los estudios, a diferencia de esta una cámara semianecoica no tendría aislamiento en el suelo quedando este como una superficie reflectante.

En este proyecto los estudios se realizarán en una sala que se asemeja en gran medida con las condiciones de una cámara semianecoica lo único que esta no se encuentra aislada estructuralmente por lo que podría llegar a recibir vibraciones de la estructura en la que se encuentra, por lo tanto se deberá tener en consideración que cuando en el presente TFG se mencione una “sala acústica” no será una normal sino una con dichas condiciones.

1.1. ANTECEDENTES

En este apartado se va a ver una revisión de trabajos de fin de grado anteriores y algunos artículos científicos relacionados al campo de la acústica.

-Diseño y construcción de fuente sonora artificial para estudio del ruido de rodadura. [2]

Este TFG se centra en el diseño y construcción de una fuente sonora artificial para simular el ruido de rodadura.

El objetivo principal es crear un sistema que permita estudiar de manera controlada la emisión de ruido generado por el contacto de los neumáticos con el pavimento.

El trabajo consiste en la construcción de una fuente sonora y el análisis del ruido generado por esta en condiciones de laboratorio, consiguiendo de esta forma eliminar las interferencias con el exterior y facilitando la repetitividad de los ensayos, además se compara el rendimiento de la fuente sonora con los ensayos de ruido de rodadura reales.

-Estudio preliminar para la puesta en marcha de un sistema de fuente sonora artificial para la medida de ruido de rodadura en banco de neumáticos. [3]

El objetivo de este TFG es realizar un estudio preliminar sobre la emisión sonora generada por neumáticos rodando en un banco de ensayos y su comparación con una fuente sonora artificial.

El trabajo se centra en la investigación de la influencia de la curvatura del tambor sobre la emisión y propagación sonora, de esta forma se pretende optimizar las mediciones de ruido de rodadura mediante la eliminación de las limitaciones de ensayos en campo abierto, como las variaciones ambientales, y propone el uso de una fuente sonora artificial como alternativa más rápida y fiable para los estudios acústicos.

-Estudio de la influencia de la curvatura de la superficie de contacto sobre el ruido de rodadura de neumático empleando una cámara acústica. [4]

Este TFG tiene como objetivo principal analizar la influencia de la curvatura de la superficie de contacto en el ruido de rodadura de los neumáticos, la cámara acústica se utiliza para comparar el comportamiento de un neumático real y una fuente sonora artificial bajo distintas condiciones.

Se investigan las diferencias en la propagación del ruido cuando se utiliza un neumático montado sobre una máquina de ensayo frente a la fuente sonora sobre una superficie plana, esto aporta datos que resultarán útiles para futuras investigaciones relacionadas con la medición del ruido de rodadura sin la necesidad de ensayar vehículos completos.

1.2. ESTADO DEL ARTE

Aquí se comentará sobre algunos artículos científicos relacionados al campo sobre cámaras anecoicas.

-Se va comenzar con el artículo "A small-scale active anechoic chamber" de Haasjes y Berkhoff (2024) [5].

El estudio muestra una solución innovadora para suprimir las reflexiones en una cámara anecoica a pequeña escala mediante control activo, esto es relevante porque, aunque estas absorban la mayor parte de las ondas sonoras, todavía se pueden encontrar problemas en frecuencias bajas debido a limitaciones en los materiales de absorción pasivos.

Para solucionar este problema, el artículo mencionado propone usar el control activo de ruido (ANC). En este enfoque se emplea un algoritmo eficiente, el gradiente conjugado precondicionado (PCG), el cual optimiza los coeficientes de control, estos ayudan a minimizar el campo acústico reflejado, los cuales se calculan usando la integral de Kirchhoff-Helmholtz (KHI) y un arreglo circular de micrófonos.

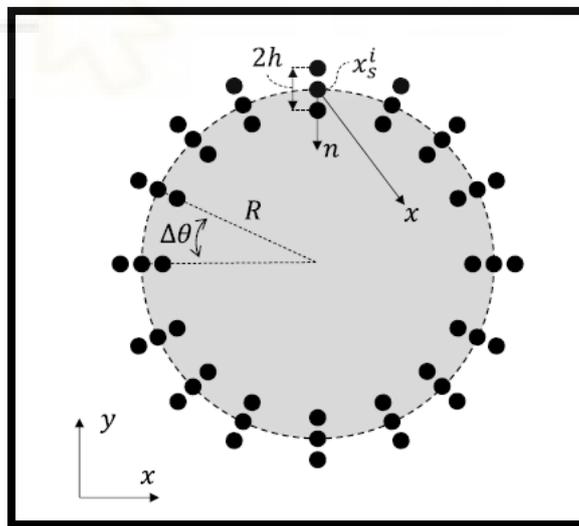


Figura 1: Geometría de la integral de Kirchhoff-Helmholtz, según R. Haasjes, A.P. Berkhoff [5].

La Figura 1 muestra el diseño del conjunto de micrófonos es circular, lo que permite la discretización de la integral, lo que resulta crucial para comprender cómo se determina el campo reflejado y su reducción.

En el experimento se empleó una cámara anecoica a escala reducida para evidenciar la factibilidad del sistema, esta, aunque pequeña permite evaluar la supresión de las reflexiones mediante mediciones de tiempo de reverberación (RT), esto dio como resultado una reducción efectiva de las reflexiones en tiempo real.

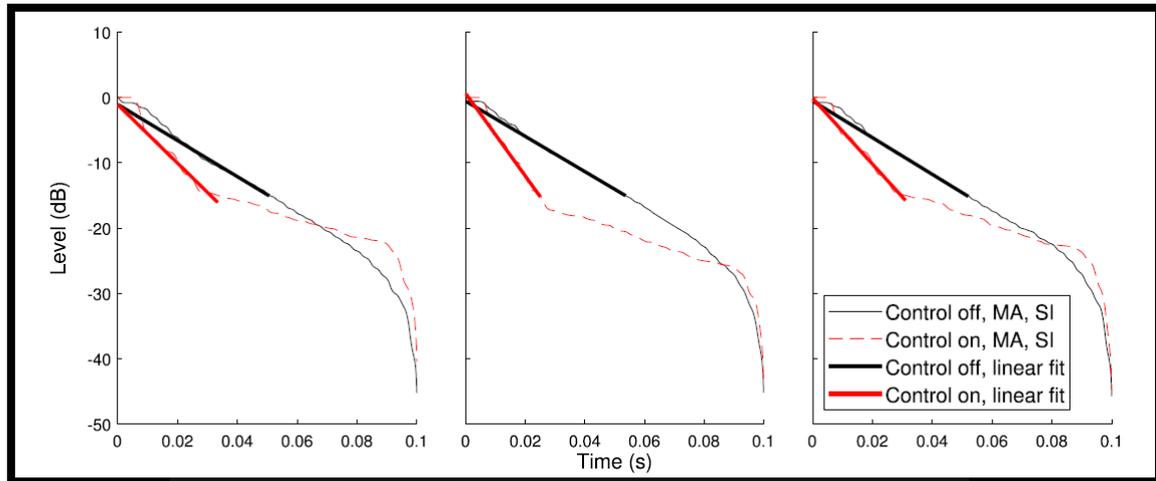


Figura 2: Estimación del tiempo de reverberación, según R. Haasjes, A.P. Berkhoff [5].

En la Figura 2 se muestran los tiempos de reverberación medidos en varios puntos demostrando cómo el sistema de control activo reduce el tiempo de reverberación en un 50% o más en algunos casos.

El problema de las cámaras anecoicas es que, aunque los materiales pasivos absorben la mayor parte del sonido, las reflexiones de baja frecuencia persisten. El artículo sugiere que al aumentar el grosor de los materiales no llega a ser viable por razones económicas y técnicas.

Aquí es donde entra el control activo, ya que este es efectivo para suprimir reflejos en frecuencias bajas. Cuando este se combina con métodos pasivos, extiende el rango de frecuencias operativas de la cámara anecoica. Este enfoque en combinación con algoritmos avanzados ofrece una solución prometedora.

El algoritmo PCG es una herramienta clave, ya que ayuda a encontrar los filtros óptimos para el sistema de control activo. Además, el uso de preconditionadores reduce la complejidad computacional, lo que es esencial para sistemas con un gran número de sensores y fuentes.

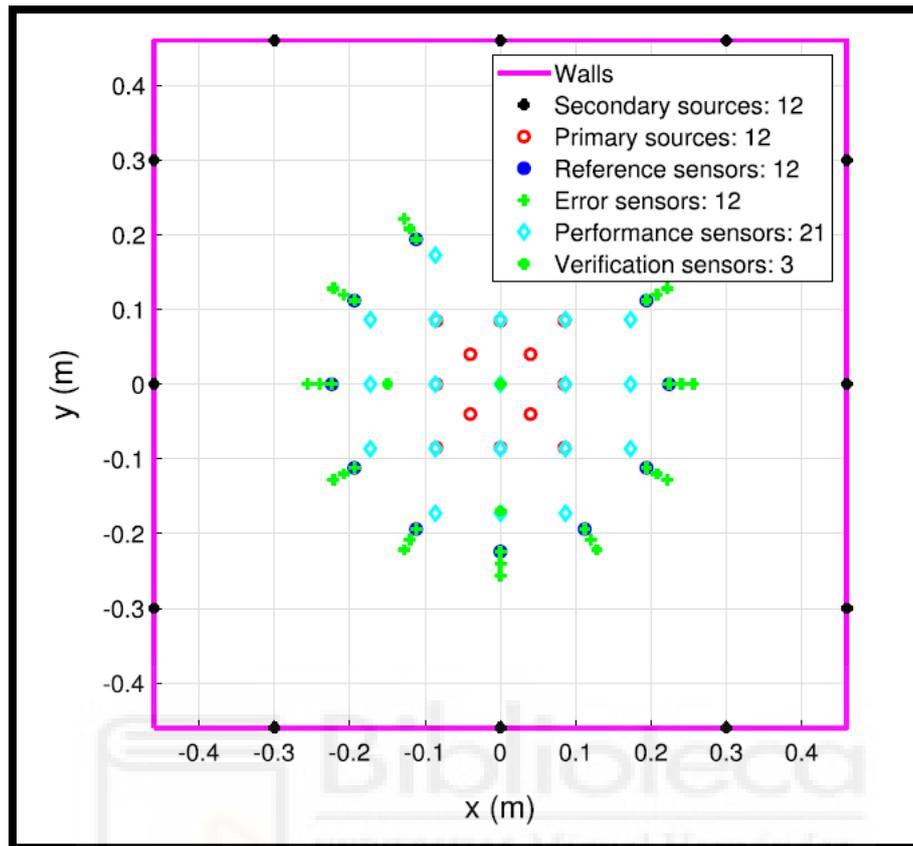


Figura 3: Configuración experimental, según R. Haasjes, A.P. Berkhoff [5].

Esta Figura 3 ofrece una vista en 2D del sistema experimental, donde se disponen las fuentes primarias y secundarias. Es fundamental para visualizar cómo se realizó la prueba en la cámara anecoica y la disposición de los sensores.

Los experimentos demostraron que el sistema es capaz de reducir el ruido reflejado en promedio en 9,6 dB, lo que significa una mejora significativa. Además, se logró una reducción del tiempo de reverberación (RT) de 0,036 segundos a 0,016 segundos en algunos puntos de medición.

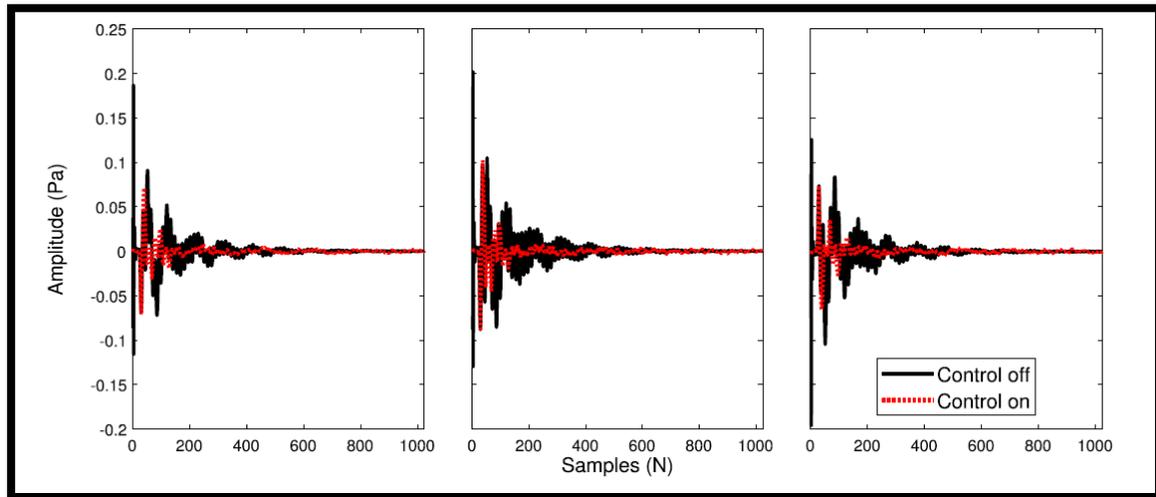


Figura 4: Respuesta impulsiva con y sin control, según R. Haasjes, A.P. Berkhoff [5].

Esta Figura 4 compara la respuesta impulsiva en la cámara con el sistema de control activo activado y desactivado, resalta el impacto del control activo en la reducción de las reflexiones.

En conclusión, este artículo es crucial para entender cómo las técnicas modernas de control activo pueden mejorar la eficacia de las cámaras anecoicas, especialmente en bajas frecuencias un área donde los métodos tradicionales pasivos tienen limitaciones. La combinación de algoritmos de control activo avanzados con configuraciones experimentales bien diseñadas ofrece un camino para crear cámaras más eficientes y con menor costo operativo.

-Por último "Synthesis of equivalent sources for tyre/road noise simulation and analysis of the vehicle influence on sound propagation"[6].

El artículo propone una metodología para simular el ruido de la interacción neumático/carretera mediante fuentes monopolares equivalentes. Este estudio realiza pruebas en una cámara semianecoica y combina datos experimentales con modelos numéricos para predecir la propagación del sonido, más concretamente el ruido generado por el contacto neumático/carretera, la innovación clave es la identificación de las fuentes de ruido mediante un enfoque basado en la solución de un problema inverso, lo que permite simular la influencia del vehículo en la propagación sonora.

El ruido generado por la interacción neumático/carretera es una de las principales fuentes de contaminación acústica en áreas urbanas, especialmente con la proliferación de vehículos eléctricos, que son más silenciosos a nivel de motor, pero no en el ruido de rodadura. Para analizar este problema se discuten varios mecanismos de generación de ruido, incluyendo fenómenos vibro acústicos (como el impacto de la banda de rodadura) y aéreo acústicos (bombeo de aire en las ranuras del neumático).

Las pruebas se realizaron en una cámara semianecoica de Pirelli en Breuberg, Alemania. En estas pruebas se utilizó un tambor cubierto con una réplica de pavimento según la norma ISO-10844 para simular las condiciones de rodadura. A su vez se emplearon disposiciones de micrófonos semicirculares y lineales para captar el ruido, con el fin de aislar componentes deterministas como el impacto de la banda de rodadura y el ruido por rugosidad del pavimento.

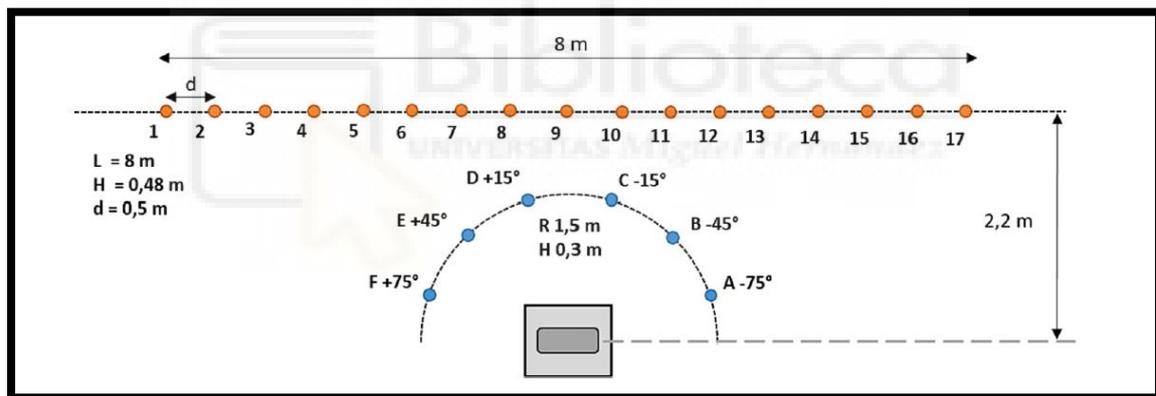


Figura 5: Configuración experimental en cámara semianecoica de Breuberg, Alemania, según Luca Rapino, Francesco Ripamonti, Samanta Dallasta, Simone Baro, Roberto Corradi [6].

La Figura 5 muestra la disposición de los micrófonos en un arreglo semicircular y lineal alrededor del tambor, esta configuración es fundamental para entender cómo se capturaron los datos el análisis y la síntesis de fuentes.

El artículo introduce un enfoque para sintetizar monopolos equivalentes posicionándolos en áreas críticas del neumático (entrada, salida y laterales de la huella de contacto). En este caso el modelo acústico se basa en la geometría deformada del neumático y considera resonancias acústicas en la región de la huella, estos monopolos se utilizaron para realizar simulaciones numéricas y predecir cómo el vehículo influye en la propagación del sonido.

Para validar los resultados, se realizaron pruebas adicionales en un BMW i3, simulando la interacción del ruido generado por las llantas del vehículo, los resultados muestran que el modelo propuesto predice con precisión el campo sonoro, aunque se observan pequeñas diferencias en la estimación de los niveles de presión sonora en micrófonos cercanos a las ruedas.

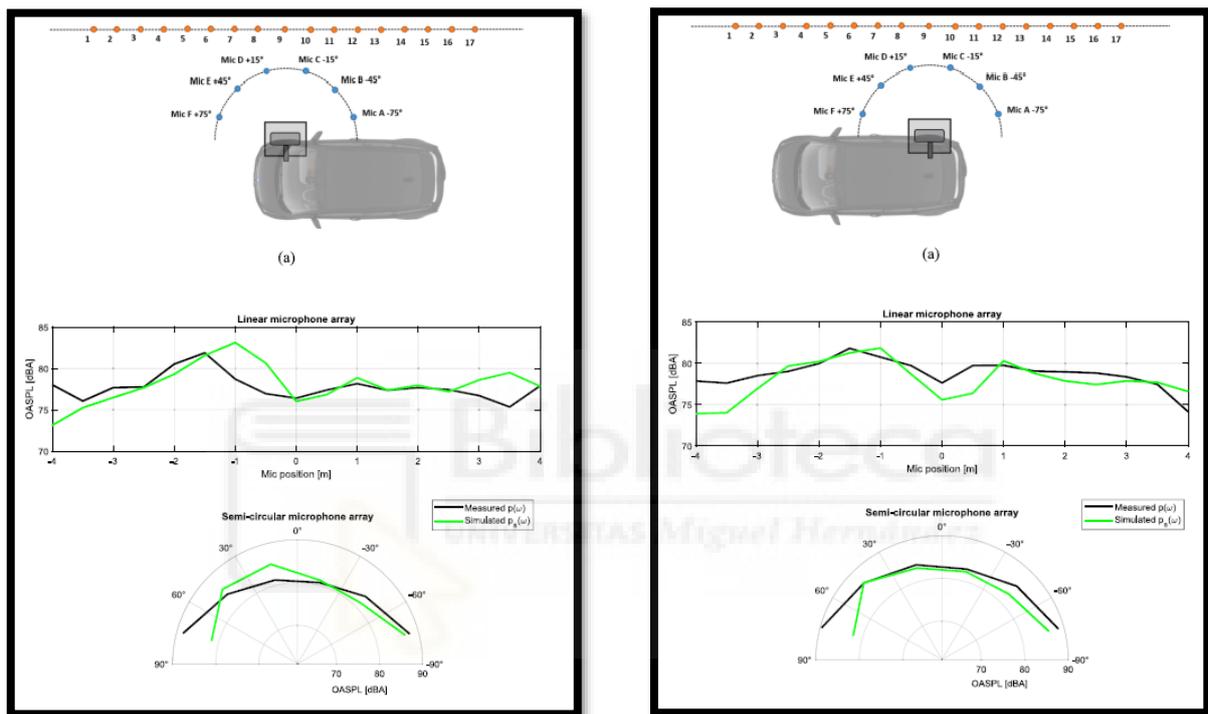


Figura 6: Comparación experimental y simulada del nivel de presión sonora ponderado, según Luca Rapino, Francesco Ripamonti, Samanta Dallasta, Simone Baro, Roberto Corradi [1].

En la Figura 6 comparan los niveles de presión sonora medidos y simulados para neumáticos delanteros y traseros del vehículo, estas imágenes resaltan la precisión del modelo para predecir el ruido en diferentes posiciones.

En conclusión, el artículo introduce un enfoque innovador para la simulación de ruido en la interacción neumático/carretera, que combina pruebas en cámaras semianecoicas y modelos numéricos para predecir la propagación del sonido, las simulaciones basadas en fuentes monopares permiten analizar con precisión como la presencia de un vehículo afecta al ruido, un aspecto que es de gran interés para la industria automotriz.

1.3. REVISIÓN NORMATIVA

El objetivo de esta revisión normativa es establecer las directrices y procedimientos para la puesta en marcha, mantenimiento y uso adecuado de una sala acústica con condiciones que se asemejan a una cámara semianecoica, así como definir las especificaciones técnicas para el uso del software asociado de Brüel & Kjaer (BK Connect), empleado en el análisis acústico.

1.3.1. NORMATIVA APLICABLE

La instalación de una cámara semianecoica en España debe cumplir con la normativa vigente en materia de seguridad laboral, medioambiental y acústica, a continuación se muestran las principales normativas españolas aplicables a este TFG:

-Norma UNE-EN ISO 16283-1:2015 [11]: Medición *in situ* del aislamiento acústico en los edificios y en los elementos de construcción. Parte 1: Aislamiento a ruido aéreo.

Esta norma establece los procedimientos que han de realizarse para el estudio del aislamiento entre los compartimentos interiores en edificios.

-Norma UNE-EN ISO 16283-3:2016 [12]: Medición *in situ* del aislamiento acústico en los edificios y en los elementos de construcción. Parte 3: Aislamiento a ruido de fachada.

Relativa a la evaluación del aislamiento en fachada para edificios.

-Norma UNE-EN ISO 3382-2:2008 [10]: Medición de parámetros acústicos en recintos. Parte 2: Tiempo de reverberación en recintos ordinarios.

Se encarga del procedimiento a seguir para la evaluación del tiempo de reverberación en una sala.

-Norma UNE-EN ISO 717-1:2021 [13]: Evaluación del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 1: Aislamiento a ruido aéreo.

Se encarga de definir magnitudes globales para el aislamiento a ruido aéreo en edificios y elementos de construcción tales como paredes, suelos, puertas y ventanas.

1.3.2. NORMATIVAS ASOCIADAS A SOFTWARE

Los softwares utilizados deben cumplir las normativas de certificación UNE-EN ISO/IEC 17025:2017 en cuanto a la calibración y validación de equipos de medición.

Se debe garantizar la seguridad de los datos almacenados en los equipos y sistemas informáticos, siguiendo la Ley Orgánica de Protección de Datos y Garantía de Derechos Digitales (LOPDGDD) en caso de almacenamiento o procesamiento de datos de usuarios.

1.3.3. PROCEDIMIENTOS DE USO Y MANTENIMIENTO

En este apartado se van a describir procesos que se deberán realizar a su debido momento para la adecuada conservación de la instrumentación.

1.3.3.1 Puesta en marcha

Verificar que los equipos están calibrados y cumplen con las especificaciones técnicas.

Comprobar los niveles de presión sonora de fondo antes de cualquier medición, para asegurarse de que la sala acústica cumple con los requisitos establecidos.

1.3.3.2. Mantenimiento periódico

Se deben realizar inspecciones periódicas de las superficies absorbentes de la sala acústica para detectar posibles daños o pérdida de eficiencia.

1.3.3.3. Seguridad y uso de equipos

Los usuarios deben haber leído el presente documento o tener nociones sobre el manejo de los equipos y del software BK Connect. Además, deben seguir las recomendaciones del fabricante para evitar daños en los dispositivos o errores en las mediciones.

1.4. OBJETIVOS DEL TRABAJO DE FIN DE GRADO

El objetivo de este Trabajo de fin de grado es definir una metodología de trabajo, incluyendo todas las especificaciones necesarias, para el adecuado manejo y utilización de un equipo de sistema de adquisición de datos.

Este sistema de adquisición de datos será empleado para la realización de mediciones acústicas en el interior de una sala acústica, ubicada en el Edificio Altet de la Universidad Miguel Hernández de Elche, la cual asemeja las condiciones de una cámara semianecoica.

Para lograr esto lo primero que se hará será caracterizar la sala acústica para comprobar su aislamiento acústico, a fin de garantizar el aislamiento de los ruidos procedentes del exterior de la sala. Para ello se empleará el ensayo estandarizado para determinar el aislamiento acústico a ruido aéreo de una sala.

Otro de los objetivos parte del TFG es la familiarización con el sistema de adquisición de datos, el estudio del software para la adquisición y procesado de datos, familiarización con su manejo, requerimientos, así como la conexión de sensores acústicos de tipo micrófono para medición acústica.

Después de la caracterización se procederá a realizar mediciones in situ en el interior de la sala. Para ello, como fuente de ruido se empleará una fuente sonora omnidireccional. Una serie de micrófonos conectados al sistema de adquisición de datos, adquirirán la señal sonora en diferentes puntos de la sala.

Las medidas obtenidas se compararán con mediciones realizadas por el sonómetro, con el propósito de comprobar que las medidas resultan útiles para estudios de precisión, también se comentará como poner en marcha todo el equipo necesario además de dar ejemplos sobre los programas utilizados para realizar las mediciones.



2. MATERIALES Y MÉTODOS

En este capítulo se describe el material y programas que han sido utilizados además de dar una guía para la debida utilización de todos estos, en cuanto a la instrumentación utilizada se proporcionan las fichas técnicas al final de este TFG en el anexo 7.3.

2.1. MATERIALES USADOS

2.1.1. SALA ACÚSTICA

La sala acústica se encuentra ubicada en el Edificio Altet de la Universidad Miguel Hernández de Elche y cuenta con las siguientes dimensiones: 3,98x4,6x2,5 m.

La sala acústica está recubierta con los siguientes elementos aislantes:

- Cuña Acústica de Pared para Cámara Anecoica. Medidas: 300x300x700 mm. Fabricada en espuma fonoabsorbente de celda abierta ignifuga. Resistente a agentes químicos. Espuma Acústica Reciclable.
- Cuña Acústica de Techo para Cámara Anecoica. 300x300x270 mm. Fabricada en espuma fonoabsorbente de celda abierta ignifuga. Resistente a agentes químicos. Espuma Acústica Reciclable.

Dentro de la sala acústica se cuenta con instalaciones de iluminación como se aprecia en la Figura 8 y la de ventilación como se puede observar en la Figura 9, las cuales se recomienda apagar a la hora de realizar mediciones ya que puede llegar a generar un ruido de fondo. Dentro de la sala se cuenta con más instalaciones como pueden ser un detector de humos, un altavoz para la alarma y una tubería de las bajantes, pero estas instalaciones no suponen un problema a la hora de tomar medidas.



Figura 7: Sala acústica Edificio Altet de la Universidad Miguel Hernández de Elche.



Figura 8: Instalación de iluminación dentro de la sala acústica.

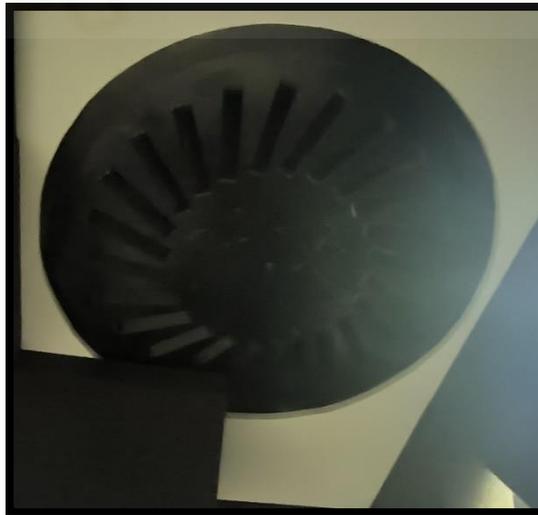


Figura 9: Instalación de ventilación dentro de la sala acústica.

2.1.2. SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS LAN-XI LIGHT 4-CHANNEL DATA ACQUISITION MODULE TYPE 3677

El modelo LAN-XI Light Type 3677 [7] es una unidad de adquisición de datos de Brüel & Kjaer que cuenta con 4 canales independientes de hasta 25,6 kHz, diseñada para cubrir una amplia gama de aplicaciones de análisis en tiempo real de sonido y vibración.

Como parte de la reconocida plataforma de hardware LAN-XI, el módulo ofrece calidad, durabilidad y fiabilidad para configuraciones de medición de bajo número de canales. Su diseño robusto los hace adecuados tanto para uso en campo como en laboratorio.

Los canales de entrada analógicos cubren señales con frecuencias de DC a 25 kHz, lo cual es ideal para muchas aplicaciones NVH (ruido vibración y aspereza). Soportan señales de voltaje directo y transductores con TEDS (hoja de datos electrónica del transductor). También proporcionan acondicionamiento para transductores CCLD (fuente de corriente constante), como micrófonos, acelerómetros, auriculares de grabación binaural y HATS (simulador de cabeza y torso) de calidad de sonido.

LAN-XI también soporta una interfaz de programación: LAN-XI Open API (interfaz de protocolo de aplicación). Todos los módulos incluyen acceso a la API como estándar.

Incluye el Panel Frontal UA-3100-041, que tiene:

- Cuatro canales de entrada con conectores BNC
- Un canal de salida con conector BNC con un rango de frecuencia: 0 a 25.6 kHz
- El canal de salida puede usarse como un generador de señales de alta calidad para proporcionar las señales necesarias para realizar análisis de sistemas en aplicaciones de prueba de audio, electroacústica y vibración.
- Se puede separar el panel frontal estándar del Tipo 3677, UA-3100-041, y cambiarlo por el panel frontal opcional UA-3102-041 para soportar micrófonos de 200 V que requieren conectores LEMO de 7 pines.

Usos y Características

- Usos Como solución de adquisición de datos para NVH Simulator, Sonoscout™, BK Connect®, PULSE™ LabShop y aplicaciones de software PULSE Time Data Recorder, LAN-XI Light proporciona análisis en tiempo real para:
- Medición general de sonido y vibración
- Grabación y análisis de NVH (ruido, vibración y dureza)
- Monitoreo de parámetros del vehículo
- Métricas de calidad de sonido (sonoridad, nitidez, índice de articulación)

Características

- Rango de entrada de DC a 25,6 kHz (tasa de muestreo de 65,5 kHz)
- Línea de corriente constante integrada (CCLD) para alimentar sensores
- Interfaz LAN
- Indicadores LED en cada canal (acondicionamiento, ruptura de cable)
- Alimentación: red eléctrica, DC, batería o PoE (IEEE 802.3af)
- Carcasa robusta
- API abierta e independiente de la plataforma
- Aplicación de grabadora autónoma (LAN-XI Notar)

Generador:

- Un canal de salida con funcionalidad completa de generador de 0 a 25,6 kHz
- Puede configurarse utilizando herramientas gráficas de BK Connect. Control del tipo de excitación, parámetros de frecuencia, nivel de salida, tiempos de aumento/disminución del nivel y excitación por ráfagas
- Formas de onda determinadas por el software. BK Connect soporta seno (frecuencia fija), seno escalonado, aleatorio continuo y por ráfagas, ruido blanco y formas de onda definidas por el usuario



Figura 10: Unidad de adquisición de datos LAN-XI Light Tipo 3677.

2.1.2.1 Panel frontal del LAN-XI

Usos:

- Mediciones generales de sonido y vibraciones
- Tensión directa
- Transductores CCLD: acelerómetros, micrófonos y sondas tacométricas
- Salida de generador

Características:

- 4 conectores de entrada BNC
- 1 conector de salida BNC
- Salida silenciosa al arrancar
- Indicadores LED: entrada, salida, sobrecarga, rotura de cable



Figura 11: Panel frontal del LAN-XI.

2.1.2.2. Adaptador de corriente

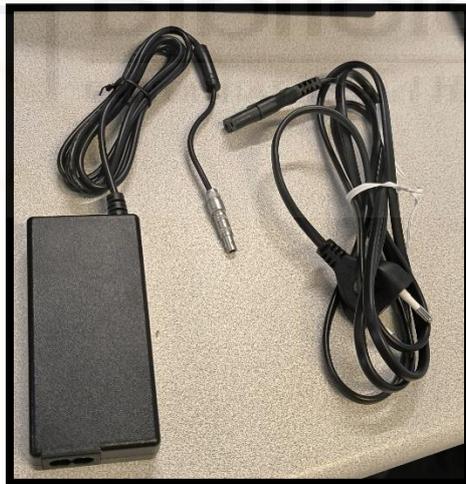


Figura 12: Adaptador de corriente.

2.1.2.3. Adaptador LAN-LAN

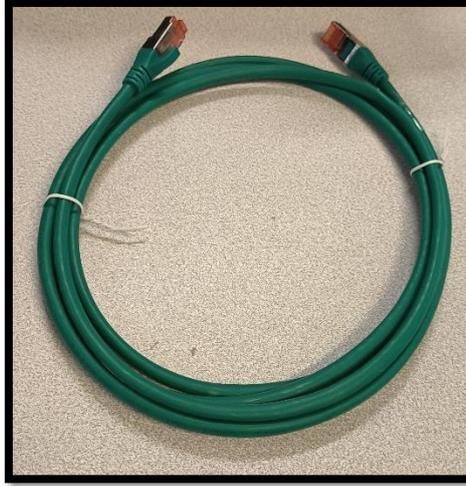


Figura 13: Adaptador LAN-LAN.

2.1.2.4. Adaptador LAN-USB

Modelo: Adaptador ethernet USB 3.0 a gigabit TP-Link



Figura 14: Adaptador LAN-USB.

2.1.3. ELEMENTOS DE MEDICIÓN

En el trabajo desarrollado a lo largo de este TFG, se han empleado dos tipos de elementos de medición:

2.1.3.1. Sonómetro

Se utiliza un sonómetro 2250 de Brüel & Kjaer, clase 1 [8] esto implica que cumple con unos estándares de calidad para sus correspondientes medidas para un ámbito de medidas de precisión, el sonómetro tiene en la punta un preamplificador conectado al micrófono 4189 el cual cuenta una sensibilidad de 50 mV/Pa y este lleva puesto una pantalla anti viento.



Figura 15: Sonómetro.



Figura 16: Modelos micrófono y preamplificador.

2.1.3.2. Micrófono del sistema de adquisición de datos

Al sistema de adquisición de datos se le conectaron 4 micrófonos “Prepolarized Free-field 1/4" Microphone Type 4957” de Brüel & Kjaer, los micrófonos tienen las siguientes sensibilidades:

M1: 10,60 mV/Pa

M2: 13,20 mV/Pa

M3: 12,60 mV/Pa

M4: 11,90 mV/Pa



Figura 17: Micrófonos.

2.1.4. AMPLIFICADOR

Dentro de la sala acústica se ha empleado un amplificador el “Power Amplifier Type 2716” de Brüel & Kjaer que tiene una ganancia límite de ± 30 dB, con el amplifcaremos la señal de salida.



Figura 18: Amplificador.

2.1.5. FUENTE SONORA

Dentro de la sala se ha utilizado un dodecaedro “OmniPower 4296” de Brüel & Kjaer con el que se emite todos los sonidos, este estará formado por el propio dodecaedro conectado al amplificador y apoyado en su trípode.



Figura 19: Dodecaedro montado sobre el trípode.

2.1.6. PORTÁTIL CON EL SOFTWARE

Dentro de la sala acústica se ha utilizado un portátil el cual tiene instalado el programa de medición BK Connect con los correspondientes módulos.

BK Connect es una solución totalmente integrada para la adquisición de datos multicanal, el procesamiento de datos, la gestión de datos, la generación de informes y contar con acceso a diferentes módulos.



Figura 20: Portátil con el software.

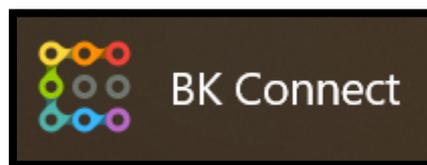


Figura 21: Logotipo BK Connect.

2.1.7. ELEMENTOS DE PROTECCIÓN FRENTE AL RUIDO

En la sala acústica se dispone de cascos insonorizados “Uvex dB ez 2800+”



Figura 22: Cascos insonorizados.

2.1.8. CALIBRADOR ACÚSTICO

Para calibrar la instrumentación de medida se ha utilizado un “Sound Calibrator Type 4231”.



Figura 23: Calibrador.

2.2. PROCEDIMIENTO PARA SU DEBIDA UTILIZACIÓN

A continuación, se describirá paso por paso las acciones que se deberán realizar para poner en marcha los equipos requeridos.

2.2.1 ACCESO AL PORTATIL

Una vez iniciado el equipo se tiene que abrir el programa BK Connect con el cual se tiene acceso a todos los módulos necesarios para el estudio que se quiera realizar.

2.2.2. PREPARAR EL SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS

Para preparar la unidad de adquisición de datos lo primero es conectarlo a la corriente, para esto se tienen que coger los cables de la bolsa de plástico “AN-0058” Figura 24, a continuación se conecta la parte del enchufe al adaptador de corriente, una vez unidas ambas partes se enchufa a la corriente y la clavija “Lemo 00” Figura 25 al sistema de adquisición de datos en el puerto “Ext. Power 10 to 32 V” Figura 26.

Si se ha encendido una luz verde en el sistema se puede comprobar que está bien conectado, a continuación, se tiene que coger el cable “RJ45 NETWORK PATCH CORD” Figura 13 el cual es un cable LAN-LAN y puesto que el ordenador no tiene puerto LAN recordar usar el adaptador LAN-USB, lo único que queda es conectar el “UA-3100-041” Figura 11 al panel frontal del sistema (realizar con cuidado) una vez colocado atornillar con la llave allen que viene en su caja para de esta forma habilitar las diferentes conexiones mencionadas en el punto 2.1.2.

Una vez puesto en marcha todo comprobar que las luces de los adaptadores para los micrófonos están de color verde indicando que todo está correcto y listo para comenzar con las mediciones.



Figura 24: Bolsa AN-0058.



Figura 25: Clavija Lemo 00.

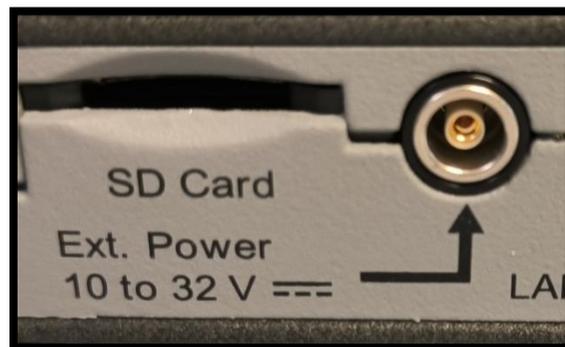


Figura 26: Puerto Ext. Power 10 to 32 V.



Figura 27: Bolsa del RJ45 NETWORK PATCH CORD.



Figura 28: Panel frontal del sistema.



Figura 29: Panel frontal del sistema activado.



Figura 30: Sistema de adquisición listo.

2.2.3. PREPARAR LA FUENTE SONORA

Para que la fuente sonora funcione se tienen que realizar las siguientes conexiones:

Se conecta al dodecaedro el cable que se ve en la Figura 31, cabe indicar que todos los cables necesarios se encuentran dentro de la caja del amplificador, para conectarlo se tiene que enganchar y una vez está dentro girar un poco para que termine de engancharse.



Figura 31: Conexión dodecaedro.

El otro extremo se conecta en la parte de atrás del amplificador como se ve en la Figura 32 y el proceso será igual que con el dodecaedro.



Figura 32: Output del amplificador.

También se tiene que conectar el input que podría ir conectado a un móvil para generar el sonido. En la Figura 33 se cuenta con un reproductor de CD, en lugar de un teléfono móvil, para la reproducción del ruido rosa.

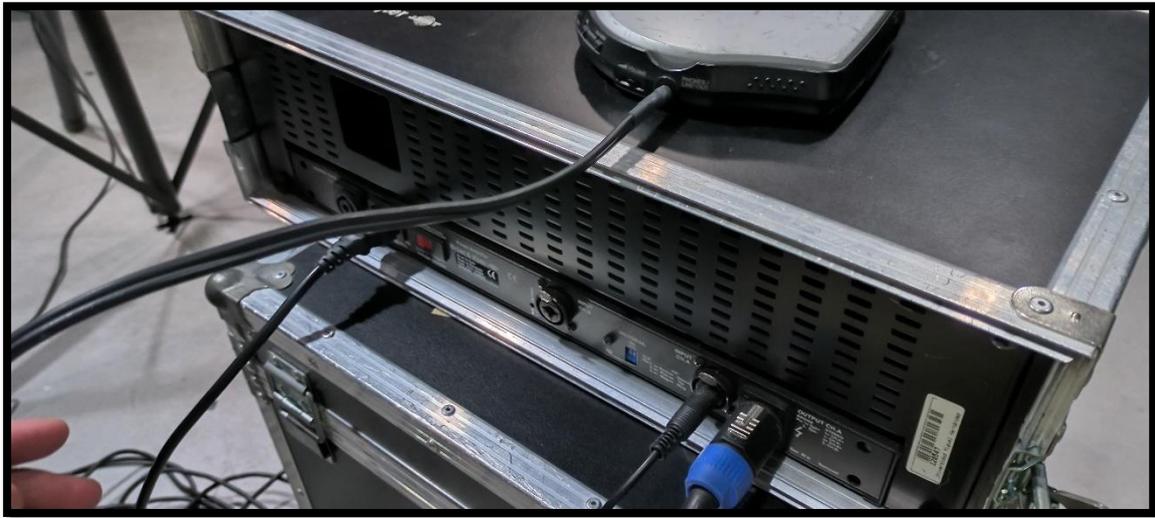


Figura 33: Input del amplificador.

Para que al amplificador le llegue corriente se tiene que conectar como en la Figura 34



Figura 34: Conexión de corriente para el amplificador.



Figura 35: Enchufe dentro de la sala acústica.

Una vez todo conectado se ha dejado el amplificador con los mismos niveles que en la Figura 18.

2.2.4. PREPARAR LOS MICRÓFONOS

El siguiente proceso se debe realizar con cuidado y si se tiene que hacer fuerza en algún punto que sea en una parte fija y no sobre los cables ya que se podrían separarse de las partes a las cuales están conectadas.

Para preparar los micrófonos hace falta el cable coaxial con conectores BNC que se conecta al sistema de adquisición de datos, se tiene que girar la parte metálica para terminar de enganchar, el cable debería de estar estirado para evitar interferencias inductivas ya que el cable enrollado como una bobina puede inducir campos magnéticos.



Figura 36: Cable coaxial con conectores BNC.

Una vez se tiene listo se conectan los cables BNC-SMA macho para conectar los micrófonos de $\frac{1}{4}$ ", al igual que antes en el BNC se tiene que hacer un pequeño giro para que termine de enganchar.



Figura 37: Cable BNC-SMA macho.

Los micrófonos se conectan haciendo presión sobre la cavidad.

Una vez listos los micrófonos se tienen que preparar sus soportes, para el montaje de los micrófonos sobre los trípodes se utilizan unas pinzas que están enganchadas sobre una pequeña base metálica, las que tienen la base roscada se enganchan directamente al apoyo del trípode y las que no se enganchan a unos perfiles que ya están roscados.

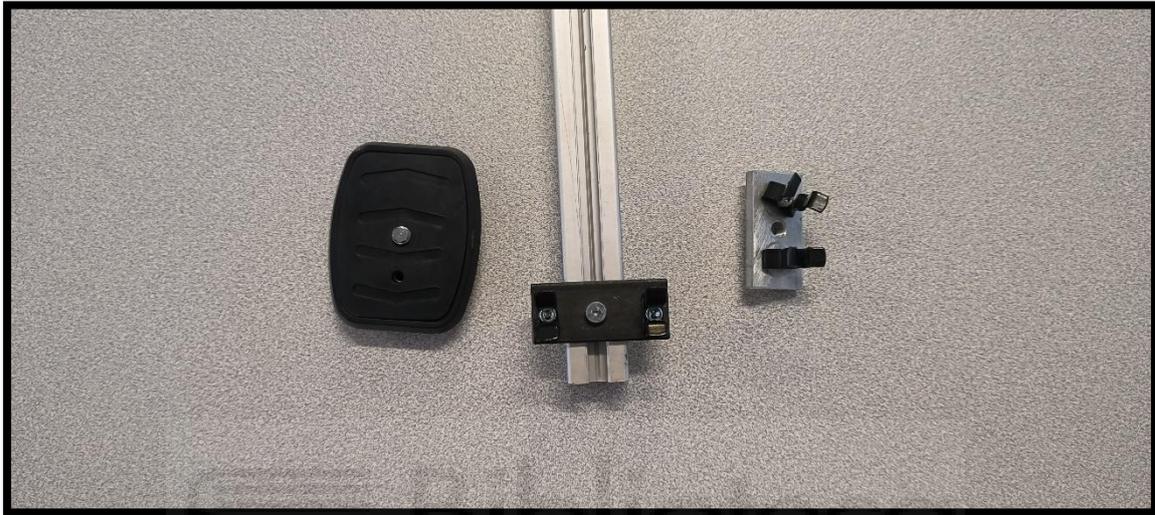


Figura 38: Montaje al trípode.

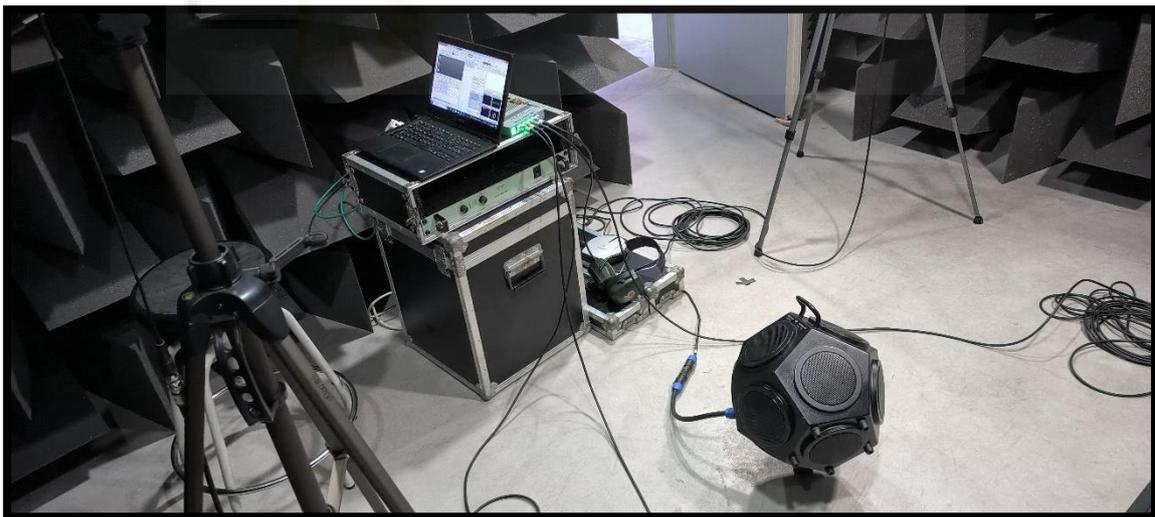


Figura 39: Todo el equipo conectado.

2.2.5. USO SOFTWARE BK CONNECT

Antes de comenzar con BK Connect, el sistema de adquisición de datos tiene que ser reconocido por el ordenador, en principio esto ya está configurado, pero en el caso de que ocurra algún fallo o se tenga que cambiar de ordenador se explica cómo se hace a continuación.

Para reconocer el sistema de adquisición de datos lo que se hace es abrir el programa BK Connect Front-end Setup una vez dentro se le da click donde pone “Browse Devices” abajo a la derecha.

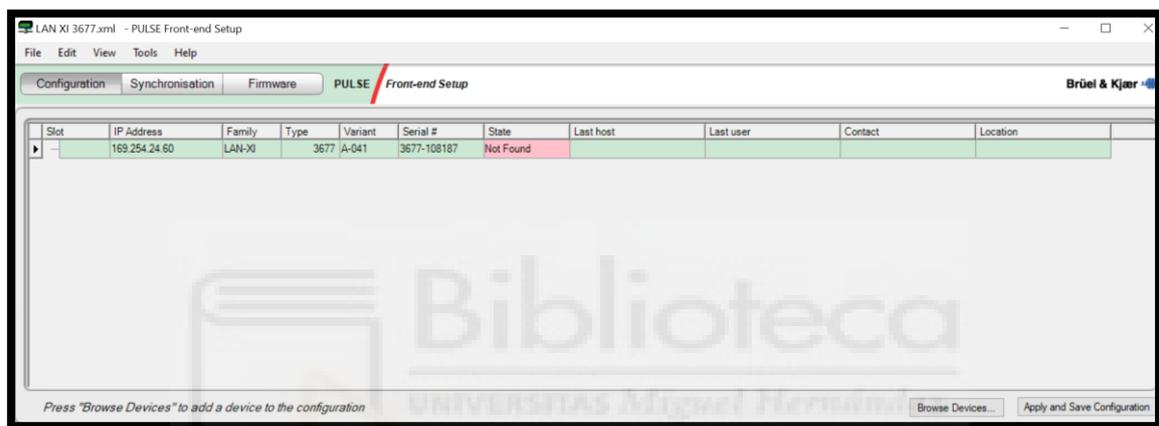


Figura 40: Menú BK Connect Front-end Setup.

En la Ventana que se abre aparece el sistema de adquisición de datos, se selecciona en caso de que aparezca, si no aparece se le tiene que dar al menú “Edit” y luego a “Add Devices”.

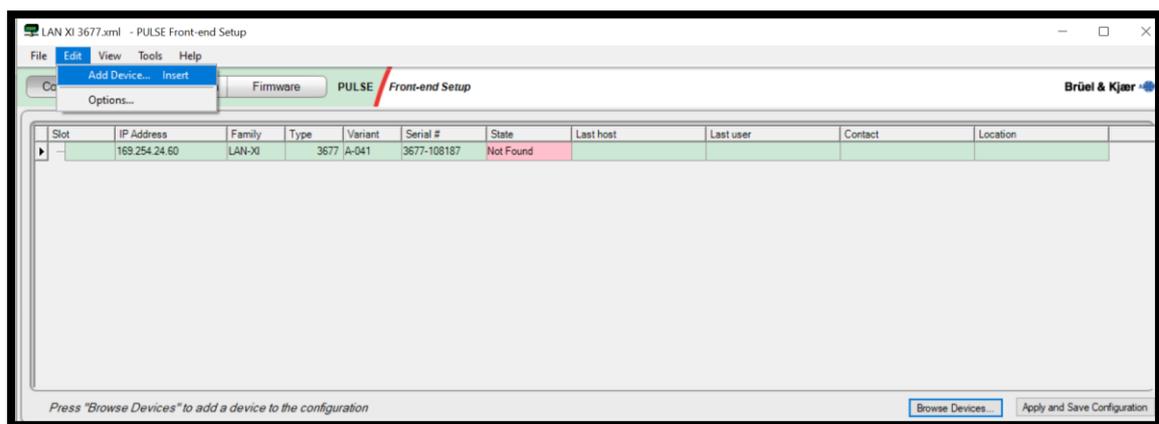


Figura 41: Edit y Add Devices.

En la ventana que aparece se tiene que poner la dirección IP del sistema de adquisición de datos, la cual se puede encontrar en la pantalla de este una vez todo está conectado.

Ahora se explica cómo funciona BK Connect, en el menú principal aparece lo siguiente.

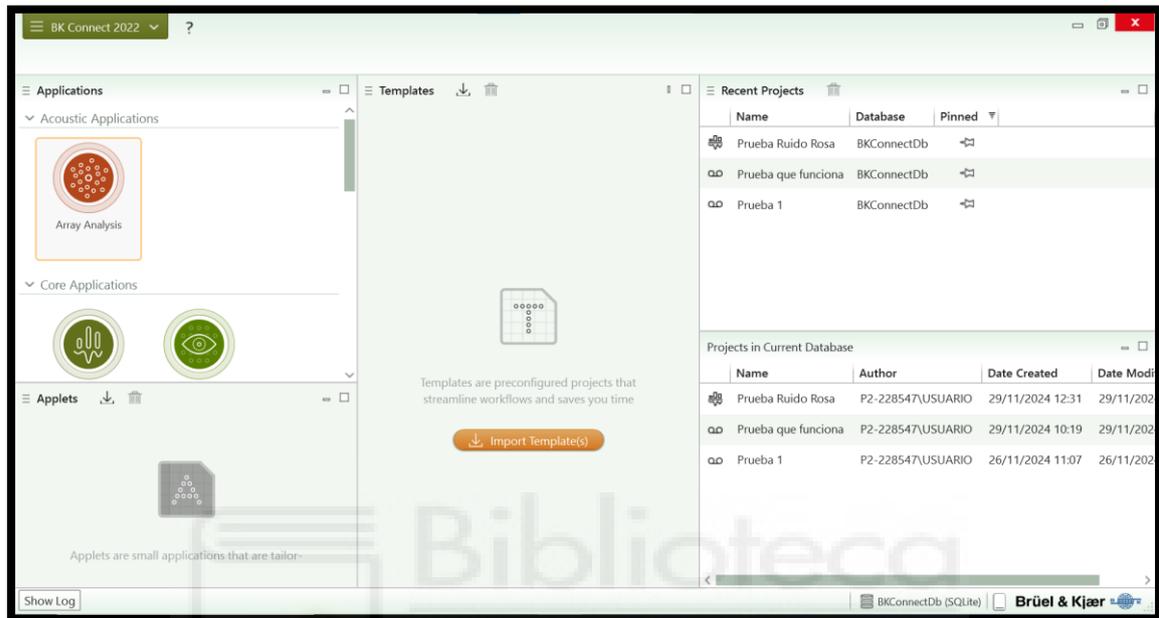


Figura 42: Menú BK Connect.

Aquí se pueden destacar las aplicaciones que proporciona el programa y la ventana donde aparecen los proyectos más recientes, para este caso se va a prestar atención a las “Core Applications”.

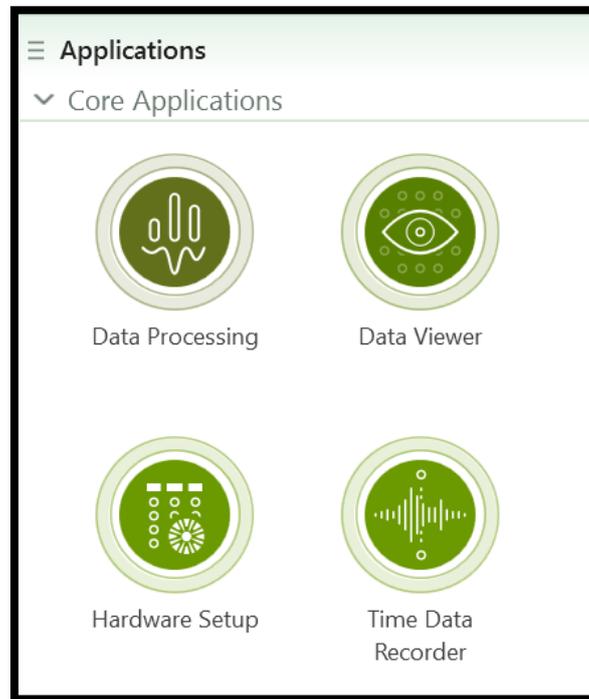


Figura 43: Core Applications.

Entre las opciones que se dan se explica todo en base a “Data Processing” ya que esta opción incluye todo lo que se puede hacer con el resto de su grupo.

Una vez dentro se tiene lo siguiente.

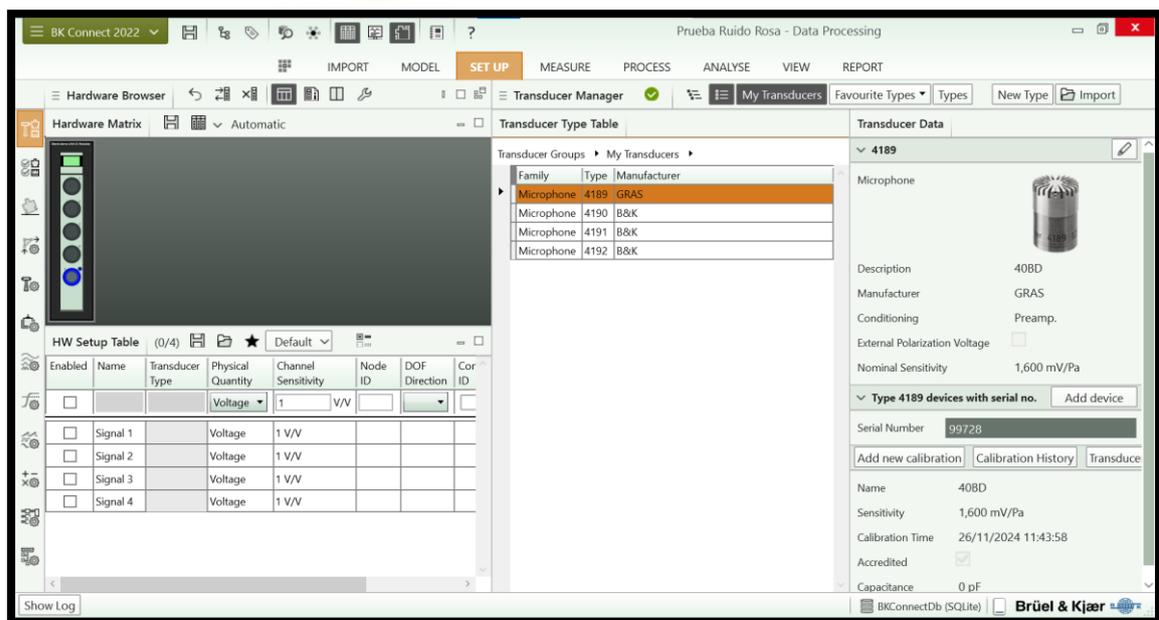


Figura 44: Data Processing.

Se ven muchas opciones, pero se va a explicar poco a poco, comenzando con la barra más arriba a la izquierda donde se ve el símbolo de guardar, con estas opciones lo que se puede hacer es guardar, consultar la ayuda, habilitar distintas ventanas. Por ejemplo, a la hora de habilitar estas ventanas, una de estas es la ventana que enseña las conexiones del sistema de adquisición de datos, con esta opción independientemente del lugar en el que se esté podremos hacer que aparezca, en caso de duda si se coloca el ratón sobre las opciones nos dará una descripción.

Con las opciones en la barra de la izquierda se pueden elegir las opciones de la ventana en la que se está, por ejemplo, en la Figura 45 se encuentra en “Set Up” pues a la izquierda se aprecian todas las opciones dentro de esta ventana.

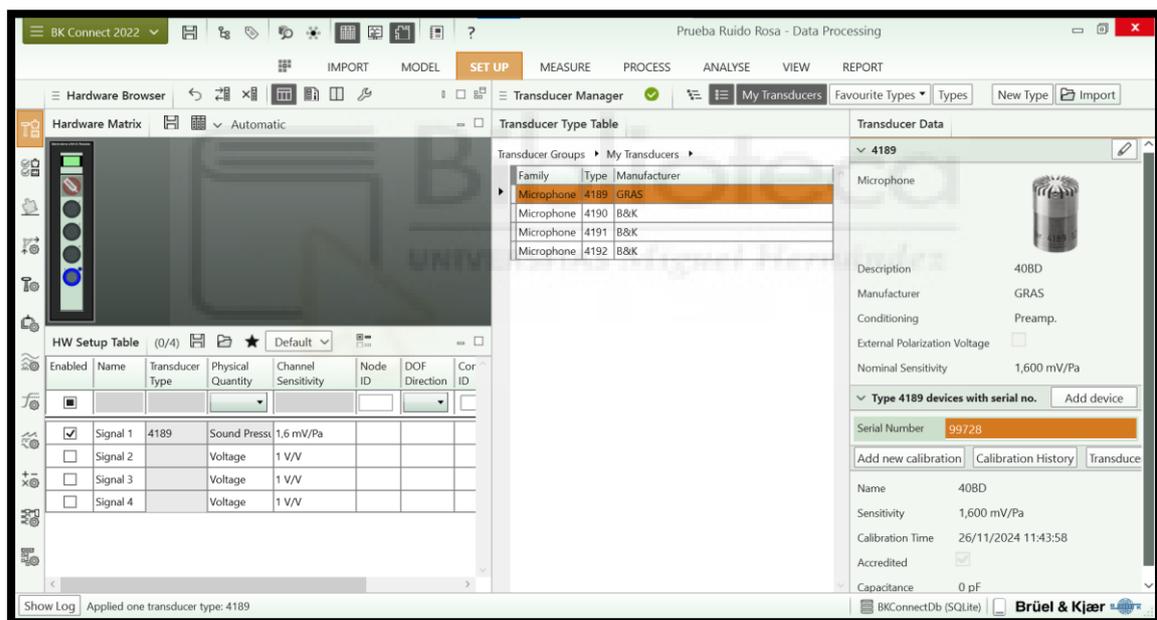


Figura 45: Set Up Transducer Manager.

En la barra de arriba en el medio se encuentran diversos menús, si se coloca el ratón sobre ellos se abrirán distintas opciones. Se va a comenzar con “Set up” concretamente con la opción de “Transducer Manager”, aquí en “Hardware Matrix” y “HW Setup Table” que son las ventanas que aparecen en la Figura 45 se puede habilitar o deshabilitar las conexiones del sistema de adquisición de datos, también en la configuración (llave inglesa de la barra que aparece sobre “Hardware Matrix”) se puede modificar el rango de

frecuencia que se quiera medir, en “Transducer Type Table” y “Transducer Data” se puede elegir que herramienta se va a conectar.

El programa ofrece un catálogo interno, pero en caso de que no aparezca la herramienta que se desee utilizar se puede crear dándole un nombre, indicando su fabricante, su acondicionamiento, su sensibilidad nominal e indicar su número de serie, una vez creada arrastrando el número de serie hasta la conexión que se ha habilitado se consigue que el programa sepa qué tipo de herramienta se va a colocar.

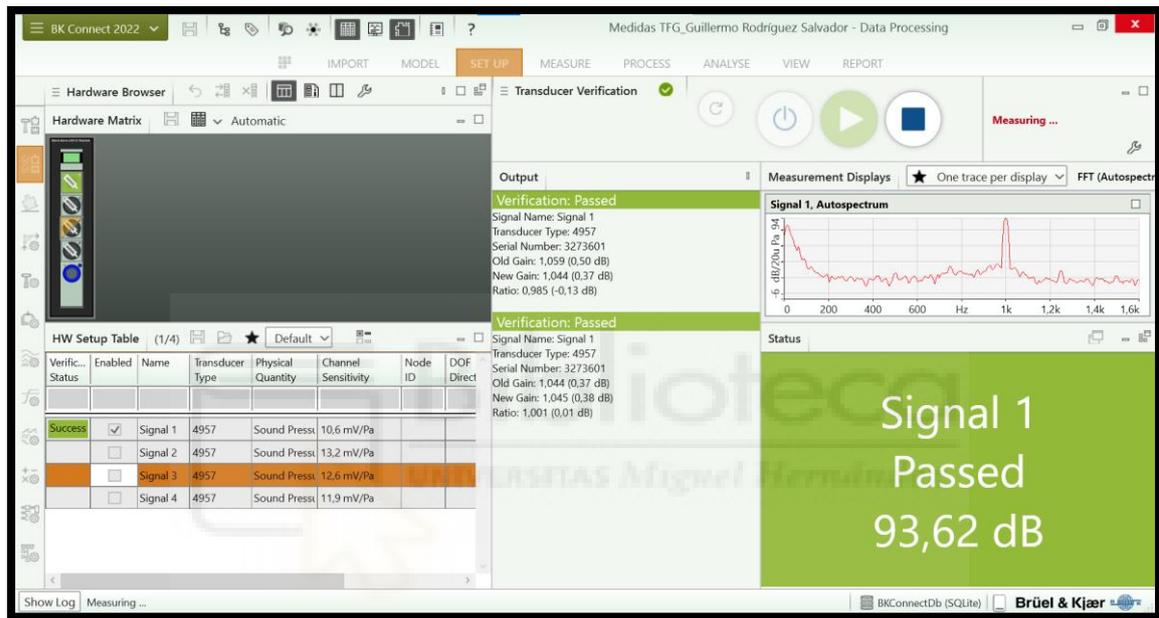


Figura 46: Set up Transducer Verification.

Antes de realizar cualquier medida se debe acudir al menú “Set Up” y elegir “Tranducer Verification” la parte de la izquierda será igual ya que como se ha dicho anteriormente es una de las ventanas que se podrían desactivar, a la derecha tendremos “Transducer Verication” donde se puede iniciar el proceso de calibración.

El resto de las opciones que nos proporciona esta venta se usarán cuando se cuenta con el equipo necesario estas serían “Accelerometer Mounting Check”, “Hammer Setup”, “Shaker Setup”, “Stepped Sine Setup”, “Trigger Setup”, “Generator Setup”.

A continuación, se sigue con la ventana “Measure” donde en un caso similar al anterior dependiendo del equipo con el que se disponga se elegirá uno u otro, pero básicamente estas herramientas se podrían resumir en que se tiene que preparar el equipo y desde estas herramientas se inician las grabaciones.

La ventana “Process” cuenta con varias herramientas para editar los datos que se hayan podido grabar, pero principalmente para este tipo de estudios se va a utilizar “Standard processing” ya que dependiendo de la configuración que se haga en “Standard processing setup” se pueden realizar numerosos tipos de estudio.

Para consultar los resultados finales se hará desde la ventana “View” con sus herramientas, aquí se tiene que arrastrar la grabación o datos procesados que se precisen consultar y se mostrarán permitiendo poner varios datos a la vez, modificar los ejes de las gráficas (click derecho sobre el eje) y consultar un punto en específico (click izquierdo sobre el punto).

Finalmente, se da la opción en la ventana “Report” de pasar los estudios realizados a un formato Microsoft Office.

Para el final se ha dejado la parte más importante, “Standard processing setup” en esta herramienta se puede configurar el procesado que se quiere aplicar a la señal en función de estudio que se quiera realizar, algunas de las opciones que ofrece son “Pre-analysis” donde se encuentran bloques para filtrar, ponderar, integrar, ecualizar, etc. También se dispone de los bloques de “Analysis” con los que se convierte la señal en otro tipo de señales como FFT además de que todas ellas tienen bloques con los que se pueden mostrar frente al tiempo o RPM, finalmente se tienen las opciones de “Post-analysis” y “Calculation”.

Esta herramienta funciona programando con bloques donde se cuenta con un “Batch job” que serán las señales que se obtengan con las herramientas y a estas se le pueden añadir los bloques que se deseen, para esto se puede abrir un desplegable que se encuentra arriba a la derecha y se llama “Elements” que es donde se encuentran los bloques, otro desplegable importante es el de “Properties” en el que podremos configurar los bloques, por ejemplo el bloque “Acoustic weighting” nos da por defecto una ponderación en dBA y se puede cambiar a dBC.

Una vez tenemos configurado el diagrama de bloques se le tiene que poner una salida, este bloque se encuentra en “Elements” en el apartado “General”, es el único bloque en este apartado, se puede tener una única matriz de resultados o si se prefiere se pueden tener varias.

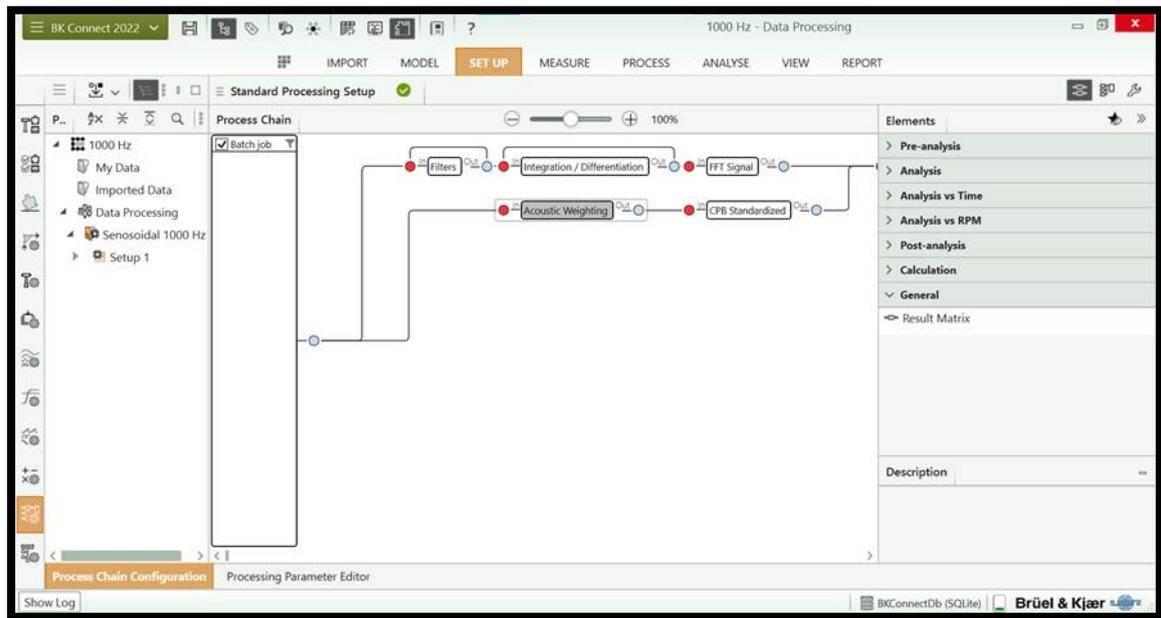


Figura 47: Standard processing setup.

En caso de no quedar claro en el apartado 2.3.2. se explica procedimiento seguido para este TFG.

2.3. DESCRIPCIÓN DE LOS EXPERIMENTOS

En los siguientes apartados se van a ver los experimentos realizados durante este TFG, primero se realizó la caracterización acústica del ambiente de trabajo en este caso la sala acústica, una vez realizada la caracterización se procedió a realizar mediciones utilizando el sistema de adquisición de datos y con el sonómetro para una posterior comparación de valores medidos.

2.3.1. DESCRIPCIÓN DE LA CARACTERIZACIÓN

Antes de comenzar con los experimentos y probar los programas se realizó la caracterización acústica de la sala acústica para comprobar si cumple con unos niveles de aislamiento adecuados para realizar mediciones sin tener influencias del ruido de fondo exterior, para esta comprobación se siguieron las normas UNE-EN ISO 16283 partes 1 y 3, además de la norma UNE-EN ISO 3382-2, a continuación, se muestran las localizaciones donde se encontraba la fuente y los lugares donde se han tomado las medidas.

Antes de tomar las medidas se calibró el sonómetro mediante un calibrador acústico de tipo altavoz [8] el cual produce un nivel de presión sonora nominal de 93,7 dB para una frecuencia de 1000 Hz en una cavidad pequeña mediante un pequeño altavoz.



Figura 48: Calibración del Sonómetro.

Las medidas se tomaron el 15/11/24 desde las 13:30 hasta las 15:30 y el 18/11/24 desde las 11:00 hasta las 14:30. El procedimiento seguido ha sido el descrito por la norma UNE-EN ISO 16283-1[11] para la mayoría de estudios, esto establece las siguientes condiciones, el apartado 5 de la norma nos dice “Todas las magnitudes se deben medir utilizando filtros en bandas de tercio de octava conteniendo al menos las siguientes frecuencias centrales, en hercios:

100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250, 1600, 2000, 2500, 3150.

Según el apartado 7.2.2 de la norma “La distancia entre los límites del recinto y el altavoz debe ser al menos de 0,5 m y debería ser de al menos 1,0 m cuando el límite es el elemento de separación. Esta distancia se debe medir desde el límite hasta el centro del altavoz lo

más cercano a este límite. Las diferentes posiciones del altavoz no se deben colocar dentro de los planos paralelos a los límites del recinto que estén a menos de 0,7 m el uno del otro. La distancia entre las diferentes posiciones debe ser de al menos 0,7 m. Al menos dos posiciones deben estar al menos a 1,4 m la una de la otra. A la hora de medir el aislamiento a ruido aéreo de un suelo con el(los) altavoz(es) en el recinto superior, la base del (de los) altavoz(es) debe estar al menos a 1,0 m por encima del suelo.”

El apartado 7.3.2 dice “Cuando se utiliza un único altavoz, se deben utilizar un mínimo de cinco posiciones de micrófono en cada recinto para cada posición de altavoz (los conjuntos adicionales de posiciones de micrófono pueden ser diferentes del primer conjunto de posiciones). Cada conjunto de posiciones de micrófono se debe distribuir dentro del espacio máximo permitido a lo largo de cada recinto. No debe haber dos posiciones de micrófono en el mismo plano con respecto a los límites del recinto y las posiciones no deben estar en una retícula regular.”

Según el apartado 7.6. de la norma “Para el procedimiento por defecto, las siguientes distancias de separación son los valores mínimos y deben sobrepasarse siempre que sea posible:

- a) 0,7 m entre las posiciones de micrófono fijas;
- b) 0,5 m entre cualquier posición de micrófono y los límites del recinto;
- c) 1,0 m entre cualquier posición de micrófono y el altavoz.”

Como dice el apartado 9.2. “Para los procedimientos por defecto y de baja frecuencia, el nivel del ruido de fondo debe ser al menos 6 dB (y preferiblemente más de 10 dB) por debajo del nivel de señal y el ruido de fondo combinado a cada banda de frecuencia. Si la diferencia de niveles es inferior a 10 dB pero superior a 6 dB, se calculan las correcciones del nivel de presión acústica promediado energéticamente y el nivel de presión acústica de la esquina haciendo uso de la fórmula (14).

$$L = 10 \cdot \log \left(10^{\frac{L_{sb}}{10}} - 10^{\frac{L_b}{10}} \right) \text{ dB}$$

Donde:

L es el nivel de señal corregido, en decibelios;

L_{sb} es el nivel de la señal y del ruido de fondo combinados, en decibelios;

L_b es el nivel del ruido de fondo, en decibelios.

Si la diferencia en niveles es inferior o igual a 6 dB en cualquiera de las bandas de frecuencia, se utiliza la corrección de 1,3 dB. Para cada banda de frecuencia donde este sea el caso para el procedimiento por defecto y/o para el procedimiento de baja frecuencia, se debe indicar claramente en el informe que se ha realizado una corrección de 1,3 dB y que los valores están en el límite de la medición.”

En el apartado C.3.2. se menciona que “En el caso de mediciones horizontales, se escoge una posición de medición de referencia de 0,5 m desde el centro de la separación común y de 1,5 m por encima del nivel del suelo. Para las mediciones verticales, se escoge una posición de medición de referencia de 1,5 m por encima del centro de la separación común.”

Para este caso esto se cumple ya que se han tomado medidas en las frecuencias correctas, el altavoz y el micrófono se encontraban 1,5 metros por encima del suelo, las correcciones del ruido de fondo se aplicarán en los casos que sean necesarias y más adelante se muestran los puntos de medida y de las posiciones de la fuente sonora.

Otro factor que se tuvo en cuenta fueron las condiciones ambientales [8] ya que en algunos casos concretos puede afectar al micrófono, por esta razón comprobó la temperatura, la presión y la humedad en cada una de las instancias, dando como resultado valores que no nos causarían problemas.

Puesto que solamente se dispone de una fuente sonora esta se colocará en dos posiciones tal y como se recogen en el apartado de planos de este TFG. Para las medidas se realizaron 5 por cada posición de la fuente además de tomar una medida de ruido de fondo, con esto en cuenta comenzó haciendo las mediciones dentro de la sala acústica, para evitar el ruido de fondo las medidas se realizaron a oscuras.

En todas las mediciones realizadas se ha considerado la sala acústica como recinto emisor pese a que la norma UNE-EN ISO 16283 parte 1 indica que se tiene que elegir el recinto de mayor volumen como emisor. En este caso como el interés es concretamente el estudio de la sala acústica y que el recinto colindante con un volumen mayor es un espacio muy abierto se ha optado por usar la sala acústica como recinto emisor.

A continuación, se muestra un detalle de las posiciones empleadas dentro de la sala. Para más detalle, consultar el apartado 5. que incluye los planos realizados en este TFG, además de esto se muestran algunas imágenes de las mediciones, en caso de querer ver las imágenes de cada medición se debe acudir al anexo 7.2.



Figura 49: Medición dentro de la sala acústica.

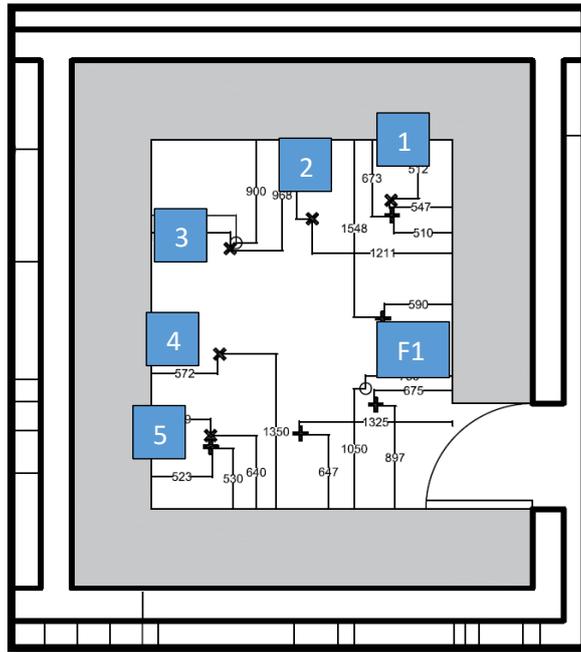


Figura 50: Vista de detalle de las posiciones dentro de la sala para la fuente 1.

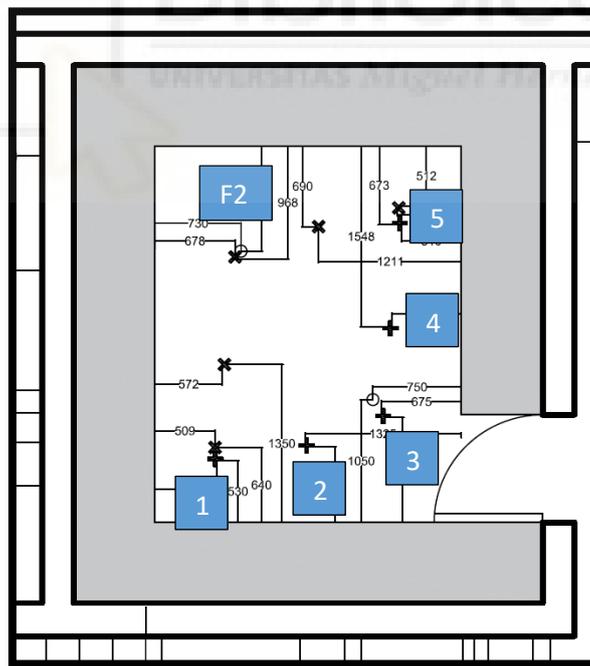


Figura 51: Vista de detalle de las posiciones dentro de la sala para la fuente 2.

Puesto que las medidas que se realizaron con el sonómetro los valores que aparecen en la Tabla 1 son el L_{eq} [8] el cual es “el nivel de presión sonora continuo equivalente con ponderación de frecuencia para un intervalo de tiempo especificado es el nivel de ruido correspondiente al promedio (integral) en el tiempo de la presión sonora al cuadrado con ponderación de frecuencia producida por fuentes de sonido estable, fluctuantes, intermitentes, irregulares o impulsivos en el mismo intervalo de tiempo”.

Niveles de emisión (dBA)	Frecuencia Hz	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
Posición 1	Medida 1	53,8	58,9	64,9	74,1	73,6	79,8	80,7	80,6	79,2	78,9	79,5	76,7	79,0	75,6	74,8	70,5
	Medida 2	57,3	57,5	68,9	74,7	79,8	80,9	81,8	80,6	79,6	80,6	80,5	78,9	82,9	78,9	76,5	78,3
	Medida 3	57,7	57,3	68,2	75,7	78,0	79,4	81,5	78,2	78,9	79,6	79,3	75,7	78,3	78,2	78,6	77,2
	Medida 4	57,3	57,6	71,6	76,5	79,1	83,0	81,6	81,4	80,9	80,5	80,9	81,0	84,9	83,9	81,1	80,5
	Medida 5	55,8	58,4	69,9	75,7	76,6	82,7	83,3	80,4	80,7	80,1	80,2	77,8	80,1	80,9	81,5	78,0
Posición 2	Medida 6	55,8	56,5	67,3	74,3	76,7	80,4	82,4	77,9	78,5	79,6	79,7	77,0	80,5	77,4	72,2	69,2
	Medida 7	56,4	57,6	65,6	75,6	74,6	78,1	82,1	76,2	78,3	78,8	78,2	76,2	78,8	75,8	74,2	73,7
	Medida 8	53,3	57,2	63,5	72,2	73,5	79,8	83,0	76,4	78,5	78,7	79,1	77,1	78,6	78,4	77,1	74,4
	Medida 9	56,2	56,6	69,6	76,5	78,6	82,5	82,0	79,9	80,3	79,9	80,4	79,5	83,0	79,3	77,1	76,2
	Medida 10	55,1	57,2	70,8	76,4	79,6	83,5	82,2	82,9	80,6	80,9	81,5	79,3	80,0	78,3	78,2	73,8
	Media L1	56,1	57,5	68,7	75,3	77,5	81,3	82,1	79,9	79,6	79,8	80,0	78,2	81,2	79,3	78,0	76,3

Tabla 1: Datos obtenidos dentro de la sala.

Todas las medias sacadas de los datos son medias logarítmicas no aritméticas se han calculado de la siguiente forma $Media = 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n 10^{0,1 \cdot Li} \right)$ siendo n el numero de medidas.

Una vez acabadas las medidas dentro de la sala acústica se procedió a realizar las mediciones en los alrededores de esta.

El procedimiento a seguir fue el mismo que el seguido dentro de la sala acústica, lo único que las posiciones del sonómetro son las mismas para las ambas posiciones de la fuente sonora. Esto se debe a que por cuestiones geométricas de la norma no podía realizarse de la misma forma dentro de la sala acústica, dicho esto se va a mostrar una descripción de los lugares donde se han hecho las mediciones y los datos obtenidos en cada instancia.

Para acceder a la sala acústica se accede desde un pasillo como el que se puede apreciar en la Figura 52, el cual tiene unas medidas de 1,7x4,6x2,5 m.

En cuanto al pasillo fuera de la sala acústica se tiene lo siguiente:



Figura 52: Medición en el pasillo.

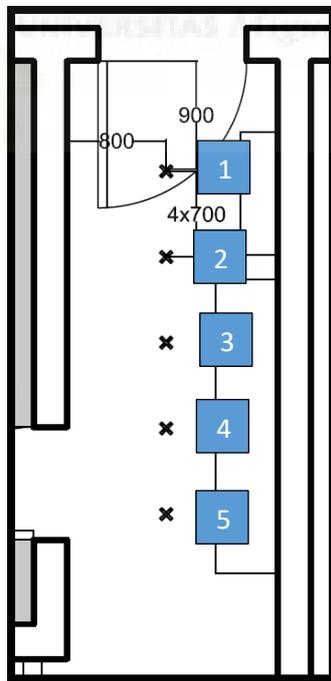


Figura 53 Vista de detalle de las posiciones en el pasillo de fuera.

Niveles de recepción (dBA)		Frecuencia Hz	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
Posición 1	Medida 1		28,6	27,4	39,1	44,8	50,1	47,3	49,4	46,9	47,4	49,5	50,4	47,3	45,2	41,4	40,4	37,9
	Medida 2		22,7	32,8	38,5	46,8	50,7	52,6	53,3	48,7	49,6	49,1	51,0	47,6	46,7	43,8	40,6	39,6
	Medida 3		26,9	34,6	43,6	46,2	50,6	50,5	53,7	48,9	49,0	50,0	52,1	49,6	47,3	44,2	42,3	41,4
	Medida 4		29,1	38,9	46,9	50,5	47,5	52,8	52,9	53,0	50,5	51,8	54,5	50,9	46,9	44,4	41,8	40,7
	Medida 5		29,8	34,2	45,9	50,6	52,9	53,5	55,9	54,4	59,3	57,4	57,9	51,6	48,5	47,3	45,0	46,1
Posición 2	Medida 6		26,1	34,0	35,3	46,3	54,0	51,7	47,8	45,4	48,3	46,3	48,2	46,9	44,6	41,9	40,0	37,4
	Medida 7		29,4	30,7	36,2	44,0	49,7	50,2	47,6	45,5	46,0	45,2	47,2	45,7	44,3	40,6	38,9	35,6
	Medida 8		28,1	34,7	39,1	46,7	52,5	44,8	49,3	46,0	49,0	47,6	48,0	47,7	42,4	40,7	41,0	35,4
	Medida 9		28,8	35,7	40,8	47,3	49,3	52,0	45,2	46,4	48,1	46,7	49,0	47,3	42,9	41,4	41,0	37,0
	Medida 10		28,7	33,4	39,5	47,7	50,1	54,0	48,4	50,8	47,8	48,8	49,3	47,5	42,6	40,8	40,6	34,1
	Media L2		28,2	34,5	42,1	47,6	51,1	51,6	51,5	49,8	51,8	50,9	52,2	48,6	45,6	43,2	41,5	40,1

Tabla 2: Datos obtenidos en el pasillo.

Ruido de fondo (dBA)		Frecuencia Hz	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
B2			10,9	10,9	11,6	14,5	19,1	23,0	26,0	26,5	24,5	23,4	22,2	21,3	20,3	18,5	16,0	14,8

Tabla 3: Ruido de fondo en el pasillo.

Como se ha mencionado anteriormente hay una zona muy amplia colindante a la sala acústica, esta es el laboratorio en la Figura 54 no se llega a apreciar sus dimensiones se recomienda consultar el punto 5 para consultar los planos en caso de querer comprobarlo, tendría un tamaño aproximado de 9x17,5x9 m.

En cuanto a la zona del laboratorio fuera de la sala acústica se tiene lo siguiente:



Figura 54: Medición en el laboratorio.

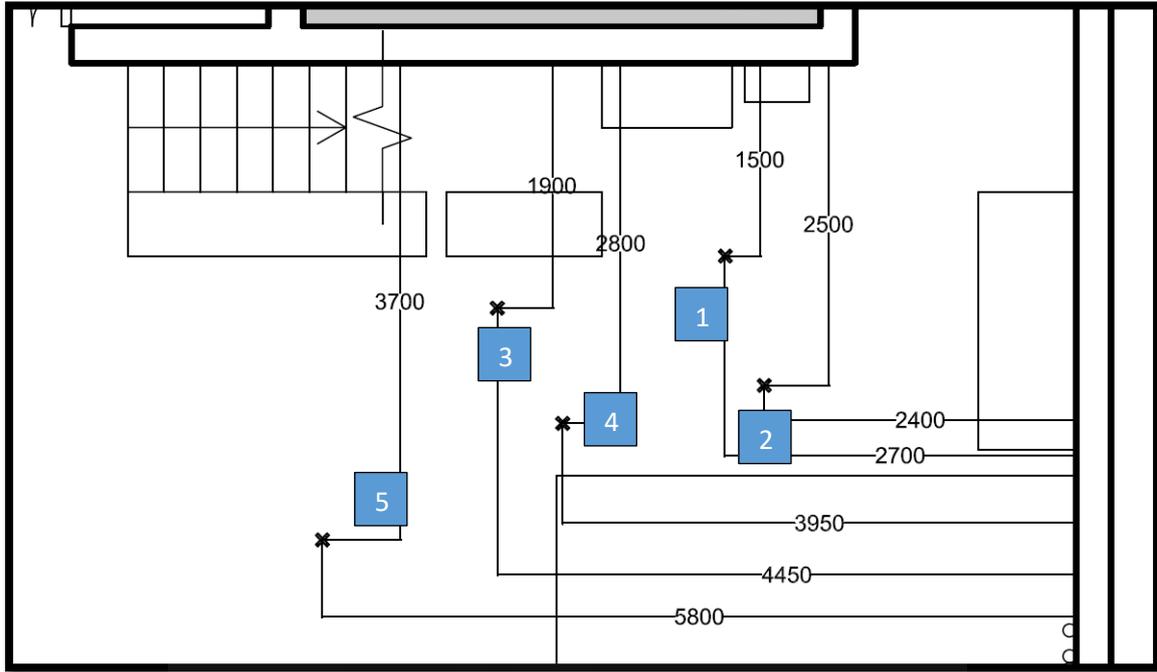


Figura 55: Vista de detalle de las posiciones en el laboratorio.

Niveles de recepción (dBA)		Frecuencia Hz	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
Posición 1	Medida 1	19,8	24,0	33,2	41,2	40,9	42,4	44,3	43,7	48,4	48,3	47,4	44,6	41,6	39,2	38,1	36,4	
	Medida 2	18,8	25,7	34,9	39,4	42,0	41,5	44,9	44,0	44,1	45,1	48,3	43,1	39,8	36,4	37,2	34,3	
	Medida 3	20,4	23,9	34,8	39,0	38,2	41,4	38,9	36,9	38,7	40,6	43,2	41,3	36,5	30,3	30,5	27,3	
	Medida 4	14,2	20,3	29,8	37,5	39,1	41,4	40,3	40,1	43,2	42,4	41,9	38,4	36,4	33,9	32,9	29,8	
	Medida 5	15,1	20,8	30,0	34,3	37,0	38,2	40,1	38,2	38,7	39,2	40,2	38,5	33,7	32,2	30,9	30,0	
Posición 2	Medida 6	20,3	26,4	34,0	39,6	42,0	42,9	41,9	40,0	42,6	43,4	43,3	41,3	37,7	37,2	35,6	33,8	
	Medida 7	17,9	26,5	33,3	38,9	41,2	40,4	40,0	40,5	40,5	40,8	41,6	38,0	36,6	34,6	33,6	32,6	
	Medida 8	16,8	22,0	31,5	33,9	37,8	41,3	34,5	33,9	35,2	35,9	37,4	35,1	29,0	28,2	26,1	24,1	
	Medida 9	16,3	18,5	26,6	35,9	40,3	43,3	35,9	38,3	37,8	39,0	38,4	34,0	31,9	31,3	30,0	26,4	
	Medida 10	15,7	17,9	26,0	31,0	35,9	39,4	33,5	33,6	32,2	32,8	35,8	34,4	28,7	28,4	27,8	25,8	
	Media L2	18,0	23,6	32,3	38,0	39,9	41,4	40,8	40,1	42,3	42,7	43,5	40,2	36,9	34,6	33,8	31,7	

Tabla 4: Datos obtenidos en el laboratorio.

Ruido de fondo (dBA)		Frecuencia Hz	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
	B2	5,1	2,3	5,4	6,1	5,6	8,0	9,7	8,0	11,0	10,0	11,1	10,9	10,3	10,1	10,0	10,4	

Tabla 5: Ruido de fondo en el laboratorio.

La última habitación colindante a la sala acústica es el almacén que se muestra en la Figura 56, cuenta con un tamaño de 6x4,6x2,5 m.

En cuanto al almacén fuera de la sala acústica se tiene lo siguiente:



Figura 56: Medición en el almacén.

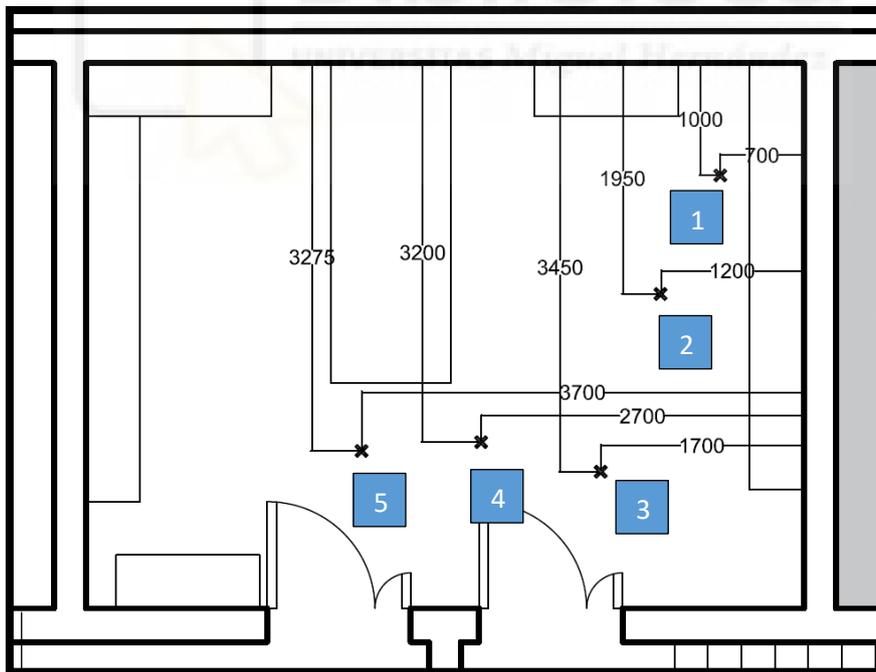


Figura 57: Vista de detalle de las posiciones en el almacén.

Niveles de recepción (dBA)	Frecuencia Hz	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
	Posición 1	Medida 1	25,7	32,2	35,6	31,6	34,7	33,0	30,2	29,5	29,7	24,3	26,3	23,7	24,8	24,1	26,1
	Medida 2	23,1	29,7	31,0	31,2	36,7	35,9	29,6	29,3	30,0	26,9	27,3	25,2	25,1	24,6	26,0	26,0
	Medida 3	22,6	30,5	30,9	31,2	35,3	35,1	30,8	30,8	28,8	27,8	28,0	25,4	26,0	26,2	27,4	26,1
	Medida 4	18,9	28,9	34,5	33,3	33,9	34,8	32,0	29,6	29,9	28,2	29,0	26,1	26,0	24,7	26,4	26,1
	Medida 5	21,7	26,9	32,8	34,7	33,4	34,2	32,5	29,8	29,4	26,4	26,8	25,3	26,6	24,1	25,7	25,0
Posición 2	Medida 6	25,0	23,5	34,3	33,8	35,2	34,8	29,6	29,8	32,2	28,5	27,4	25,2	25,3	22,6	23,1	21,9
	Medida 7	25,6	22,8	32,5	34,5	38,1	34,8	31,3	29,9	31,5	28,9	26,4	25,6	25,6	23,5	23,9	22,5
	Medida 8	22,2	22,0	32,1	33,5	35,6	35,8	31,3	31,9	31,8	27,8	26,1	23,8	24,5	22,8	23,2	21,9
	Medida 9	20,7	24,5	29,4	36,0	37,0	34,0	31,0	31,6	31,2	29,2	28,4	27,1	27,0	23,2	24,1	22,4
	Medida 10	22,8	25,0	34,5	36,5	36,7	36,6	30,4	29,2	29,9	27,4	24,9	23,0	24,1	21,4	21,8	21,7
	Media L2	23,3	27,9	33,1	34,0	35,9	35,0	31,0	30,2	30,6	27,7	27,2	25,2	25,6	23,9	25,1	24,4
	L2' corregido										27,0	25,9	23,9	24,3	22,6	24,2	23,6

Tabla 6: Datos obtenidos en el almacén.

Se puede observar como ahora aparece el valor L2' corregido esto se debe a que según el apartado 9.2. de la norma UNE-EN ISO 16283-1 no se alcanza una diferencia suficiente de dB respecto al ruido de fondo por lo que se le aplica una corrección.

Ruido de fondo (dBA)	Frecuencia Hz	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
	B2		10,8	2,8	5,2	14,8	13,1	17,9	14,5	16,2	19,0	19,7	23,9	23,0	22,3	18,3	17,9

Tabla 7: Ruido de fondo en el almacén.

Justo encima del pasillo de abajo se encuentra otro de tamaño similar en la planta superior como se puede observar en la Figura 58, el cual cuenta con un volumen de 1,9x3,4x2,5 m

En cuanto al pasillo de arriba junto a las escaleras tenemos lo siguiente:



Figura 58: Medición en el pasillo de arriba.

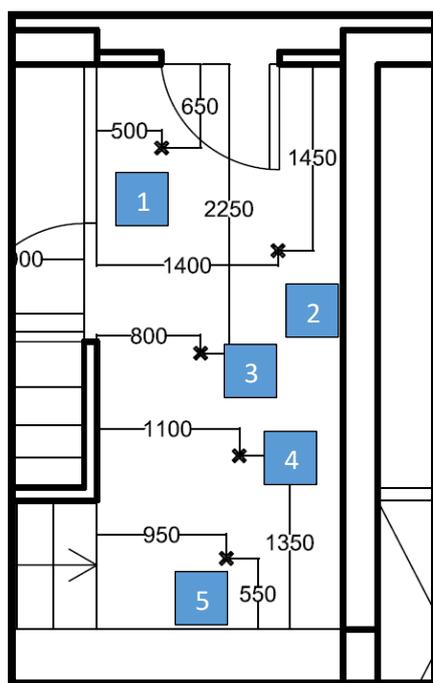


Figura 59: Vista de detalle de las posiciones en el pasillo de arriba.

Niveles de recepción (dBA)		Frecuencia Hz	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
Posición 1	Medida 1	13,4	11,9	18,4	21,1	26,8	28,0	24,4	25,8	24,6	24,7	26,6	23,8	20,8	19,1	17,9	16,1	
	Medida 2	12,5	14,9	19,3	22,9	29,8	26,6	25,0	25,4	24,8	25,0	25,9	23,4	21,6	18,9	17,6	16,7	
	Medida 3	12,9	15,1	21,5	24,3	27,8	28,5	24,6	24,9	24,5	24,8	25,5	23,2	20,7	18,2	17,7	15,2	
	Medida 4	10,3	14,6	17,6	22,7	27,8	27,6	24,8	25,5	25,2	25,4	26,6	24,9	22,3	20,1	19,2	17,5	
	Medida 5	15,2	15,7	21,8	24,1	31,0	28,5	25,3	25,9	26,2	26,2	28,0	25,1	22,8	20,6	20,4	18,6	
Posición 2	Medida 6	12,8	11,8	18,6	24,2	26,9	26,0	29,5	28,7	29,3	29,2	29,7	26,9	26,5	21,2	19,0	17,8	
	Medida 7	13,9	16,7	20,5	26,1	29,5	28,1	29,0	28,6	29,3	29,9	27,2	26,5	20,7	18,1	17,1		
	Medida 8	11,1	17,0	23,0	24,4	28,5	27,9	29,0	29,0	29,2	29,2	29,7	27,5	26,3	19,9	18,0	16,3	
	Medida 9	12,9	15,9	20,6	25,0	27,6	28,0	29,6	29,0	29,8	29,6	30,8	27,9	27,5	22,3	20,1	19,3	
	Medida 10	16,2	17,8	22,6	25,8	29,4	29,9	30,7	30,7	31,3	31,2	32,2	29,7	28,9	24,6	22,7	21,8	
	Media L2	13,4	15,5	20,7	24,3	28,7	28,0	27,8	27,8	28,0	28,1	29,0	26,5	25,3	21,0	19,4	18,0	
	L2' corregido	12,1	15,0					27,0				28,3	25,9	24,6	19,8	18,1	16,7	

Tabla 8: Datos obtenidos en el pasillo de arriba.

Ruido de fondo (dBA)	Frecuencia Hz	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
B2																	
		9,7	5,9	6,5	8,6	12,7	14,2	20,2	15,0	14,7	16,5	21,1	17,0	17,1	14,9	13,9	12,8

Tabla 9: Ruido de fondo en el pasillo de arriba.

Justo encima de la sala acústica hay un aula en la planta superior como se puede observar en la Figura 60, en este caso es un espacio de 8,9x3,4x2,5 m.

En cuanto al aula de arriba de la sala acústica se tiene lo siguiente:



Figura 60: Medición en el aula de arriba.

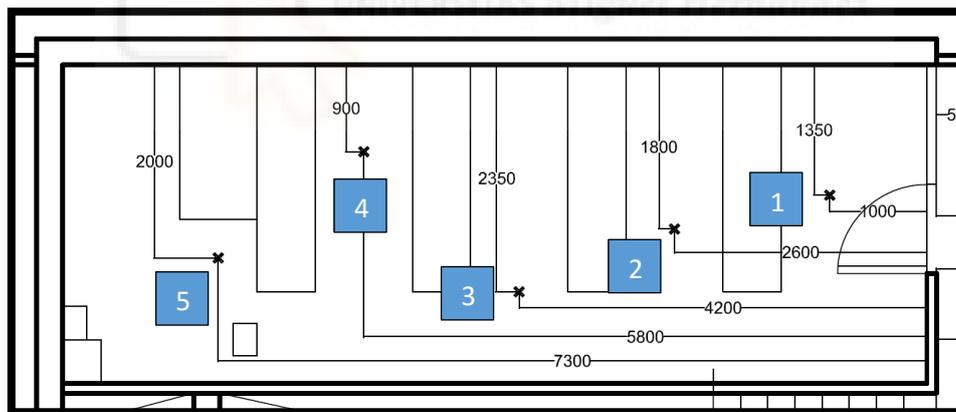


Figura 61: Vista de detalle de las posiciones en el aula de arriba.

Niveles de recepción (dBA)	Frecuencia Hz	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
	Posición 1	Medida 1	8,7	11,5	17,3	17,3	17,2	20,2	19,4	19,4	18,1	19,9	18,6	17,5	17,7	16,1	15,4
	Medida 2	8,5	10,8	14,7	18,1	21,1	20,3	20,9	21,5	20,1	20,3	19,6	18,7	19,5	18,5	17,6	14,9
	Medida 3	10,4	11,8	18,4	18,0	19,4	20,1	18,8	20,6	20,0	20,4	18,3	17,2	17,6	16,9	15,8	14,6
	Medida 4	5,4	11,5	16,0	17,5	18,5	20,6	20,6	19,7	18,5	19,1	18,1	17,1	17,2	15,4	14,3	12,6
	Medida 5	8,2	11,9	17,3	18,7	20,4	20,4	21,6	22,1	21,5	22,0	21,5	20,9	21,3	21,5	20,2	19,0
Posición 2	Medida 6	5,5	11,8	17,0	19,7	20,5	21,5	19,7	22,0	21,9	24,8	24,9	24,6	22,9	22,4	21,5	20,4
	Medida 7	6,3	8,3	14,4	20,4	22,2	22,2	21,1	21,0	20,3	19,4	18,6	18,6	18,9	19,9	18,6	16,7
	Medida 8	8,8	10,3	12,4	19,8	21,4	20,2	19,4	20,7	19,3	19,6	20,0	19,5	19,2	19,3	18,8	17,5
	Medida 9	5,1	10,8	17,9	19,1	19,3	18,3	21,1	19,9	19,6	19,1	19,1	18,6	18,8	19,1	18,9	18,0
	Medida 10	4,1	11,6	16,1	16,0	20,4	20,4	18,4	19,7	21,0	22,6	21,9	19,1	19,1	18,5	17,5	15,9
	Media L2	7,5	11,1	16,5	18,6	20,3	20,5	20,2	20,8	20,2	21,1	20,6	19,8	19,6	19,3	18,4	16,9
	L2' corregido	6,2	10,6			19,0	19,3	18,9	19,5	18,9	19,8	19,3	18,5	18,3	18,0	17,1	15,6

Tabla 10: Datos obtenidos en el aula de arriba.

Ruido de fondo (dBA)	Frecuencia Hz	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
	B2	4,1	2,0	4,7	8,4	15,2	14,3	15,1	17,9	20,3	18,4	15,9	15,5	15,7	15,6	15,1	13,5

Tabla 11: Ruido de fondo en el aula de arriba.

También se realizaron mediciones en una estancia más, la habitación de arriba al lado tiene otro pasillo, cuando se realizaron las mediciones se vio que los niveles sonoros obtenido con la fuente sonora encendida y los del ruido de fondo eran iguales, por lo que se descartó el estudio de esta estancia.

En cuanto al exterior se debe seguir la norma UNE-EN ISO 16283-3 [12] la cual es similar a la parte 1 en aspectos como las frecuencias a las que se trabaja y las posiciones de los micrófonos, en el apartado 9.2 nos dice “El altavoz se coloca en una o más posiciones fuera del edificio a una distancia D de la fachada, con el ángulo de incidencia del sonido igual a $45^\circ \pm 5^\circ$. El nivel de presión acústica medio se determina o bien directamente sobre la muestra de ensayo (por el método por elementos) o a 2 m delante de la fachada (por el método global), así como en el recinto receptor para poder calcular el índice de reducción acústica aparente, R'_{45° , o la diferencia de nivel, $D_{ls,2m}$.”

En el apartado 9.6.1 indica que “Se determina el nivel de presión acústica medio en el exterior a una distancia de 2 m delante de la fachada, $L_{1,2m}$, ya sea con el micrófono en el exterior de la fachada, en el centro de la superficie de la fachada a una distancia $(2 \pm 0,2)$ m del plano de la fachada o a 1 m de la balastrada o de cualquier saliente similar. La altura del micrófono debe ser de 1,5 m por encima del suelo del recinto receptor.”

En cuanto a las posiciones del micrófono en el interior serán como se indica en la Figura 62 mientras que en el exterior estará como indica la norma a 2 metros frente al parte central de la fachada, el micrófono se encontrará a 1,5 metros.

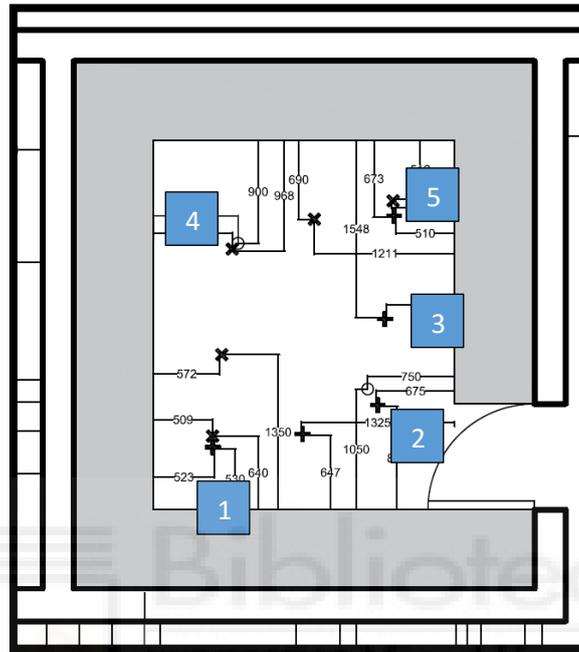


Figura 62: Vista de detalle de las posiciones en el interior de la sala acústica para los cálculos de la fachada.

En cuanto a lo que respecta a cumplir con un ángulo de 45° entre el punto central de la fachada y el altavoz nos encontramos con un problema ya que la sala acústica se encuentra en la planta baja por lo que situando el altavoz frente a la fachada no se podrían lograr los 45° por lo que para lograr esto el altavoz será desplazado 5 metros a la izquierda respecto al punto central de la fachada logrado así el ángulo de incidencia deseado cumpliendo los 45° no en altura, sino en horizontal.

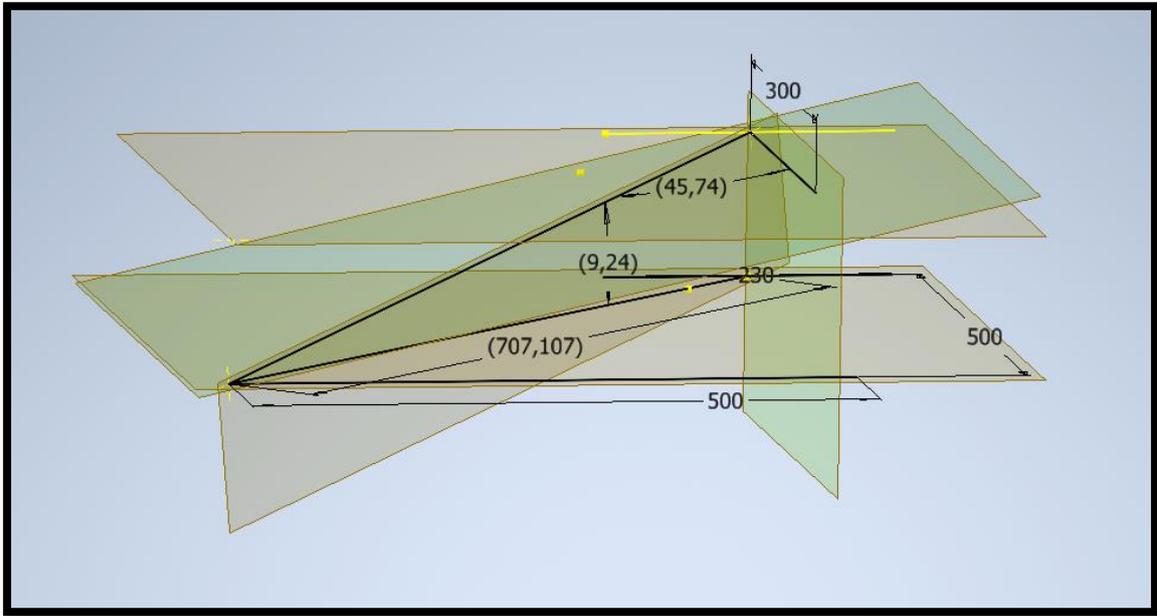


Figura 63: Posicionamiento de la fuente sonora.

En la Figura 63 lo que se trata de mostrar es como colocando un plano vertical que representa la pared donde se requería medir y dos horizontales, el de abajo representa el suelo y el de arriba es la altura a la que se debe realizar la medida, se puede encontrar un punto que forme 45° con el punto que nos interesa, aunque no sea frontalmente, sino que desplazado unos 5 metros.



Figura 64: Medida en el exterior.



Figura 65: Situación en el exterior.

Niveles de emisión (dBA)	Frecuencia Hz	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
	Medida 1		53,1	59,0	64,6	69,9	76,1	75,7	76,8	76,2	74,9	75,3	74,4	71,5	73,2	74,5	76,0
Medida 2		53,3	59,0	65,2	70,3	76,3	76,0	76,9	75,9	74,5	75,0	74,4	71,8	73,6	74,3	76,0	72,7
Medida 3		52,8	59,2	65,2	69,9	75,8	76,2	76,7	76,1	75,2	75,4	74,9	71,7	73,6	74,4	75,9	72,7
Media L1		53,0	59,1	65,0	70,0	76,0	76,0	76,8	76,1	74,9	75,2	74,6	71,7	73,5	74,4	76,0	72,6

Tabla 12: Datos obtenidos en el exterior.

Niveles de recepción (dBA)	Frecuencia Hz	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
	Medida 1		17,2	21,6	27,7	28,5	28,1	21,3	17,1	15,9	16,3	14,3	10,8	10,5	9,8	9,0	8,0
Medida 2		22,0	20,2	23,5	27,2	26,5	21,8	17,5	16,1	15,2	15,3	14,4	14,6	13,6	12,8	11,7	11,3
Medida 3		20,2	14,3	23,3	29,1	27,2	22,5	17,6	14,6	15,3	15,3	14,8	14,8	13,9	12,7	11,9	10,8
Medida 4		15,0	18,6	19,8	28,9	27,3	20,3	19,2	16,6	18,2	18,5	17,5	18,0	15,9	15,0	12,6	13,3
Medida 5		13,3	18,0	21,0	28,8	28,1	21,2	18,3	19,0	20,3	19,7	19,2	18,9	16,7	16,5	16,6	15,7
Media L2		18,7	19,2	24,0	28,5	27,5	21,5	18,0	16,7	17,5	17,1	16,2	16,2	14,6	13,9	13,0	12,5

Tabla 13: Datos obtenidos en la sala emitiendo desde el exterior.

Para hacer el estudio del tiempo de reverberación se ha seguido la norma UNE-EN ISO 3382-2 [10], el apartado 4.3 indica el número de las posiciones con una tabla

	Control	Ingeniería^a	Precisión
Combinaciones fuente-micrófono	2	6	12
Posiciones de la fuente ^b	≥ 1	≥ 2	≥ 2
Posiciones de micrófono ^c	≥ 2	≥ 2	≥ 3
Número de decrecimientos en cada posición (método del ruido interrumpido)	1	2	3
^a Cuando el resultado se utiliza para un término de corrección en otras mediciones del nivel de ingeniería, solo se requiere una posición de la fuente y tres posiciones de micrófono. ^b Para el método del ruido interrumpido, se pueden utilizar simultáneamente fuentes no correlativas. ^c Para el método del ruido interrumpido y cuando el resultado se utiliza para un término de corrección, se puede utilizar una percha de micrófono rotativo en lugar de múltiples posiciones de micrófono.			

Tabla 14: Números mínimos de posiciones y mediciones [10].

También indica que “Para el método del ruido interrumpido, el número total de decrecimientos se obtiene generalmente mediante un número de decrecimientos repetidos en cada posición. Sin embargo, también se permite tomar una nueva posición para cada decrecimiento, siempre y cuando el número total de decrecimientos sea el requerido. Las posiciones de la fuente pueden ser las posiciones normales en función del uso del recinto. En los recintos pequeños, como los recintos de viviendas, o cuando no existen posiciones normales, conviene colocar una posición de la fuente en una esquina del recinto. Las posiciones de micrófono deben estar preferiblemente separadas al menos media longitud de onda, es decir, a una distancia mínima de 2 m para el rango de frecuencias habitual. La distancia desde cualquier posición de micrófono a la superficie reflectante más cercana, incluyendo el suelo, debería ser preferiblemente al menos un cuarto de longitud de onda, es decir, generalmente en torno a 1 m. Se deberían evitar las posiciones simétricas. En el caso especial de un micrófono móvil, el radio de barrido debe ser de al menos 0,7 m. El plano de barrido no debe encontrarse a menos de 10° de cualquier plano del recinto (pared, suelo, techo). La duración de un período de barrido no debe ser inferior a 15 s. Las posiciones de micrófono no deben estar muy próximas. De lo contrario, el número de posiciones independientes es inferior al número real de posiciones de medición. Los números mínimos indicados en la Tabla 14 son los números de posiciones independientes.”

En este caso se colocaron 2 posiciones de la fuente y 6 para los micrófonos y se ha tratado en la medida de lo posible seguir las recomendaciones de la norma, por eso en este caso se han reutilizado las posiciones anteriores ya sea para la fuente o para el sonómetro.

En la norma en el apartado 5.2 se explica el proceso a seguir, pero para este caso se ha configurado el sonómetro para realizar este estudio de tal forma que mandó una señal al dodecaedro que emitió durante unos pocos segundos un sonido interrumpido, este proceso se repitió 3 veces donde se evaluó el tiempo máximo de caída 5 segundos, aunque no se tuvo que hacer nada porque ya lo controlaba todo el proceso el sonómetro para ajustarse al estudio según la norma.

En cuanto a los espacios donde se han realizado los ensayos algunos de ellos están unidos y no tienen una puerta como es el caso de los pasillos y el laboratorio, pero como son estancias que se encuentran en diferentes planos respecto a la sala acústica se ha considerado estas estancias como lugares diferentes y no como el mismo.

A continuación, se muestran los resultados obtenidos en cada instancia.

- Pasillo

Tiempo de reverberación (s)	Frecuencia Hz	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
	Medida 1		0,3	0,2	0,3	0,5	0,5	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Medida 2		0,3	0,6	0,8	0,4	0,5	0,6	0,3	0,7	0,4	0,5	0,4	0,5	0,4	0,3	0,4	0,4
Medida 3		0,4	0,6	0,3	0,4	0,5	0,5	0,4	0,6	0,4	0,6	0,4	0,4	0,5	0,4	0,4	0,4
Medida 4		0,5	0,4	0,3	0,7	0,6	0,5	0,3	0,6	0,5	0,5	0,4	0,5	0,3	0,4	0,4	0,4
Medida 5		0,8	0,8	0,3	0,4	0,5	0,4	0,6	0,5	0,4	0,4	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6	0,4
Medida 6		1,0	0,4	0,5	0,7	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,4	0,3	0,4	0,6	0,6	0,5	0,5
Media T2		0,5	0,5	0,4	0,5	0,5	0,4	0,4	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Absorción		5,9	6,3	7,2	6,1	6,5	7,2	8,0	5,9	7,2	7,1	8,8	8,0	7,3	7,5	7,1	8,2

Tabla 15: Tiempo de reverberación en el pasillo.

- Laboratorio

Tiempo de reverberación (s)	Frecuencia Hz	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
Medida 1		0,6	0,6	1,0	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,1	1,0	1,0	1,1	1,0	1,0	0,9
Medida 2		0,7	1,3	0,7	0,7	1,2	1,1	1,0	1,0	0,9	1,0	1,0	0,9	1,0	1,1	1,0	0,9
Medida 3		0,8	0,9	0,9	1,3	1,0	1,1	1,0	0,9	0,9	0,9	0,9	1,2	1,1	1,0	1,0	0,8
Medida 4		0,6	0,7	0,9	1,0	1,2	1,1	1,0	0,9	0,9	1,1	0,9	1,0	1,0	0,8	1,0	0,9
Medida 5		0,8	0,8	0,9	1,0	1,5	1,1	0,9	1,0	1,0	0,9	1,0	1,1	1,0	1,0	1,0	0,8
Medida 6		0,6	0,5	1,0	0,8	1,0	1,2	1,0	0,9	0,9	1,2	1,0	0,9	1,0	1,0	0,9	0,9
Media T2		0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,1	1,0	1,0	0,9	1,0	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9
Absorción		334,3	292,6	253,4	234,2	198,7	205,6	229,5	237,1	244,3	224,9	239,6	219,5	225,7	230,3	233,8	257,2

Tabla 16 Tiempo de reverberación en el laboratorio.

- Almacén

Tiempo de reverberación (s)	Frecuencia Hz	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
Medida 1		0,6	0,3	0,7	0,7	0,7	0,4	0,5	0,6	0,5	0,5	0,6	0,6	0,5	0,6	0,5	0,5
Medida 2		0,9	0,6	0,5	0,5	0,7	0,5	0,5	0,6	0,4	0,5	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5
Medida 3		0,9	0,6	0,7	0,5	0,8	0,5	0,4	0,6	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6	0,5	0,5
Medida 4		1,4	0,6	0,5	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,6	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,5
Medida 5		1,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,5	0,6	0,6
Medida 6		0,9	0,3	0,4	0,5	0,8	0,4	0,5	0,6	0,5	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Media T2		1,0	0,4	0,5	0,5	0,6	0,5	0,5	0,6	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5
Absorción		11,2	24,7	21,4	22,6	17,1	23,7	24,1	19,7	24,0	23,8	20,6	19,8	20,0	20,6	20,7	21,0

Tabla 17: Tiempo de reverberación en el almacén.

- Pasillo arriba

Tiempo de reverberación (s)	Frecuencia Hz	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
Medida 1		0,5	0,6	1,7	1,0	1,0	1,4	1,3	1,0	1,2	1,3	1,3	1,6	1,5	1,2	1,4	1,3
Medida 2		0,7	0,7	1,6	1,1	1,2	1,1	1,4	1,4	1,2	1,4	1,5	1,5	1,7	1,4	1,3	1,2
Medida 3		0,7	0,9	0,9	1,5	1,3	1,2	1,4	1,2	1,4	1,8	1,7	1,8	1,9	1,7	1,5	1,3
Medida 4		0,7	1,0	1,1	1,2	0,9	1,1	1,4	1,1	1,2	1,3	1,3	1,3	1,4	1,4	1,2	1,1
Medida 5		1,3	1,1	1,5	1,0	1,0	1,1	1,4	1,7	1,5	1,6	1,7	1,5	1,6	1,6	1,3	1,3
Medida 6		1,0	1,4	0,5	1,4	1,2	1,2	1,3	1,3	1,7	1,6	1,7	1,7	1,2	1,6	1,5	1,3
Media T2		0,8	0,9	1,2	1,2	1,1	1,2	1,4	1,3	1,4	1,5	1,5	1,6	1,5	1,5	1,3	1,3
Absorción		3,2	2,8	2,1	2,2	2,3	2,2	1,9	2,0	1,9	1,7	1,7	1,6	1,7	1,8	1,9	2,1

Tabla 18: Tiempo de reverberación en el pasillo de arriba.

- Aula de arriba

Tiempo de reverberación (s)	Frecuencia Hz	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
	Medida 1	0,8	1,7	1,3	1,3	1,2	1,2	1,3	1,1	1,1	1,2	1,1	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2
Medida 2	0,9	1,5	1,0	0,9	1,3	1,2	1,3	1,2	1,1	1,2	1,2	1,1	1,1	1,2	1,1	1,1	1,1
Medida 3	0,9	1,1	1,1	1,6	1,3	1,5	1,3	1,2	1,1	1,1	1,2	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2	1,1
Medida 4	0,8	0,9	1,1	1,2	1,4	1,4	1,3	1,1	1,3	1,3	1,2	1,2	1,1	1,2	1,1	1,1	1,1
Medida 5	1,1	1,1	1,1	1,1	1,7	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2	1,0
Medida 6	0,9	0,7	1,1	1,0	1,3	1,4	1,3	1,1	1,1	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,1
Media T2	0,9	1,2	1,1	1,2	1,4	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,1
Absorción	14,0	10,5	10,9	10,3	8,9	9,0	9,6	10,4	10,5	9,9	10,3	9,9	10,2	10,1	10,4	11,1	

Tabla 19: Tiempo de reverberación en el aula de arriba.

- Sala acústica

Tiempo de reverberación (s)	Frecuencia Hz	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
	Medida 1	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Medida 2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Medida 3	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Medida 4	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Medida 5	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Medida 6	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Media T2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Absorción	37,6	39,9	49,4	74,5	59,4	72,0	78,5	93,5	84,5	89,7	97,6	97,6	99,9	102,2	102,2	97,6	

Tabla 20: Tiempo de reverberación en el interior de la sala.

En este caso sí que es una media aritmética y para calcular la absorción se procede de la siguiente forma:

$$A = \frac{0,16 \cdot V}{T}$$

Donde:

V Es el volumen del recinto receptor, en metros cúbicos.

T Es el tiempo de reverberación en el recinto receptor.

2.3.2. DESCRIPCIÓN DEL EXPERIMENTO CON EL SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS

En este apartado se va a comenzar poniendo a punto la instrumentación haciendo una prueba de mediciones que puede servir para entender cómo se utiliza el software BK Connect, una vez hecha la prueba se muestra cómo se hicieron las mediciones dentro de la sala acústica.

Para comenzar con la toma de medidas, lo primero que se hizo fue comprobar que la instrumentación estaba en buen estado, por lo que se conectó todo y se inició el programa BK Connect, una vez dentro se configuraron los micrófonos cada uno con sus propiedades y se colocaron en el canal que correspondía. Como se observa en la Figura 66 aparecen símbolos de los micrófonos indicando que están conectados.

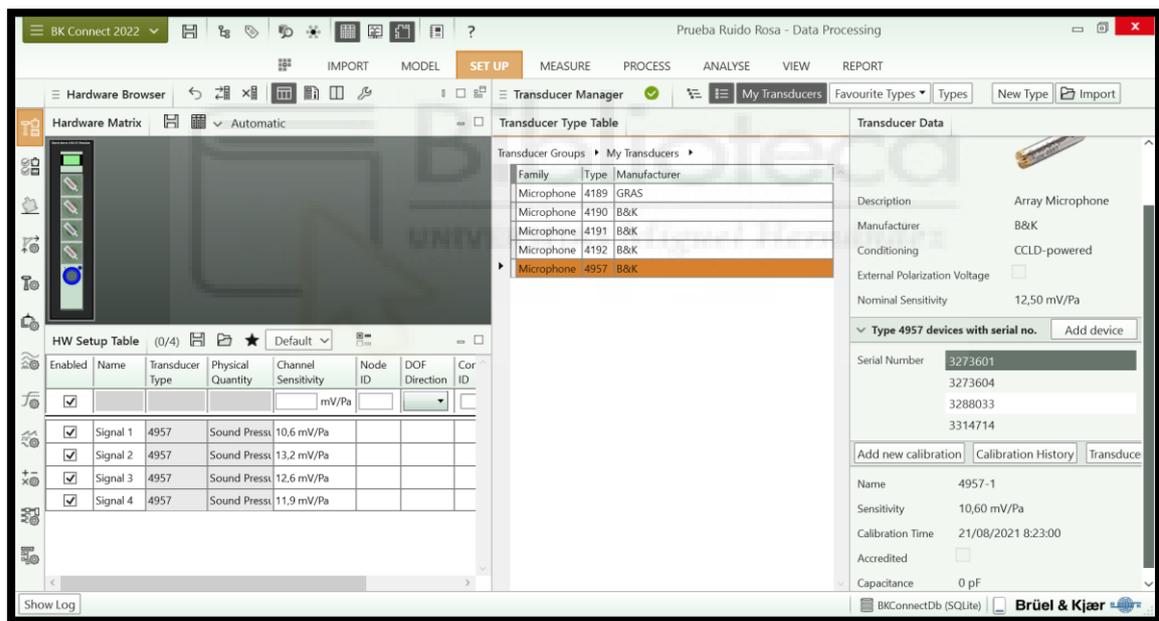


Figura 66: Equipo preparado.

Una vez se conectó todo se calibraron todos micrófonos utilizando la herramienta de “Transducer Verification”.

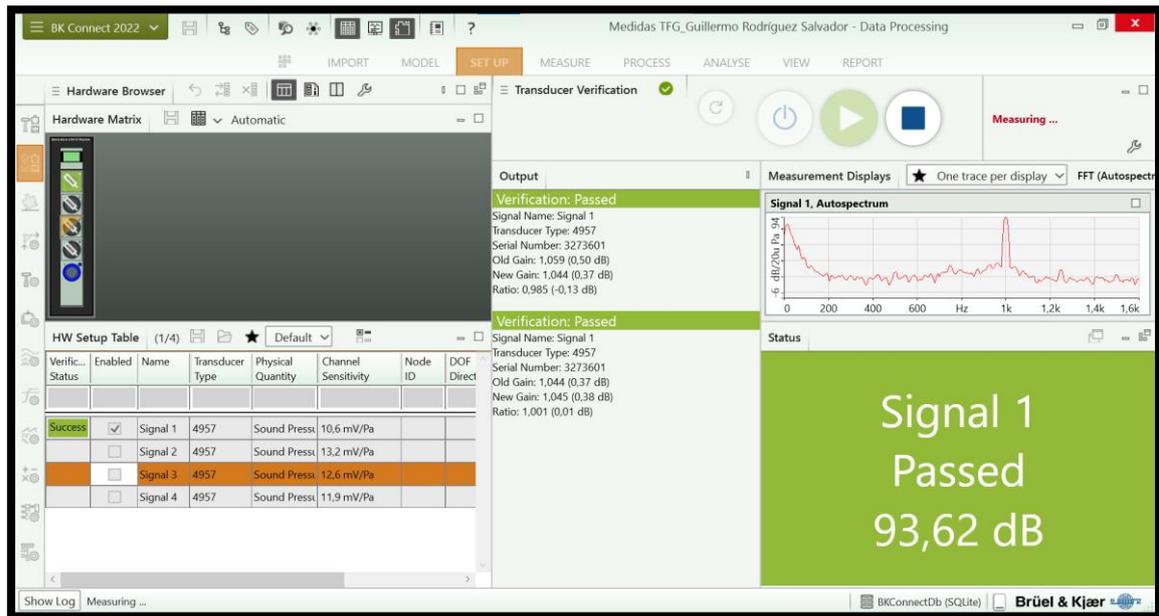


Figura 67: Calibración de los micrófonos.

Se continuó haciendo las medidas en el dominio del tiempo para después procesar las señales y pasarlas al dominio de la frecuencia, pero antes de medir se configuró la herramienta “Standard processing setup” el procesado que se quería hacer a la señal, de esta forma integró para obtener una señal FFT, también se realizó una ponderación en dBA y dBC.

Una vez configurado lo único que se hizo fue ir a la ventana “Time data recorder” y se le dio al botón rojo para que se iniciase la grabación.

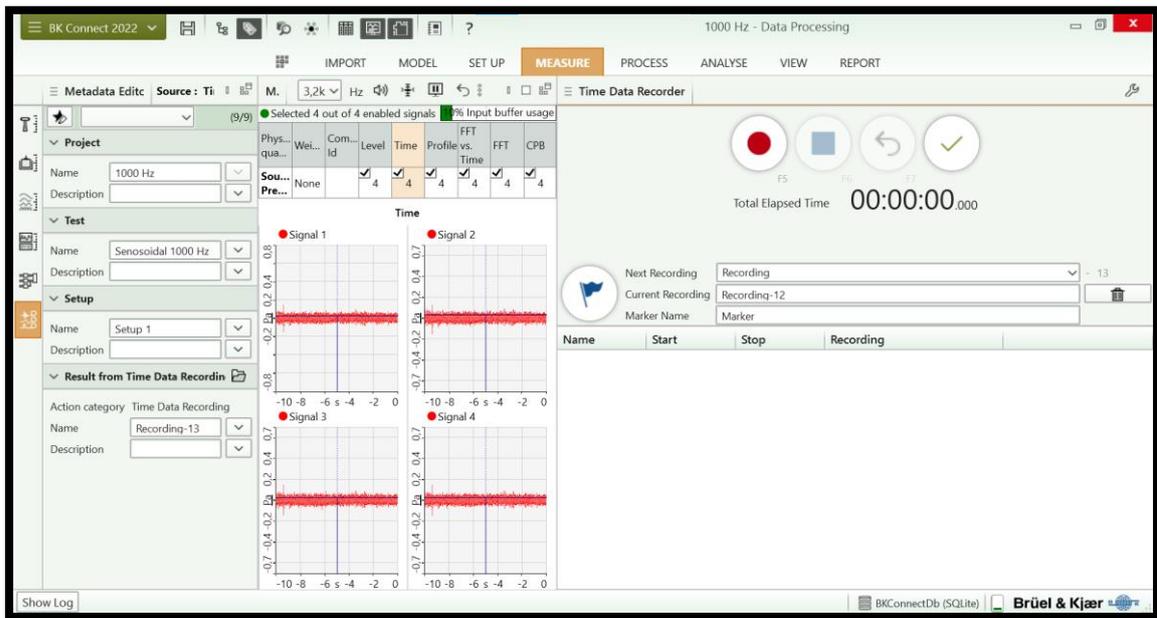


Figura 68: Time Data Recorder.

Una vez realizada la grabación se continuó con la herramienta “Standard processing” donde en función de cómo se programó la herramienta “Standard processing setup” se obtuvieron los resultados de la forma deseada, en este caso la señal en FTT, dBA y dBC, en esta herramienta lo que se hizo fue seleccionar las señales que se querían procesar, en este caso se procesó una señal por cada micrófono.

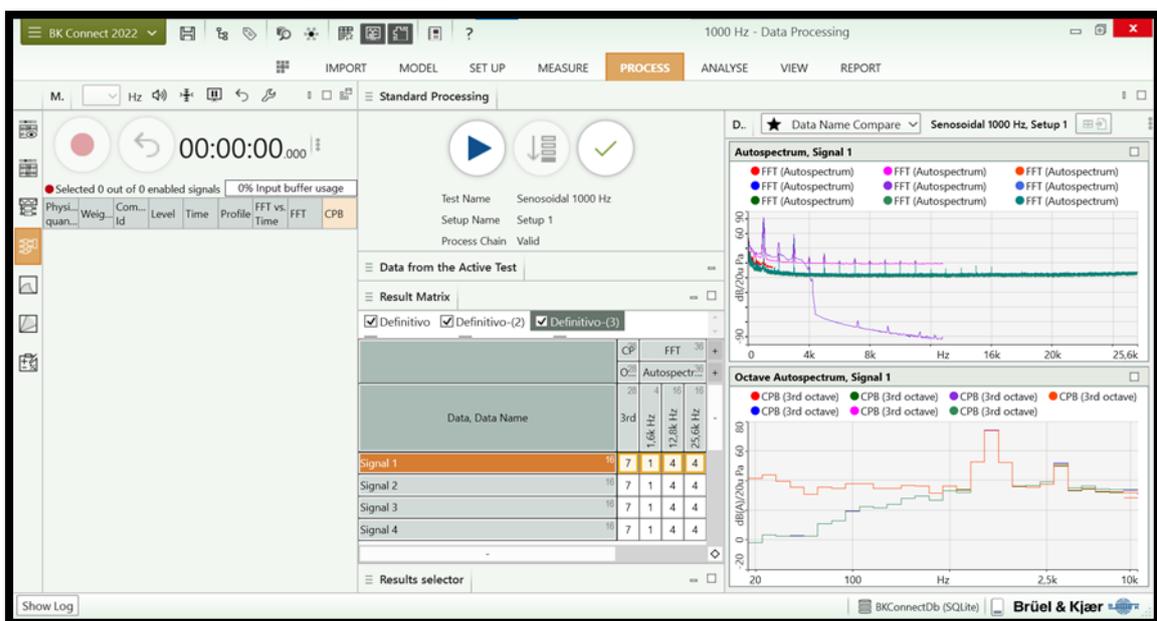


Figura 69: Standard processing.

Las grabaciones se realizaron con un tono puro de 1000 Hz y una vez acabadas se fue la ventana “View” concretamente a la herramienta “Data Table Viewer” donde se pueden seleccionar varios estudios con Ctrl+click y arrastrarlos a la pestaña “Data Table”.

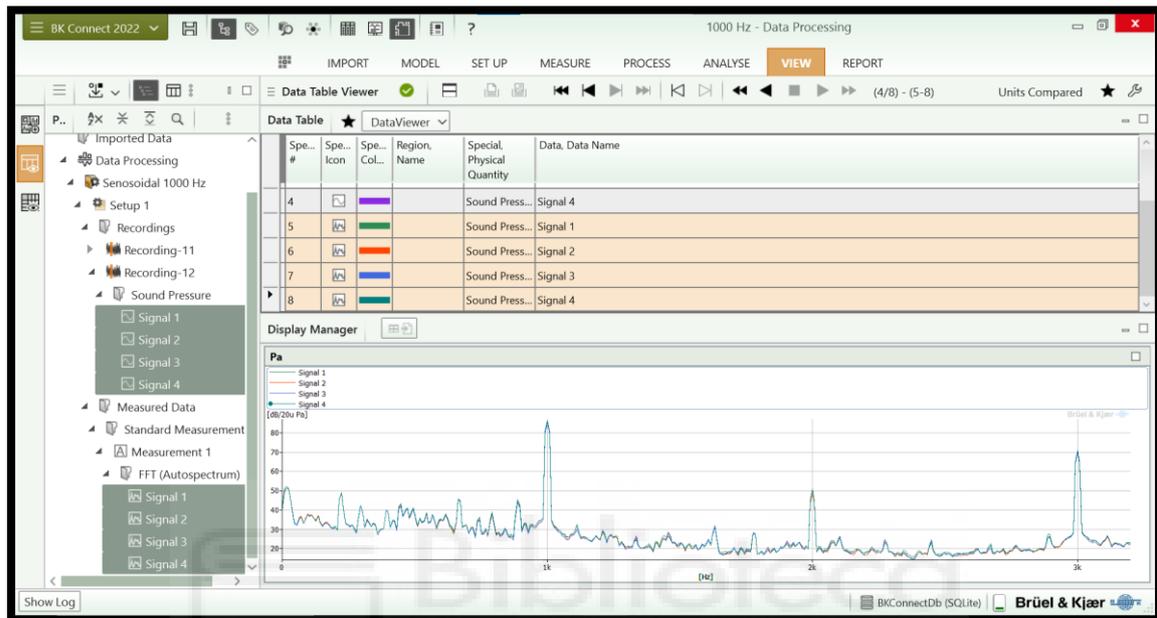


Figura 70: Data Table Viewer.

De la misma forma que antes se seleccionaron varios estudios a la vez en la pestaña “Data Table” y en “Display Manager” se mostraron las gráficas, lo que dio como resultado lo siguiente.

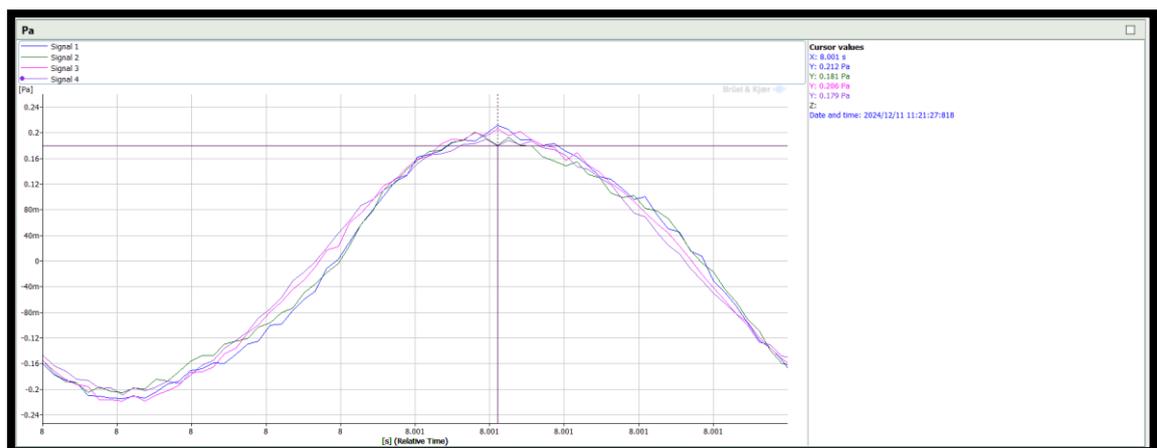


Figura 71: Resultado de la prueba en el dominio del tiempo para la comprobación de que los micrófonos estuviesen en fase.

Se puede observar cómo las cuatro señales están en fase teniendo los picos en el mismo instante de tiempo y con diferencias del orden de las centésimas de Pa lo que equivale a diferencias del orden de 1dB para estos niveles de presión sonora.

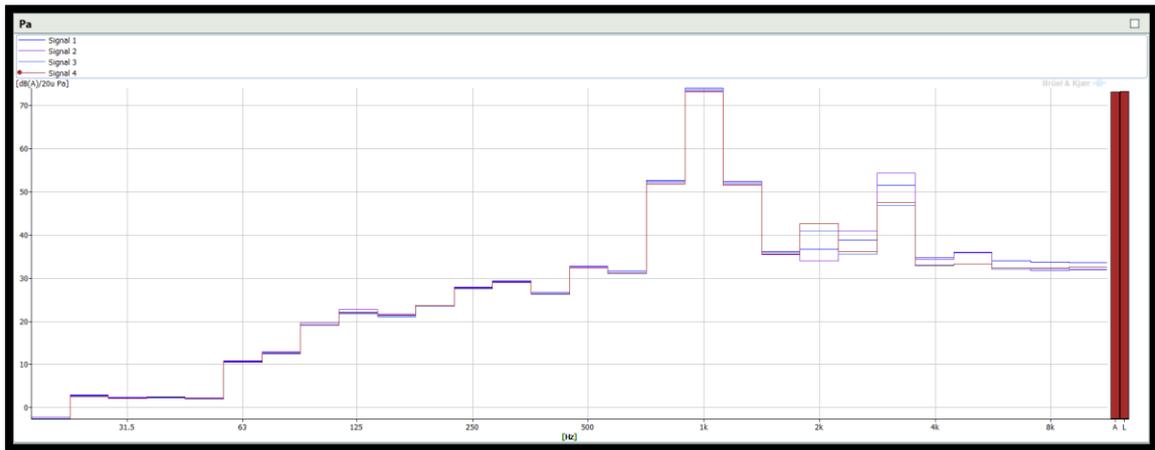


Figura 72: Resultado de la prueba en bandas de tercio de octava en dBA.

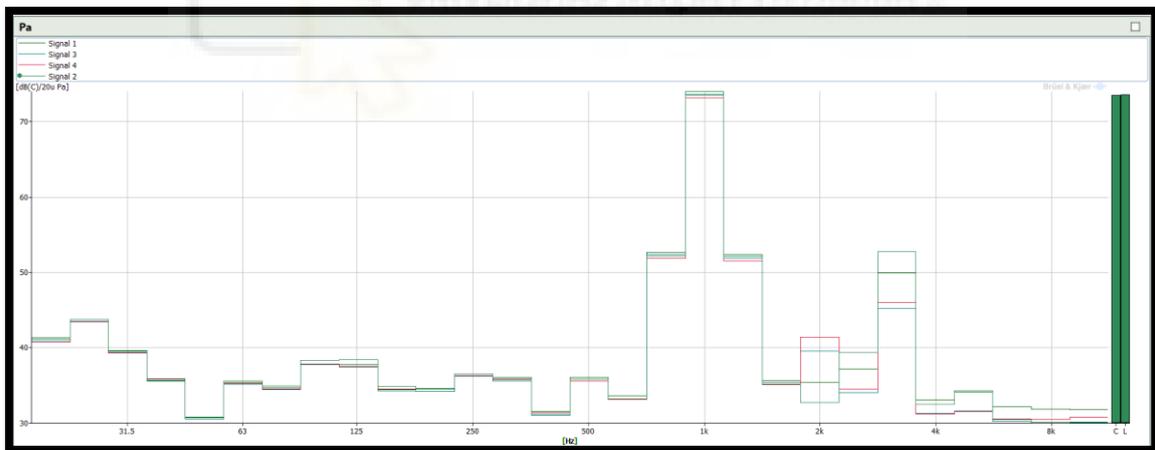


Figura 73: Resultado de la prueba en bandas de tercio de octava en dBC.

Se pueden obtener los resultados de tal forma que se presenten de la misma forma que un sonómetro, dando los valores en ponderación A [8] la cual es una muestra del nivel sonoro adaptado a respuestas humanas para distintos tipos de fuentes de ruido y la ponderación C [8] tiene una respuesta uniforme más uniforme y en caso de que no se puedan hacer medidas “planas o lineales” nos sirve como medición “global” o de banda ancha.

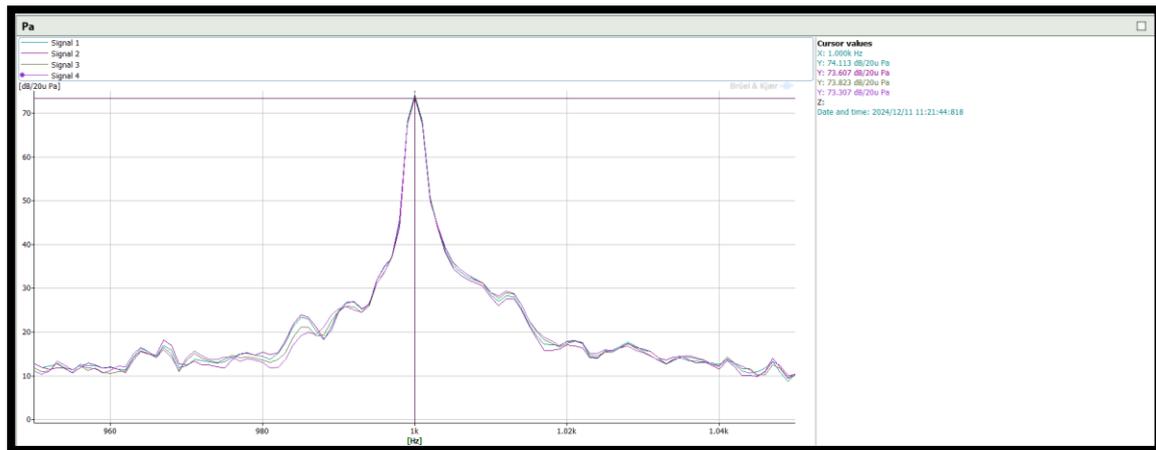


Figura 74: Resultado de la prueba en FFT.

Se puede observar cómo las cuatro señales miden su máximo en la frecuencia de 1000 Hz, esto nos confirmó que el material estaba listo para ser usado.

Una vez se tuvo todo el equipo preparado se colocó todo el equipo necesario dentro de la sala acústica siguiendo los montajes descritos anteriormente.

En cuanto a la colocación de la fuente sonora y los micrófonos se decidió colocar la fuente sonora en el centro de la sala acústica y los 4 micrófonos se colocaron en posiciones con condiciones distintas, como pueden ser una esquina, al lado de la puerta, en la pared más cercana y debajo de los difusores de aire. En la Figura 75 se pueden apreciar mejor los lugares descritos.

Con esto se trata de comprobar que independientemente de la zona en la que se encuentren los micrófonos dentro de la sala acústica pese a que haya zonas singulares las medidas realizadas no presenten ningún pico fuera de lo normal.



Figura 75: Trípodes preparados en la sala acústica.



Figura 76: La fuente con los micrófonos.

Antes de empezar se calibraron todos los micrófonos y el sonómetro, una vez se comprobó que todo estaba bien se inició el proceso de medida.

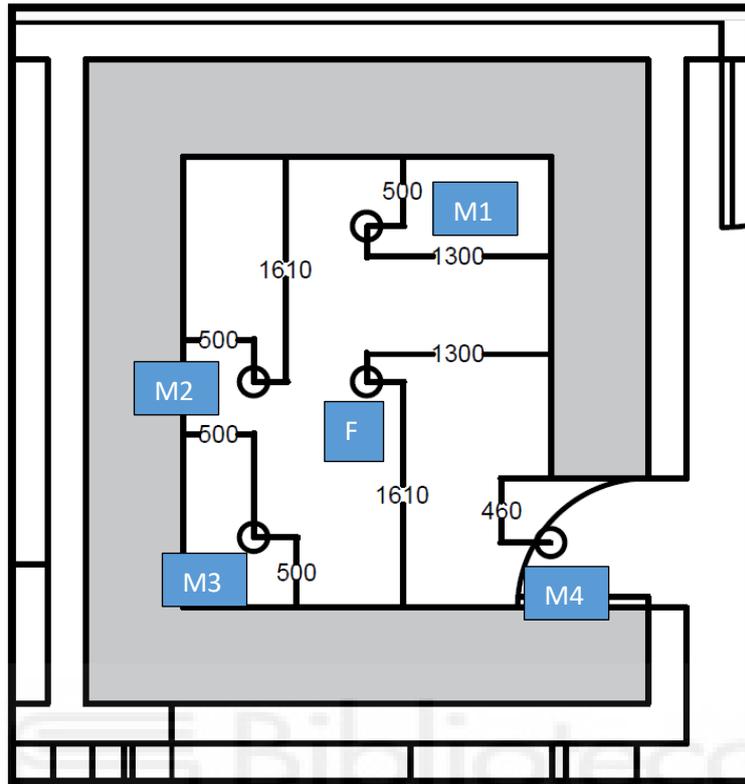


Figura 77: Posiciones de los micrófonos normales y la fuente sonora para realizar las mediciones.

Para las mediciones se siguió el siguiente proceso, se realizaron medidas de unos 10 segundos, se reprodujo ruido rosa y un tono puro de 1000Hz, también se midió con la fuente sobre el suelo y sobre el trípode, finalmente para comprobar las características que puedan tener las zonas que se eligieron para medir se cambiaron los micrófonos de posición. Esto debido a que en medidas de ensayo se quería descartar la posibilidad de que hubiesen diferencias entre los micrófonos. Esto nos ha dejado un total de 8 medidas por cada uno de los micrófonos, en el apartado 3.2. se muestran los resultados.

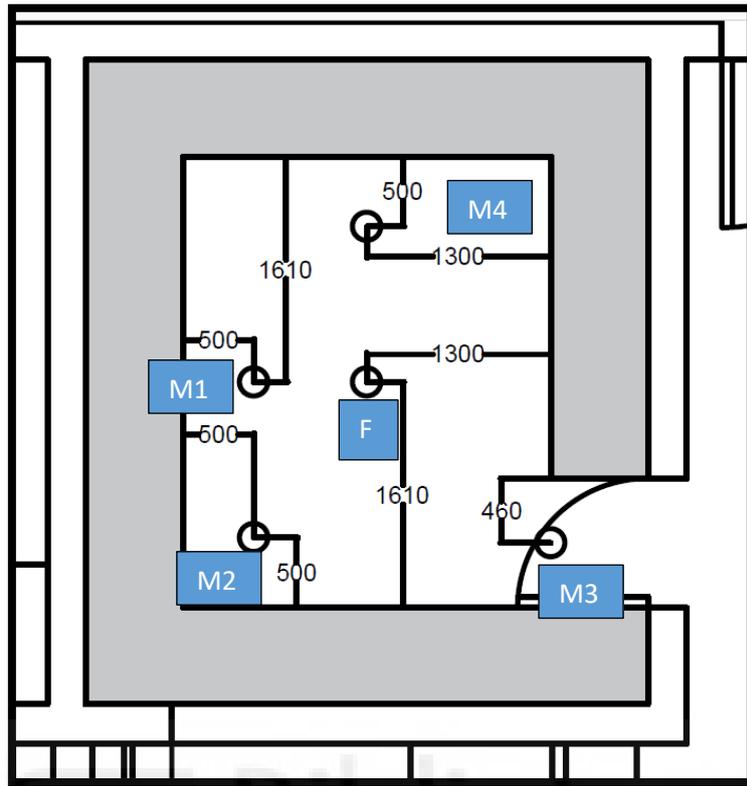


Figura 78: Posiciones de los micrófonos alternativos y la fuente sonora para realizar las mediciones.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo se comentan y analizan los resultados obtenidos en la sala acústica con los diferentes softwares.

3.1. RESULTADOS CARACTERIZACIÓN

Para analizar los resultados de la caracterización se ha seguido la norma UNE-EN ISO 717-1 [13] el objetivo de esta norma es normalizar un método por el cual la dependencia en frecuencia de los valores de aislamiento a ruido aéreo pueda convertirse en un solo número que caracterice el comportamiento acústico.

En el apartado 4.2 de la norma se proporciona una tabla con valores de referencia.

Frecuencia	Valores de referencia dB	
	Bandas de tercio de octava	Bandas de octava
100	33	36
125	36	
160	39	
200	42	45
250	45	
315	48	
400	51	52
500	52	
630	53	
800	54	55
1 000	55	
1 250	56	
1 600	56	56
2 000	56	
2 500	56	
3 150	56	

Tabla 21: Valores de referencia [13].

Según el apartado 4.4 de la norma se indica lo siguiente “Para valorar los resultados de una medición del aislamiento acústico en bandas de un tercio de octava (o en bandas de octava), los datos de la misma se deben expresar con una cifra decimal). Se desplaza la curva de referencia de interés en incrementos de 1 dB (0,1 dB para la expresión de la incertidumbre) hacia la curva de medida hasta que la suma de las desviaciones desfavorables sea lo mayor posible, pero no mayor a 32,0 dB (medición en 16 bandas de

un tercio de octava), o a 10,0 dB (medición en 5 bandas de octava).” También se nos proporciona la siguiente tabla.

Frecuencia	Niveles sonoros, L_{ij} dB			
	Espectro nº1 para calcular C		Espectro nº 2 para calcular C_{tr}	
	Tercio de octava	Octava	Tercio de octava	Octava
100	-29		-20	
125	-26	-21	-20	-14
160	-23		-18	
200	-21		-16	
250	-19	-14	-15	-10
315	-17		-14	
400	-15		-13	
500	-13	-8	-12	-7
630	-12		-11	
800	-11		-9	
1 000	-10	-5	-8	-4
1 250	-9		-9	
1 600	-9		-10	
2 000	-9	-4	-11	-6
2 500	-9		-13	
3 150	-9		-15	

NOTA Todos los niveles están ponderados A y el nivel global de espectro normalizado a 0 dB.

Tabla 22: Espectros de nivel sonoro para calcular los términos de adaptación [13].

Finalmente se comenta “Se produce una desviación desfavorable en una determinada frecuencia cuando el resultado de las mediciones es inferior al valor de referencia. Solo deben considerarse las desviaciones desfavorables.

El valor, en decibelios (o 1/10 dB para la expresión de la incertidumbre), de la curva de referencia a 500 Hz, después del desplazamiento, de acuerdo con este procedimiento es el valor de R_w , R'_w , $D_{n,w}$, o $D_{nT,w}$ etc., (véanse las tablas 21 y 22).

Se deben utilizar solo los valores de referencia en bandas de octava para la comparación con los resultados de mediciones *in situ* en bandas de octava.”

El apartado 4.5 de la norma nos indica lo siguiente:

“Los términos de adaptación espectral, C_j , en decibelios, deben calcularse con los espectros sonoros dados en el apartado 4.3, mediante la fórmula siguiente:

$$C_j = X_{Aj} - X_w$$

Donde:

- j es el subíndice de los espectros sonoros N° 1 y N° 2;
- X_w es el valor de la magnitud global calculado de acuerdo con el apartado 4.4 a partir de los valores de R , R' , D_n o D_{nT} ;
- X_{Aj} se calcula a partir de

$$X_{Aj} = -10 \cdot \log \left(\sum 10^{(L_{i,j} - X_i)/10} \right) \text{ dB}$$

Donde:

- i es el índice para las bandas de tercio de octava de 100 Hz a 3 150 Hz, o para las bandas de octava de 125 Hz a 2 000 Hz;
- L_{ij} son los niveles a la frecuencia, i , para el espectro, j , tal como se indican en el apartado 4.3;
- X_i es el índice de reducción sonora, R_i , o el índice de reducción sonora aparente, R'_i , o la diferencia normalizada de nivel sonoro, $D_{n,i}$, o la diferencia estandarizada de nivel sonoro, $D_{nT,i}$, a la frecuencia de medición i , expresado con una cifra decimal.

Se calcula la magnitud, X_{Aj} , con suficiente precisión y se redondea el resultado a un valor entero (a un dígito decimal para la expresión de la incertidumbre)²). El término de adaptación espectral resultante es un valor entero por definición y se debe identificar de acuerdo con el espectro utilizado, como sigue:

- C cuando se calcule con el espectro n° 1 (ruido rosa ponderado A);
- Ctr cuando se calcule con el espectro n° 2 (ruido de tráfico urbano ponderado A).

En este caso el dato que utilizaremos los siguientes valores para mostrar los resultados “ D_w ”, “ D_{nw} ”, “ D_{nTw} ” y “ R_w ”. Para ello tendremos que calcular los valores para cada frecuencia, con estos valores podremos seguir la norma hasta obtener nuestro resultado final.

$$D = L_1 - L_2$$

Donde:

- L₁ Es el nivel de presión acústica promediado energéticamente en el recinto emisor cuando su volumen es mayor o igual a 25 m³ o el nivel de presión acústica de baja frecuencia promediado energéticamente (solo bandas de 50 Hz, 63 Hz y 80 Hz) en el recinto emisor cuando su volumen es menor a 25 m³.
- L₂ Es el nivel de presión acústica promediado energéticamente en el recinto receptor cuando su volumen es mayor o igual a 25 m³ o el nivel de presión acústica de baja frecuencia promediado energéticamente (solo bandas de 50 Hz, 63 Hz y 80 Hz) en el recinto emisor cuando su volumen es menor a 25 m³.

$$D_n = D - \log\left(\frac{A}{A_0}\right)$$

Donde:

- D Diferencia en los niveles de presión acústica promediados energéticamente entre los recintos emisor y receptor, con uno o más altavoces en el recinto emisor.
- A Es el área de absorción equivalente del recinto receptor, en metros cuadrados.
- A₀ Es el área de absorción equivalente de referencia, A₀=10 m²

$$D_{nT} = D + \log\left(\frac{T}{T_0}\right)$$

Donde:

- D Diferencia en los niveles de presión acústica promediados energéticamente entre los recintos emisor y receptor, con uno o más altavoces en el recinto emisor.
- T es el tiempo de reverberación en el recinto receptor;
- T₀ Es el área de absorción equivalente de referencia, A₀=10 m²

$$R = D + 10 \cdot \log_{10}\left(\frac{S}{A}\right)$$

Donde:

D Diferencia en los niveles de presión acústica promediados energéticamente entre los recintos emisor y receptor, con uno o más altavoces en el recinto emisor.

S Es el área de la separación común, en metros cuadrados.

A Es el área de absorción equivalente del recinto receptor, en metros cuadrados.

”

En el apartado 2.3. se muestra en tablas todos los datos necesarios salvo los que dependen de cuestiones geométricas que se proporcionarán a continuación.

-Pasillo

$$S = 11,5 \text{ m}^2$$

-Laboratorio

$$S = 9,55 \text{ m}^2$$

-Almacén

$$S = 11,5 \text{ m}^2$$

-Pasillo arriba

$$S = 0 \text{ m}^2$$

-Habitación arriba

$$S = 13,134 \text{ m}^2$$

-Exterior

$$S = 9,55 \text{ m}^2$$

Finalmente, los valores únicos de aislamiento que se han obtenido son los siguientes:

- Pasillo

D_w	32 (-1;-2)
Dn_w	33 (-1;-2)
DnT_w	31 (-1;-2)
R_w	34 (-1;-3)

Tabla 23: Valores únicos de aislamiento, para el pasillo.

- Laboratorio

D_w	40 (-1;-2)
Dn_w	26 (-1;-2)
DnT_w	43 (-1;-2)
R_w	26 (-1;-2)

Tabla 24: Valores únicos de aislamiento, para el laboratorio.

Como se ha comentado en la presentación de la zona del laboratorio, este tiene un volumen muy grande, además de que a partir de cierta altura se vuelve un espacio aún más abierto por lo que los valores de Dn_w y DnT_w no se tendrán en cuenta en este caso ya que depende directamente del volumen.

- Almacén

D_w	52 (-3;-7)
Dn_w	48 (-2;-6)
DnT_w	52 (-2;-7)
R_w	49 (-2;-6)

Tabla 25: Valores únicos de aislamiento, para el almacén.

- Pasillo de arriba

D_w	55 (-1;-3)
Dn_w	62 (-1;-3)
DnT_w	60 (-2;-4)

Tabla 26: Valores únicos de aislamiento, para el pasillo de arriba.

Puesto el área de separación común entre el pasillo de arriba y la sala acústica es de 0 m^2 no se ha calculado R_w , ya que este valor depende de la separación común.

- Aula de arriba

D_w	61 (-1;-2)
Dn_w	61 (-1;-2)
DnT_w	65 (-1;-2)
R_w	62 (-1;-2)

Tabla 27: Valores únicos de aislamiento, para el aula de arriba.

- Exterior

D_w	57 (-2;-7)
Dn_w	49 (-1;-5)
DnT_w	50 (-2;-6)
R_w	48 (-2;-6)
$R45^e_w$	47 (-2;-6)

Tabla 28: Valores únicos de aislamiento, para el exterior.



3.2. RESULTADOS PRUEBA DENTRO DE LA SALA ACÚSTICA

En este apartado se muestran los resultados obtenidos de la comparación de mediciones entre los micrófonos y el sonómetro, el objetivo de esta parte es comparar los valores obtenidos con los micrófonos con los del sonómetro y comprobar que se obtienen diferencias del orden de 1 dBA llegando a poder aceptar diferencias de 2 dBA, pero de ser posible se deberían evitar.

Para entender las siguientes tablas se van a explicar el significado de los nombres que aparecen.

-R.R.: Esto indica que el ensayo se realizó con ruido rosa.

-1000Hz: Esto indica que el ensayo se realizó con un tono puro de 1000 Hz.

-F.S.: Esto indica que el ensayo se realizó con la fuente sonora apoyada en el suelo.

-F.T.: Esto indica que el ensayo se realizó con la fuente sonora apoyada en el trípode.

-P.N.: Esto indica que el ensayo se realizó con la posición normal de los micrófonos
Figura 77.

-P.A.: Esto indica que el ensayo se realizó con la posición alternativa de los micrófonos
Figura 78.

Dentro de la sala acústica se colocaron 4 micrófonos situados a 1,5 m sobre la superficie reflectante y conectados al sistema de adquisición de datos según la disposición descrita en el apartado 2.3.2.

Se puede observar el siguiente comportamiento del sonido dentro de la sala acústica:

-Para la fuente sonora en el suelo reproduciendo ruido rosa

- Posición Normal

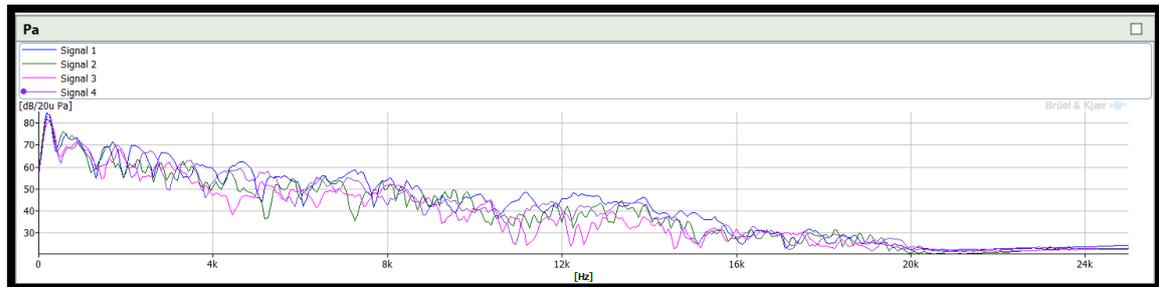


Figura 79: Comportamiento del sonido dentro de la sala acústica, para F.S. R.R. P.N.

- Posición Alternativa

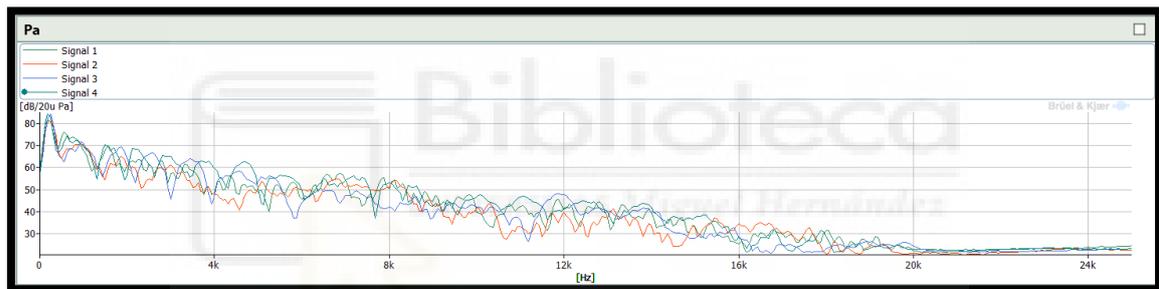


Figura 80: Comportamiento del sonido dentro de la sala acústica, para F.S. R.R. P.A.

-Para la fuente sonora en el suelo reproduciendo 1000Hz

- Posición Normal

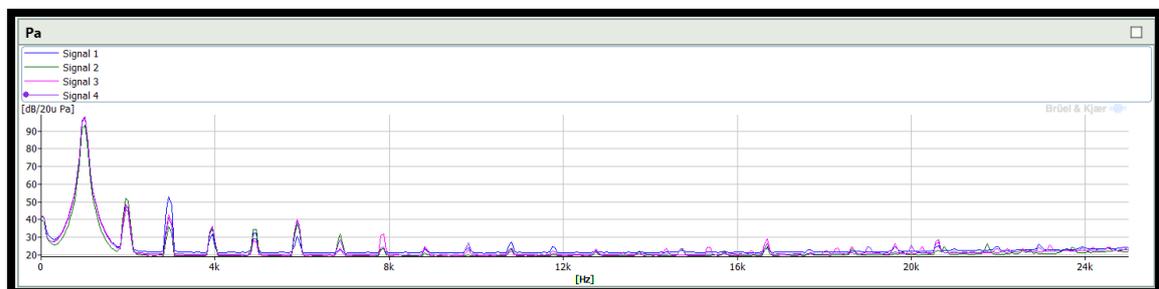


Figura 81: Comportamiento del sonido dentro de la sala acústica, para F.S. 1000 Hz P.N.

- Posición Alternativa

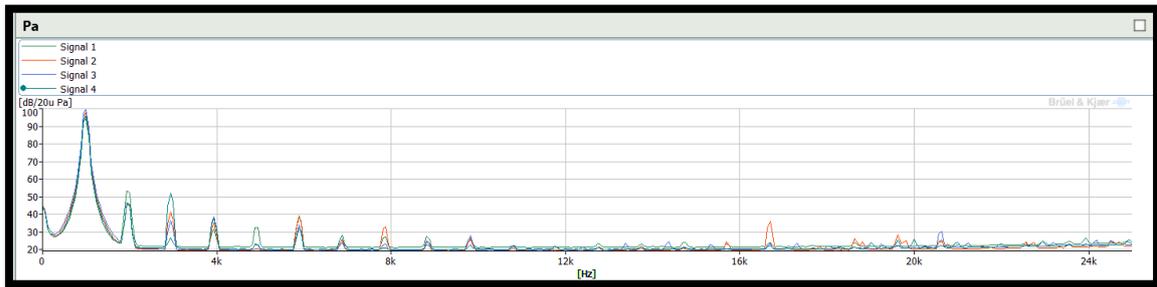


Figura 82: Comportamiento del sonido dentro de la sala acústica, para F.S. 1000 Hz P.A.

-Para la fuente sonora en el trípode reproduciendo ruido rosa

- Posición Normal

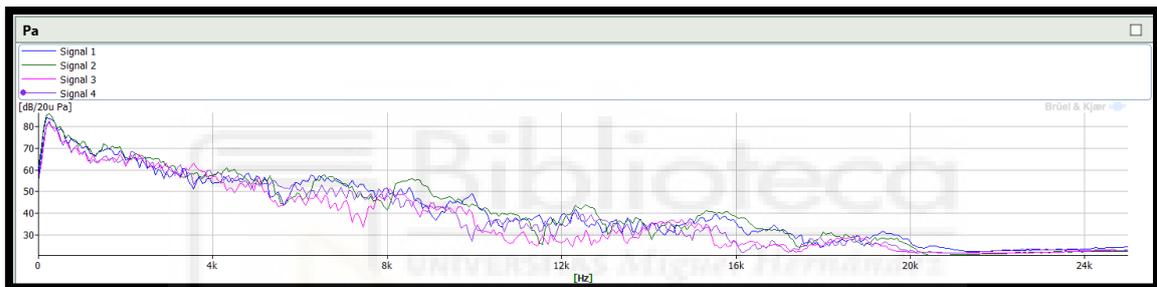


Figura 83: Comportamiento del sonido dentro de la sala acústica, para F.T. R.R. P.N.

- Posición Alternativa

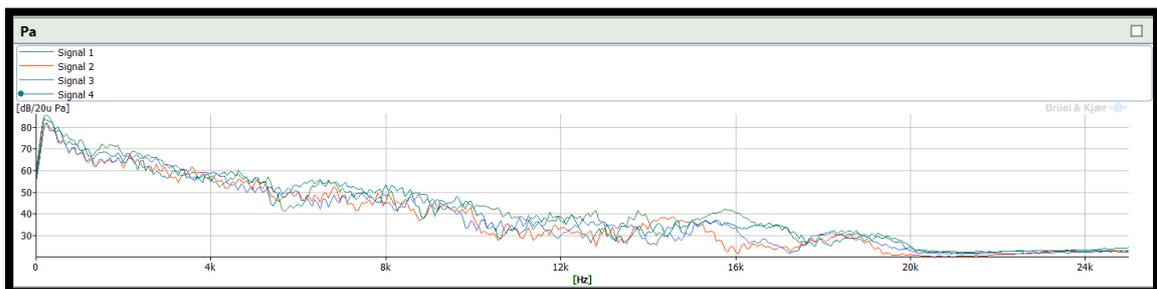


Figura 84: Comportamiento del sonido dentro de la sala acústica, para F.T. R.R. P.A.

-Para la fuente sonora en el trípode reproduciendo 1000Hz

- Posición Normal

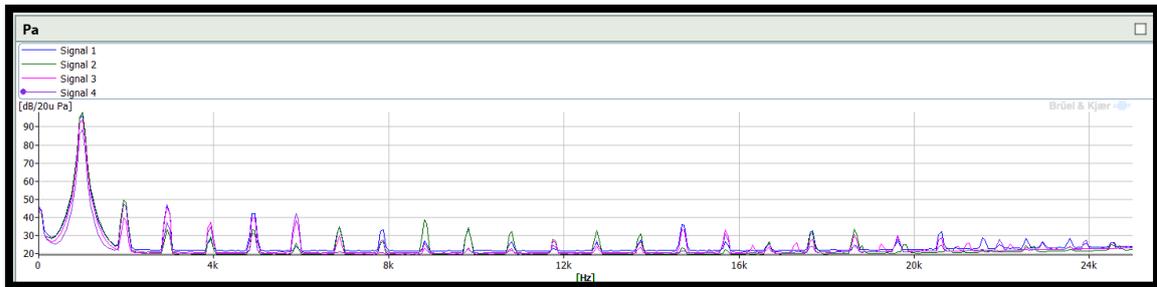


Figura 85: Comportamiento del sonido dentro de la sala acústica, para F.T. 1000 Hz P.N.

- Posición Alternativa

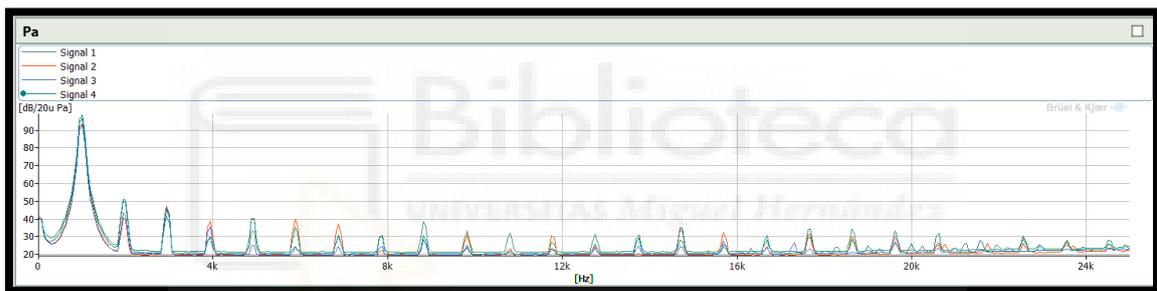


Figura 86: Comportamiento del sonido dentro de la sala acústica, para F.T. 1000 Hz P.A.

Analizando la premisa de tener varias posiciones se observa que independientemente de donde coloquemos los micrófonos los resultados no variarán debido al cambio, ya que los picos que se observan en las figuras anteriores ocurren en las mismas frecuencias, aunque los decibelios sean diferentes por razones que se explican más adelante.

Lo que se pretendía era comprobar el comportamiento en diferentes zonas y verificar que alguna zona no tuviese un comportamiento anormal, siendo este un comportamiento completamente diferente al resto de micrófonos.

En esas mismas posiciones también se midió con el sonómetro lo que ha dejado la siguiente información:

	Medidas micrófonos L_{eq} (dBA)	Medidas sonómetro L_{eq} (dBA)	Diferencia (dBA)
R.R. F.S. P.N. 1	84,4	85,1	0,7
R.R. F.S. P.N. 2	82,6	83,6	1
R.R. F.S. P.N. 3	81,4	82,2	0,8
R.R. F.S. P.N. 4	82,8	83,0	0,2
R.R. F.S. P.A. 1	83,8	85,1	1,3
R.R. F.S. P.A. 2	82,8	83,6	0,8
R.R. F.S. P.A. 3	80,8	82,2	1,4
R.R. F.S. P.A. 4	82,7	83,0	0,3
R.R. F.T. P.N. 1	85,5	88,3	2,8
R.R. F.T. P.N. 2	86,8	90,2	3,4
R.R. F.T. P.N. 3	83,2	84,3	1,1
R.R. F.T. P.N. 4	83,4	85,8	2,4
R.R. F.T. P.A. 1	85,2	88,3	3,1
R.R. F.T. P.A. 2	87,4	90,2	2,8
R.R. F.T. P.A. 3	83,0	84,3	1,3
R.R. F.T. P.A. 4	83,7	85,8	2,1
1000Hz F.S. P.N. 1	98,2	98,4	0,2
1000Hz F.S. P.N. 2	93,8	95,8	2
1000Hz F.S. P.N. 3	98,6	98,0	0,6
1000Hz F.S. P.N. 4	97,6	98,2	0,6
1000Hz F.S. P.A. 1	96,7	98,4	1,7
1000Hz F.S. P.A. 2	95,0	95,8	0,8
1000Hz F.S. P.A. 3	98,2	98,0	0,2
1000Hz F.S. P.A. 4	100,1	98,2	1,9
1000Hz F.T. P.N. 1	98,2	101,6	3,4
1000Hz F.T. P.N. 2	93,8	103,9	10,1
1000Hz F.T. P.N. 3	98,6	98,4	0,2
1000Hz F.T. P.N. 4	97,6	94,6	3
1000Hz F.T. P.A. 1	97,1	101,6	4,5
1000Hz F.T. P.A. 2	98,8	103,9	5,1
1000Hz F.T. P.A. 3	94,3	98,4	4,1
1000Hz F.T. P.A. 4	93,1	94,6	1,5

Tabla 29: Comparación de los L_{eq} entre los micrófonos y el sonómetro.

Los resultados que se obtuvieron en su mayoría presentan diferencias aceptables dentro del orden que se busca, pero para las mediciones con la fuente sonora en el trípode hay diferencias que superan los 2 dBA llegando a un caso donde la diferencia es de 10,1 dBA,

por lo que se decidió volver a hacer las mediciones, pero con un nivel sonoro menor ya que una de las posibles causas podría ser que los micrófonos llegasen a saturar.

Para las nuevas mediciones no se volvió a hacer lo de cambiar las posiciones ya que ha quedado claro que no hay diferencias notorias por utilizar diferentes micrófonos.

	Medidas micrófonos (dBA)	Medidas sonómetro (dBA)	Diferencia (dBA)
R.R. F.S. 1	72,6	74,1	1,5
R.R. F.S. 2	71,5	73,4	1,9
R.R. F.S. 3	71,4	73,1	1,7
R.R. F.S. 4	70,8	71,6	0,8
R.R. F.T. 1	75,4	77,4	2
R.R. F.T. 2	76,1	78,0	1,9
R.R. F.T. 3	74,2	72,6	1,6
R.R. F.T. 4	72,6	72,6	0
1000Hz F.S. 1	88,0	89,7	1,7
1000Hz F.S. 2	84,7	87,3	2,6
1000Hz F.S. 3	86,2	88,5	2,3
1000Hz F.S. 4	87,8	88,0	0,2
1000Hz F.T. 1	83,6	88,7	5,1
1000Hz F.T. 2	84,2	89,6	5,4
1000Hz F.T. 3	82,5	80,3	2,2
1000Hz F.T. 4	78,3	88,8	10,5

Tabla 30: Comparación de los L_{eq} entre los micrófonos y el sonómetro, considerando que pudiese saturar.

Viendo que aparecen desviaciones superiores al orden que se busca en medidas puntuales y que no se corresponden con un micrófono en concreto se trató de buscar soluciones al problema, las teorías que surgieron fueron las siguientes.

Puesto que el sonómetro cuenta con una envergadura mayor que los micrófonos cuando se media en exactamente la misma posición con micrófonos y sonómetro, la membrana del micrófono del sonómetro estaba más adelantada que las membranas de los micrófonos por lo que una de las correcciones aplicadas a las siguientes medidas fue retrasar la posición de la membrana del sonómetro para que estuviese en la misma posición que la membrana de los micrófonos.

La otra teoría es que la fuente omnidireccional no es un emisor omnidireccional perfecto, por lo que si entre medidas se ha movido la fuente los altavoces podrían estar apuntando a diferentes lugares dependiendo de la medida, por lo que ahora se decidió medir teniendo

esto en consideración y para evitar que algunos altavoces no funcionasen correctamente se midió rotando la fuente 90° tras cada medida.

Tras todas estas consideraciones se volvió a medir dentro de la sala acústica, esta vez con la fuente sobre el trípode y rotando esta 90°, se realizaron 3 medidas por cada ángulo, se reprodujo ruido rosa y tono puro de 1000 Hz.

Se obtuvieron los siguientes valores.

	Media (dBA)	Medidas sonómetro (dBA)	Diferencia media(dBA)
RR 0º 1	75,0	74,7	0,3
RR 0º 2	75,9	75,9	0,0
RR 0º 3	76,0	73,9	2,1
RR 0º 4	73,8	71,7	2,1
RR 90º 1	75,0	74,6	0,4
RR 90º 2	76,2	76,7	0,5
RR 90º 3	75,4	72,6	2,8
RR 90º 4	72,9	72,5	0,4
RR 180º 1	75,0	74,7	0,3
RR 180º 2	77,5	78,3	0,8
RR 180º 3	76,4	71,9	4,5
RR 180º 4	73,2	73,5	0,3
RR 270º 1	76,1	76,8	0,7
RR 270º 2	76,5	76,5	0,0
RR 270º 3	75,4	72,0	3,4
RR 270º 4	72,7	72,0	0,7
1000 0º 1	86,9	88,7	1,8
1000 0º 2	89,1	88,6	0,5
1000 0º 3	88,1	84,6	3,5
1000 0º 4	84,1	80,8	3,3
1000 90º 1	87,7	89,7	2,0
1000 90º 2	88,3	88,2	0,1
1000 90º 3	87,3	81,2	6,1
1000 90º 4	83,8	77,4	6,4
1000 180º 1	86,8	83,8	3,0
1000 180º 2	89,1	88,8	0,3
1000 180º 3	88,2	84,5	3,7
1000 180º 4	84,1	79,8	4,3
1000 270º 1	87,9	89,1	1,2
1000 270º 2	88,7	90,2	1,5
1000 270º 3	87,3	82,7	4,6
1000 270º 4	83,7	82,9	0,8

Tabla 31: Comparación de los L_{eq} entre los micrófonos y el sonómetro, considerando la corrección de la distancia del micrófono del sonómetro y la rotación de la fuente.

Ruido Rosa 1	Medidas micrófonos (dBA)	Medidas sonómetro (dBA)
0º	75,0	74,7
90º	75,0	74,6
180º	75,0	74,7
270º	76,1	76,8
Máxima diferencia	1,1	2,2

Tabla 32: Máxima diferencia de dBA debido al giro de la fuente de ruido, para la posición 1 reproduciendo R.R.

Ruido Rosa 2	Medidas micrófonos (dBA)	Medidas sonómetro (dBA)
0º	75,9	75,9
90º	76,2	76,7
180º	77,5	78,3
270º	76,5	76,5
Máxima diferencia	1,7	2,4

Tabla 33: Máxima diferencia de dBA debido al giro de la fuente de ruido, para la posición 2 reproduciendo R.R.

Ruido Rosa 3	Medidas micrófonos (dBA)	Medidas sonómetro (dBA)
0º	76,0	73,9
90º	75,4	72,6
180º	76,4	71,9
270º	75,4	72
Máxima diferencia	1	2

Tabla 34: Máxima diferencia de dBA debido al giro de la fuente de ruido, para la posición 3 reproduciendo R.R.

Ruido Rosa 4	Medidas micrófonos (dBA)	Medidas sonómetro (dBA)
0º	73,8	71,7
90º	72,9	72,5
180º	73,2	73,5
270º	72,7	72
Máxima diferencia	1	1,8

Tabla 35: Máxima diferencia de dBA debido al giro de la fuente de ruido, para la posición 4 reproduciendo R.R.

1000 Hz 1	Medidas micrófonos (dBA)	Medidas sonómetro (dBA)
0°	86,9	88,7
90°	87,7	89,7
180°	86,8	83,8
270°	87,9	89,1
Máxima diferencia	1,1	5,9

Tabla 36: Máxima diferencia de dBA debido al giro de la fuente de ruido, para la posición 1 reproduciendo 1000 Hz.

1000 Hz 2	Medidas micrófonos (dBA)	Medidas sonómetro (dBA)
0°	89,1	88,6
90°	88,3	88,2
180°	89,1	88,8
270°	88,7	90,2
Máxima diferencia	0,8	2

Tabla 37: Máxima diferencia de dBA debido al giro de la fuente de ruido, para la posición 2 reproduciendo 1000 Hz.

1000 Hz 3	Medidas micrófonos (dBA)	Medidas sonómetro (dBA)
0°	88,1	84,6
90°	87,3	81,2
180°	88,2	84,5
270°	87,3	82,7
Máxima diferencia	0,9	3,4

Tabla 38: Máxima diferencia de dBA debido al giro de la fuente de ruido, para la posición 3 reproduciendo 1000 Hz.

1000 Hz 4	Medidas micrófonos (dBA)	Medidas sonómetro (dBA)
0°	84,1	80,8
90°	83,8	77,4
180°	84,1	79,8
270°	83,7	82,9
Máxima diferencia	0,5	5,5

Tabla 39: Máxima diferencia de dBA debido al giro de la fuente de ruido, para la posición 4 reproduciendo 1000 Hz.

Viendo que los resultados no eran los esperados y que la influencia de girar la fuente sonora no es tan grande como las desviaciones que se habían tenido antes en las Tablas 29 y 30 el problema debía provenir de otra parte.

Durante las mediciones hubo problemas con alguno de los cables, por lo que se teorizó sobre la posibilidad de que este pudiese ser el problema por lo que se repitieron exactamente las mismas medidas, pero con otros cables, esto debido a que el cable que

dio problemas fue sustituido por uno más nuevo y el micrófono 2 que fue el que estaba conectado a este fue el que proporcionó unos resultados de una diferencia del orden de 1 dBA en la Tabla 31.

Los resultados obtenidos son los siguientes.

	Media (dBA)	Medidas sonómetro (dBA)	Diferencia media(dBA)
RR 0º 1	74,7	74,7	0,0
RR 0º 2	75,8	75,9	0,1
RR 0º 3	74,0	73,9	0,1
RR 0º 4	71,6	71,7	0,1
RR 90º 1	74,7	74,6	0,1
RR 90º 2	76,7	76,7	0,0
RR 90º 3	72,2	72,6	0,4
RR 90º 4	71,8	72,5	0,7
RR 180º 1	74,9	74,7	0,2
RR 180º 2	78,4	78,3	0,1
RR 180º 3	71,9	71,9	0,0
RR 180º 4	72,3	73,5	1,2
RR 270º 1	76,5	76,8	0,3
RR 270º 2	76,6	76,5	0,1
RR 270º 3	71,7	72,0	0,3
RR 270º 4	72,0	72,0	0,0
1000 0º 1	89,6	88,7	0,9
1000 0º 2	89,8	88,6	1,2
1000 0º 3	83,8	84,6	0,8
1000 0º 4	78,4	80,8	2,4
1000 90º 1	89,8	89,7	0,1
1000 90º 2	89,0	88,2	0,8
1000 90º 3	82,7	81,2	1,5
1000 90º 4	77,4	77,4	0,0
1000 180º 1	89,4	83,8	5,6
1000 180º 2	90,2	88,8	1,4
1000 180º 3	82,6	84,5	1,9
1000 180º 4	79,2	79,8	0,6
1000 270º 1	90,1	89,1	1,0
1000 270º 2	89,2	90,2	1,0
1000 270º 3	82,6	82,7	0,1
1000 270º 4	79,5	82,9	3,4

Tabla 40: Comparación de los L_{eq} entre los micrófonos y el sonómetro, considerando la corrección de los cables.

Ahora sí se han obtenido unos valores de diferencia dentro del orden salvo casos puntuales que pueden deberse a que los cables utilizados no estuviesen en buen estado.

3.3. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Viendo los resultados de la caracterización se puede observar que se han obtenido valores de aislamiento como mínimo del orden de 30 dBA que es un valor con el que se puede trabajar ya que los valores de ruido de fondo obtenidos se encuentran entorno a los 10-25 dBA. Los valores más bajos se han obtenido en zonas como en el pasillo y el laboratorio, pero esto puede deberse a que en la puerta de la sala acústica queda un pequeño hueco que en un futuro habría que cubrirlo, para así poder llegar a tener un aislamiento del orden de 50 dBA como en el resto de instancias.

En cuanto a esta parte se puede concluir que mientras no se arregle el supuesto problema de la puerta se podrán realizar mediciones dentro de la sala acústica, pero se tendrá que comprobar que el ruido exterior ya que en caso de que haya un ruido exterior superior a los 30 dBA podría llegar a influir en las medidas.

Para analizar el comportamiento del sonido dentro de las distintas posiciones dentro de la sala acústica se debe prestar atención a las FFT, donde hemos podido comprobar que los diferentes resultados van a depender de las posiciones, ya que cambiando las diferentes posiciones se ha comprobado que el cambio de micrófono no nos va afectar.

Para la parte de las mediciones dentro de la sala acústica comparando los valores que se han obtenido midiendo con los micrófonos y el sonómetro se observa en algunos casos que puede llegar a haber una diferencia de 10 dBA como es el caso de la medida para la fuente sonora en el trípode reproduciendo 1000Hz en la posición 2 con el micrófono M2 y algunos más que se salen de los resultados esperados, estos son casos puntual en el resto de las medidas tenemos para la fuente sonora en el suelo unas diferencias de 1 a 2 dBA y para la fuente sonora en el trípode la diferencia aumenta a 2 y 3 dBA.

Puesto que estos resultados no eran validos a través de las diferentes teorías se ha visto que influye la posición angular en la que se encuentre la fuente sonora, llegando a poder influir en torno a unos 6 dBA de diferencia.

También se ha constatado que es necesaria una combinación óptima de cables y micrófonos para obtener resultados como los que se han logrado en la Tabla 40, donde para el ruido rosa en el peor de los casos hay una desviación del orden de 1 dBA, en 1000 Hz esta medida ha presentado resultados dentro del orden de 1 dBA para los micrófonos 2 y 3, pero todavía queden otros micrófonos donde los resultados no están dentro del orden esperado, por lo que se estima que la sustitución de estos podría ser adecuada.

Esto ha dado lugar a que los micrófonos conectados al sistema de adquisición de datos proporcionaran valores con una diferencia del orden de 1dBA respecto a los del sonómetro, esto es de gran ayuda ya que una vez se monta todo el equipo se pueden hacer numerosas medidas con mucha facilidad y compararlas de forma rápida con BK Connect.





4. CONCLUSIÓN

En este capítulo se concluirá con la investigación sin olvidar que se preverán futuros trabajos que serán posibles gracias a lo realizado en el presente proyecto.

4.1. CONCLUSIONES DE LA INVESTIGACIÓN

Después de todo el trabajo en este TFG se ha obtenido una metodología de trabajo a seguir para realización de estudios acústicos en una sala acústica.

En esta metodología se incluye el procedimiento a seguir para conectar y hacer funcionar toda la instrumentación descrita a lo largo del TFG.

Queda explicado la puesta a punto de toda la instrumentación de medida y del sistema de adquisición de datos junto a su software para seguir una propuesta de forma de trabajo.

En cuanto a los estudios realizados se puede concluir que la caracterización ha dejado unos valores de aislamiento correctos ya que el ruido de fondo en el pasillo está en el orden de 25 dBA.

Puesto que los valores más bajos se encuentran en el pasillo se ha considerado que este puede ser el punto que más problemas dé. Algún día, debido a los usos que se les dan a los laboratorios colindantes el nivel de ruido de fondo podría aumentar, por lo que sería recomendable mejorar el aislamiento para de esta forma poder realizar mediciones sin tener que preocuparse de las actividades.

En el pasillo lo que puede estar fallando es la puerta, puesto que esta tiene un puente acústico debajo, por lo que se conecta directamente con el exterior sin ningún tipo de obstáculo.

Referente a la comparación de resultados entre lo obtenido mediante los micrófonos conectados al sistema de adquisición de datos y el sonómetro queda reflejado en el TFG, que después de mostrar todas las teorías que han ido surgiendo durante las mediciones solo queda concluir que a la hora de hacer uso de esta instrumentación hay que ser muy metódico ya que cualquier pequeño detalle puede influir en la medida.

A la hora de hacer medidas si se pretende conseguir repetibilidad se deberán respetar las mismas medidas con las que se trabajó en un primer momento además de la misma posición de la fuente sonora en cuanto a lugar geométrico y el giro de esta.

Otro de los factores a tener en cuenta es el estado de la instrumentación y sus cables para este aspecto se recomienda calibrar los micrófonos con diferentes cables para lograr el valor más próximo posible a los 93,7 dB.

Todo este TFG deja preparado un entorno acústico junto con la adecuación del equipo de ensayo necesario y las explicaciones pertinentes para seguir una metodología de trabajo adecuada, además de comprobar que esta es apta para estudios de precisión para poder acabar realizando mediciones sonoras en máquinas.

4.2. TRABAJOS FUTUROS

Una vez la sala acústica se haya quedado preparada podrá ser utilizada para realizar mediciones de cualquier fuente sonora que se desee siempre y cuando pueda entrar en el interior de la sala acústica, un ejemplo de esto es un neumático que se ha utilizado para simular el ruido de una banda de rodadura.

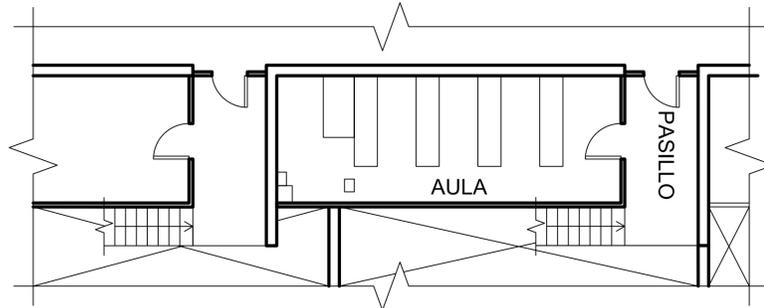
Y puesto que se ha explicado cómo se utiliza el software BK Connect podrá utilizarse el sistema de adquisición de datos para otros tipos de mediciones.

Otro de los trabajos futuros podría ser la mejora de pequeños defectos de la sala acústica, durante la realización de la caracterización se llegó a la teoría de que la puerta podía ser el problema, pues en un futuro se debería tratar de mejorar el problema ya sea colocando una franja de material aislante en la parte de abajo de la puerta o desde fuera bloquear la puerta con material aislante mientras se realizan mediciones en el interior.

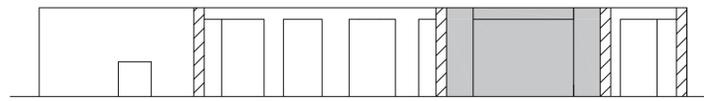
Un trabajo futuro necesario es hacer un estudio detallado donde se comprueben los micrófonos y los cables para que quede reflejado cuales proporcionan valores en el orden esperado, para poder realizar medidas fiables.

5. PLANOS

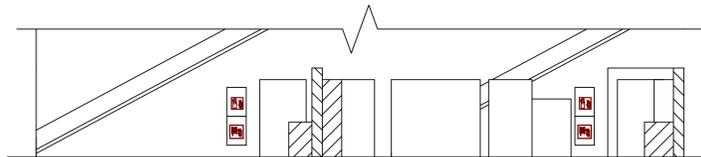




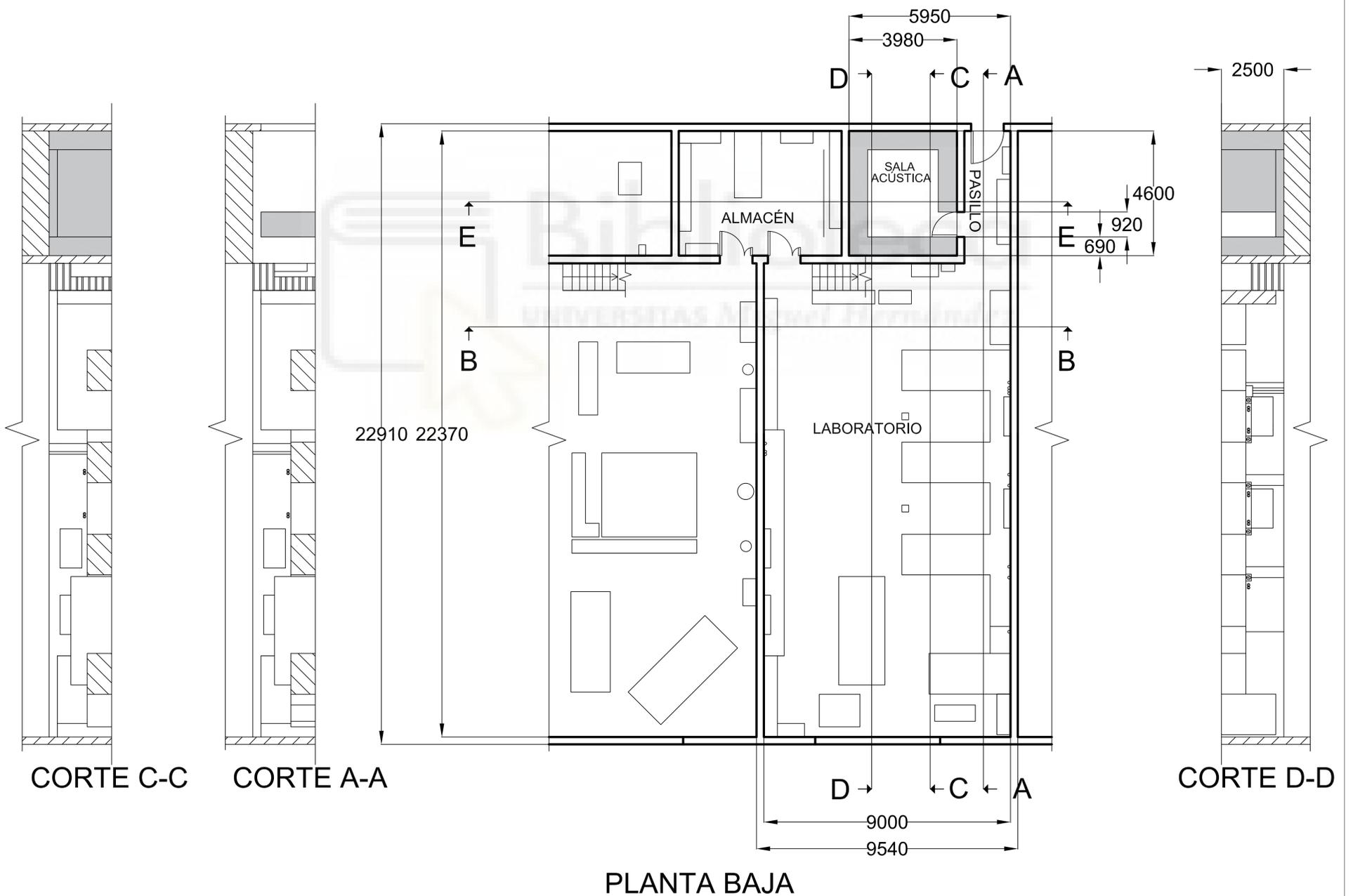
PLANTA SUPERIOR



CORTE E-E



CORTE B-B

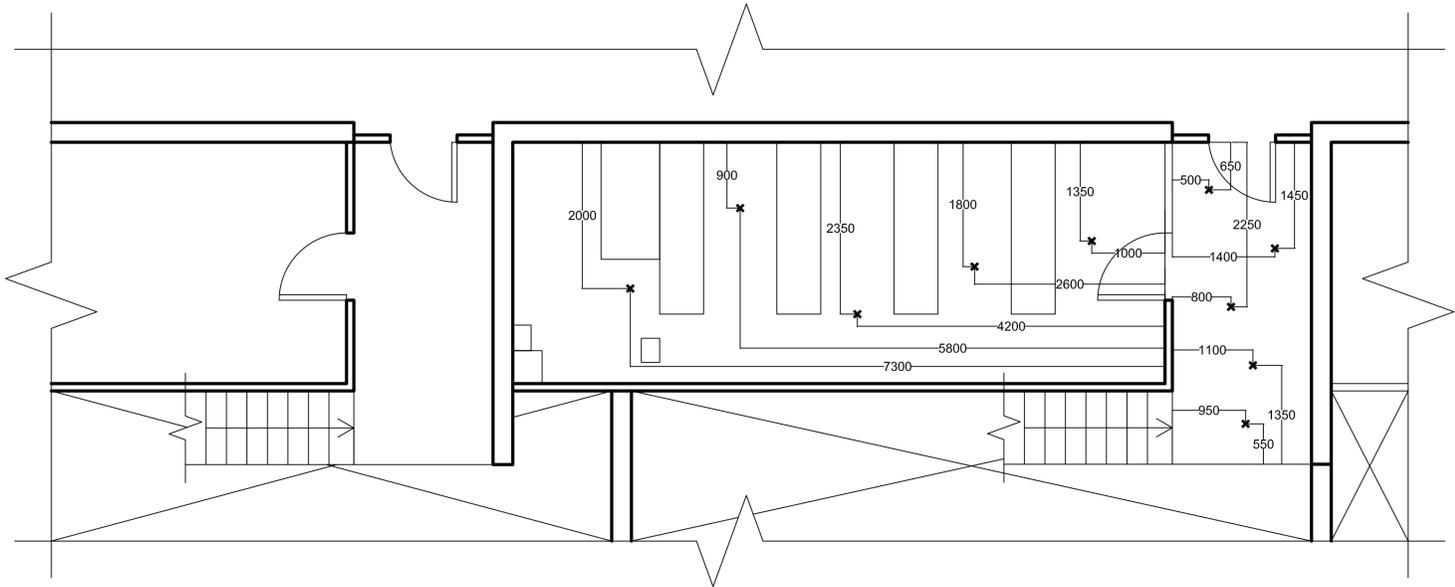


CORTE C-C

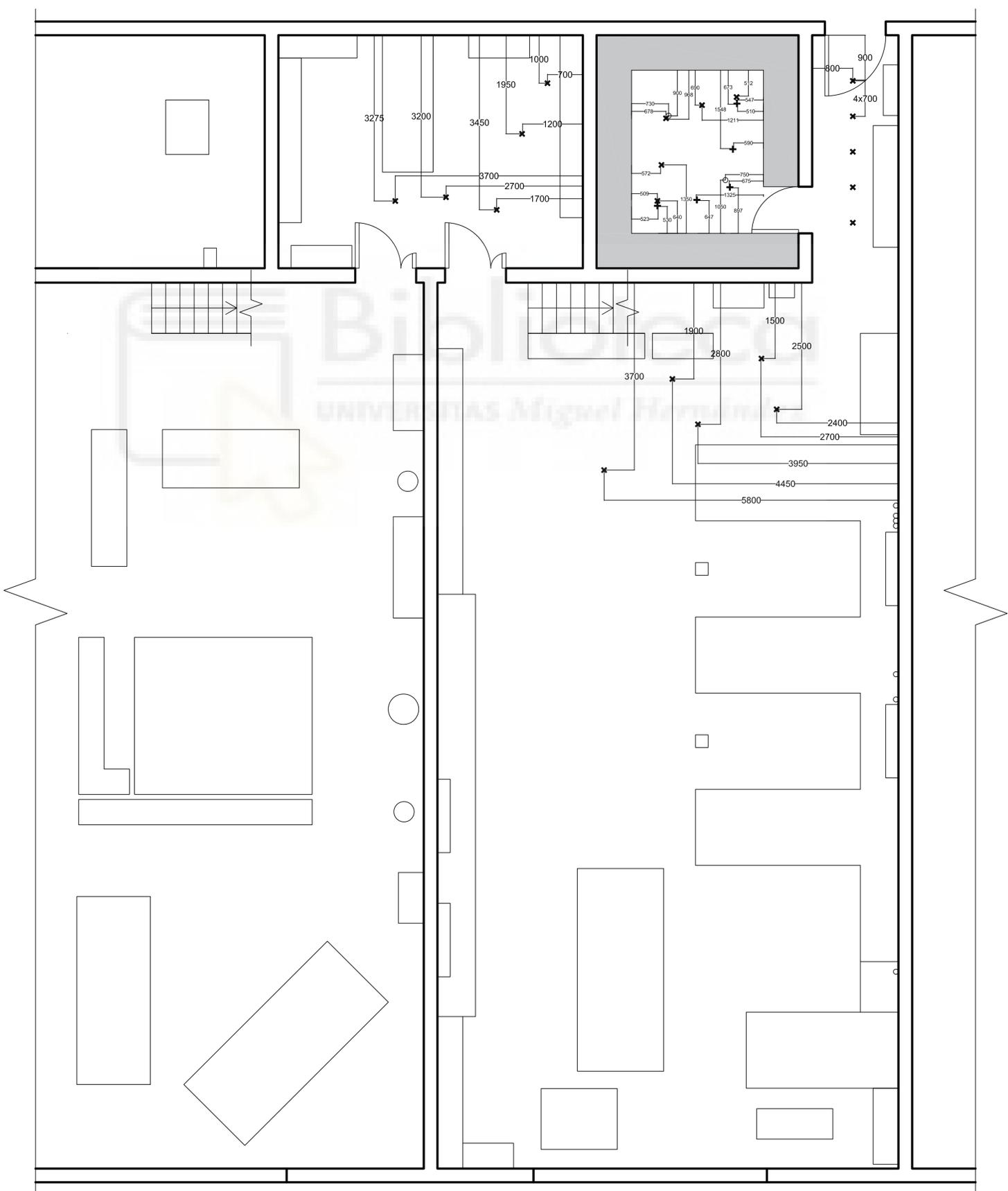
CORTE A-A

CORTE D-D

PLANTA BAJA



PLANTA SUPERIOR



PLANTA BAJA



6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] Iberdrola.com
- [2] Proyecto Adrián Rubio
- [3] TFG Jorge Martínez Rocamora
- [4] TFG Luis Cantos Siquier
- [5] A small-scale active anechoic chamber de Haasjes y Berkhoff (2024)
- [6] Synthesis of equivalent sources for tyre/road noise simulation and analysis of the vehicle influence on sound propagation de Luca Rapino, Francesco Ripamonti, Samanta Dallasta, Simone Baro, Roberto Corradi
- [7] BRÜEL & KJÆR® Data Acquisition Hardware
- [8] Manual de medidas acústicas y control de ruido de Cyril M. Harris
- [9] BRÜEL & KJÆR® Data Acquisition Software
- [10] Norma UNE-EN_ISO_3382-2=2008
- [11] Norma UNE-EN_ISO_16283-1=2015
- [12] Norma UNE-EN_ISO_16283-3=2016
- [13] Norma UNE-EN_ISO_717-1=2021



7. ANEXOS

7.1. CÁLCULOS DE LA NORMA

Estos son todos los valores que se obtienen al seguir el procedimiento indicado el en punto 3.1.

Conocidos todos los datos de cada estancia obtenemos los siguientes valores:

- Pasillo

Frecuencia Hz	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
Niveles de emisión (dB)	56,1	57,5	68,7	75,3	77,5	81,3	82,1	79,9	79,6	79,8	80,0	78,2	81,2	79,3	78,0	76,3
Niveles del receptor (dB)	28,2	34,5	42,1	47,6	51,1	51,6	51,5	49,8	51,8	50,9	52,2	48,6	45,6	43,2	41,5	40,1
Diferencia en los niveles (D)	27,9	23,0	26,6	27,8	26,4	29,7	30,6	30,2	27,9	28,9	27,9	29,7	35,6	36,1	36,5	36,3
Diferencia en los niveles normalizada (Dn)	30,2	25,1	28,0	29,9	28,3	31,1	31,6	32,5	29,3	30,4	28,4	30,6	36,9	37,4	38,0	37,1
Diferencia en los niveles estandarizada (DnT)	28,1	23,0	26,0	27,9	26,2	29,1	29,5	30,4	27,2	28,4	26,4	28,6	34,9	35,4	36,0	35,1
Índice de reducción acústica aparente (R')	30,8	25,7	28,6	30,5	28,9	31,7	32,2	33,1	29,9	31,0	29,0	31,2	37,5	38,0	38,6	37,7
Niveles de referencia	33	36	39	42	45	48	51	52	53	54	55	56	56	56	56	56

Tabla 41: Resultados para los valores de referencia según las diferentes normas para el pasillo.

	Diferencia en los niveles (D)	27,9	23,0	26,6	27,8	26,4	29,7	30,6	30,2	27,9	28,9	27,9	29,7	35,6	36,1	36,5	36,3
	Valores de referencia	33,0	36,0	39,0	42,0	45,0	48,0	51,0	52,0	53,0	54,0	55,0	56,0	56,0	56,0	56,0	56,0
Offset	-20	13,0	16,0	19,0	22,0	25,0	28,0	31,0	32,0	33,0	34,0	35,0	36,0	36,0	36,0	36,0	36,0
	Diferencia	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	1,8	5,1	5,1	7,1	6,3	0,4	0,0	0,0	0,0
	Total																26,4

Bien

Tabla 42: Diferencia entre los valores de referencia y los de diferencia en los niveles para el pasillo.

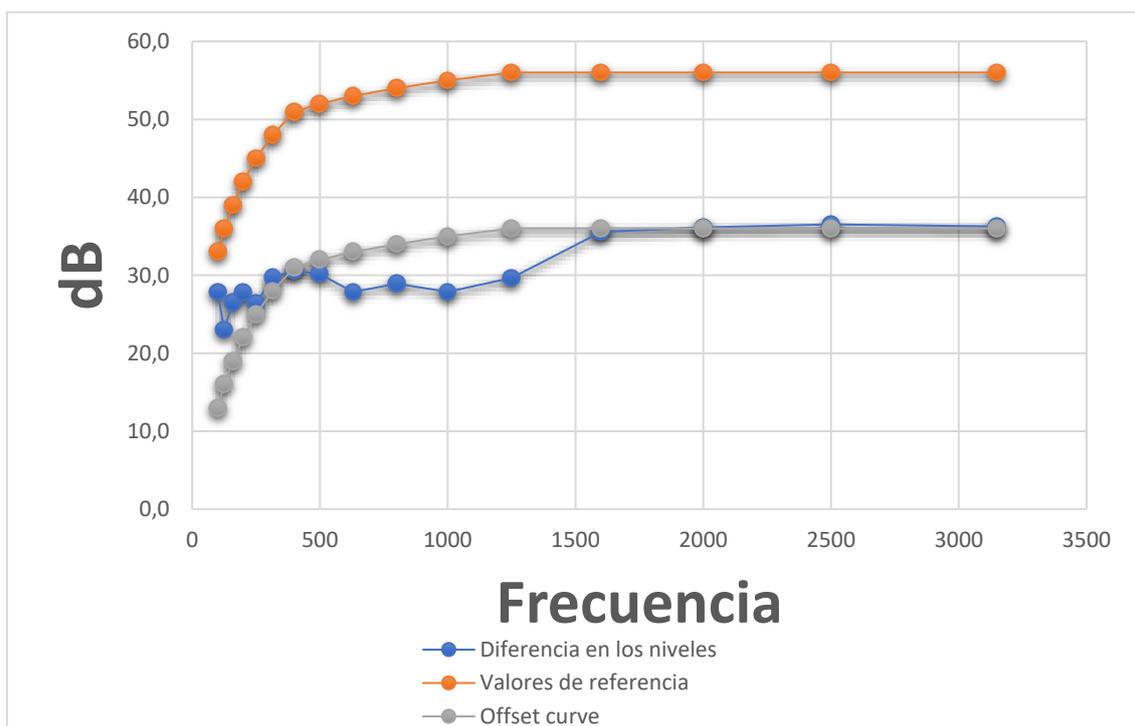


Figura 87: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los de la diferencia en los niveles, para el pasillo.



Diferencia en los niveles normalizada (Dn)	30,2	25,1	28,0	29,9	28,3	31,1	31,6	32,5	29,3	30,4	28,4	30,6	36,9	37,4	38,0	37,1	
Valores de referencia	33,0	36,0	39,0	42,0	45,0	48,0	51,0	52,0	53,0	54,0	55,0	56,0	56,0	56,0	56,0	56,0	
Offset	-19																
Diferencia	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,5	4,7	4,6	7,6	6,4	0,1	0,0	0,0	0,0	Total
																	24,3

Bien

Tabla 43: Diferencia entre los valores de referencia y los de diferencia en los niveles normalizada para el pasillo.

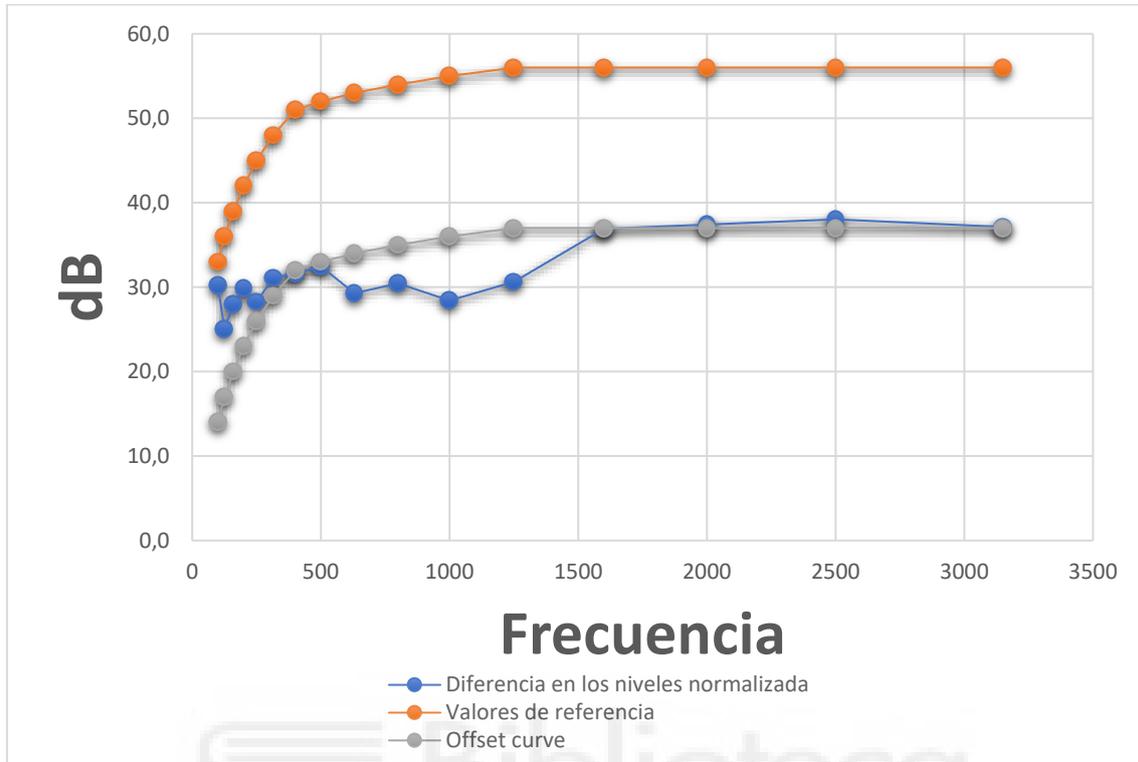


Figura 88: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los de la diferencia en los niveles normalizada, para el pasillo.

Diferencia en los niveles estandarizada (DnT)	28,1	23,0	26,0	27,9	26,2	29,1	29,5	30,4	27,2	28,4	26,4	28,6	34,9	35,4	36,0	35,1	
Valores de referencia	33,0	36,0	39,0	42,0	45,0	48,0	51,0	52,0	53,0	54,0	55,0	56,0	56,0	56,0	56,0	56,0	
Offset -21	12,0	15,0	18,0	21,0	24,0	27,0	30,0	31,0	32,0	33,0	34,0	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0	Total
Diferencia	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,6	4,8	4,6	7,6	6,4	0,1	0,0	0,0	0,0	24,5

Tabla 44: Diferencia entre los valores de referencia y los de diferencia en los niveles estandarizada para el pasillo.

Bien

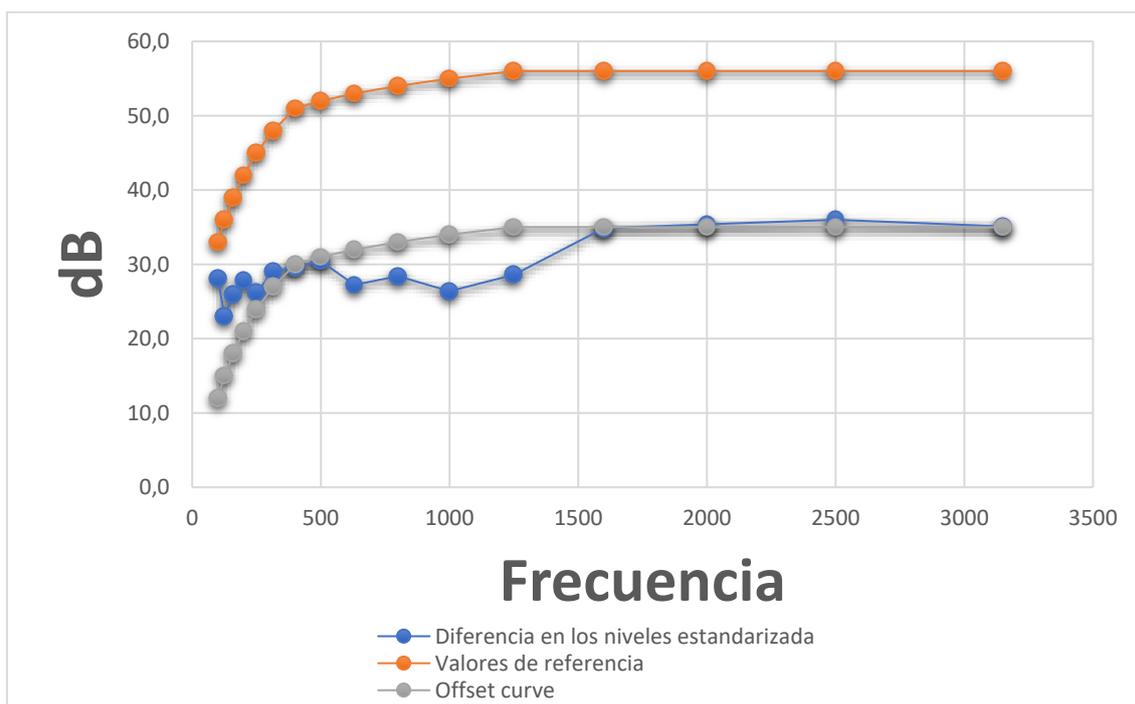


Figura 89: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los de la diferencia en los niveles estandarizada, para el pasillo.

	Índice de reducción acústica aparente (R')	30,8	25,7	28,6	30,5	28,9	31,7	32,2	33,1	29,9	31,0	29,0	31,2	37,5	38,0	38,6	37,7	
	Valores de referencia	33,0	36,0	39,0	42,0	45,0	48,0	51,0	52,0	53,0	54,0	55,0	56,0	56,0	56,0	56,0	56,0	
Offset	-18	15,0	18,0	21,0	24,0	27,0	30,0	33,0	34,0	35,0	36,0	37,0	38,0	38,0	38,0	38,0	38,0	Total
	Diferencia	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	0,9	5,1	5,0	8,0	6,8	0,5	0,0	0,0	0,3	27,3

Bien

Tabla 45: Diferencia entre los valores de referencia y el índice de reducción acústica aparente para el pasillo.

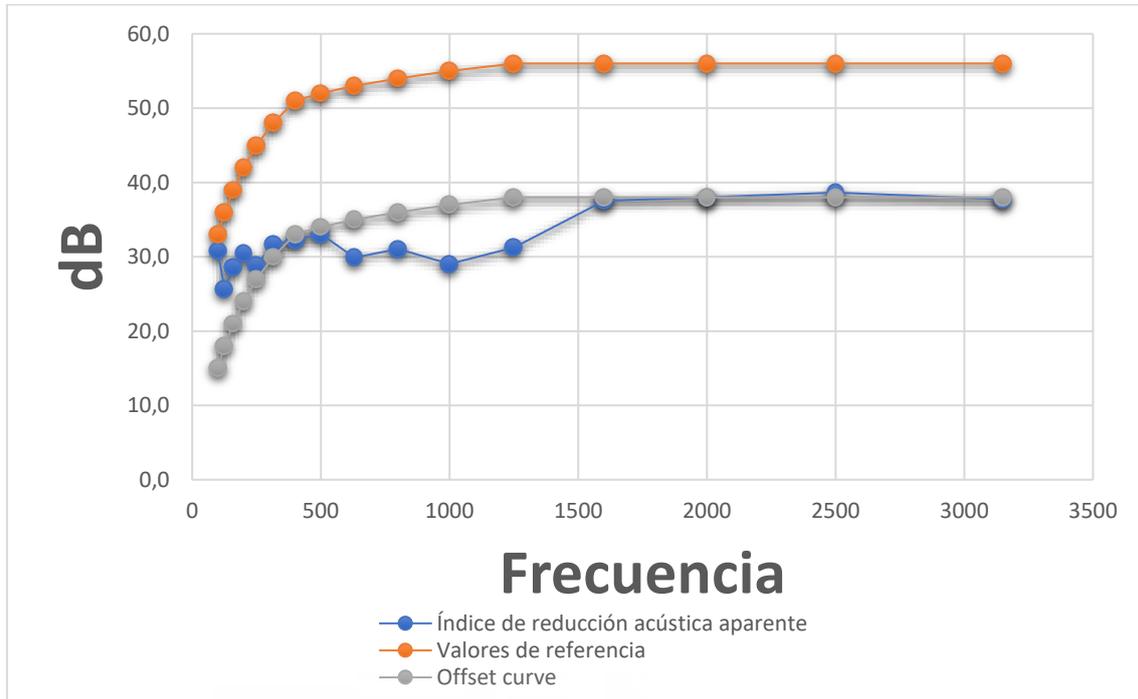


Figura 90: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los del índice de reducción acústica aparente, para el pasillo.

En este caso $L_{i1}-X_i$ es una operación intermedia que realmente es $10^{(L_{i1}-X_i)/10}$

	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
L_{i1}	-29	-26	-23	-21	-19	-17	-15	-13	-12	-11	-10	-9	-9	-9	-9	-9
$L_{i1}-X_i$ (D)	0,000002	0,000013	0,000011	0,000013	0,000029	0,000021	0,000028	0,000048	0,000103	0,000102	0,000163	0,000136	0,000035	0,000031	0,000028	0,000030
$L_{i1}-X_i$ (Dn)	0,000001	0,000008	0,000008	0,000008	0,000019	0,000015	0,000022	0,000028	0,000074	0,000072	0,000144	0,000109	0,000026	0,000023	0,000020	0,000024
$L_{i1}-X_i$ (DnT)	0,000002	0,000013	0,000013	0,000013	0,000030	0,000025	0,000035	0,000045	0,000119	0,000115	0,000230	0,000174	0,000041	0,000037	0,000032	0,000039
$L_{i1}-X_i$ (R)	0,000001	0,000007	0,000007	0,000007	0,000016	0,000013	0,000019	0,000025	0,000065	0,000062	0,000125	0,000095	0,000022	0,000020	0,000017	0,000021
L_{i2}	-20	-20	-18	-16	-15	-14	-13	-12	-11	-9	-8	-9	-10	-11	-13	-15
$L_{i2}-X_i$ (D)	0,00002	0,00005	0,00004	0,00004	0,00007	0,00004	0,00004	0,00006	0,00013	0,00016	0,00026	0,00014	0,00003	0,00002	0,00001	0,00001
$L_{i2}-X_i$ (Dn)	0,00001	0,00003	0,00003	0,00003	0,00005	0,00003	0,00003	0,00004	0,00009	0,00011	0,00023	0,00011	0,00002	0,00001	0,00001	0,00001
$L_{i2}-X_i$ (DnT)	0,00002	0,00005	0,00004	0,00004	0,00008	0,00005	0,00006	0,00006	0,00015	0,00018	0,00036	0,00017	0,00003	0,00002	0,00001	0,00001
$L_{i2}-X_i$ (R)	0,00001	0,00003	0,00002	0,00002	0,00004	0,00003	0,00003	0,00003	0,00008	0,00010	0,00020	0,00009	0,00002	0,00001	0,00001	0,00001

Tabla 46: Cálculo de los términos de adaptación para el pasillo.

	1	2
Xaj	31	30
C	-1	-2

D _w	32,0 (-1;-2)
----------------	--------------

Tabla 47: Valor de la magnitud global de la diferencia en los niveles, para el pasillo.

	1	2
Xaj	32	31
C	-1	-2

D _{n_w}	33,0 (-1;-2)
----------------------------	--------------

Tabla 48: Valor de la magnitud global de la diferencia en los niveles normalizado, para el pasillo.

	1	2
Xaj	30	29
C	-1	-2

D _{nT_w}	31,0 (-1;-2)
-----------------------------	--------------

Tabla 49: Valor de la magnitud global de la diferencia en los niveles estandarizado, para el pasillo.

	1	2
Xaj	33	31
C	-1	-3

R _w	34,0 (-1;-3)
----------------	--------------

Tabla 50: Valor de la magnitud global del índice de reducción acústico aparente, para el pasillo.

- Laboratorio

Frecuencia Hz	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
Niveles de emisión (dB)	54,9	56,0	68,9	74,6	76,6	80,4	80,9	79,1	79,0	78,9	79,1	77,8	80,5	77,8	75,7	74,8
Niveles del receptor (dB)	18,0	23,6	32,3	38,0	39,9	41,4	40,8	40,1	42,3	42,7	43,5	40,2	36,9	34,6	33,8	31,7
Diferencia en los niveles (D)	36,9	32,4	36,6	36,7	36,7	39,0	40,0	39,0	36,7	36,2	35,7	37,6	43,6	43,3	41,9	43,0
Diferencia en los niveles normalizada (D _n)	21,7	17,7	22,6	23,0	23,7	25,8	26,4	25,2	22,8	22,7	21,9	24,2	30,0	29,6	28,2	28,9
Diferencia en los niveles estandarizada (D _{nT})	38,2	34,3	39,1	39,6	40,3	42,4	43,0	41,8	39,4	39,2	38,4	40,7	46,6	46,2	44,8	45,5
Índice de reducción acústica aparente (R')	21,7	17,7	22,5	23,0	23,7	25,8	26,4	25,2	22,8	22,6	21,8	24,1	30,0	29,6	28,2	28,9
Niveles de referencia	33	36	39	42	45	48	51	52	53	54	55	56	56	56	56	56

Tabla 51: Resultados para los valores de referencia según las diferentes normas para el laboratorio.

Diferencia en los niveles (D)	36,9	32,4	36,6	36,7	36,7	39,0	40,0	39,0	36,7	36,2	35,7	37,6	43,6	43,3	41,9	43,0	
Valores de referencia	33,0	36,0	39,0	42,0	45,0	48,0	51,0	52,0	53,0	54,0	55,0	56,0	56,0	56,0	56,0	56,0	
Offset -12,0	21,0	24,0	27,0	30,0	33,0	36,0	39,0	40,0	41,0	42,0	43,0	44,0	44,0	44,0	44,0	44,0	
Diferencia	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	4,3	5,8	7,3	6,4	0,4	0,7	2,1	1,0	
Total																	29,1

Bien

Tabla 52: Diferencia entre los valores de referencia y los de diferencia en los niveles para el laboratorio.

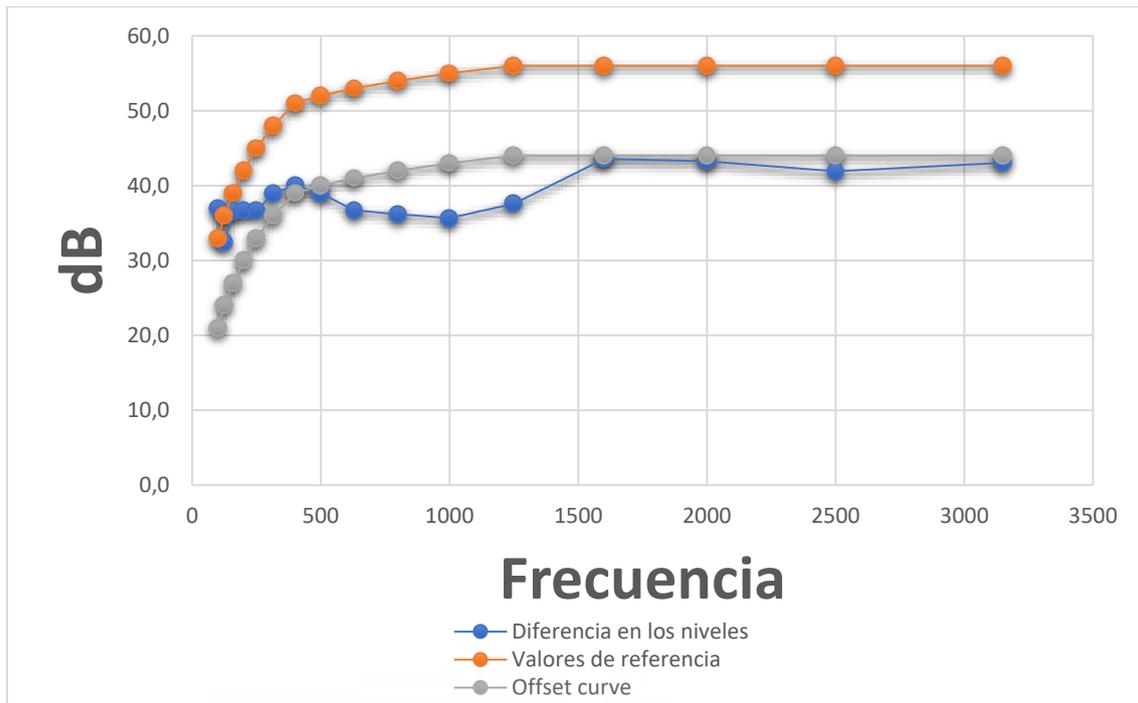


Figura 91: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los de la diferencia en los niveles, para el laboratorio.

	Diferencia en los niveles normalizada (Dn)	21,7	17,7	22,6	23,0	23,7	25,8	26,4	25,2	22,8	22,7	21,9	24,2	30,0	29,6	28,2	28,9	
	Valores de referencia	33,0	36,0	39,0	42,0	45,0	48,0	51,0	52,0	53,0	54,0	55,0	56,0	56,0	56,0	56,0	56,0	
Offset	-26	7,0	10,0	13,0	16,0	19,0	22,0	25,0	26,0	27,0	28,0	29,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	Total
	Diferencia	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	4,2	5,3	7,1	5,8	0,0	0,4	1,8	1,1	26,5

Bien

Tabla 53: Diferencia entre los valores de referencia y los de diferencia en los niveles normalizada para el laboratorio.

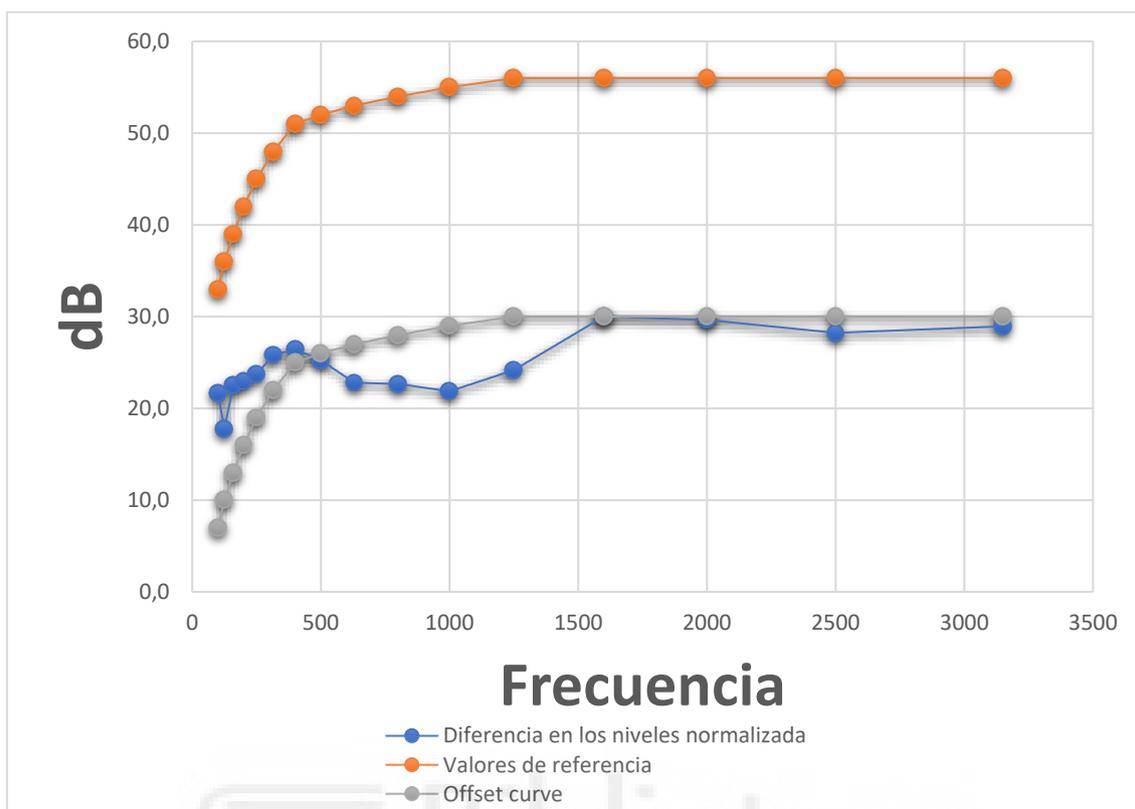


Figura 92: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los de la diferencia en los niveles normalizada, para el laboratorio.

Diferencia en los niveles estandarizada (DnT)	38,2	34,3	39,1	39,6	40,3	42,4	43,0	41,8	39,4	39,2	38,4	40,7	46,6	46,2	44,8	45,5	
Valores de referencia	33,0	36,0	39,0	42,0	45,0	48,0	51,0	52,0	53,0	54,0	55,0	56,0	56,0	56,0	56,0	56,0	
Offset	-9																
	24,0	27,0	30,0	33,0	36,0	39,0	42,0	43,0	44,0	45,0	46,0	47,0	47,0	47,0	47,0	47,0	Total
Diferencia	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	4,6	5,8	7,6	6,3	0,4	0,8	2,2	1,5	30,3

Bien

Tabla 54: Diferencia entre los valores de referencia y los de diferencia en los niveles estandarizada para el laboratorio.

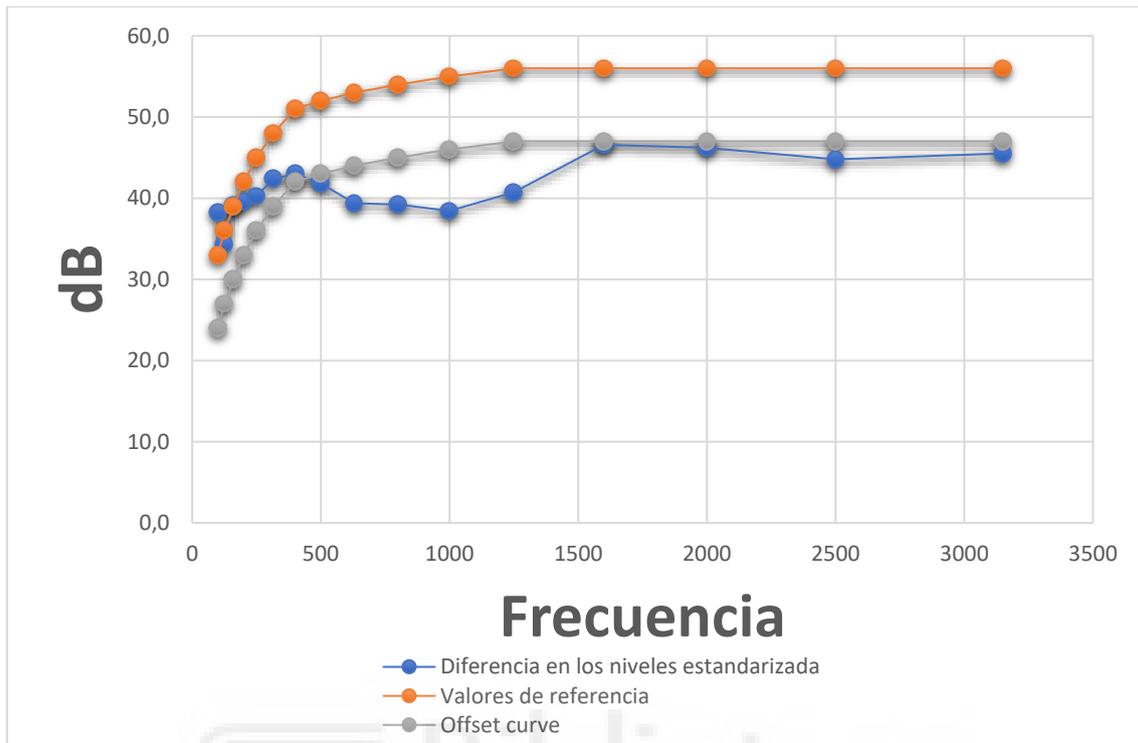


Figura 93: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los de la diferencia en los niveles estandarizada, para el laboratorio.

	Índice de reducción acústica aparente (R')	21,7	17,7	22,5	23,0	23,7	25,8	26,4	25,2	22,8	22,6	21,8	24,1	30,0	29,6	28,2	28,9		
	Valores de referencia	33,0	36,0	39,0	42,0	45,0	48,0	51,0	52,0	53,0	54,0	55,0	56,0	56,0	56,0	56,0	56,0		
Offset	-26	7,0	10,0	13,0	16,0	19,0	22,0	25,0	26,0	27,0	28,0	29,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0		
	Diferencia	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	4,2	5,4	7,2	5,9	0,0	0,4	1,8	1,1		
																		Total	26,6

Bien

Tabla 55: Diferencia entre los valores de referencia y los del índice de reducción acústica aparente para el laboratorio.

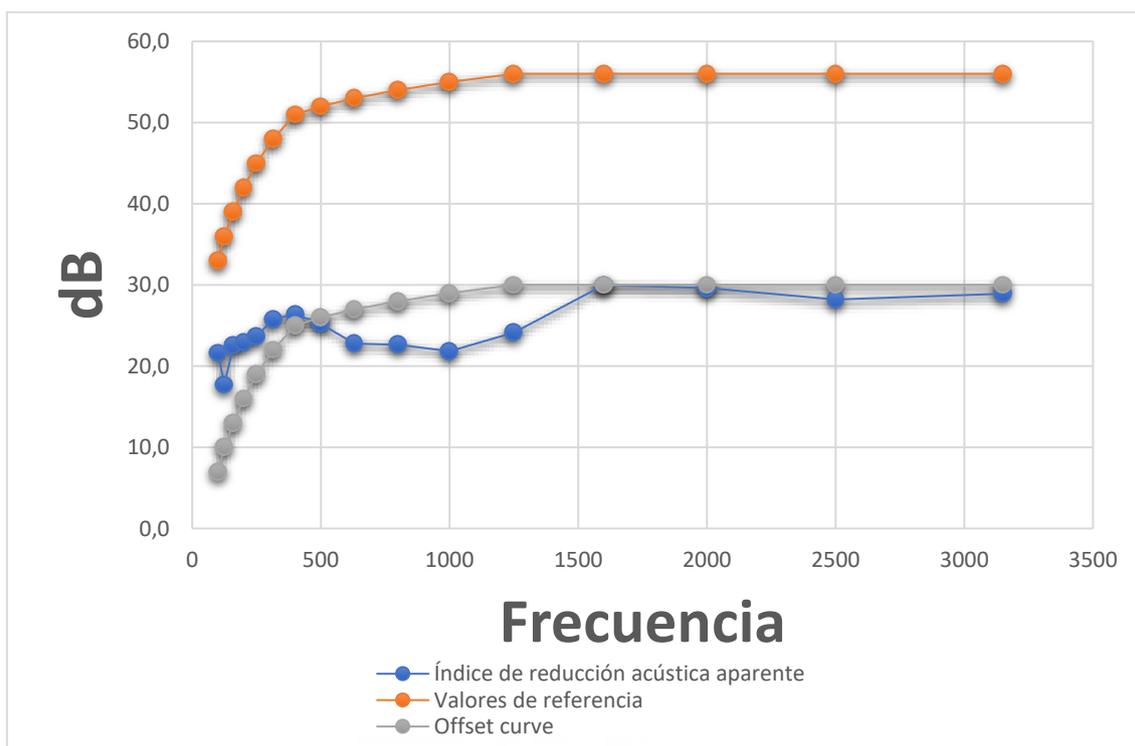


Figura 94: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los del índice de reducción acústica aparente, para el laboratorio.

En este caso $L_{i1}-X_i$ es una operación intermedia que realmente es $10^{(L_{i1}-X_i)/10}$

	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
L_{i1}	-29	-26	-23	-21	-19	-17	-15	-13	-12	-11	-10	-9	-9	-9	-9	-9
$L_{i1}-X_i$ (D)	0,000000	0,000001	0,000001	0,000002	0,000003	0,000003	0,000003	0,000006	0,000014	0,000019	0,000027	0,000022	0,000006	0,000006	0,000008	0,000006
$L_{i1}-X_i$ (Dn)	0,000009	0,000042	0,000028	0,000040	0,000054	0,000052	0,000072	0,000150	0,000331	0,000430	0,000651	0,000482	0,000125	0,000137	0,000190	0,000160
$L_{i1}-X_i$ (DnT)	0,000000	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001	0,000002	0,000003	0,000007	0,000009	0,000014	0,000011	0,000003	0,000003	0,000004	0,000004
$L_{i1}-X_i$ (R)	0,000009	0,000042	0,000028	0,000040	0,000054	0,000052	0,000072	0,000151	0,000332	0,000432	0,000654	0,000485	0,000126	0,000137	0,000190	0,000161
L_{i2}	-20	-20	-18	-16	-15	-14	-13	-12	-11	-9	-8	-9	-10	-11	-13	-15
$L_{i2}-X_i$ (D)	0,000000	0,000001	0,000000	0,000001	0,000001	0,000001	0,000000	0,000001	0,000002	0,000003	0,000004	0,000002	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
$L_{i2}-X_i$ (Dn)	0,000007	0,000017	0,000009	0,000013	0,000013	0,000010	0,000011	0,000019	0,000042	0,000068	0,000103	0,000048	0,000010	0,000009	0,000008	0,000004
$L_{i2}-X_i$ (DnT)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000001	0,000002	0,000002	0,000001	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
$L_{i2}-X_i$ (R)	0,000007	0,000017	0,000009	0,000013	0,000014	0,000010	0,000011	0,000019	0,000042	0,000068	0,000104	0,000048	0,000010	0,000009	0,000008	0,000004

Tabla 56: Cálculo de los términos de adaptación para el laboratorio.

	1	2
Xaj	39	38
C	-1	-2

D _w	40,0 (-1;-2)
----------------	--------------

Tabla 57: Valor de la magnitud global de la diferencia en los niveles, para el laboratorio.

	1	2
Xaj	25	24
C	-1	-2

Dn _w	26,0 (-1;-2)
-----------------	--------------

Tabla 58: Valor de la magnitud global de la diferencia en los niveles normalizado, para el laboratorio.

	1	2
Xaj	42	41
C	-1	-2

DnT _w	43,0 (-1;-2)
------------------	--------------

Tabla 59: Valor de la magnitud global de la diferencia en los niveles estandarizado, para el laboratorio.

	1	2
Xaj	25	24
C	-1	-2

R _w	26,0 (-1;-2)
----------------	--------------

Tabla 60: Valor de la magnitud global del índice de reducción acústica aparente, para el laboratorio.

- Almacén

Frecuencia Hz	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
Niveles de emisión (dB)	56,1	57,5	68,7	75,3	77,5	81,3	82,1	79,9	79,6	79,8	80,0	78,2	81,2	79,3	78,0	76,3
Niveles del receptor (dB)	23,3	27,9	33,1	34,0	35,9	35,0	31,0	30,2	30,6	27,0	25,9	23,9	24,3	22,6	24,2	23,6
Diferencia en los niveles (D)	32,8	29,6	35,5	41,3	41,7	46,3	51,2	49,7	49,1	52,8	54,1	54,4	56,9	56,7	53,8	52,7
Diferencia en los niveles normalizada (Dn)	32,2	25,7	32,2	37,8	39,3	42,6	47,4	46,7	45,3	49,1	51,0	51,4	53,9	53,6	50,6	49,5
Diferencia en los niveles estandarizada (DnT)	35,7	29,2	35,7	41,2	42,8	46,0	50,8	50,2	48,7	52,5	54,4	54,8	57,3	57,1	54,1	53,0
Índice de reducción acústica aparente (R')	32,9	26,3	32,8	38,4	39,9	43,2	48,0	47,3	45,9	49,7	51,6	52,0	54,5	54,2	51,3	50,1
Niveles de referencia	33	36	39	42	45	48	51	52	53	54	55	56	56	56	56	56

Tabla 61: Resultados para los valores de referencia según las diferentes normas para el almacén.

	Diferencia en los niveles (D)	32,8	29,6	35,5	41,3	41,7	46,3	51,2	49,7	49,1	52,8	54,1	54,4	56,9	56,7	53,8	52,7	
	Valores de referencia	33,0	36,0	39,0	42,0	45,0	48,0	51,0	52,0	53,0	54,0	55,0	56,0	56,0	56,0	56,0	56,0	
Offset	0	33,0	36,0	39,0	42,0	45,0	48,0	51,0	52,0	53,0	54,0	55,0	56,0	56,0	56,0	56,0	56,0	
	Diferencia	0,2	6,4	3,5	0,7	3,3	1,7	0,0	2,3	3,9	1,2	0,9	1,6	0,0	0,0	2,2	3,3	
	Total																	31,1

Bien

Tabla 62: Diferencia entre los valores de referencia y los de diferencia en los niveles para el almacén.

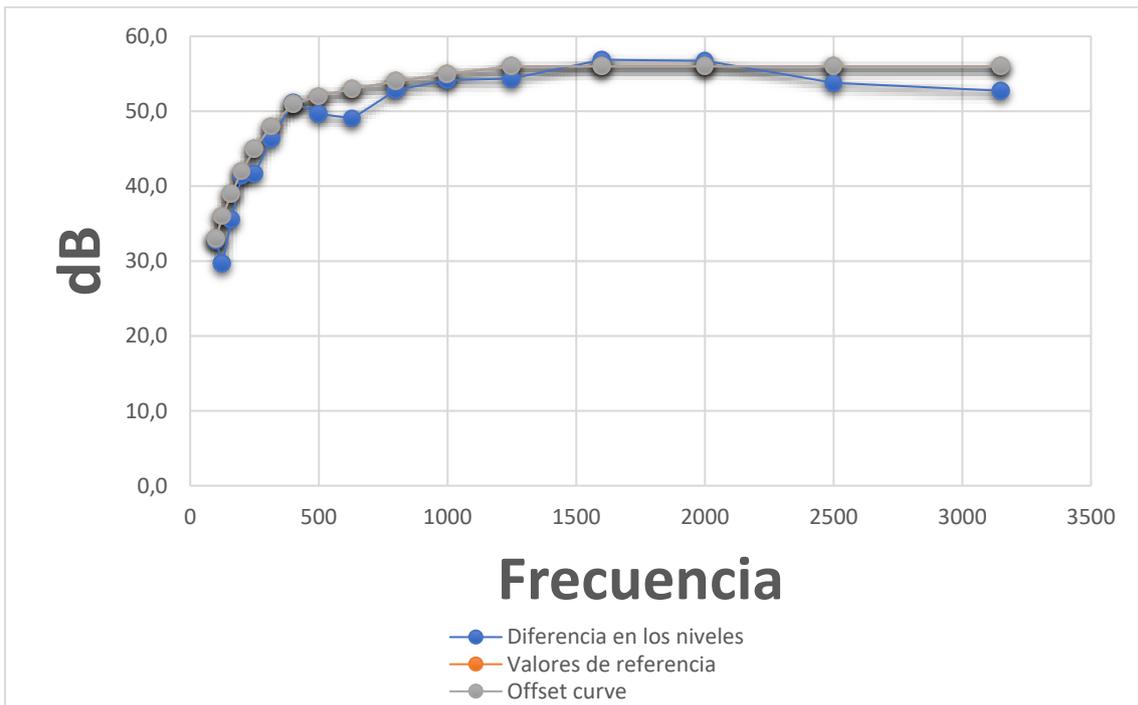


Figura 95: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los de la diferencia en los niveles, para el almacén.

Diferencia en los niveles normalizada (Dn)	32,2	25,7	32,2	37,8	39,3	42,6	47,4	46,7	45,3	49,1	51,0	51,4	53,9	53,6	50,6	49,5
Valores de referencia	33,0	36,0	39,0	42,0	45,0	48,0	51,0	52,0	53,0	54,0	55,0	56,0	56,0	56,0	56,0	56,0
Offset	-9															
Diferencia	0,0	6,3	2,8	0,2	1,7	1,4	0,0	1,3	3,7	0,9	0,0	0,6	0,0	0,0	1,4	2,5
																22,7

Bien

Tabla 63: Diferencia entre los valores de referencia y los de diferencia en los niveles normalizada para el almacén.

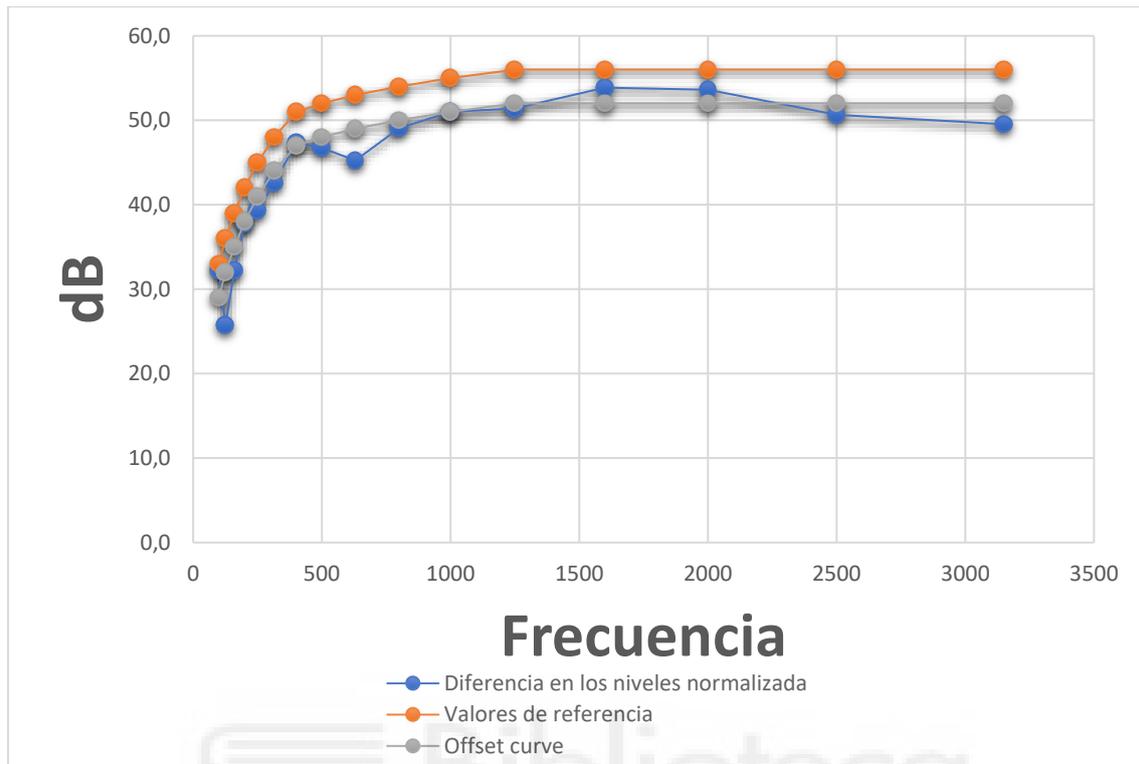


Figura 96: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los de la diferencia en los niveles normalizada, para el almacén.

Diferencia en los niveles estandarizada (DnT)	35,7	29,2	35,7	41,2	42,8	46,0	50,8	50,2	48,7	52,5	54,4	54,8	57,3	57,1	54,1	53,0	
Valores de referencia	33,0	36,0	39,0	42,0	45,0	48,0	51,0	52,0	53,0	54,0	55,0	56,0	56,0	56,0	56,0	56,0	
Offset	0																
	33,0	36,0	39,0	42,0	45,0	48,0	51,0	52,0	53,0	54,0	55,0	56,0	56,0	56,0	56,0	56,0	Total
Diferencia	0,0	6,8	3,3	0,8	2,2	2,0	0,2	1,8	4,3	1,5	0,6	1,2	0,0	0,0	1,9	3,0	29,7

Bien

Tabla 64: Diferencia entre los valores de referencia y los de diferencia en los niveles estandarizada para el almacén.

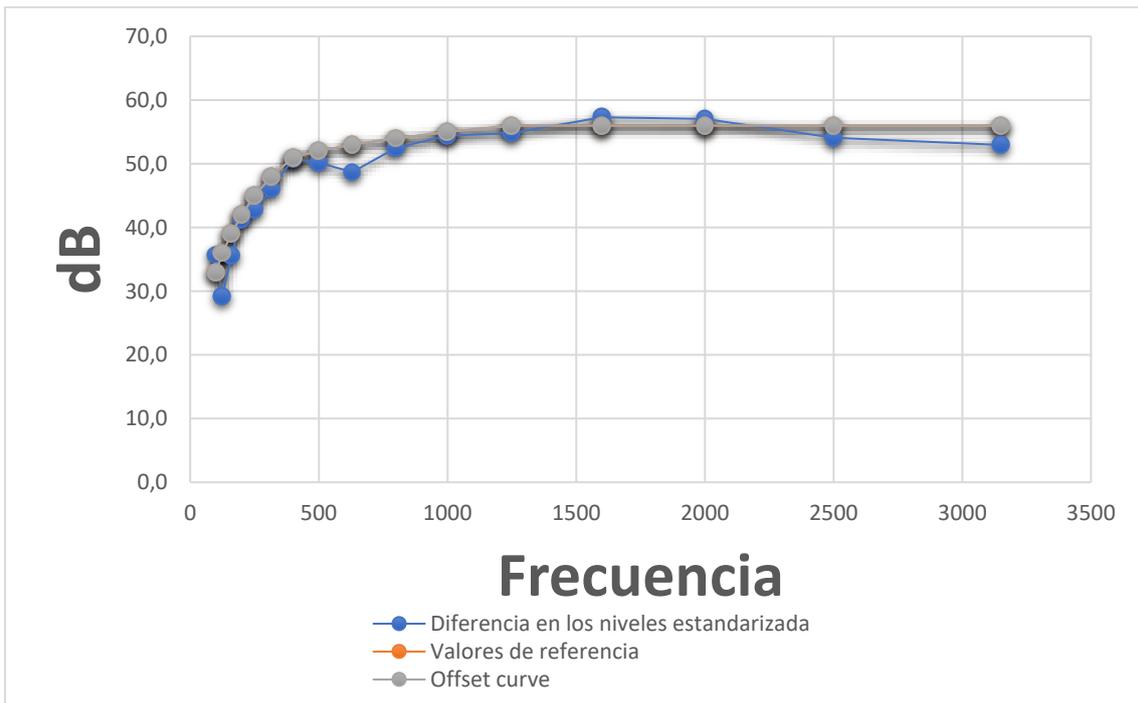


Figura 97: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los de la diferencia en los niveles estandarizada, para el almacén.

Índice de reducción acústica aparente (R')	32,9	26,3	32,8	38,4	39,9	43,2	48,0	47,3	45,9	49,7	51,6	52,0	54,5	54,2	51,3	50,1	
Valores de referencia	33,0	36,0	39,0	42,0	45,0	48,0	51,0	52,0	53,0	54,0	55,0	56,0	56,0	56,0	56,0	56,0	
Offset -3	30,0	33,0	36,0	39,0	42,0	45,0	48,0	49,0	50,0	51,0	52,0	53,0	53,0	53,0	53,0	53,0	
Diferencia	0,0	6,7	3,2	0,6	2,1	1,8	0,0	1,7	4,1	1,3	0,4	1,0	0,0	0,0	1,7	2,9	27,5

Bien

Tabla 65: Diferencia entre los valores de referencia y los del índice de reducción acústica aparente para el almacén.

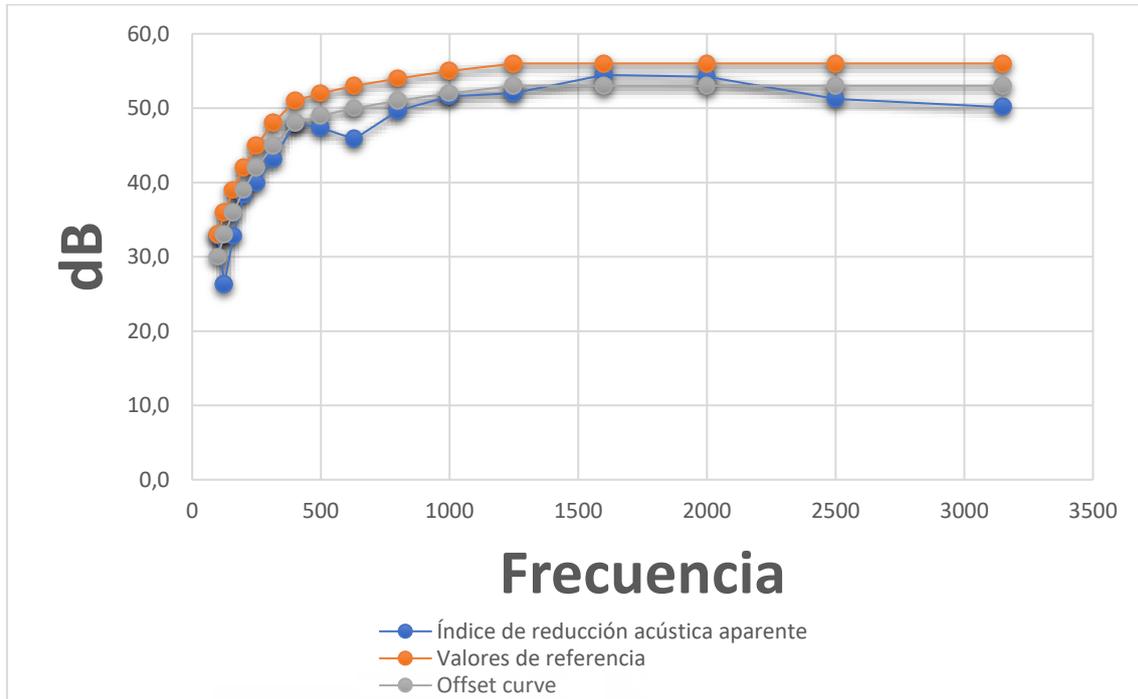


Figura 98: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los del índice de reducción acústica aparente, para el almacén.

En este caso $L_{i1}-X_i$ es una operación intermedia que realmente es $10^{(L_{i1}-X_i)/10}$

	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
L_{i1}	-29	-26	-23	-21	-19	-17	-15	-13	-12	-11	-10	-9	-9	-9	-9	-9
$L_{i1}-X_i (D)$	0,000001	0,000003	0,000001	0,000001	0,000001	0,000000	0,000000	0,000001	0,000001	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000001	0,000001
$L_{i1}-X_i (Dn)$	0,000001	0,000007	0,000003	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001	0,000002	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001
$L_{i1}-X_i (DnT)$	0,000000	0,000003	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001	0,000000	0,000000	0,000001	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000001
$L_{i1}-X_i (R)$	0,000001	0,000006	0,000003	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001	0,000002	0,000001	0,000001	0,000001	0,000000	0,000000	0,000001	0,000001
L_{i2}	-20	-20	-18	-16	-15	-14	-13	-12	-11	-9	-8	-9	-10	-11	-13	-15
$L_{i2}-X_i (D)$	0,00001	0,00001	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
$L_{i2}-X_i (Dn)$	0,00001	0,00003	0,00001	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
$L_{i2}-X_i (DnT)$	0,00000	0,00001	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
$L_{i2}-X_i (R)$	0,00001	0,00002	0,00001	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000

Tabla 66: Cálculo de los términos de adaptación para el almacén.

	1	2
Xaj	49	45
C	-3	-7

D_w	52,0 (-3; -7)
-------	---------------

Tabla 67: Valor de la magnitud global de la diferencia en los niveles, para el almacén.

	1	2
Xaj	46	42
C	-2	-6

D_{n_w}	48,0 (-2; -6)
-----------	---------------

Tabla 68: Valor de la magnitud global de la diferencia en los niveles normalizada, para el almacén.

	1	2
Xaj	50	45
C	-2	-7

D_{nT_w}	52,0 (-2; -5)
------------	---------------

Tabla 69: Valor de la magnitud global de la diferencia en los niveles estandarizado, para el almacén.

	1	2
Xaj	47	43
C	-2	-6

R_w	49,0 (-2; -5)
-------	---------------

Tabla 70: Valor de la magnitud global del índice de reducción acústica aparente, para el almacén.

- Pasillo de arriba

Frecuencia Hz	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
Niveles de emisión (dB)	56,1	57,5	68,7	75,3	77,5	81,3	82,1	79,9	79,6	79,8	80,0	78,2	81,2	79,3	78,0	76,3
Niveles del receptor (dB)	12,1	15,0	20,7	24,3	28,7	28,0	27,0	27,8	28,0	28,1	28,3	25,9	24,6	19,8	18,1	16,7
Diferencia en los niveles (D)	43,9	42,5	48,0	51,1	48,9	53,3	55,1	52,1	51,6	51,7	51,8	52,3	56,6	59,6	59,9	59,6
Diferencia en los niveles normalizada (Dn)	48,9	48,1	54,7	57,7	55,1	59,9	62,3	59,1	58,8	59,4	59,4	60,2	64,3	67,1	67,1	66,5
Diferencia en los niveles estandarizada (DnT)	46,0	45,3	51,8	54,8	52,3	57,0	59,5	56,3	56,0	56,5	56,6	57,3	61,5	64,3	64,2	63,6
Niveles de referencia	33	36	39	42	45	48	51	52	53	54	55	56	56	56	56	56

Tabla 71: Resultados para los valores de referencia según las diferentes normas para el pasillo de arriba.

	Diferencia en los niveles (D)	43,9	42,5	48,0	51,1	48,9	53,3	55,1	52,1	51,6	51,7	51,8	52,3	56,6	59,6	59,9	59,6
	Valores de referencia	33,0	36,0	39,0	42,0	45,0	48,0	51,0	52,0	53,0	54,0	55,0	56,0	56,0	56,0	56,0	56,0
Offset	3	36,0	39,0	42,0	45,0	48,0	51,0	54,0	55,0	56,0	57,0	58,0	59,0	59,0	59,0	59,0	59,0
	Diferencia	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,9	4,4	5,3	6,2	6,7	2,4	0,0	0,0	0,0
	Total																27,9

Bien

Tabla 72: Diferencia entre los valores de referencia y los de diferencia en los niveles para el pasillo de arriba.

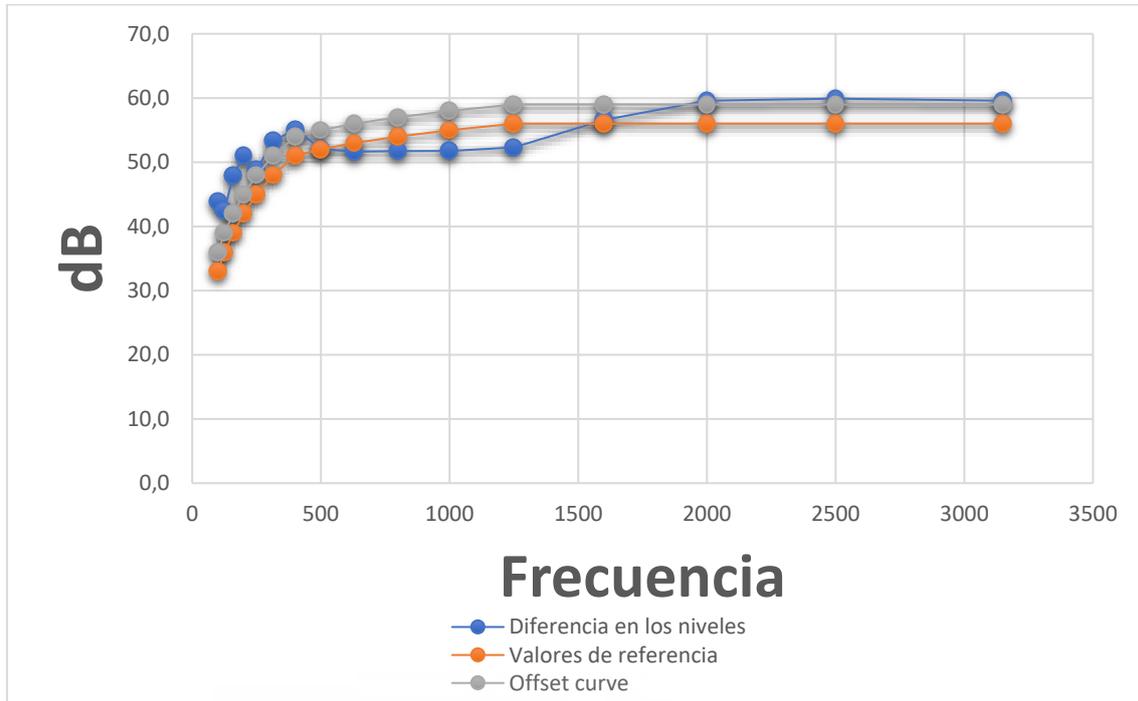


Figura 99: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los de la diferencia en los niveles, para el pasillo de arriba.

	Diferencia en los niveles normalizada (Dn)	48,9	48,1	54,7	57,7	55,1	59,9	62,3	59,1	58,8	59,4	59,4	60,2	64,3	67,1	67,1	66,5	
	Valores de referencia	33,0	36,0	39,0	42,0	45,0	48,0	51,0	52,0	53,0	54,0	55,0	56,0	56,0	56,0	56,0	56,0	
Offset	-10	43,0	46,0	49,0	52,0	55,0	58,0	61,0	62,0	63,0	64,0	65,0	66,0	66,0	66,0	66,0	66,0	Total
	Diferencia	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,9	4,2	4,6	5,6	5,8	1,7	0,0	0,0	0,0	24,7

Bien

Tabla 73: Diferencia entre los valores de referencia y los de diferencia en los niveles normalizada para el pasillo de arriba.

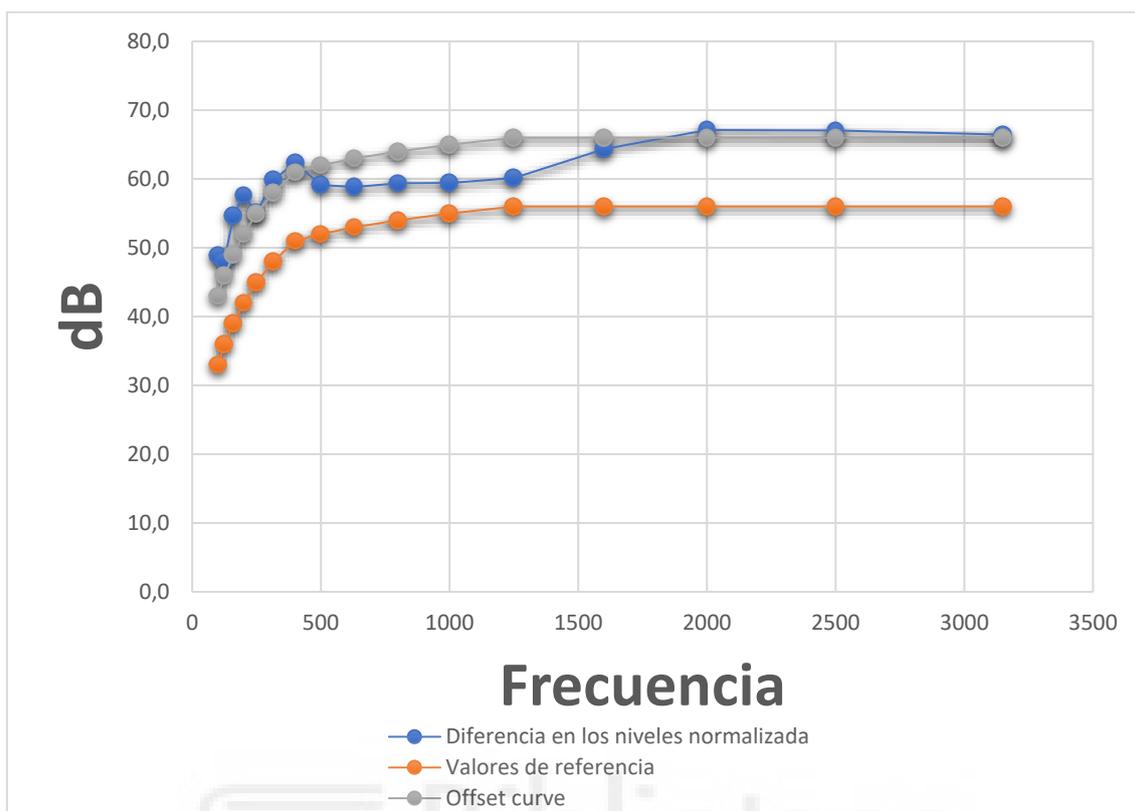


Figura 100: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los de la diferencia en los niveles normalizada, para el pasillo de arriba.

Diferencia en los niveles estandarizada (DnT)	46,0	45,3	51,8	54,8	52,3	57,0	59,5	56,3	56,0	56,5	56,6	57,3	61,5	64,3	64,2	63,6	
Valores de referencia	33,0	36,0	39,0	42,0	45,0	48,0	51,0	52,0	53,0	54,0	55,0	56,0	56,0	56,0	56,0	56,0	
Offset -8	41,0	44,0	47,0	50,0	53,0	56,0	59,0	60,0	61,0	62,0	63,0	64,0	64,0	64,0	64,0	64,0	Total
Diferencia	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0	0,0	3,7	5,0	5,5	6,4	6,7	2,5	0,0	0,0	0,4	31,1

Bien

Tabla 74: Diferencia entre los valores de referencia y los de diferencia en los niveles estandarizada para el pasillo de arriba.

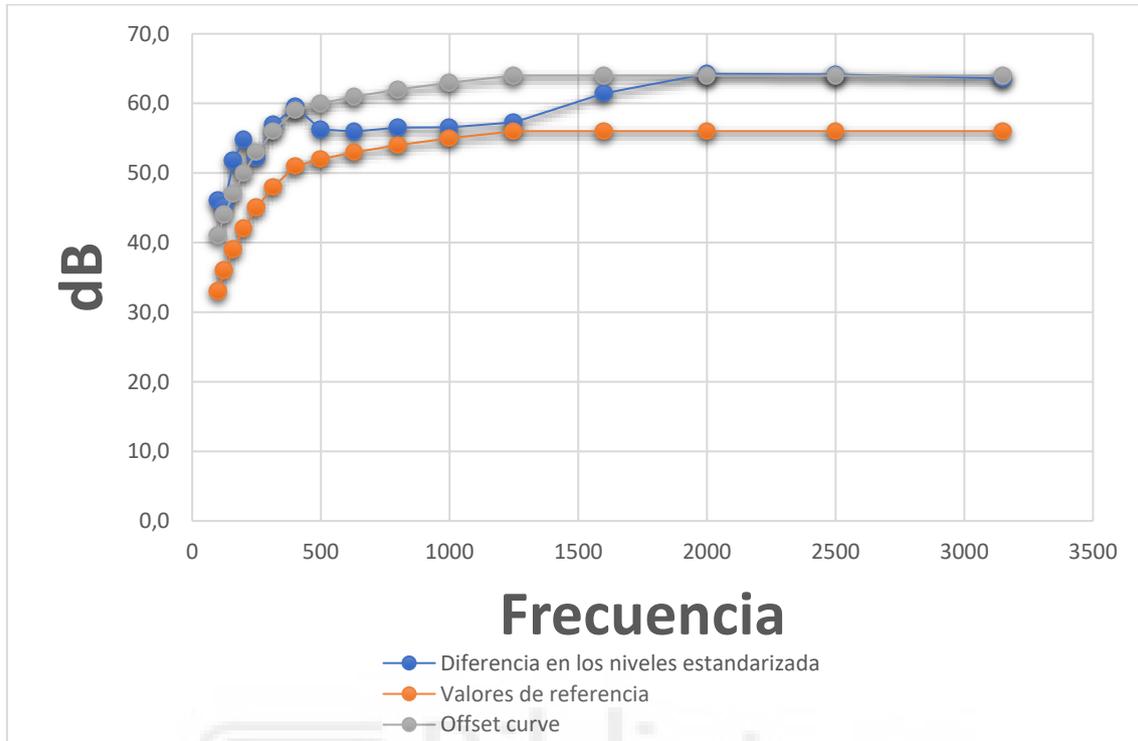


Figura 101: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los de la diferencia en los niveles estandarizada, para el pasillo de arriba.

En este caso $L_{i1}-X_i$ es una operación intermedia que realmente es $10^{(L_{i1}-X_i)/10}$

	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
L_{i1}	-29	-26	-23	-21	-19	-17	-15	-13	-12	-11	-10	-9	-9	-9	-9	-9
L_{i1}-X_i (D)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000001	0,000001	0,000001	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
L_{i1}-X_i (Dn)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
L_{i1}-X_i (DnT)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
L_{i2}	0,001259	0,002512	0,005012	0,007943	0,012589	0,019953	0,031623	0,050119	0,063096	0,079433	0,100000	0,125893	0,125893	0,125893	0,125893	0,125893
L_{i2}-X_i (D)	-20	-20	-18	-16	-15	-14	-13	-12	-11	-9	-8	-9	-10	-11	-13	-15
L_{i2}-X_i (Dn)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
L_{i2}-X_i (DnT)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

Tabla 75: Cálculo de los términos de adaptación para el pasillo de arriba.

	1	2
Xaj	54	52
C	-1	-3

D _w	55,0 (-1; -3)
----------------	---------------

Tabla 76: Valor de la magnitud global de la diferencia en los niveles, para el pasillo de arriba.

	1	2
Xaj	61	59
C	1	-3

Dn _w	62,0 (-1; -3)
-----------------	---------------

Tabla 77: Valor de la magnitud global de la diferencia en los niveles normalizada, para el pasillo de arriba.

	1	2
Xaj	58	56
C	-2	-4

DnT _w	60,0 (-2; -4)
------------------	---------------

Tabla 78: Valor de la magnitud global de la diferencia en los niveles estandarizada, para el pasillo de arriba.

- Habitación de arriba

Frecuencia Hz	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
Niveles de emisión (dB)	56,1	57,5	68,7	75,3	77,5	81,3	82,1	79,9	79,6	79,8	80,0	78,2	81,2	79,3	78,0	76,3
Niveles del receptor (dB)	6,2	10,6	16,5	18,6	19,0	19,3	18,9	19,5	18,9	19,8	19,3	18,5	18,3	18,0	17,1	15,6
Diferencia en los niveles (D)	49,8	47,0	52,2	56,7	58,6	62,0	63,2	60,4	60,8	60,0	60,7	59,7	62,9	61,4	60,9	60,7
Diferencia en los niveles normalizada (Dn)	48,4	46,8	51,9	56,6	59,1	62,5	63,4	60,3	60,6	60,0	60,6	59,8	62,8	61,4	60,8	60,2
Diferencia en los niveles estandarizada (DnT)	52,2	50,6	55,7	60,4	62,9	66,3	67,2	64,1	64,4	63,8	64,5	63,6	66,6	65,2	64,6	64,1
Índice de reducción acústica aparente (R')	49,6	47,9	53,0	57,7	60,3	63,6	64,6	61,5	61,7	61,2	61,8	61,0	64,0	62,5	61,9	61,4
Niveles de referencia	33	36	39	42	45	48	51	52	53	54	55	56	56	56	56	56

Tabla 79: Resultados para los valores de referencia según las diferentes normas para la habitación de arriba.

	Diferencia en los niveles (D)	49,8	47,0	52,2	56,7	58,6	62,0	63,2	60,4	60,8	60,0	60,7	59,7	62,9	61,4	60,9	60,7
	Valores de referencia	33,0	36,0	39,0	42,0	45,0	48,0	51,0	52,0	53,0	54,0	55,0	56,0	56,0	56,0	56,0	56,0
Offset	9	42,0	45,0	48,0	51,0	54,0	57,0	60,0	61,0	62,0	63,0	64,0	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0
	Diferencia	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	1,2	3,0	3,3	5,3	2,1	3,6	4,1	4,3
	Total																27,5

Bien

Tabla 80: Diferencia entre los valores de referencia y los de diferencia en los niveles para el aula de arriba.

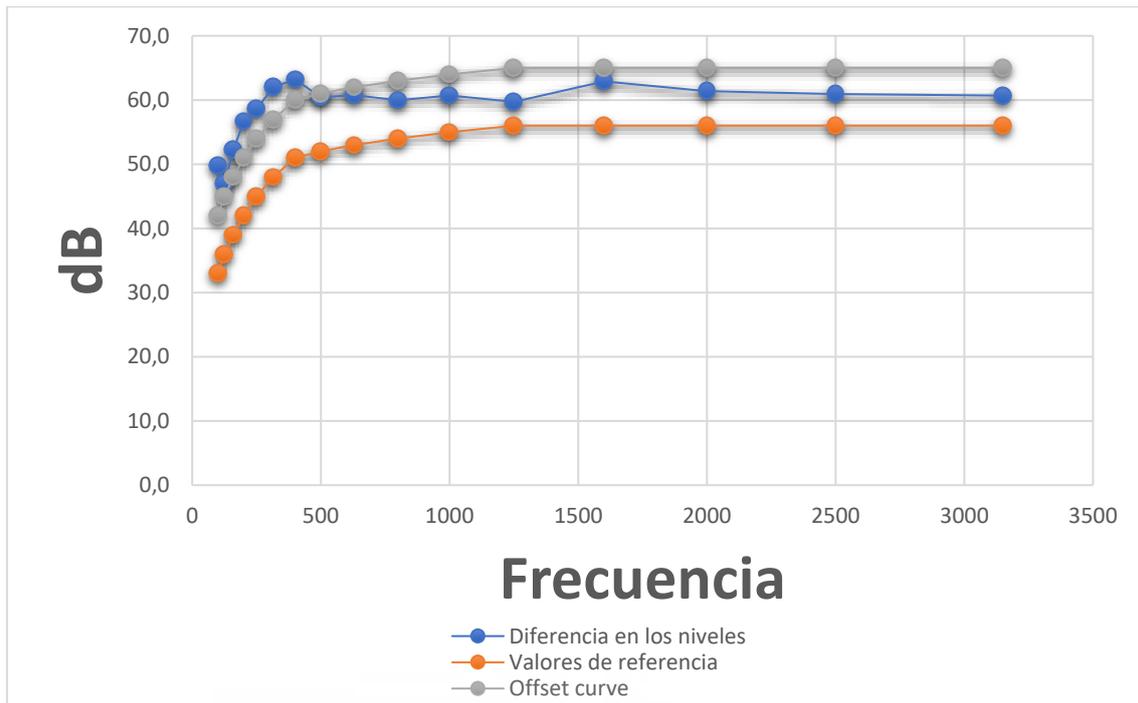


Figura 102: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los de la diferencia en los niveles, para el aula de arriba.

	Diferencia en los niveles normalizada (Dn)	48,4	46,8	51,9	56,6	59,1	62,5	63,4	60,3	60,6	60,0	60,6	59,8	62,8	61,4	60,8	60,2	
	Valores de referencia	33,0	36,0	39,0	42,0	45,0	48,0	51,0	52,0	53,0	54,0	55,0	56,0	56,0	56,0	56,0	56,0	
Offset	9	42,0	45,0	48,0	51,0	54,0	57,0	60,0	61,0	62,0	63,0	64,0	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0	Total
	Diferencia	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	1,4	3,0	3,4	5,2	2,2	3,6	4,2	4,8	28,6

Bien

Tabla 81: Diferencia entre los valores de referencia y los de diferencia en los niveles normalizada para el aula de arriba.

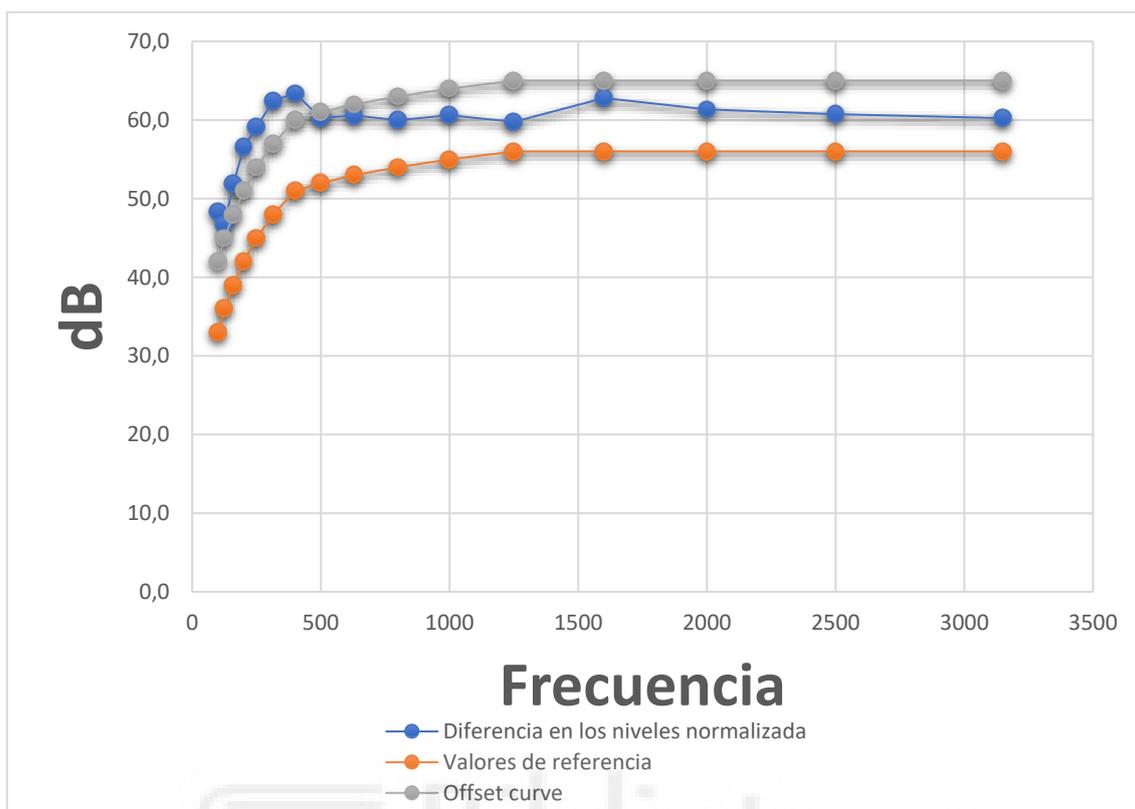


Figura 103: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los de la diferencia en los niveles normalizada, para el aula de arriba.

Diferencia en los niveles estandarizada (DnT)	52,2	50,6	55,7	60,4	62,9	66,3	67,2	64,1	64,4	63,8	64,5	63,6	66,6	65,2	64,6	64,1
Valores de referencia	33,0	36,0	39,0	42,0	45,0	48,0	51,0	52,0	53,0	54,0	55,0	56,0	56,0	56,0	56,0	56,0
Offset 13	46,0	49,0	52,0	55,0	58,0	61,0	64,0	65,0	66,0	67,0	68,0	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0
Diferencia	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	1,6	3,2	3,5	5,4	2,4	3,8	4,4	4,9
Total																30,1

Bien

Tabla 82: Diferencia entre los valores de referencia y los de diferencia en los niveles estandarizada para el aula de arriba.

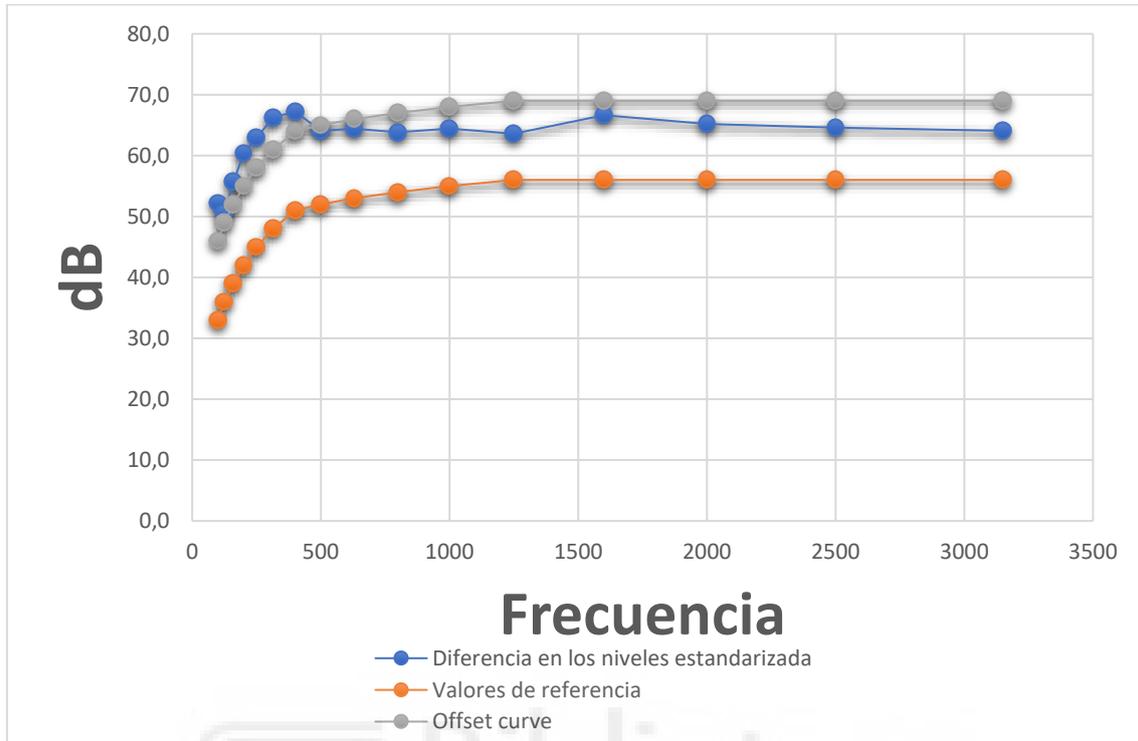


Figura 104: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los de la diferencia en los niveles estandarizada, para el aula de arriba.

	Índice de reducción acústica aparente (R')	49,6	47,9	53,0	57,7	60,3	63,6	64,6	61,5	61,7	61,2	61,8	61,0	64,0	62,5	61,9	61,4	
	Valores de referencia	33,0	36,0	39,0	42,0	45,0	48,0	51,0	52,0	53,0	54,0	55,0	56,0	56,0	56,0	56,0	56,0	
Offset	10	43,0	46,0	49,0	52,0	55,0	58,0	61,0	62,0	63,0	64,0	65,0	66,0	66,0	66,0	66,0	66,0	Total
	Diferencia	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	1,3	2,8	3,2	5,0	2,0	3,5	4,1	4,6	27,0

Bien

Tabla 83: Diferencia entre los valores de referencia y los del índice de reducción aparente para el aula de arriba.

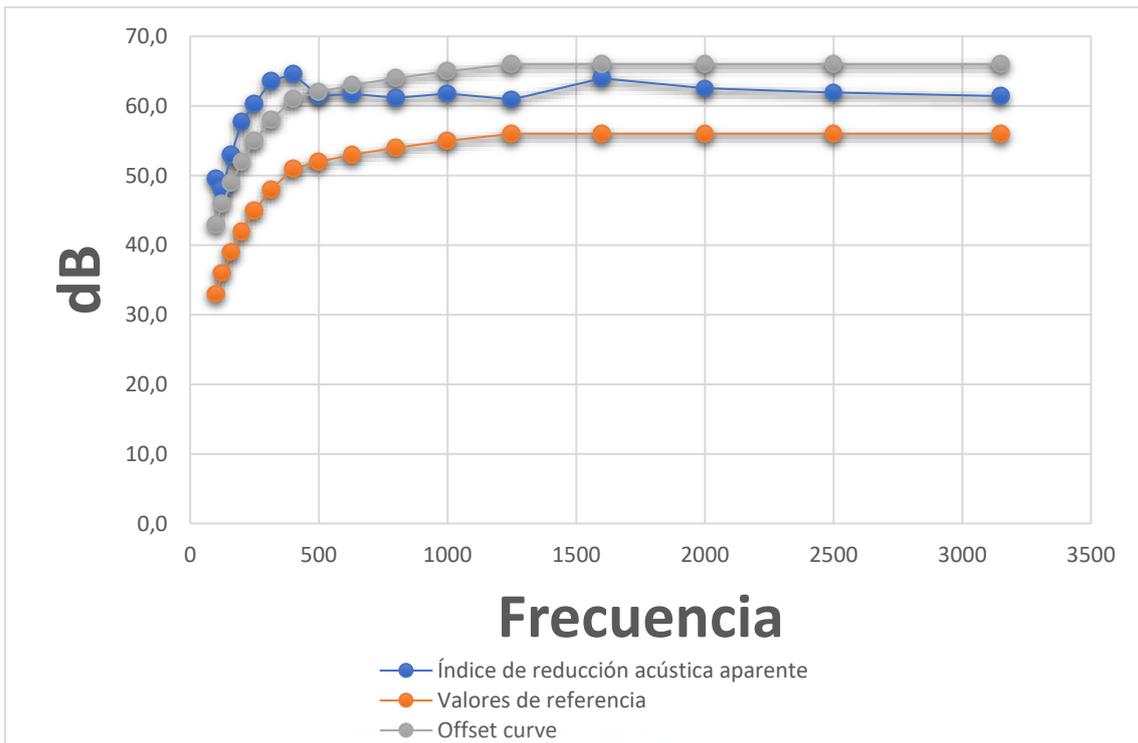


Figura 105: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los del índice de reducción acústico aparente, para el aula de arriba.

En este caso $L_{i1}-X_i$ es una operación intermedia que realmente es $10^{(L_{i1}-X_i)/10}$

	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
L11	-29	-26	-23	-21	-19	-17	-15	-13	-12	-11	-10	-9	-9	-9	-9	-9
L11-Xi (D)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
L11-Xi (Dn)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
L11-Xi (DnT)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
L11-Xi (R)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
L12	-20	-20	-18	-16	-15	-14	-13	-12	-11	-9	-8	-9	-10	-11	-13	-15
L12-Xi (D)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
L12-Xi (Dn)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
L12-Xi (DnT)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
L12-Xi (R)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

Tabla 84: Calculo de los términos de adaptación para el aula de arriba.

	1	2
Xaj	60	59
C	-1	-2

D _w	61,0 (-1; -2)
----------------	---------------

Tabla 85: Valor de la magnitud global de la diferencia en los niveles, para el aula de arriba.

	1	2
Xaj	60	59
C	-1	-2

D _{nw}	61,0 (-1; -2)
-----------------	---------------

Tabla 86: Valor de la magnitud global de la diferencia en los niveles normalizada, para el aula de arriba.

	1	2
Xaj	64	63
C	-1	-2

D _{nT_w}	65,0 (-1; -2)
-----------------------------	---------------

Tabla 87: Valor de la magnitud global de la diferencia en los niveles estandarizada, para el aula de arriba.

	1	2
Xaj	61	60
C	-1	-2

R _w	62,0 (-1; -2)
----------------	---------------

Tabla 88: Valor de la magnitud global del índice de reducción acústica aparente, para el aula de arriba.

- Exterior

Frecuencia Hz	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
Niveles de emisión (dB)	53,0	59,1	65,0	70,0	76,0	76,0	76,8	76,1	74,9	75,2	74,6	71,7	73,5	74,4	76,0	72,6
Niveles del receptor (dB)	18,7	19,2	24,0	28,5	27,5	21,5	18,0	16,1	17,0	17,1	16,2	16,2	13,9	13,0	11,8	11,2
Diferencia en los niveles (D)	34,4	39,9	41,0	41,5	48,6	54,5	58,8	60,0	57,9	58,1	58,4	55,4	59,6	61,5	64,2	61,4
Diferencia en los niveles normalizada (D _n)	28,6	33,9	34,1	32,8	40,9	45,9	49,9	50,3	48,6	48,6	48,5	45,5	49,6	51,4	54,1	51,5
Diferencia en los niveles estandarizada (D _{nT})	30,3	35,6	35,7	34,4	42,5	47,6	51,5	52,0	50,3	50,2	50,1	47,2	51,3	53,0	55,8	53,2
Índice de reducción acústica aparente (R')	28,6	33,9	34,1	32,7	40,8	45,9	49,8	50,3	48,6	48,5	48,5	45,5	49,6	51,3	54,1	51,5
Índice de reducción acústica aparente 45° (R'45°)	27,1	32,4	32,6	31,2	39,3	44,4	48,3	48,8	47,1	47,0	47,0	44,0	48,1	49,8	52,6	50,0
Niveles de referencia	33	36	39	42	45	48	51	52	53	54	55	56	56	56	56	56

Tabla 89: Resultados para los valores de referencia según las diferentes normas para el exterior.

	Diferencia en los niveles (D)	34,4	39,9	41,0	41,5	48,6	54,5	58,8	60,0	57,9	58,1	58,4	55,4	59,6	61,5	64,2	61,4
	Valores de referencia	33,0	36,0	39,0	42,0	45,0	48,0	51,0	52,0	53,0	54,0	55,0	56,0	56,0	56,0	56,0	56,0
Offset	5	38,0	41,0	44,0	47,0	50,0	53,0	56,0	57,0	58,0	59,0	60,0	61,0	61,0	61,0	61,0	61,0
	Diferencia	3,6	1,1	3,0	5,5	1,4	0,0	0,0	0,0	0,1	0,9	1,6	5,6	1,4	0,0	0,0	0,0
	Total																24,3

Bien

Tabla 90: Diferencia entre los valores de referencia y los de diferencia en los niveles para el exterior.

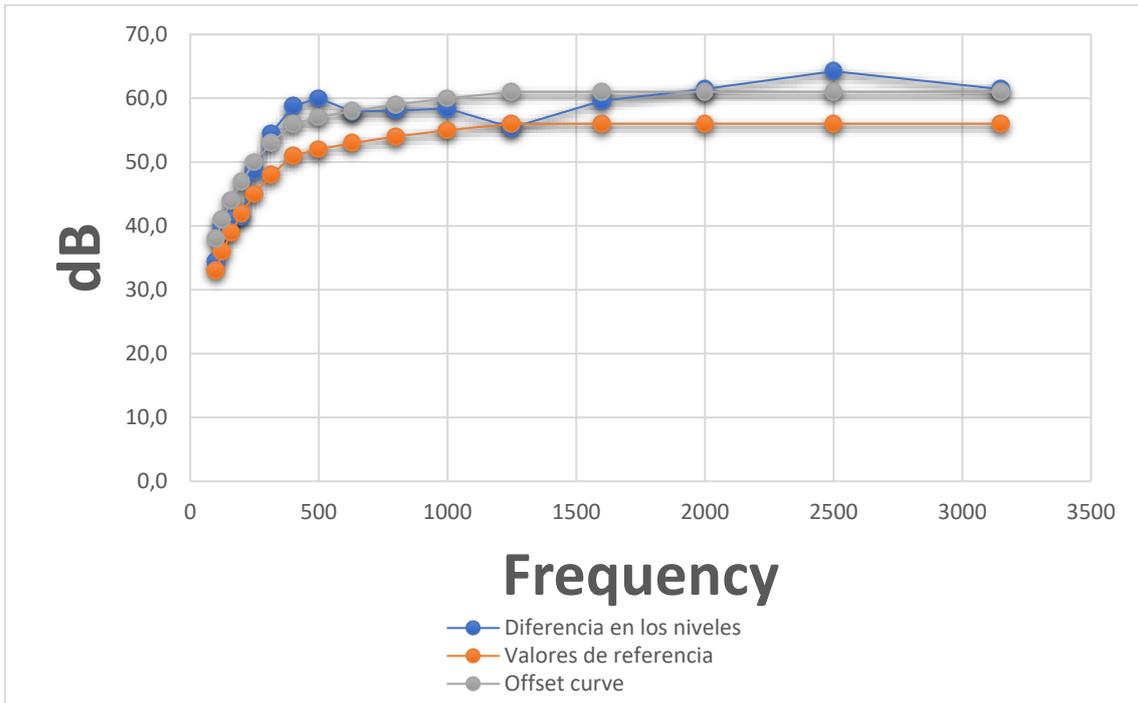


Figura 106: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los de la diferencia en los niveles, para el exterior.

	Diferencia en los niveles normalizada (Dn)	28,6	33,9	34,1	32,8	40,9	45,9	49,9	50,3	48,6	48,6	48,5	45,5	49,6	51,4	54,1	51,5	
	Valores de referencia	33,0	36,0	39,0	42,0	45,0	48,0	51,0	52,0	53,0	54,0	55,0	56,0	56,0	56,0	56,0	56,0	
Offset	-3	30,0	33,0	36,0	39,0	42,0	45,0	48,0	49,0	50,0	51,0	52,0	53,0	53,0	53,0	53,0	53,0	Total
	Diferencia	1,4	0,0	1,9	6,2	1,1	0,0	0,0	0,0	1,4	2,4	3,5	7,5	3,4	1,6	0,0	1,5	32

Bien

Tabla 91: Diferencia entre los valores de referencia y los de diferencia normalizada en los niveles para el exterior.

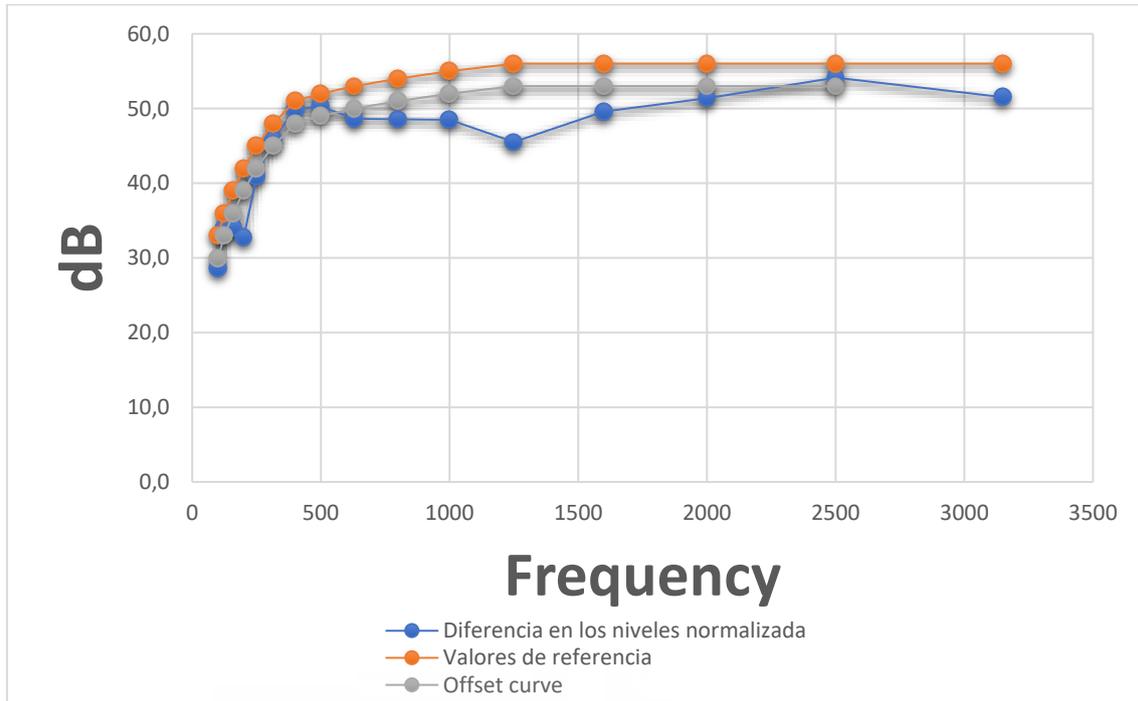


Figura 107: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los de la diferencia en los niveles normalizada, para el exterior.

Diferencia en los niveles estandarizada (DnT)	30,3	35,6	35,7	34,4	42,5	47,6	51,5	52,0	50,3	50,2	50,1	47,2	51,3	53,0	55,8	53,2	
Valores de referencia	33,0	36,0	39,0	42,0	45,0	48,0	51,0	52,0	53,0	54,0	55,0	56,0	56,0	56,0	56,0	56,0	
Offset	-2																
Diferencia	0,7	0,0	1,3	5,6	0,5	0,0	0,0	0,0	0,7	1,8	2,9	6,8	2,7	1,0	0,0	0,8	Total
																	24,8

Bien

Tabla 92: : Diferencia entre los valores de referencia y los de diferencia en los niveles estandarizada para el exterior.

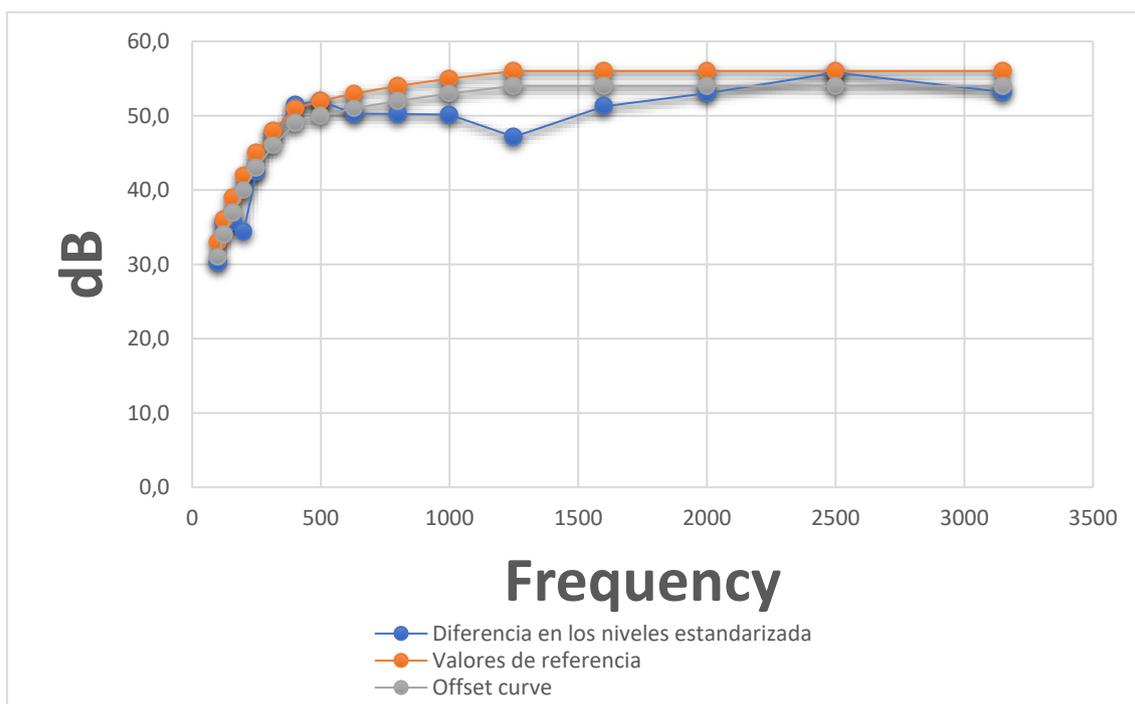


Figura 108: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los de la diferencia en los niveles estandarizada, para el exterior.

Índice de reducción acústica aparente (R')	28,6	33,9	34,1	32,7	40,8	45,9	49,8	50,3	48,6	48,5	48,5	45,5	49,6	51,3	54,1	51,5	
Valores de referencia	33,0	36,0	39,0	42,0	45,0	48,0	51,0	52,0	53,0	54,0	55,0	56,0	56,0	56,0	56,0	56,0	
Offset -4	29,0	32,0	35,0	38,0	41,0	44,0	47,0	48,0	49,0	50,0	51,0	52,0	52,0	52,0	52,0	52,0	
Diferencia	0,4	0,0	0,9	5,3	0,2	0,0	0,0	0,0	0,4	1,5	2,5	6,5	2,4	0,7	0,0	0,5	
Total																	21,2

Bien

Tabla 93: Diferencia entre los valores de referencia y los del índice de reducción aparente para el exterior.

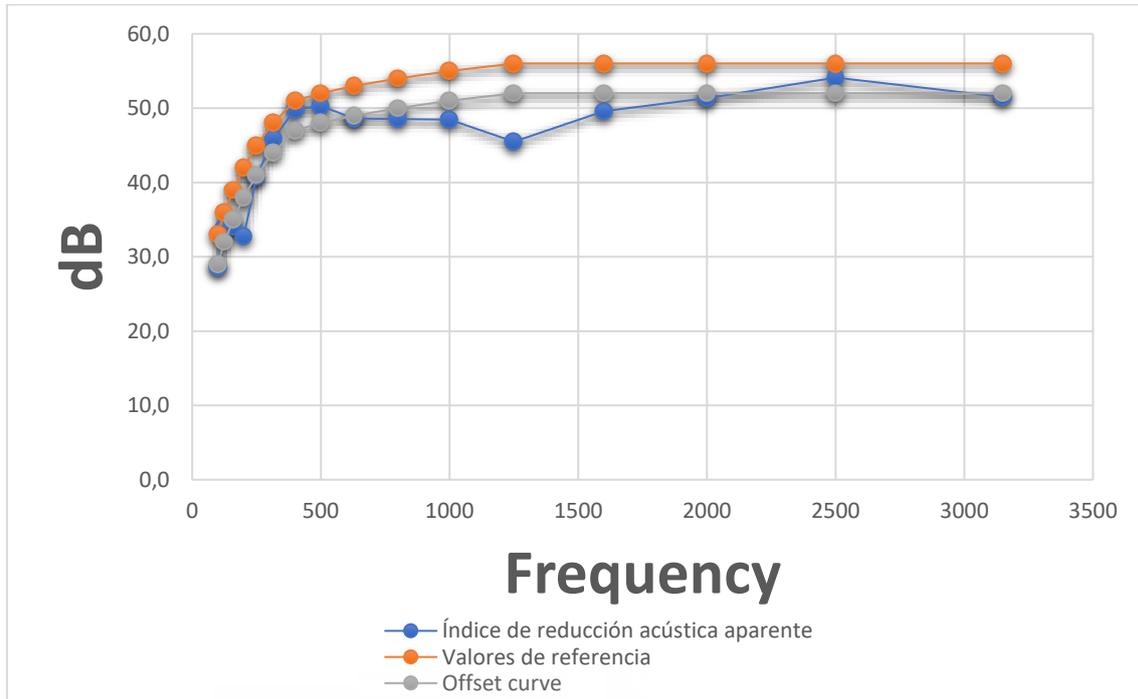


Figura 109: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los del índice de reducción acústica aparente, para el exterior.

Índice de reducción acústica aparente (R'45°)	27,1	32,4	32,6	31,2	39,3	44,4	48,3	48,8	47,1	47,0	47,0	44,0	48,1	49,8	52,6	50,0	
Valores de referencia	33,0	36,0	39,0	42,0	45,0	48,0	51,0	52,0	53,0	54,0	55,0	56,0	56,0	56,0	56,0	56,0	
Offset -5	28,0	31,0	34,0	37,0	40,0	43,0	46,0	47,0	48,0	49,0	50,0	51,0	51,0	51,0	51,0	51,0	Total
Diferencia	0,9	0,0	1,4	5,8	0,7	0,0	0,0	0,0	0,9	2,0	3,0	7,0	2,9	1,2	0,0	1,0	26,7

Bien

Tabla 94: Diferencia entre los valores de referencia y los del índice de reducción aparente 45° para el exterior.

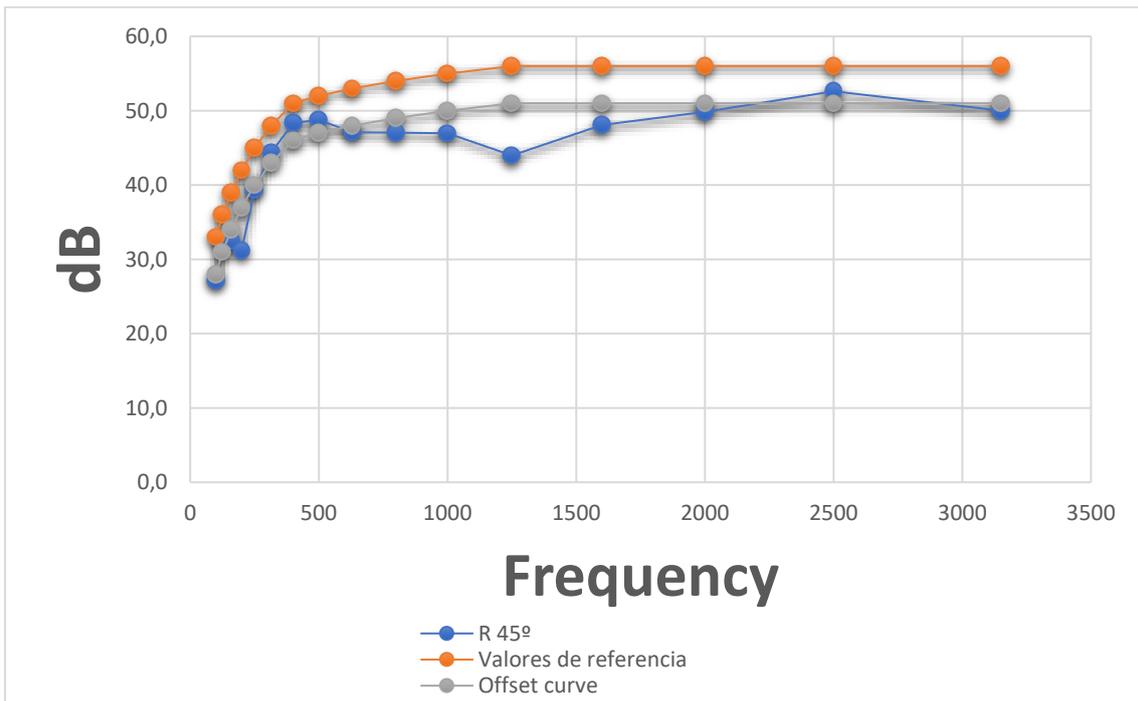


Figura 110: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los del índice de reducción acústica aparente 45°, para el exterior.



En este caso $L_{i1}-X_i$ es una operación intermedia que realmente es $10^{(L_{i1}-X_i)/10}$

	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
L_{i1}	-29	-26	-23	-21	-19	-17	-15	-13	-12	-11	-10	-9	-9	-9	-9	-9
L_{i1}-X_i (D)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000001	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
L_{i1}-X_i (Dn)	0,000002	0,000001	0,000002	0,000004	0,000001	0,000001	0,000000	0,000000	0,000001	0,000001	0,000001	0,000004	0,000001	0,000001	0,000000	0,000001
L_{i1}-X_i (DnT)	0,000001	0,000001	0,000001	0,000003	0,000001	0,000000	0,000000	0,000000	0,000001	0,000001	0,000001	0,000002	0,000001	0,000001	0,000000	0,000001
L_{i1}-X_i (R)	0,000002	0,000001	0,000002	0,000004	0,000001	0,000001	0,000000	0,000000	0,000001	0,000001	0,000001	0,000004	0,000001	0,000001	0,000000	0,000001
L_{i1}-X_i (R'45°)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000001	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000001	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
L_{i2}	-20	-20	-18	-16	-15	-14	-13	-12	-11	-9	-8	-9	-10	-11	-13	-15
L_{i2}-X_i (D)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
L_{i2}-X_i (Dn)	0,000001	0,000000	0,000001	0,000001	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
L_{i2}-X_i (DnT)	0,000001	0,000000	0,000000	0,000001	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
L_{i2}-X_i (R)	0,000001	0,000000	0,000001	0,000001	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
L_{i2}-X_i (R'45°)	0,000002	0,000001	0,000001	0,000002	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000001	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

Tabla 95: Cálculo de los términos de adaptación para el exterior.

	1	2
Xaj	55	50
C	-2	-7

D_w	57,0 (-2; -7)
-------	---------------

Tabla 96: Valor de la magnitud global de la diferencia en los niveles, para el exterior.

	1	2
Xaj	47	43
C	-2	-6

D_{n_w}	49,0 (-2; -6)
-----------	---------------

Tabla 97: Valor de la magnitud global de la diferencia en los niveles normalizada, para el exterior.

	1	2
Xaj	48	44
C	-2	-6

D_{nT_w}	50,0 (-2; -6)
------------	---------------

Tabla 98: Valor de la magnitud global de la diferencia en los niveles estandarizada, para el exterior.

	1	2
Xaj	47	43
C	-1	-5

R_w	48,0 (-1; -5)
-------	---------------

Tabla 99: Valor de la magnitud global del índice de reducción acústica aparente, para el exterior.

	1	2
Xaj	45	41
C	-2	-6

$R_{45^{\circ}_w}$	47,0 (-2; -6)
--------------------	---------------

Tabla 100: Valor de la magnitud global del índice de reducción acústica aparente 45°, para el exterior.

7.2. IMÁGENES ADICIONALES

A continuación, se mostrarán las imágenes correspondientes a las posiciones de medida.

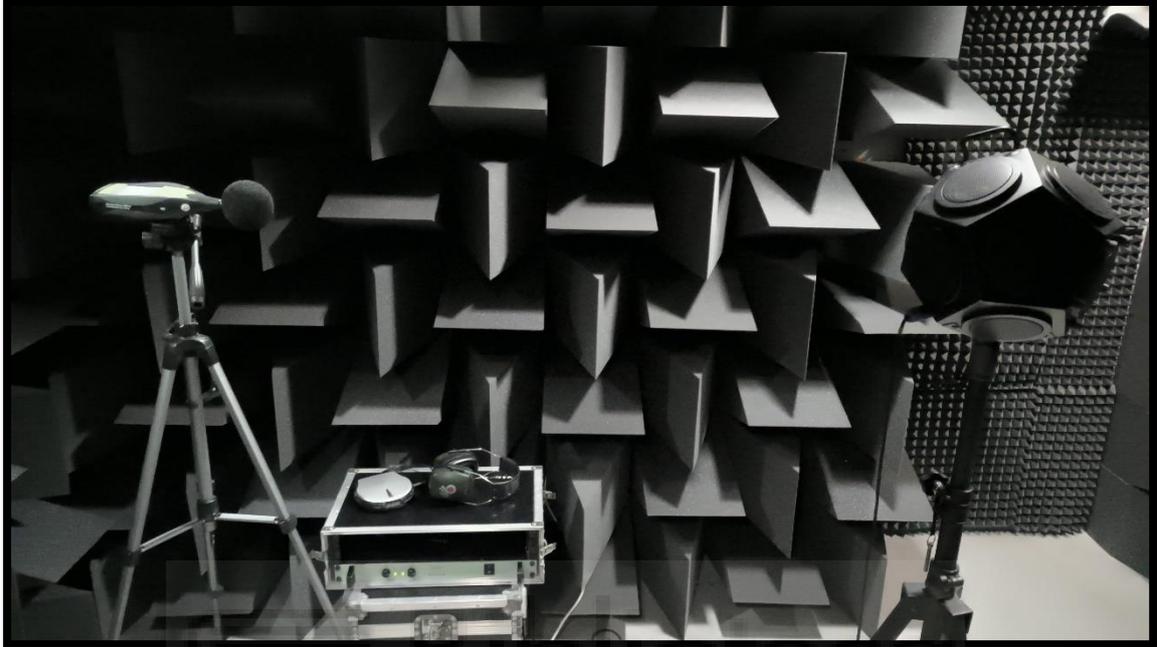


Figura 111: Posición de fuente 1 primera medida, en el interior de la sala acústica.

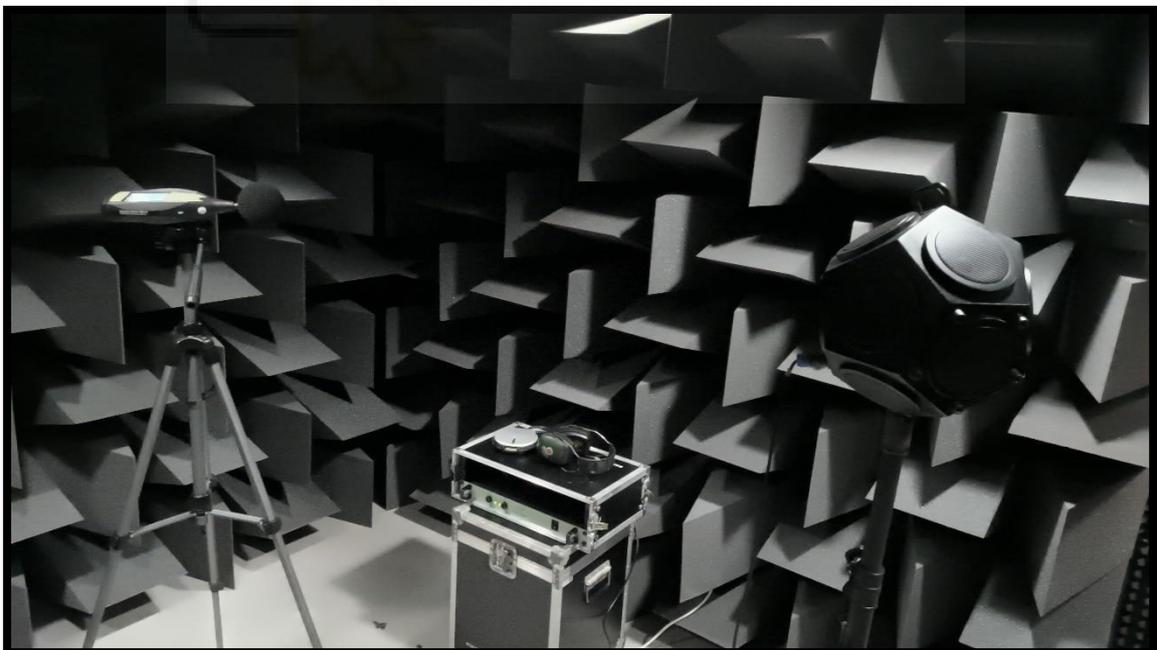


Figura 112: Posición de fuente 1 segunda medida, en el interior de la sala acústica.



Figura 113: Posición de fuente 1 tercera medida, en el interior de la sala acústica.

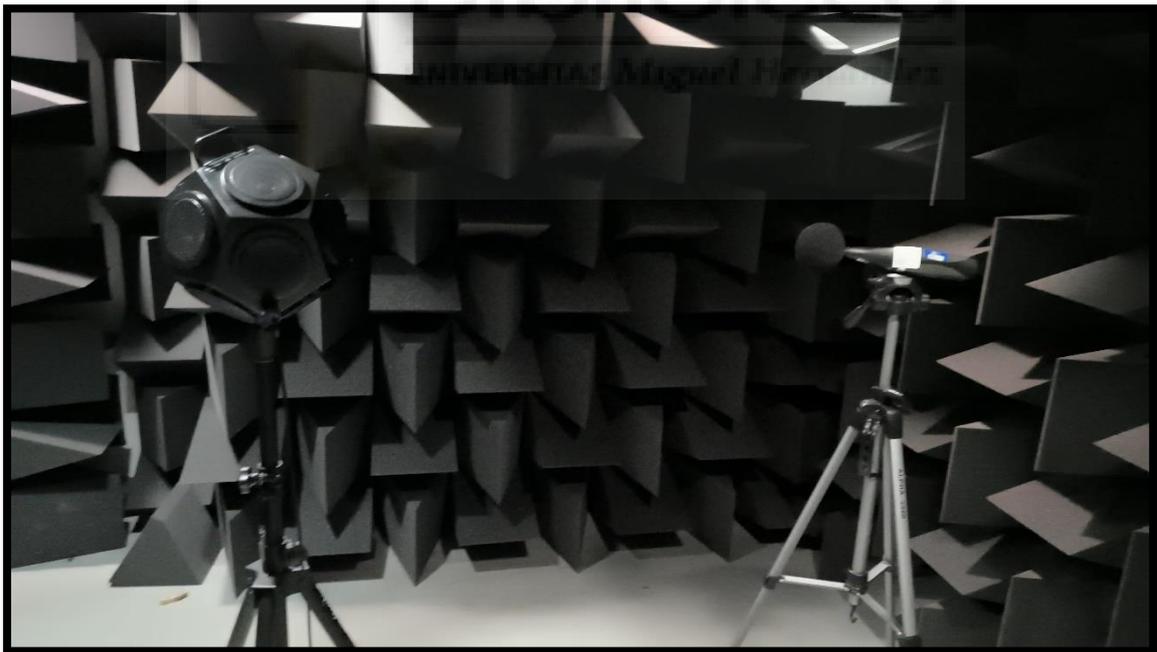


Figura 114: Posición de fuente 1 cuarta medida, en el interior de la sala acústica.



Figura 115: Posición de fuente 1 quinta medida, en el interior de la sala acústica.



Figura 116: Posición de fuente 2 primera medida, en el interior de la sala acústica.



Figura 117: Posición de fuente 2 segunda medida, en el interior de la sala acústica.

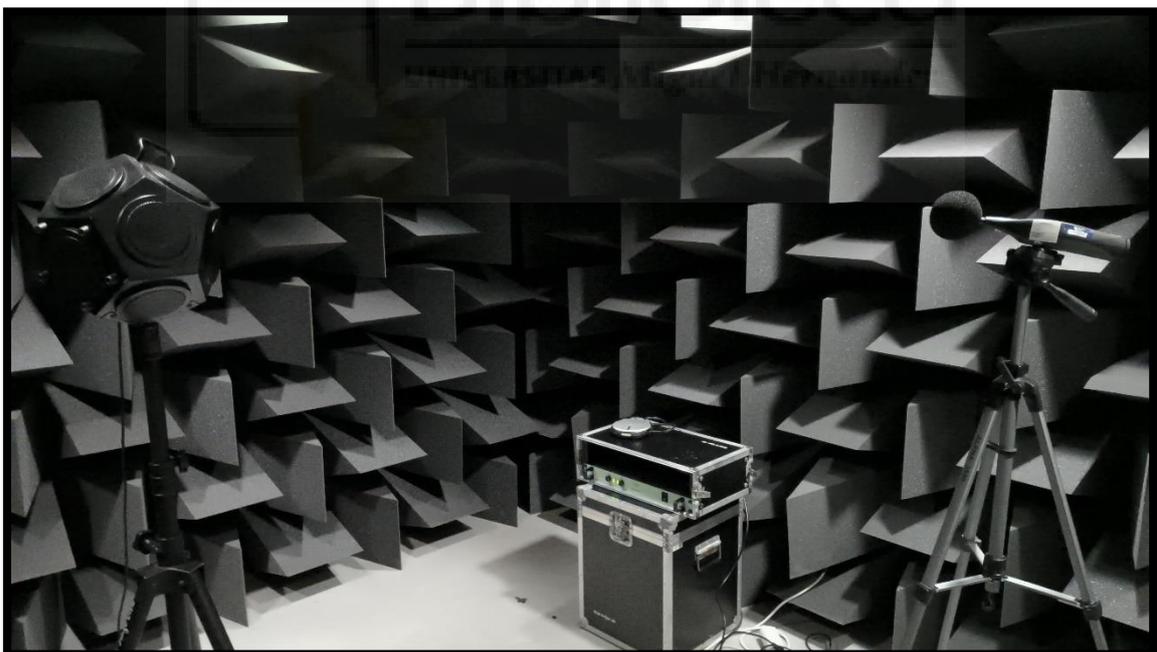


Figura 118: Posición de fuente 2 tercera medida, en el interior de la sala acústica.



Figura 119: Posición de fuente 2 cuarta medida, en el interior de la sala acústica.



Figura 120: Posición de fuente 2 quinta medida, en el interior de la sala acústica.



Figura 121: Primera posición, en el pasillo.



Figura 122: Segunda posición, en el pasillo.



Figura 123: Tercera posición, en el pasillo.



Figura 124: Cuarta posición, en el pasillo.



Figura 125: Quinta posición, en el pasillo.



Figura 126: Primera posición, en el laboratorio.



Figura 127: Segunda posición, en el laboratorio.



Figura 128: Tercera posición, en el laboratorio.



Figura 129: Cuarta posición, en el laboratorio.



Figura 130: Quinta posición, en el laboratorio.



Figura 131: Primera posición, en el almacén.



Figura 132: Segunda posición, en el almacén.

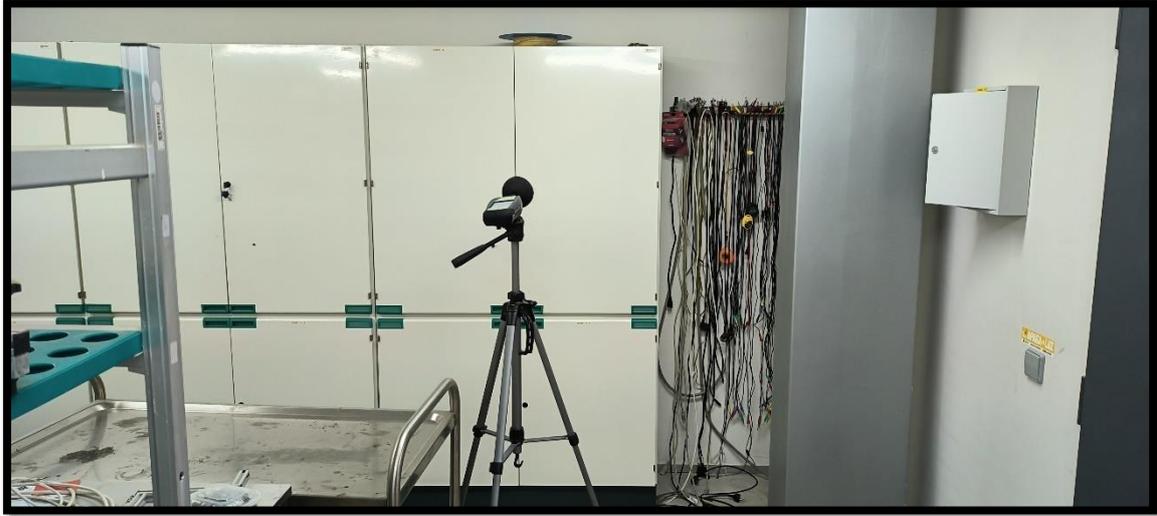


Figura 133: Tercera posición, en el almacén.



Figura 134: Cuarta posición, en el almacén.



Figura 135: Quinta posición, en el almacén.



Figura 136: Primera posición, en el pasillo de arriba.



Figura 137: Segunda posición, en el pasillo de arriba.



Figura 138: Tercera posición, en el pasillo de arriba.



Figura 139: Cuarta posición, en el pasillo de arriba.



Figura 140: Quinta posición, en el pasillo de arriba.



Figura 141: Primera posición, en el aula de arriba.

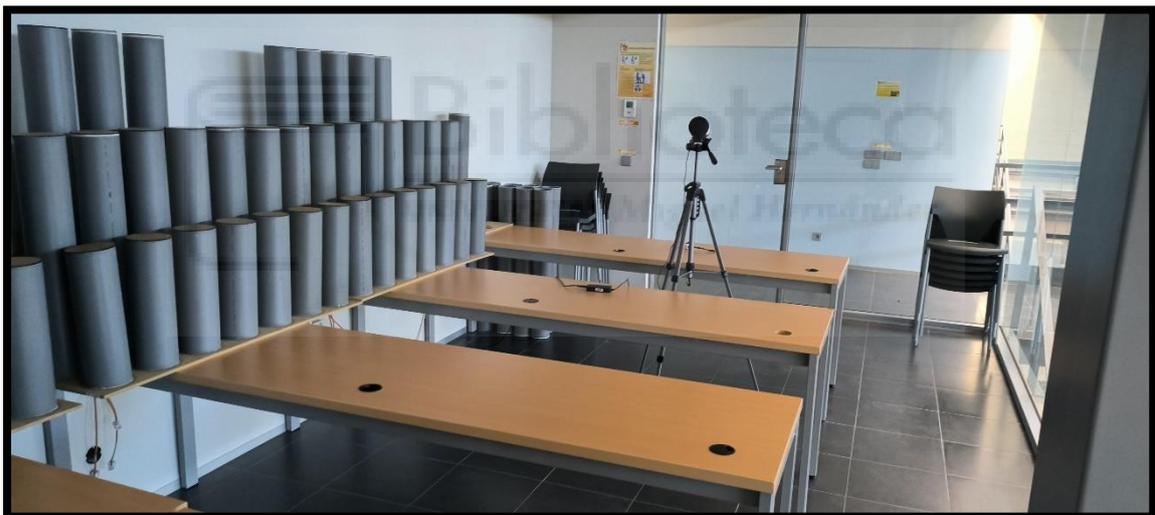


Figura 142: Segunda posición, en el aula de arriba.



Figura 143: Tercera posición, en el aula de arriba.



Figura 144: Cuarta posición, en el aula de arriba.



Figura 145: Quinta posición, en el aula de arriba.



7.3. FICHAS TÉCNICAS

A continuación, se indicarán los anexos que se adjuntarán a este documento.

Ficha técnica LAN-XI Light 4-channel Data Acquisition Module Types 3676 and 3677

[7]:



BRÜEL & KJÆR® Data Acquisition Hardware

LAN-XI Light 4-channel Data Acquisition Module Types 3676 and 3677

LAN-XI Light Types 3676 and 3677 are stand-alone, 4-channel 25.6 kHz data acquisition units that are designed to cover a wide range of sound and vibration real-time analysis applications.

As part of the renowned LAN-XI hardware platform, both modules offer quality, durability and reliability for low-channel-count measurement set-ups. Their rugged design makes them well-suited for use in the field, as well as the lab.

The analogue input channels cover signals with frequencies from DC to 25 kHz, which is ideal for many NVH applications. They support direct voltage signals and transducers with TEDS (transducer electronic data sheet). They also provide conditioning for CCLD transducers such as microphones, accelerometers, binaural recording headsets and Sound Quality HATS.

LAN-XI also supports a programmer's interface: LAN-XI Open API (application protocol interface). All modules include access to the API as standard.

Type 3676 includes Front Panel UA-2100-040, which has:

- Four input channels with BNC connectors

Other front panels cannot be used with the Type 3676 module.

Type 3677 includes Front Panel UA-3100-041, which has:

- Four input channels with BNC connectors
- One output channel with BNC connector with a frequency range: 0 to 25.6 kHz.

The output channel can be used as a high-quality signal generator to supply the signals necessary for performing system analysis in audio, electroacoustic and vibration test applications

You can detach Type 3677's standard front panel, UA-3100-041, and exchange it with optional Front Panel UA-3102-041 to support 200 V microphones requiring 7-pin LEMO connectors.

Uses and Features

Uses

As a data acquisition solution for NVH Simulator, Sonoscout™, BK Connect®, PULSE™ LabShop and PULSE Time Data Recorder software applications, LAN-XI Light provides real-time analysis for:

- General sound and vibration measurements
- NVH (noise, vibration and harshness) recording and analysis
- Monitoring vehicle parameters
- Sound quality metrics (loudness, sharpness, articulation index)

Features

- DC to 25.6 kHz input range (sampling rate 65.5 kHz)
- Built-in constant current line drive (CCLD) to power sensors
- LAN interface
- LED indicators on each channel (conditioning, cable break)

- Power: Mains, DC, battery or PoE (IEEE 802.3af)
- Robust casing
- Platform-independent open API
- Stand-alone recorder application (LAN-XI Notar)
- Generator (Type 3677 only):
 - One output channel with full generator functionality from 0 to 25.6 kHz
 - Can be set up using graphical tools of BK Connect. Control excitation type, frequency parameters, output level, level ramp up/down times, and burst excitation
 - Waveforms determined by software. BK Connect supports sine (fixed frequency), stepped sine, continuous and burst random, periodic and pseudo-random, white noise and user-defined waveforms



Type 3676

Type 3677

(with optional front panel UA-3102-041)

Compliance with Standards

   	<p>The CE marking is the manufacturer's declaration that the product meets the requirements of the applicable EU directives</p> <p>RCM mark indicates compliance with applicable ACMA technical standards – that is, for telecommunications, radio communications, EMC and EME</p> <p>China RoHS mark indicates compliance with administrative measures on the control of pollution caused by electronic information products according to the Ministry of Information Industries of the People's Republic of China</p> <p>WEEE mark indicates compliance with the EU WEEE Directive</p>
Safety	EN/IEC 61010-1 and ANSI/UL 61010-1: Safety requirements for electrical equipment for measurement, control and laboratory use
EMC Emission	EN/IEC 61000-6-4: Generic emission standard for industrial environments EN/IEC 61000-6-3: Generic emission standard for residential, commercial, and light-industrial environments CISPR 32: Radio disturbance characteristics of information technology equipment. Class B Limits
EMC Immunity	EN/IEC 61000-6-1: Generic standards – Immunity for residential, commercial and light industrial environments EN/IEC 61000-6-2: Generic standards – Immunity for industrial environments EN/IEC 61326: Electrical equipment for measurement, control and laboratory use – EMC requirements NOTE: The above is only guaranteed using accessories listed in this document
Temperature	IEC 60068-2-1 & IEC 60068-2-2: Environmental Testing. Cold and Dry Heat Ambient Operating Temperature: – 10 to +55 °C (14 to 131 °F) Storage Temperature: – 25 to +70 °C (– 13 to +158 °F)
Humidity	IEC 60068-2-78: Damp Heat: 93% RH (non-condensing at 40 °C (104 °F))
Mechanical (non-operating)	IEC 60068-2-6: Vibration: 0.3 mm, 2 g, 10 – 500 Hz IEC 60068-2-27: Shock: 100 g IEC 60068-2-29: Bump: 1000 bumps at 25 g
Enclosure	IEC 60529: Protection provided by enclosures: IP 31

Specifications – LAN-XI Light Stand-alone Data Acquisition Module (25.6 kHz) Types 3676 and 3677

POWER REQUIREMENTS

DC Input: 10 – 32 V DC

Connector: LEMO, FFA.00.113, ground on shield

Power Consumption:

- **DC Input:** <15 W
- **Typical Operating Time on Battery Type 2831-A:** > 7 hours
- **Supply via PoE:** According to IEEE 802.3af, max. cable length 100 m

Temperature Protection: Temperature sensor limits module's internal temperature to 80 °C (176 °F). If temperature exceeds limit, system will shut down the module

LAN

Connector type RJ45

DIMENSIONS AND WEIGHT

Height: 132.6 mm (5.22 in)

Width: 27.5 mm (1.08 in)

Depth: 248 mm (9.76 in)

Weight: 750 g (1.65 lb)

ANALOGUE INPUT CHANNELS

Frequency Range	DC to 25.6 kHz or any range defined by high-pass filters and by software decimation set under 'frequency span'				
Sampling Rate	65.5 k samples/s				
A/D Conversion	24 bit				
Data Transfer	24 bit				
Input Voltage Ranges	Type 3676	1 – 10 V _{peak}			
	Type 3677	0.25 – 10 V _{peak}			
Input Signal Coupling	Differential	Signal Ground is 'Floating' (1 MΩ re chassis)			
	Single-ended	Signal ground is connected to chassis ('Grounded')			
Input Impedance	Direct: 1 MΩ <300 pF CCLD: >100 kΩ <300 pF				
Absolute Maximum Input	±60 V _{peak} without damage				
High-pass Filters		– 0.1 dB *	–10% @ **	–3 dB @ **	Slope
* Defined as the lower frequency, f _L , for guaranteed fulfilment of –0.1 dB accuracy	0.1 Hz – 10% digital high-pass filter	0.5 Hz	0.1 Hz	0.05 Hz	– 20 dB/dec.
** Defined as the nominal –10%/–3 dB filter frequency	0.7 Hz – 0.1 dB digital high-pass filter	0.7 Hz	0.15 Hz	0.073 Hz	
*** Single analogue pole and 2nd order digital filter section	1 Hz – 10% analogue high-pass filter	5 Hz	1.0 Hz	0.5 Hz	– 20 dB/dec.
	7 Hz – 0.1 dB digital high-pass filter	7 Hz	1.45 Hz	0.707 Hz	
	22.4 Hz – 0.1 dB analogue*** high-pass filter	22.4 Hz	14.64 Hz	11.5 Hz	– 60 dB/dec.
	Intensity filter (analogue)	112 Hz	23.00 Hz	11.2 Hz	– 20 dB/dec.

Absolute Amplitude Precision, 1 kHz, 1 V_{input}		±0.05 dB, typ. ±0.01 dB	
Amplitude Linearity (linearity in one range)	0 to 60 dB below full scale	±0.1 dB, typ. ±0.01 dB	
	60 to 80 dB below full scale	±0.2 dB, typ. ±0.02 dB	
	80 to 100 dB below full scale	typ. ±0.05 dB	
Overall Frequency Response, re 1 kHz, from lower limit f_L to upper limit f_U f _L is defined as the lower frequency for guaranteed fulfilment of -0.1 dB accuracy (see High-pass Filters) f _U is defined as the chosen frequency span		±0.1 dB	
Noise:	Input Range	GUARANTEED	TYPICAL
Measured lin. 10 Hz to 25.6 kHz (Input terminated by 50 Ω or less)	0.25 V _{peak} (Type 3677) or 1 V _{peak} (Type 3676)	< 7.5 μV _{rms} (< 47 nV _{rms} /√Hz @ 1 kHz)	< 5.5 μV _{rms} (< 35 nV _{rms} /√Hz @ 1 kHz)
	10 V _{peak}	< 75 μV _{rms} (< 470 nV _{rms} /√Hz @ 1 kHz)	< 55 μV _{rms} (< 350 nV _{rms} /√Hz @ 1 kHz)
Spurious-free Dynamic Range re full-scale input (Input terminated by 50 Ω or less) Spurious-free dynamic range is defined as the ratio of the rms full-scale amplitude to the rms value of the peak non-harmonic spectral component	Input Range	TYPICAL	
	0.25 V _{peak} (Type 3677) or 1 V _{peak} (Type 3676)	130 dB	
10 V _{peak}	130 dB		120 dB with DC coupling
	120 dB with DC coupling		
DC Offset re Full Scale Measured after automatic DC compensation at current temperature when changing from AC to DC coupling or changing input range when DC coupled		GUARANTEED	TYPICAL
		< -80 dB	< -90 dB
Harmonic Distortion (all harmonics)		GUARANTEED	TYPICAL
		-80 dB in 0.25 V (Type 3677) or 1 V (Type 3676) range, -75 dB in 10 V range	-100 dB @ 1 kHz
Crosstalk: Between any two channels	Frequency Range	GUARANTEED	TYPICAL
	0 - 25.6 kHz	< -80 dB	-100 dB
Channel-to-Channel Match Input ranges: • 10 V _{peak} • 0.25 V _{peak} (Type 3677) • 1 V _{peak} (Type 3676)	Maximum Gain Difference f _L is defined as the -0.1 dB filter frequency	GUARANTEED	TYPICAL
	Maximum Phase Difference f _L is defined as the -0.1 dB filter frequency	0.2 dB from lower frequency limit, f _L , to 25.6 kHz (0.4 dB at -10% filter frequency)	±0.05 dB
		180162	
Common Mode Rejection	0.1 - 120 Hz	GUARANTEED	TYPICAL
	120 Hz - 1 kHz	60 dB	65 dB
	1 kHz - 25.6 kHz	50 dB	55 dB
		30 dB	40 dB
Absolute Max. Common Mode Voltage	±5 V _{peak} without damage		
	±3 V _{peak} without clipping		
	If common mode voltage exceeds the max. value, care must be taken to limit the signal ground current in order to prevent damage. Maximum is 100 mA. The instrument will limit the voltage to the stated max. 'without damage' common mode value		
Anti-aliasing Filter At least 90 dB attenuation of those frequencies that can cause aliasing	Filter Type	3rd order Butterworth	
	-0.1 dB @	25.6 kHz	
	-3 dB @	64 kHz	
	Slope	-18 dB/octave	
Supply for Microphone Preamplifiers (Type 3677 only)		±14.0 V, max. 100 mA per channel (max. 100 mA total/module)	
Supply for Microphone Polarization (Type 3677 with UA-3102-041 only)		200 V ±1 V, or 0 V (set per channel)	
Supply for CCLD		3.6 mA from 24 V source	
		If any CCLD-coupled channel is paralleled with another channel, this must also be CCLD-coupled. Otherwise the signal might be clipped by the paralleled channel	
Tacho Supply		CCLD for Type 2981 (Power supply for legacy types MM-0012 and MM-0024 not available)	
Analogue Special Functions		Microphone Charge Injection Calibration (CIC): Type 3677 with optional front panel UA-3102-041 (7-pin LEMO) supports CIC via dedicated application software and Automation interface Transducers: Supports IEEE 1451.4-capable transducers with standardized TEDS	

Overload Detection	<p>Signal Overload: Detection level in 0.25 V range: $\pm 0.25 V_{\text{peak}}$; in 10 V range: $\pm 10 V_{\text{peak}}$ (in CCLD mode: $\pm 7 V_{\text{peak}}$)</p> <p>CCLD Overload: Detection of cable break or short-circuit + detection of CCLD transducer working point fault. Detection level: +2 V/20 V</p> <p>Microphone Preamplifier Overload: Detection of microphone preamplifier current consumption too high or too low. Detection level default is 10 mA/ 1 mA. Adjustable detection level of 1 to 20 mA, or 100 mA if disabled</p> <p>Common Mode Voltage Overload: Detection level: $\pm 3 V$</p>
Protection	<p>If signal input level exceeds the measuring range significantly, the input will go into protection mode until the signal goes beyond the detection level again – but at least for 0.5 s. While in protection mode, the input is partly switched off and the input impedance is strongly increased. (The measured value will be strongly attenuated but still detectable)</p> <p>Direct mode detection level: $\pm 33 V_{\text{peak}}$ CCLD mode detection level: $+27/ -2 V_{\text{peak}}$</p>

OUTPUT CHANNEL (TYPE 3677 ONLY)

Output Connector	1 × BNC	
Output Coupling	DC	
Signal Ground Coupling	Floating or grounded to chassis	
D/A Conversion	24 bit	
DC Offset (DC Value set to 0 V)	$\leq 1 \text{ mV}$ auto-adjusted by loopback ($< -80 \text{ dB}$ re full scale)	
Output Voltage Range (DC)	0 to $\pm 10 \text{ V} \pm 0.5\%$ of requested value	
Output Voltage Range (AC)	$10 \mu\text{V}_{\text{peak}} - 10 \text{ V}_{\text{peak}}$	
Output Impedance	50 Ω	
Output Load	Max. $40 \text{ mA}_{\text{peak}}$	
Frequency Range	0 – 25.6 kHz	
Frequency Response re 1 kHz	$\pm 0.1 \text{ dB}$, 1 MHz to 25.6 kHz	
Frequency Accuracy	0.00025%	
Frequency Resolution	1 MHz (defined in BK Connect)	
Phase Resolution	100 mdegrees (defined in BK Connect)	
Phase Deviation Between Channels	< 20 mdegrees for frequencies below 1 kHz	
Waveform	Software-determined arbitrary waveforms up to 2 Msamples Waveforms available in BK Connect: Single fixed sine (continuous), stepped sine, random (continuous or burst), pseudo-random, periodic random. User-defined, arbitrary waveforms up to 25.6 kHz can be streamed or downloaded.	
Amplitude Linearity @ 1 kHz $\pm 0.1 \text{ dB}$	GUARANTEED	TYPICAL
	0 – 100 dB below $7 V_{\text{rms}}$	0 – 110 dB below $7 V_{\text{rms}}$
Noise μV_{rms} (nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$) in 50 kHz bandwidth	GUARANTEED	TYPICAL
	up to $316 \text{ mV}_{\text{peak}}$	$1 \mu\text{V}_{\text{rms}}$ (4.4 nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$)
	up to $10 \text{ V}_{\text{peak}}$	$10 \mu\text{V}_{\text{rms}}$ (44 nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$)
Harmonic Distortion Products	0 – 25.6 kHz	$< -80 \text{ dB}$ re full range output
Spurious In Band (non-harmonic)	0 – 25.6 kHz	$< -100 \text{ dB}$ re full range output or $1 \mu\text{V}$, whichever is greater
Spurious Out of Band (non-harmonic)	Up to 1 MHz	$< -80 \text{ dB}$ re full range output
Absolute Amplitude Precision $@ 23 \text{ }^\circ\text{C}$, 1 kHz, $1 V_{\text{rms}}$	GUARANTEED	TYPICAL
		$\pm 0.05 \text{ dB}$
Crosstalk Between output channels and between any output channel and any input channel terminated by less than 50 Ω (unloaded generator output)	0 – 25.6 kHz	GUARANTEED
		-120 dB
Common Mode Rejection	1 Hz – 1 kHz	GUARANTEED
		60 dB
Maximum Common Mode Voltage	$5 V_{\text{peak}}$, DC – 80 MHz	If common mode voltage exceeds the max. value, care must be taken to limit the signal ground current in order to prevent damage. Max. is 100 mA. The instrument will limit the voltage to the stated max. "without damage" common mode value
Reconstruction Filter	Sixth order Butterworth (-3 dB frequency = 120 kHz typically)	
Attenuation of Mirror Frequencies	$> 80 \text{ dB}$	
Overload Detection	Reported to BK Connect; indicated by light rings on output connectors for output voltage above $11 V_{\text{peak}}$ and output current above $40 \text{ mA}_{\text{peak}}$	

Ordering Information

Type 3676-B-040-R LAN-XI Light 4-ch. Stand-alone Input Module, 25.6 kHz

Includes the following accessories:

- UA-2100-040: Detachable front panel with 4 × BNC input connectors
- ZG-0426: Power supply via mains (100 – 240 V)
- AO-1450: LAN Cable, shielded CAT 6, RJ 45 (M), 2 m (6.5 ft)

Type 3677-A-041-R LAN-XI Light 4+1-ch. Stand-alone Input/Output Module, 25.6 kHz

Includes the following accessories:

- UA-3100-041: Detachable front panel with 4 × BNC input connectors and 1 × BNC generator output
- ZG-0426: Power supply via mains (100 – 240 V)
- AO-1450: LAN Cable, shielded CAT 6, RJ 45 (M), 2 m (6.5 ft)

Calibration Services for Data Acquisition Modules

ANA-LNXI-CAF Accredited Calibration
ANA-LNXI-CAI Initial Accredited Calibration

ANA-LNXI-CTF Traceable Calibration
ANA-LNXI-TCF Conformance Test with Certificate

Supported Brüel & Kjær Products

CABLING AND ADAPTERS

AO-0087-x-yyy* Cable, coax single screen, BNC (M) to BNC (M), max. +85 °C (+185 °F)
AO-0414-x-yyy* Cable, 7-pin LEMO (1B F) to 7-pin LEMO (1B M), max. +80 °C (+176 °F)
AO-0479-x-yyy* Cable, 7-pin LEMO (1B M) to BNC (M), max. +80 °C (+176 °F)
AO-0531-x-yyy* Cable, coax, 10–32 UNF (M) to BNC (M), max. +80 °C (+176 °F)
JJ-0152 Adapter, T-shaped BNC (M) to dual BNC (F)
JP-0145 Adapter, BNC (M) to 10–32 UNF (F), straight

LAN-XI PLATFORM OPTIONS AND ACCESSORIES

Type 2831-A Battery Module
UA-3102-041 Front panel with 4 × LEMO input connectors and 1 × BNC output (for Type 3677 only)
Type 3660-A-20x† Wireless LAN Frame
ZG-0858 DC Power Charger, car utility connector to Type 2831-A
AO-0546 DC Power Cable, car utility connector to single module

SENSORS

A wide range of Brüel & Kjær accelerometers, microphones, preamplifiers and sound intensity probes is available for use with a LAN-XI-based systems. The system supports IEEE 1451.4-capable transducers with standardized TEDS. Visit bksv.com/transducers for more information

SOFTWARE

BK Connect software applications and applets support the entire LAN-XI platform, including LAN-XI Light. See the individual product data for limitations and requirements. For more information on this software platform, visit bksv.com/bkconnect. Sonoscout NVH Recorder BZ-5950 supports selected products in the LAN-XI platform, including LAN-XI Light. See product data [BP 2463](#) for details.

* x = D (decimetres) or M (metres); yyy = length in decimetres or metres. Please specify cable length when ordering

† Where x = 0 or 1. Type 3660-A-200 is for international use (except Japan), Type 3660-A-201 is for use in Japan only.



Skodsborgvej 307 · DK-2850 Nærum · Denmark
Telephone: +45 77 41 20 00 · Fax: +45 45 80 14 05
www.bksv.com · info@hbkworl.com
Local representatives and service organizations worldwide

To learn more about all HBK offerings, please visit hbkworl.com

Although reasonable care has been taken to ensure the information in this document is accurate, nothing herein can be construed to imply representation or warranty as to its accuracy, currency or completeness, nor is it intended to form the basis of any contract. Content is subject to change without notice – contact HBK for the latest version of this document.

Brüel & Kjær and all other trademarks, service marks, trade names, logos and product names are the property of Hottinger Brüel & Kjær A/S or a third-party company.

Ficha técnica de sonómetro 2250 [7]:



Analizadores portátiles Tipo 2250 y 2270

para los Tipos 2250-S, 2250-S-C, 2270-S y 2270-S-C

Los analizadores Tipo 2250 y 2270 son unos innovadores analizadores portátiles de Brüel & Kjær. La filosofía de diseño sencilla, segura e inteligente de estos analizadores se basa en una investigación exhaustiva. El Tipo 2250 ha sido galardonado con varios premios por su excelente ergonomía y su diseño.

Ambos analizadores pueden alojar varias aplicaciones, entre las que se incluyen, el análisis de frecuencia, el registro de datos, TRF, la acústica de edificios y la grabación de señales. Además, el analizador Tipo 2270 permite realizar mediciones de forma simultánea con dos micrófonos, dos acelerómetros o con un micrófono y un acelerómetro. Todos los módulos de aplicación se pueden pedir como parte de instrumento completamente preconfigurado o por separado en cualquier momento, en función de las necesidades.

La combinación de los módulos de aplicación con el hardware innovador convierte a estos analizadores en soluciones especializadas para tareas de medición de alta precisión, en entornos y áreas ocupacionales e industriales. Junto con la aplicación de campo de Measurement Partner, la compatibilidad con MP Cloud, y Measurement Partner Suite, que permite el postprocesamiento, estos módulos ofrecen una solución completa capaz de abordar todas sus necesidades de mediciones.



Usos y características

Usos

- Mediciones del sonido de Clase 1 de acuerdo con las normas internacionales más recientes
- Evaluación del ruido ambiental y evaluación de tono (1/3 de octava y TRF)
- Mediciones del nivel de volumen y de ruido
- Evaluación del ruido en puestos de trabajo
- Mediciones de tiempo de reverberación (consulte [BP 2194](#))
- Acústica de edificios (consulte [BP 2194](#))
- Control de calidad de productos (consulte [BP 2456](#))
- Identificación de fuentes de ruido mediante la intensidad sonora (consulte [BP 2476](#))*
- Calibración de audiómetros
- Análisis en tiempo real en bandas de 1/1 y 1/3 de octava
- Análisis de perfiles de registro para parámetros de banda ancha y espectros
- Mediciones de criterios de vibración
- Vibración de edificios de baja frecuencia de acuerdo con las normas ISO 8041:05 y DIN 45669-1:2010-09
- Mediciones de vibración humana de mano-brazo y de cuerpo entero (RMS, MTVV y factor de cresta)
- Mediciones de infrasonido (ponderación G) según las normas ISO 7196:1995 y ANSI S1.42-2001 (R2011)

* Solo para el Tipo 2270.

Características

- Hardware:
 - Funcionalidad de 2 canales con cualquier combinación de micrófonos y acelerómetros*
 - Pantalla táctil de color, grande y de alta resolución
 - Comunicación mediante USB, LAN y opciones para la comunicación por Wi-Fi o 4G
 - Cámara digital integrada para documentación y referencia*
 - Detección y corrección automática de la pantalla antiviento
 - Sólido y hermético (IP 44)
- Software:
 - Rango dinámico superior a 123 dB(A)
 - Rango lineal de banda ancha entre 0,5 Hz y 20 kHz
 - Configuración personalizada de la medida, la visualización y el trabajo
 - Indicadores de calidad mediante emoticonos con consejos y advertencias
 - Temporizadores para el inicio automático de la medición
 - Measurement Partner Cloud (MP Cloud)
 - Measurement Partner Field App
 - Measurement Partner Suite para postprocesamiento
 - Coordenadas GPS almacenadas con los datos de medición
 - Adquisición simultánea de datos de ruidos y meteorológicos
 - Grabación de 24 o 16 bits durante todas las partes de la medición

Introducción

Los analizadores Tipo 2250 y Tipo 2270 son analizadores portátiles flexibles capaces de cubrir todas sus necesidades de medición y análisis: desde los usos tradicionales de evaluación del ruido ambiental o en el puesto de trabajo hasta el control y desarrollo de la calidad industrial.

La pantalla táctil de alta resolución permite navegar con facilidad por el menú de configuración y personalizar una de las numerosas plantillas predefinidas según sus requisitos de medición. El amplio rango dinámico admite tanto los ruidos más intensos como aquellos que apenas superan el ruido de fondo. Por su parte, el rango de frecuencias, ampliado con la opción de baja frecuencia, abarca desde los 20 kHz hasta el infrasonido, lo que le permitirá medir fuentes de ruido sospechosas de emitir ruidos a muy baja frecuencia.

El kit de estación meteorológica facilita la medición de parámetros de condiciones climatológicas in situ para el almacenamiento en el analizador junto con los datos de ruidos. La aplicación de campo de Measurement Partner facilita el control y la anotación de mediciones, lo que le mantiene alejado del campo de sonido y mejora la calidad de la medición. Tras finalizar la medición, podrá cargar los datos a MP Cloud y compartirlos con compañeros para su postprocesamiento mediante Measurement Partner Suite, que ofrece herramientas que le ayudarán a extraer de los datos la información que necesita.

Estas características técnicas describen las diferentes combinaciones de módulos de software (aplicaciones) disponibles para los analizadores del Tipo 2250 y el Tipo 2270. Todos los analizadores se suministran con el Software de sonómetro BZ-7222 habilitado. Estos modernos sonómetros de Clase 1 cumplen los requisitos de las normas más recientes como, por ejemplo, la norma IEC 61672-1 (consulte la sección de especificaciones para obtener información detallada acerca del cumplimiento de normas) y se suministran con numerosas plantillas de medición adaptadas a sus necesidades específicas.

Hardware del analizador portátil

Se han realizado grandes esfuerzos para garantizar la optimización del hardware, desde el punto de vista ergonómico, en el uso sobre el terreno. Los analizadores del Tipo 2250 y el Tipo 2270 utilizan el mismo diseño galardonado. En la Fig. 1 se detallan sus principales características.

Supervisión del ruido continua y de larga duración

Para la supervisión del ruido continua y de larga duración, Brüel & Kjær ofrece una amplia gama de soluciones de control de ruido y de terminal de supervisión de ruido (NMT) capaces de ajustarse a sus necesidades actuales y futuras. Para obtener más información, consulte las [características técnicas BP 2379](#) acerca de soluciones NMT y las [características técnicas BP 2389](#) acerca de soluciones de supervisión de ruido.

Alertas al operador

Es posible enviar correos electrónicos o mensajes SMS/de texto a un PC o dispositivo móvil para informar de inmediato a los operadores acerca de sucesos de ruido que requieren una respuesta rápida, niveles de batería que requieren atención, el estado de almacenamiento de memoria, el estado de calibración y muchas más condiciones de disparo programadas por el usuario. Se trata de una solución muy económica para recibir alertas importantes.

Aplicaciones estándar

Las siguientes aplicaciones se incluyen con todos los analizadores Tipo 2250 y Tipo 2270 nuevos:

- **Software de sonómetro BZ-7222** – software de sonómetro estándar conforme con la normativa IEC 61672-1/ANSI
- **Software de análisis de frecuencia BZ-7223** – permite analizar en tiempo real las bandas de filtros de 1/1 y 1/3 de octava con un rango dinámico superior a 135 dB, desde el ruido de fondo hasta los 140 dB, que es el máximo nivel mensurable
- **Opción de 2 canales BZ-7229 (solo analizadores del Tipo 2270)** – permite liberar todo el potencial del analizador gracias a la opción de 2 canales, que permite el uso de los software de sonómetro, análisis de frecuencia, registro, registro mejorado y acústica de edificios

- **Opción de evaluación de tono BZ-7231** – utilizado en conjunto con el Software de análisis FFT, este software provee una evaluación de campo objetiva de los componentes del ruido tonal
- **Software de monitoreo de ruido BZ-7232** – para utilización con Sentinel y Sentinel on Demand

Fig. 1 Características clave del Analizador portátil Tipo 2250 y 2270



120261/2

Aplicaciones opcionales

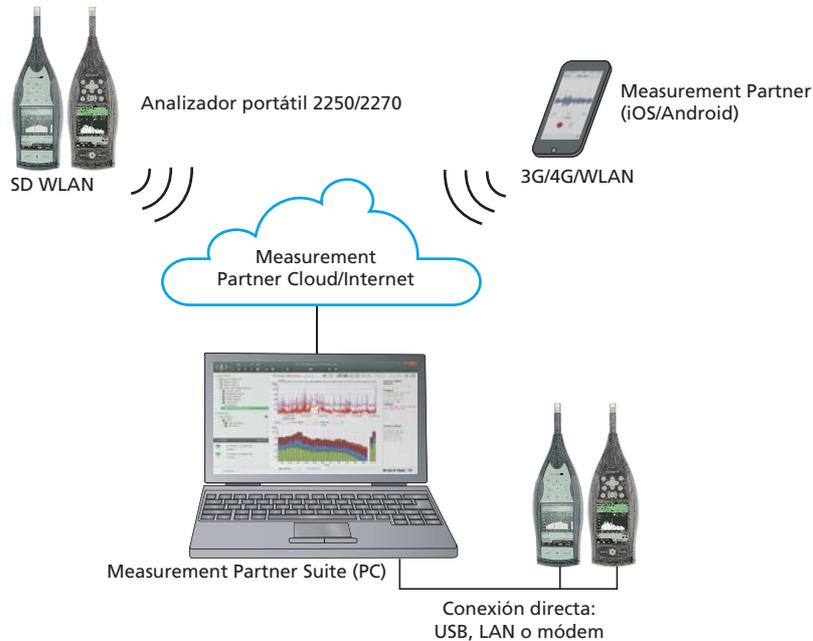
En caso necesario, podrá adquirir una amplia gama de aplicaciones que se pueden usar en cualquier combinación y que se suministran en forma de licencias de fácil instalación. Las aplicaciones descritas en las presentes características técnicas son las siguientes:

- **Software de registro BZ-7224** – permite seleccionar libremente los parámetros que desea registrar en periodos que van desde 1 s a 24 h. Si se utiliza con el software de sonómetro, es posible registrar todos los parámetros de banda ancha. Si también está habilitado el programa de análisis de frecuencia, es posible registrar espectros a las mismas velocidades. El registro (o creación de perfiles de ruido) se utiliza para realizar históricos temporales del ruido ambiental y de ruidos en el puesto de trabajo
- **Software de registro mejorado BZ-7225** – además de las características del Software de registro, permite la supervisión continua y el registro de informes periódicos. Se calculan parámetros como, por ejemplo, L_{dn} y L_{den}
- **Opción de grabación de señal BZ-7226** – permite adjuntar muestras reales de la señal medida a sus mediciones gracias al transductor de medición real
- **Opción mejorada de vibración y baja frecuencia BZ-7234** – permite la medición de infrasonidos (ponderación G) y vibraciones en edificios (ponderación w_m) con espectros de 1/3 de octava a muy bajas frecuencias y proporciona a su instrumento capacidades de vibración mejoradas, incluyendo la integración en el dominio del tiempo y el filtrado de paso de banda

Encontrará información sobre las aplicaciones en sus respectivas características técnicas:

- **Software de tiempo de reverberación BZ-7227** – permite iniciar una medición básica con una simple palmada. El “semáforo” muestra el estado de la medición de un vistazo, y se muestra el espectro del tiempo de reverberación resultante, así como el tiempo de reverberación medio de la sala. Esta característica resulta especialmente útil para la evaluación de la calidad acústica de auditorios, salones, espacios públicos y puestos de trabajo ([características técnicas BP 2194](#))
- **Software de acústica de edificios BZ-7228** – permite evaluar el aislamiento acústico de edificios y construcciones. Es posible medir el aislamiento acústico a ruido aéreo y a ruido de impacto, y los resultados finales se muestran en el acto de acuerdo con las normas internacionales (ISO) y con 13 normas nacionales. Podrá disponer de las fuentes de sonido necesarias y del programa de informes para PC, así como de sistemas completos de acústica de edificios ([características técnicas BP 2194](#))
- **Software de análisis FFT BZ-7230** – permite analizar la frecuencia mediante el algoritmo transformada rápida de Fourier (FFT), la mejor herramienta para la medición y el diagnóstico de ruido y vibración de maquinaria. El “perfil” de frecuencia de una máquina es su rasgo distintivo. Dicho perfil revela las fuentes de ruido y vibración, así como las rutas que siguen hasta la posición en la que se realiza la medición. Resulta útil en el desarrollo de productos, la resolución de problemas, el control de calidad y las mediciones del ruido ambiental. Con la Opción de evaluación de tono BZ-7231, el análisis FFT ofrece una indicación objetiva del nivel de percepción del ruido tonal y de la molestia que este supone ([características técnicas BP 2456](#))
- **Software de intensidad sonora BZ-7233 (solo para el Tipo 2270)** – permite medir la intensidad sonora de principio a fin. Un único usuario puede realizar mediciones completas de la intensidad para ubicar las fuentes de ruido y potencia acústica total. Puede utilizar la cámara incorporada en el dispositivo para tomar una foto y facilitar la colocación de la sonda durante la medición y usarla como fondo para un mapa de los resultados ([características técnicas BP 2476](#))

Fig. 2
Acceso seguro a datos de medida desde cualquier lugar



Comunicación remota por Internet

Acceda a sus datos desde cualquier lugar con todo tipo de tecnologías. Los analizadores Tipo 2250 y Tipo 2270 permiten la utilización directa mediante Wi-Fi, módem (por ejemplo, 3G) o LAN (Ethernet).

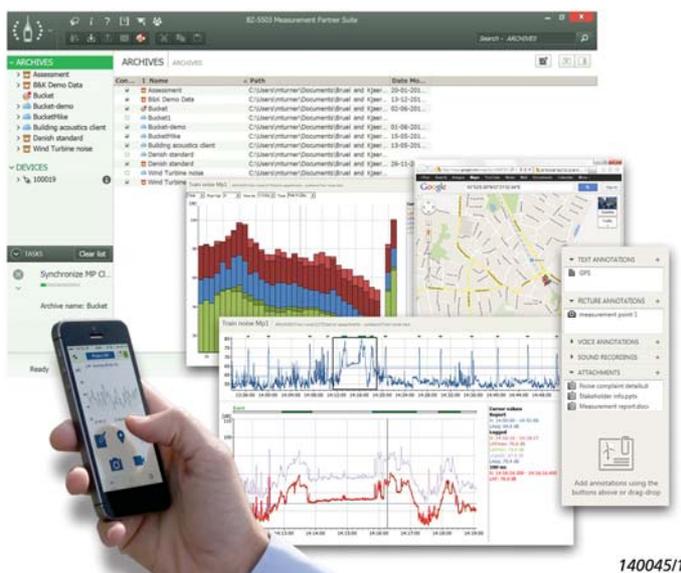
Measurement Partner Cloud (MP Cloud)

Aproveche todas las capacidades en la nube de los analizadores del Tipo 2250 y 2270. Los analizadores pueden comunicarse con MP Cloud mediante Wi-Fi, conexión móvil o LAN (Ethernet). De este modo, podrá cargar sus mediciones directamente en MP Cloud para fusionarlas en Measurement Partner Suite con las anotaciones recopiladas con la aplicación de campo de Measurement Partner.

Gracias a MP Cloud, podrá almacenar los datos con seguridad y compartir los archivos en la nube con cualquier usuario en el mundo.

Programa de postprocesamiento

Fig. 3
Measurement Partner Suite BZ-5503



Measurement Partner Suite BZ-5503, en su configuración básica, se suministra con el analizador portátil (consulte las [características técnicas BP 2443](#)). Este programa incluye las herramientas de última generación de Brüel & Kjær para el postprocesamiento y la visualización de datos de vibraciones y ruido ambiental.

La configuración básica y gratuita incluye funciones de archivo, previsualización y exportación de datos, así como mantenimiento de programas y visualización en línea. Los archivos pueden almacenarse de forma local en unidades de red o en MP Cloud para, de este modo, facilitar el uso compartido con cualquier usuario en el mundo.

Measurement Partner Suite también permite fusionar anotaciones realizadas con la aplicación de campo con el proyecto correspondiente del instrumento.

También están disponibles herramientas de postprocesamiento y análisis de datos mediante suscripciones de tiempo limitado. Con estas suscripciones, solo pagará por lo que necesite y cuando lo necesite, sin penalizaciones en el periodo de caducidad de su suscripción.

Anotación de los datos de mediciones

La aplicación de campo de Measurement Partner (Measurement Partner Field App) es la solución recomendada para la anotación in situ de los datos de mediciones.

Measurement Partner Field App

Measurement Partner Field App transformará su forma de trabajar con el analizador portátil. Este programa actuará como su compañero avanzado de análisis profesional de ruidos y vibraciones al ofrecer características como las siguientes:

- Control remoto del analizador
- Pantalla remota
- Anotación remota de datos de mediciones
- Compatibilidad con la nube

Siempre que permanece junto al analizador para utilizarlo, el campo de sonido se ve alterado. Por ello hemos publicado una aplicación de campo que le permitirá mantenerse alejado del analizador. Una vez encendido el analizador, usted podrá conectarse al mismo de forma inalámbrica mediante el Adaptador inalámbrico USB-A UL-1050, para la versión de hardware G4, o la Tarjeta CF WLAN UL-1019, para las versiones de hardware G1 – G3.

Fig. 4
Visualización y edición de anotaciones recopiladas con la aplicación de campo



Una vez establecida la conexión con el analizador, podrá iniciar, detener o pausar la medición desde una distancia segura. Durante las mediciones de ruido, el perfil LAF instantáneo se mostrará en la aplicación de campo. Durante las mediciones de vibraciones, se mostrará el perfil de instantánea rápida.

Esto le permitirá controlar el estado de la medición sin estar cerca del analizador. Esto resulta especialmente importante al medir niveles de ruido bajos como, por ejemplo, en mediciones interiores.

Measurement Partner Field App permite adjuntar notas, comentarios de voz, imágenes, vídeos y coordenadas de GPS. Todas las anotaciones pueden cargarse a MP Cloud para fusionarlas con el proyecto en Measurement Partner Suite.

También es posible anotar las mediciones directamente en el analizador mediante notas, comentarios de voz e imágenes (solo Tipo 2270). Este contenido se transferirá a Measurement Partner Suite junto con los datos de las mediciones.

Carga de datos de mediciones a Measurement Partner Cloud

Los Tipos 2250 y 2270 permiten enviar los datos de las mediciones a Measurement Partner Cloud (MP Cloud), donde los proyectos estarán disponibles de inmediato para el postprocesamiento, el uso compartido o el almacenamiento de datos en función de la capacidad de la cuenta. Solo los usuarios autorizados podrán acceder a los datos almacenados en MP Cloud.

Visite el sitio web de MP Cloud en cloud.bksv.com para crear una cuenta en la nube. Abra una cuenta, registre los números de serie de su analizador y realice el proceso de emparejamiento del analizador con la cuenta para garantizar la seguridad de los datos. También podrá administrar el acceso a la cuenta desde el servicio web y pedir suscripciones para incrementar la capacidad de la cuenta.

El analizador portátil puede conectarse a Internet mediante módem, LAN o a través de la conexión al router mediante Wi-Fi. En el campo, el analizador puede conectarse a zonas Wi-Fi mediante dispositivos inteligentes (Wi-Fi con la Tarjeta CF WLAN UL-1019 para las versiones de hardware G1 – G3 y el Adaptador inalámbrico USB-A UL-1050 para la versión de hardware G4, respectivamente).

Una vez realizada la medición y almacenado el proyecto, sincronice el analizador en la nube para cargar los proyectos en la nube desde el analizador. Para ello, basta con mover los datos a la carpeta Cloud del analizador que se crea automáticamente al iniciar sesión en la cuenta. De este modo, los datos estarán listos para que cualquier usuario con acceso al archivo de nube relevante pueda realizar su posterior análisis en Measurement Partner Suite.

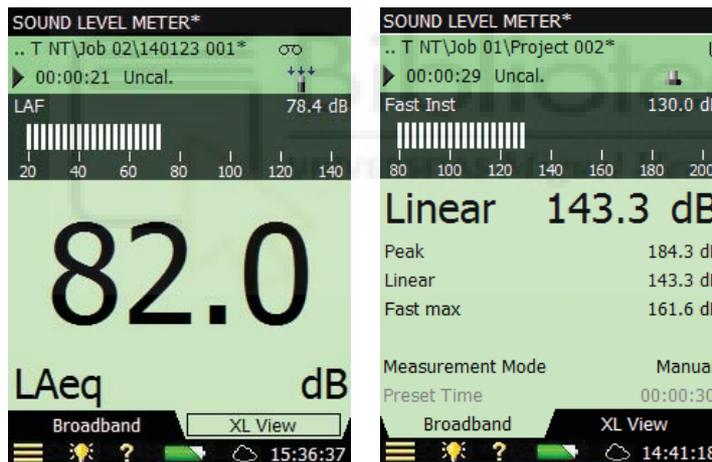
Opción de medición de 2 canales BZ-7229

La Opción de 2 canales BZ-7229 añade un canal de medición adicional al Analizador portátil Tipo 2270 y es una aplicación estándar incluida con todos los analizadores Tipo 2270 nuevos. Los dos canales aceptan las entradas de transductores del mismo tipo (por ejemplo, dos micrófonos) o de distintos transductores (por ejemplo, un micrófono y un acelerómetro).

La función de 2 canales está disponible para los siguientes módulos de software: Software de sonómetro BZ-7222, Software de análisis de frecuencia BZ-7223, Software de registro BZ-7224, Software de registro mejorado BZ-7225 y Software de acústica de edificios BZ-7228. La opción BZ-7229 es compatible con la Opción de grabación de señal BZ-7226 y la Opción mejorada de vibración y baja frecuencia BZ-7234.

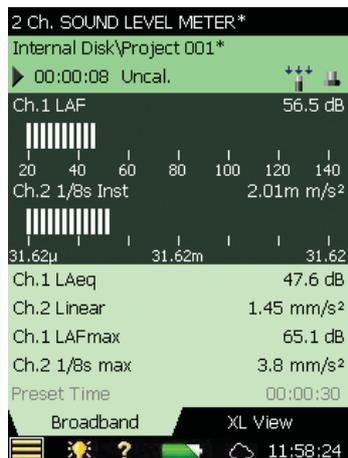
Software de sonómetro BZ-7222

Fig. 5
Pantallas del Software de sonómetro que muestran una medición de sonido (izquierda) y una medición de vibración (derecha) con un acelerómetro, incluyendo los iconos de anotaciones añadidas, visibles en la esquina superior derecha



Todos los Analizadores portátiles Tipo 2250 y Tipo 2270 se suministran con el Software de sonómetro habilitado. Esto convierte a su analizador en un versátil sonómetro de banda ancha. Al conectar un acelerómetro a la conexión trasera, podrá utilizar el acelerómetro como medidor de vibraciones capaz de mostrar los parámetros en unidades de ingeniería o de forma logarítmica en dB. El software cumple con las normas internacionales más recientes (IEC 61672–1), así como con las normas nacionales. Para ver una lista completa de los parámetros medidos, consulte la sección Especificaciones.

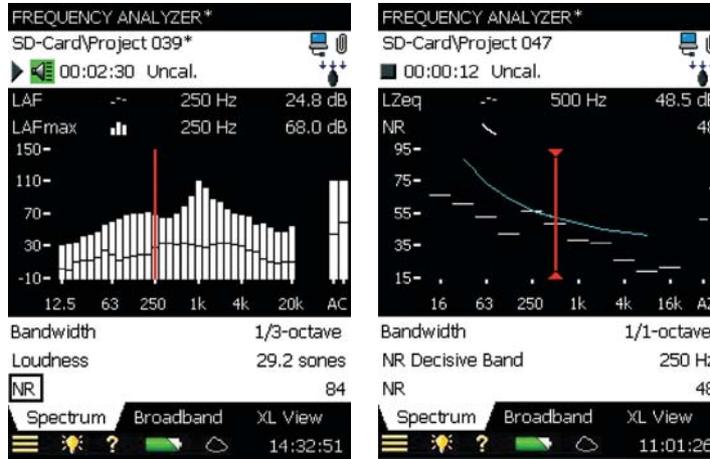
Fig. 6
Pantalla del Software de sonómetro que muestra mediciones de 2 canales. El canal 1 indica el ruido y el canal 2 muestra las vibraciones en unidades de ingeniería



Mediciones de 2 canales con el software BZ-7222

Los usuarios de analizadores Tipo 2270 pueden medir dos canales de valores de banda ancha con cualquier combinación de transductores: dos micrófonos, dos acelerómetros o un micrófono y un acelerómetro.

Fig. 7
Pantallas del Software de análisis de frecuencia BZ-7223 que muestran (izquierda) 1/3 de octava con dos espectros e icono del generador, lecturas del cursor y resultados del volumen y del nivel de ruido (derecha) La banda decisiva y la curva de nivel de ruido correspondiente



Esta aplicación permite realizar mediciones en tiempo real en bandas de 1/1 y 1/3 de octava, por lo que añade información de frecuencia a los datos y facilita la recopilación del espectro, sea cual sea la tarea realizada.

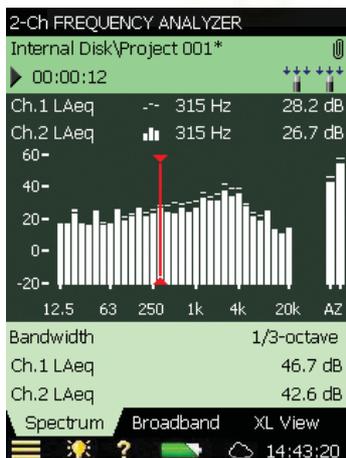
Cada banda de 1/1 y 1/3 de octava cuenta con un rango dinámico superior a 135 dB, desde el ruido de fondo hasta los 140 dB, que es el máximo nivel mensurable.

Los rangos disponibles son las frecuencias centrales de 8 Hz a 16 kHz (1/1 de octava) y las frecuencias centrales de 6,3 Hz a 20 kHz (1/3 de octava). La opción de baja frecuencia amplía los rangos a 1 y 0,8 Hz, respectivamente.

Los espectros pueden tener ponderación A, B, C, G o Z. Se miden y se almacenan cinco espectros y estadísticas espectrales completas. Además, es posible visualizar siete espectros L_N diferentes y valores instantáneos. En la pantalla se pueden superponer dos espectros (por ejemplo, un espectro mínimo y otro máximo). Todas las cantidades de banda ancha medidas con el Software de sonómetro BZ-7222 se calculan en paralelo con el análisis. Es posible documentar análisis espectrales mediante notas y anotaciones de voz.

Es posible calcular y visualizar parámetros de un solo número como, por ejemplo, el nivel de ruido, el nivel de interferencia de la palabra y el volumen de un espectro medido a fin de analizar el impacto del ruido y comparar los límites. Existe un generador programable para las medidas que requieren una fuente de sonido. Puede optar entre ruido blanco o rosa y establecer los límites superior e inferior.

Fig. 8
Pantalla del analizador de frecuencias de 2 canales

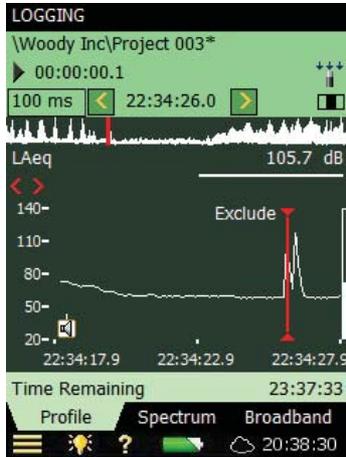


Mediciones de 2 canales con el software BZ-7223

Los usuarios de analizadores Tipo 2270 pueden medir dos espectros simultáneamente con cualquier combinación de transductores. Si los transductores son un micrófono y un acelerómetro, se muestran dos ejes Y que pueden adaptarse de manera independiente.

Existen cálculos de diferencias disponibles cuando los tipos de transductores y sus ponderaciones son compatibles.

Fig. 9
Pantalla de registro de un único canal que muestra un perfil LAeq con funcionalidad de marcador en el analizador



Con el software de registro habilitado, el analizador se convierte en un instrumento versátil para obtener datos históricos de cualquier parámetro (perfiles de registro). El Software de registro permite seleccionar cualquiera de los parámetros de banda ancha disponibles y registrarlos a intervalos de entre 1 s y 24 h. Además, es posible registrar de forma simultánea a intervalos de 100 ms perfiles L_{Aeq} y/o L_{AF} .

Con el Software de análisis de frecuencia BZ-7223, el Software de registro también permite registrar espectros igual que los valores de banda ancha a intervalos de entre 1 s y 24 h.

El Software de registro mejorado BZ-7225 incorpora una serie de características diseñadas para que el trabajo de campo difícil sea lo más asequible posible:

- Es posible establecer cinco marcadores definidos por el usuario mientras se toman mediciones. Estos marcadores pueden utilizarse para anotar fuentes de vibración o ruido específicas
- Es posible establecer marcadores en el campo mediante el puntero y la pantalla táctil. Basta con “tocar y arrastrar” hasta la parte del perfil que se desea marcar y seleccionar un marcador de la lista desplegable
- Los marcadores se pueden configurar incluso después del suceso. La pantalla presenta las últimas 100 muestras (100 s de perfil cuando se registra a intervalos de 1 s; o más si se hace de otro modo); por lo tanto, en la mayoría de los casos se puede esperar a que finalice el suceso (o ruido) antes de colocar el marcador. De manera alternativa, también es posible volver atrás en el perfil y establecer el marcador
- Es posible incluir anotaciones de voz, mediante el micrófono para comentarios, en el punto exacto del perfil en el que se realiza la anotación

Todos los marcadores y las anotaciones se guardarán con la medición y se importarán a Measurement Partner Suite BZ-5503, donde permanecerán disponibles directamente en el perfil.

Los datos de registro pueden almacenarse directamente en tarjetas SD y se pueden leer directamente desde la tarjeta SD con Measurement Partner Suite. Esto permite transmitir rápidamente grandes volúmenes de datos directamente desde el analizador a través el cable USB o mediante un lector de tarjetas estándar. Tarjetas de memoria SDHC que cumplen con la nueva norma SD 2.0 y ofrecen hasta 32 GB de almacenamiento de datos extraíbles, lo cual permite realizar grabaciones de señal de larga duración y configurar las medidas.

Por ejemplo, un proyecto en el que se han medido todos los parámetros de banda ancha, un parámetro de 100 ms, todos los espectros de 1/3 de octava y todas las estadísticas durante un periodo de registro de 1 s durante un total de 24 h ocupará unos 88 MB.

Las plantillas de registro mejorado permiten que su analizador registre datos durante periodos más prolongados, lo que, a su vez, permite la medición continua, el almacenamiento de datos en tarjetas de memoria SD o dispositivos USB.

Entre las funciones adicionales se incluyen las siguientes:

- Medición continua, almacenamiento de datos en tarjetas de memoria SD o dispositivos USB
- Reinicio automático y reanudación de la operación en caso de fallo en la alimentación
- Almacenamiento de los datos en cantidades manejables (cada 24 horas), con posibilidad de selección para la descarga
- Creación de informes periódicos, es decir, registro de todos los datos de medición en un periodo predefinido
- Medición de L_{dn} , L_{den} , L_{day} , $L_{evening}$ y L_{night}

Un informe periódico es similar a la Medición total del Software de registro, salvo que se realiza periódicamente. Por ejemplo, es posible que necesite conocer los valores de L_{Aeq} en intervalos de 1 h durante un periodo de registro extendido. El software de registro mejorado realizará esta tarea en su lugar.

La combinación de los informes periódicos con los marcadores de sucesos y la Opción de grabación de señal BZ-7226 ofrece un resumen y una visión clara de los detalles esenciales.

Una configuración típica para 24 horas de supervisión desatendida sería:

- Medición continua
- Informes periódicos cada hora
- Marcador con disparador de nivel para sucesos por encima de $L_{AF} = 60$ dB(A)
- Grabación de señal de sucesos (consulte la Opción de grabación de señal BZ-7226)
- Registro de otros parámetros si es necesario

Tras realizar la medición, podrá comprobar los datos de L_{dn} o L_{den} , los informes totales o periódicos y examinar los sucesos, así como las grabaciones de sonidos, para comprobar la calidad de las mediciones. Para los registros semicontinuos, la licencia de Measurement Partner Suite BZ-5503-A permite programar de forma remota la descarga automática de proyectos desde el analizador a Measurement Partner.

Fig. 10
Pantalla de registro de 2 canales



Registro de mediciones de 2 canales

Los usuarios de analizadores Tipo 2270 pueden registrar datos de mediciones mediante ambos canales de entradas con cualquier combinación de transductores: dos micrófonos, dos acelerómetros o un micrófono y un acelerómetro.

Podrá alternar entre los dos canales de medición en la pantalla del analizador y podrá ver ambos canales de medición en el mismo gráfico cuando se transfieran los datos a Measurement Partner Suite BZ-5503 para el postprocesamiento.

Opción de grabación de señal BZ-7226

La Opción de grabación de señal BZ-7226 puede utilizarse con todas las aplicaciones y permite realizar grabaciones de la señal real medida con el micrófono utilizado para realizar mediciones acústicas (es decir, no con el micrófono para comentarios) o con el acelerómetro utilizado para las mediciones de vibraciones. Las grabaciones de señal se transmitirán automáticamente con los datos a Measurement Partner Suite y pueden resultar útiles para la identificación de fuentes de ruido durante el postprocesamiento.

Otra utilidad de la grabación de señal es la posibilidad de grabar señales para su posterior procesamiento. Entre las posibles aplicaciones de esta característica destacan las aplicaciones industriales (análisis del funcionamiento de motores o de ciclos de procesamiento de maquinaria) o medioambientales (grabación de ruidos para su posterior procesamiento en Measurement Partner Suite). Con la licencia de Measurement Partner Suite BZ-5503-C, podrá realizar evaluaciones de tonos puros basadas en TRF de archivos .WAV.

Además de la grabación manual y automática de señales, el Software de registro BZ-7224 y el Software de registro mejorado BZ-7225 pueden iniciar la grabación de señales según la superación de nivel, lo que significa que las grabaciones pueden iniciarse automáticamente aun cuando el operador no esté presente.

La Opción de grabación de señal ofrece una elección de grabación de 24 o 16 bits con posibilidad de realizar tareas de postprocesamiento en Measurement Partner. Puede utilizar una grabación de 24 bits para capturar todo el rango dinámico de 120 dB del Tipo 2250/2270, lo que resulta adecuado para los análisis de señales posteriores. Puede utilizar una grabación de 16 bits para consumir menos memoria; sin embargo, esto requiere la selección de un rango de nivel para la grabación (o el uso del control automático de ganancia).

Fig. 11
Medición de evaluación de tono en el exterior



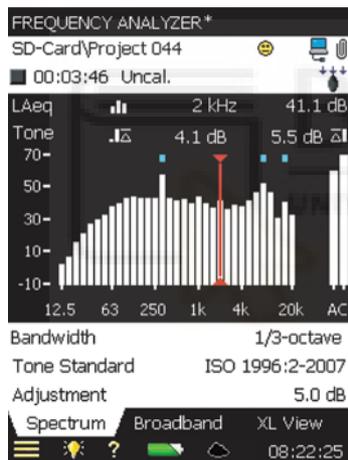
El ruido se puede describir como tonal si contiene una nota continua y discreta o destacable. Puede incluir ruidos tales como murmullos, silbidos, gritos, zumbidos, etc. Toda descripción subjetiva de esta clase está abierta a discusión y contradicciones cuando se informa.

La norma ISO 1996-2 (2007) Anexo C, *Método objetivo para evaluar la percepción de tonos en el ruido. Método de referencia*, desarrolla los procedimientos de medición que se utilizarán para comprobar la percepción de tonos y su cuantificación. De esta forma, se pueden componer los resultados de las mediciones y ayudar así a explicar reacciones subjetivas.

Configurado automáticamente para evaluaciones según la norma ISO 1996

La Opción de evaluación de tono BZ-7231 permite una evaluación objetiva in situ rápida y fácil de los componentes del ruido tonal de acuerdo con la norma ISO 1996 y es una aplicación estándar incluida con todos los nuevos analizadores. La facilidad para llevar a cabo la evaluación de tono según la norma ISO ofrece una respuesta objetiva acerca de si se ha hallado el problema o se deben realizar más mediciones. Además, el analizador permite configurar de forma sencilla el análisis para que se realice de acuerdo con la norma ISO 1996-2. Al seleccionar esta opción, con solo pulsar Inicio, el analizador selecciona automáticamente la configuración adecuada para la medición, tras lo cual se inician tanto ésta como el análisis.

Fig. 12
Opción de evaluación de tono BZ-7231 que muestra las bandas de 1/3 de octava con tonos audibles por encima de un límite establecido (los tonos se identifican por los puntos azules)



Se usa con BZ-7223: Bandas de 1/3 de octava

La evaluación de tonos identifica todas las bandas de 1/3 de octava con tonos audibles por encima de un límite de nivel establecido. La evaluación se basa en la prominencia de la banda frente a las bandas adyacentes. El ajuste es la penalización que se añadirá a L_{Aeq} . El nivel de cada banda de 1/3 de octava se compara con los niveles de las bandas adyacentes y se indican todos los tonos, así como la penalización global (ajuste). El usuario puede ajustar los parámetros de búsqueda para adaptarse a los requisitos de su país.

Se usa con BZ-7230: TRF

Tras una medición, el cálculo de los parámetros tonales para todos los candidatos tonales posibles del análisis solo tarda unos segundos, tras los cuales se mostrará la siguiente lista completa:

- K_t : el valor añadido a la L_{Aeq} para generar el nivel de velocidad de tono corregido
- ΔL_{ta} : la percepción de todos los tonos hallados en la misma banda crítica que el tono seleccionado
- L_{pn} : el nivel total del ruido de enmascaramiento en la banda que contiene el tono seleccionado
- L_{ptj} : el nivel del tono seleccionado
- L_{pt} : el nivel total de todos los ruidos en la banda crítica que contiene el tono destacado
- Banda crítica: el principio y el fin de la banda crítica que contiene el tono seleccionado

El analizador mide la L_{Aeq} y el resto de los parámetros de banda ancha de forma simultánea, y el nivel de velocidad de tono corregido se puede calcular in situ.

Fig. 13

Pantalla del espectro de TRF para la opción de evaluación de tono en la que se muestran varios campos y parámetros

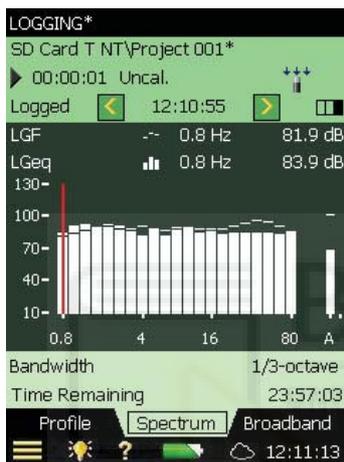


160006

Opción mejorada de vibración y baja frecuencia BZ-7234

Fig. 14

Opción de baja frecuencia que muestra los parámetros ponderados G , L_{GF} y L_{Geq}



La Opción mejorada de vibración y baja frecuencia BZ-7234 permite la funcionalidad de sonido de vibración y baja frecuencia en el Software de sonómetro BZ-7222, Software de análisis de frecuencia BZ-7223, Software de registro BZ-7224 y Software de registro mejorado BZ-7225.

Con la opción de baja frecuencia habilitada y la selección del transductor adecuado, se pueden realizar las mediciones de infrasonido (incluida la ponderación G) de acuerdo con las más importantes normas internacionales. Para mediciones de infrasonido, utilice el Micrófono de baja frecuencia Tipo 4193 o el Micrófono de infrasonido Tipo 4964 opcionalmente con el Adaptador de baja frecuencia UC-0211.

BZ-7234 también añade funcionalidad adicional de vibración de eje único y dual (con el Tipo 2270). La integración en el dominio de tiempo y el filtrado de paso de banda permiten la medición de:

- Velocidad pico de partículas (PPV). Útil para supervisar edificios cerca de detonaciones, construcción y minería. Para las mediciones de PPV, utilice acelerómetros de la familia del Tipo 4533/4534 de Brüel & Kjær (consulte [características técnicas BP 2464](#))
- Criterios de vibración (requiere el Software de análisis de frecuencia BZ-7223). Se utiliza cuando se realizan análisis de ubicación para instrumentos sensibles a vibraciones (por ejemplo, microscopios electrónicos) y herramientas. También resulta útil al registrar la vibración cerca de instrumentos sensibles a las vibraciones instalados mediante el software opcional de registro, BZ-7224

Para la vibración de edificios, utilice el Acelerómetro Tipo 8344 (consulte [características técnicas BP 2262](#)).

También hay una amplia gama de ponderaciones de vibraciones humanas disponibles:

- Ponderación W_m para las mediciones de las vibraciones de cuerpo entero en edificios
- W_b , W_c , W_d , W_e , W_k para la vibración de cuerpo entero
- W_h para la vibración de mano-brazo
- W_j para la vibración de cabeza vertical

Para la vibración humana, utilice acelerómetros de la familia del Tipo 4533/4534 de Brüel & Kjær (consulte [características técnicas BP 2464](#)).

Fig. 15

Utilización del analizador portátil para medir el ruido exterior con un kit de estación meteorológica



Las condiciones climatológicas influyen en la propagación del sonido. Por ello es importante tener en cuenta la velocidad y la dirección del viento cuando se realicen mediciones en exteriores. En consecuencia, la mayoría de las normas de medición de ruido ambiental definen límites específicos de velocidad y dirección del viento. Para identificar las partes de la medición que se encuentran dentro de los límites permitidos de velocidad y dirección del viento, utilice el Kit de estación meteorológica MM-0316-A (dos parámetros) o MM-0256-A (seis parámetros).

Fig. 16

Kit de estación meteorológica MM-0316-A



Las estaciones meteorológicas se basan en tecnologías de ultrasonido y funcionan bien por encima del límite de frecuencia superior del micrófono. Conecte la estación meteorológica al analizador, enciéndalo y ya estará listo para realizar mediciones sin tener que realizar ningún tipo de instalación de software. La estación meteorológica se alimenta de la batería del analizador, por lo que no necesitará ninguna batería adicional.

Postprocesamiento de datos climatológicos

Los parámetros de ruido y de condiciones climatológicas se capturan de forma simultánea en el analizador y estarán disponibles para la visualización y el postprocesamiento en Measurement Partner Suite BZ-5503 junto con los datos de ruido cuando esté de vuelta en la oficina. Para identificar rápidamente las partes del perfil de registro en las que la dirección y la velocidad del viento están dentro de los límites permitidos, utilice el informe de Measurement Partner y el asistente de marcador (necesitará licencia de BZ-5503-A).

Protección en exteriores

Para realizar mediciones exteriores del ruido ambiental, su analizador puede requerir una protección meteorológica adicional, tal como ofrecen el estuche resistente a la intemperie del Tipo 3535-A y el Micrófono exterior Tipo 4952. Para obtener más información, consulte las [características técnicas BP 2251](#) y las [características técnicas BP 2099](#), respectivamente.

Resumen de las características del software

La siguiente tabla ofrece un resumen de las principales características de cada módulo de aplicación disponible con los analizadores Tipo 2250/2270. Consulte las especificaciones para obtener más detalles.

Característica	Software de sonómetro BZ-7222	Software de análisis de frecuencia BZ-7223	Software de registro BZ-7224	Software de registro mejorado BZ-7225
Estándares SLM IEC/ANSI de tipo/clase 1	•	•	•	•
Rango dinámico de más de 120 dB (sin necesidad de cambiar de rango)	•	•	•	•
Niveles sonoros de hasta 140 dB con micrófono Tipo 4189 suministrado	•	•	•	•
Niveles sonoros de hasta 152 dB con micrófono opcional Tipo 4191	•	•	•	•
Ponderación de frecuencia A, B, C, Z (lineal) y ponderación en el tiempo F, S, I	•	•	•	•
Corrección de campo libre/aleatorio	•	•	•	•
Detección y corrección automática de la pantalla antiviento	•	•	•	•
Tiempo de inicio/parada predeterminado	•	•	•	•
Interfaz de usuario multilingüe	•	•	•	•
Ayuda contextual	•	•	•	•
Anotaciones de voz, metadatos y texto de las medidas	•	•	•	•
Pantalla con esquemas de colores optimizada para el día, la noche y para el uso en interiores y exteriores	•	•	•	•
Acceso personal: protege su configuración personal de otros usuarios	•	•	•	•
Estadísticas de banda ancha basadas en L_{Aeq} , L_{AF} o L_{AS}	•	•	•	•
Rango de banda ancha máximo: 0,5 Hz – 20 kHz	•	•	•	•
Control remoto mediante módem GPRS/EDGE/3G	•	•	•	•
Transferencia de archivos de datos durante la medición (USB, LAN o módem)	•	•	•	•
Grabación de la señal medida durante la medición – 16 o 24 bits	•*	•*	•*	•*
Temporizadores para el inicio automático de la medición	•	•	•	•
Parámetros de salud en el puesto de trabajo	•	•	•	•
Entrada de datos meteorológicos y de GPS	•	•	•	•
Ponderación G para parámetros de infrasonido	•†	•†	•†	•†
Ponderación W_m para parámetros de vibraciones de edificios	•†	•†	•†	•†
Borrado previo (últimos 5 segundos de datos de medición)	•	•	•	•
Evaluación de tonos		•‡	•‡	•‡
Espectros de 1/1 de octava (rango máx. de 1 Hz a 16 kHz)		•	•**	•**
Espectros de 1/3 de octava (rango máx. de 0,8 Hz a 20 kHz)		•	•**	•**
Estadísticas espectrales basadas en L_{AF} o L_{AS}		•	•**	•**
Resultados del nivel de volumen y de ruido		•	•**	•**
Calibración de la inyección de carga			•	•
Disparadores de nivel y grabaciones			•*	•*
Registro de todos los parámetros y espectros de banda ancha o de los seleccionados por el usuario			•	•
Periodo de registro de 1 s a 24 h			•	•
Registro de L_{Aeq} , L_{AS} , L_{AF} cada 100 ms			•	•
Pantalla del perfil			•	•
Resumen del perfil de toda la medición			•	•
Marcadores en la pantalla del perfil			•	•
Grabación de señal durante sucesos de ruido			•*	•*
Informes periódicos de todos los datos medidos				•
Periodo de informe de 1 min a 24 h, periodo de registro de hasta 31 días				•
Disparador de temporizador para las grabaciones				•*
L_{dn} , L_{den} , L_{day} , $L_{evening}$, L_{night}				•
Medición continua				•

* Si la Opción de grabación de señal está habilitada
 ‡ Si la Opción de evaluación de tono está habilitada

†Si la Opción mejorada de vibración y baja frecuencia está habilitada
 **Si el Software de análisis de frecuencia está habilitado

	<p>La marca CE es la declaración del fabricante que indica conformidad con los requisitos de las directivas de la UE pertinentes.</p> <p>La marca RCM indica conformidad con las normas técnicas ACMA pertinentes, es decir, para telecomunicaciones, comunicaciones por radio, EMC y EME.</p> <p>La marca RoHS (Restricción de sustancias nocivas) de la China indica conformidad con las medidas administrativas en cuanto al control de la contaminación causada por los productos de información electrónica, según el Ministerio de Industria de la Información de la República Popular de China.</p> <p>La marca WEEE indica conformidad con la directiva WEEE de la UE.</p>
Seguridad	EN/IEC 61010-1, ANSI/UL 61010-1 y CSA C22.2 No.1010.1: requisitos de seguridad para equipos eléctricos de medida, control y uso en laboratorio.
Emisión EMC	EN/IEC 61000-6-3: norma genérica sobre emisiones para entornos residenciales, comerciales y de industria ligera. EN/IEC 61326: Equipo eléctrico de medida, control y uso en laboratorio: requisitos EMC. CISPR 22: Características de perturbaciones de radiofrecuencia en equipos informáticos. Límites de Clase B. IEC 61672-1, IEC 61260, IEC 60651 y IEC 60804: Normas de instrumentación Nota: lo anterior solo se garantiza con el uso de accesorios que figuran en este documento.
Inmunidad EMC	EN/IEC 61000-6-2: Norma genérica: inmunidad para entornos industriales. EN/IEC 61326: Equipo eléctrico de medida, control y uso en laboratorio: requisitos EMC. IEC 61672-1, IEC 61260, IEC 60651 y IEC 60804: Normas de instrumentación Nota: lo anterior solo se garantiza con el uso de accesorios que figuran en este documento.
Temperatura	IEC 60068-2-1 e IEC 60068-2-2: Ensayos ambiental. Frío y calor seco. Temperatura de funcionamiento: -10 y +50 °C (14 y 122 °F) Temperatura de almacenamiento: -25 y +70 °C (-13 y 158 °F)
Humedad	IEC 60068-2-78: Calor húmedo: 93% RH (sin condensación a +40 °C [104 °F]) Tiempo de recuperación entre 2~4 horas
Características mecánica	En reposo: IEC 60068-2-6: Vibración: 0,3 mm, 20 m/s ² , 10-500 Hz IEC 60068-2-27: Impactos: 1000 impactos a 400 m/s ² IEC 60068-2-27: Caídas: 1000 m/s ² , 6 direcciones
Carcasa:	IEC 60529 (1989): protección proporcionada por las cajas: IP44*

* Con el preamplificador, el cable prolongador o el tapón de protección conectado a la conexión superior y la cubierta abatible de protección de los conectores inferiores

NORMAS ADICIONALES PARA EL ADAPTADOR INALÁMBRICO USB-A UL-1050*

Seguridad	EN 60950-1:2006+A11:2009 +A1:2010+A12:2011
Emisión EMC	EN 301 489-1 V1.9.2 EN 301 489-17 V2.2.1 EN 55022: 2010+AC:2011
Espectro y salud	EN 300 328 V1.7.1 EN 62311:2008
Restricción de sustancias peligrosas	EN 50581:2012

CONCESIÓN DE AUTORIZACIÓN DEL EQUIPO DE LA FCC PARA EL ADAPTADOR INALÁMBRICO USB-A UL-1050*

Identificador de la FCC	KA2WA121A1
Secciones de la norma de la FCC	15c
Rango de frecuencia (MHz)	2412,0 – 2462,0
Vatios de salida	0,269
Declaración de conformidad de la CE	Adaptador USB 1Tx1R 802.11bgn
Autorización C-Tick	AS/NZS 4268: 2008+A1:2010

* Datos tomados de la declaración de conformidad inalámbrica de D-Link Corporation para el Adaptador inalámbrico N 150 USB DWA-121.

Especificaciones: plataforma de Analizador portátil Tipo 2250/2270

Las especificaciones se aplican a los analizadores Tipo 2250/2270 equipados con el Micrófono Tipo 4189 y el Preamplificador ZC-0032

Transductor

TRANSDUCTOR SUMINISTRADO

Uno de los siguientes micrófonos:

- Tipo 4189: Micrófono prepolarizado de campo libre de ½"
- Tipo 4190: Micrófono de campo libre de ½"

- Tipo 4966: Micrófono de campo libre de ½"
- Sensibilidad nominal de circuito abierto:** 50 mV/Pa (correspondiente a -26 dB re 1 V/Pa) ±1,5 dB
Capacitancia: 14 pF (a 250 Hz)

PREAMPLIFICADOR DE MICRÓFONO SUMINISTRADO

N.º de pieza: ZC-0032

Atenuación nominal del preamplificador: 0,25 dB

Conector: LEMO de 10 pines

Cables de prolongación: hasta 100 m de longitud entre el preamplificador del micrófono y el analizador Tipo 2250/2270, sin menoscabo de las especificaciones

Detección de accesorios: es posible detectar automáticamente la Pantalla antiviento UA-1650 cuando se coloca en el ZC-0032

TENSIÓN DE POLARIZACIÓN DEL MICRÓFONO

Selección entre 0 V y 200 V

NIVEL DE RUIDO AUTOGENERADO

Valores normales a 23 °C de la sensibilidad nominal de circuito abierto del micrófono:

Ponderación	Micrófono	Eléctrica	Total
"A"	14,6 dB	12,4 dB	16,6 dB
"B"	13,4 dB	11,5 dB	15,6 dB
"C"	13,5 dB	12,9 dB	16,2 dB
"Z" 5 Hz – 20 kHz	15,3 dB	18,3 dB	20,1 dB
"Z" 3 Hz–20 kHz	15,3 dB	25,5 dB	25,9 dB

Interfaz de hardware

PULSADORES

11 pulsadores con retroiluminación, optimizadas para controlar la medición y navegar por la pantalla

BOTÓN DE ENCENDIDO/APAGADO

Función: púlselo 1 s para encender el analizador, 1 s para entrar en el modo de espera y durante más de 5 s para apagar el analizador

INDICADORES DE ESTADO

LED: rojo, amarillo y verde

PANTALLA

Tipo: pantalla de color táctil retroiluminada de 240 × 320 puntos

Patrón de color: cinco distintos, optimizados para diferentes situaciones (día, noche, etc.)

Retroiluminación: nivel ajustable y tiempo de encendido

INTERFAZ DE USUARIO

Control de medición: mediante los pulsadores

Configuración y visualización de resultados: mediante el puntero en la pantalla táctil o los pulsadores

Bloqueo: los pulsadores y la pantalla táctil pueden bloquearse y desbloquearse

INTERFAZ USB

tomos USB 2.0 OTG micro AB y USB 2.0 estándar A para la Adaptador inalámbrico USB-A UL-1050, impresora o estación meteorológica

INTERFAZ DE MÓDEM

Conexión a Internet a través de módem GPRS/EDGE/HSPA conectado a través de la conexión USB A estándar .

Compatible con DynDNS para la actualización automática de la dirección IP del nombre de host

INTERFAZ DE IMPRESORA

La toma USB admite la conexión de impresoras PCL, impresoras térmicas Mobile Pro Spectrum o impresoras térmicas DPU S245/S445 de Seiko

MICRÓFONO PARA COMENTARIOS

En la parte inferior del analizador se incluye un micrófono que utiliza el control automático de ganancia (CAG). Se utiliza para crear anotaciones de voz y adjuntarlas en las mediciones

CÁMARA (SOLO EN EL TIPO 2270)

En la parte inferior del analizador se incluye una cámara con enfoque fijo y exposición automática.

Se utiliza para crear anotaciones de imagen y adjuntarlas en las mediciones

Tamaño de imagen: versión de hardware 4: 212 × 160 píxeles

Formato: jpg con información exif

RANURA SECURE DIGITAL

2 × conexiones SD

Para la conexión de tarjetas de memoria SD y SDHC

TOMA DE INTERFAZ LAN

• Conector: RJ45 Auto-MDIX

• Velocidad: 100 Mbps

• Protocolo: TCP/IP

TOMA DE ENTRADA

Una toma con el Tipo 2250; dos tomas con el Tipo 2270

Conector: LEMO triaxial

Impedancia de entrada: $\geq 1 \text{ M}\Omega$

Entrada directa: tensión máxima de entrada: $\pm 14,14 \text{ V}_{\text{peak}}$

Entrada CCLD: tensión máxima de entrada: $\pm 7,07 \text{ V}_{\text{peak}}$

Corriente/tensión CCLD: 4 mA/25 V

TOMA DE DISPARO (TRIGGER)

Conector: LEMO triaxial

Tensión máxima de entrada: $\pm 20 \text{ V}_{\text{pico}}$

Impedancia de entrada: $> 47 \text{ k}\Omega$

Precisión: $\pm 0,1 \text{ V}$

TOMA DE SALIDA

Conector: LEMO triaxial

Nivel de pico máximo de salida: $\pm 4,46 \text{ V}$

Impedancia de salida: 50 Ω

CONECTOR DE AURICULARES

Conector: conector estéreo Minijack de 3,5 mm

Nivel de pico máximo de salida: $\pm 1,4 \text{ V}$

Impedancia de salida: 32 Ω en cada canal **Almacenamiento**

MEMORIA FLASH RAM INTERNA (NO VOLÁTIL)

512 MB: para configuraciones de usuario y datos de medición

TARJETA DE MEMORIA EXTERNA SECURE DIGITAL

Tarjeta SD y SDHC: para el almacenamiento/recuperación de datos de medición

UNIDAD DE ALMACENAMIENTO USB

Para el almacenamiento/recuperación de datos de medición

Alimentación

REQUISITOS DE LA FUENTE DE ALIMENTACIÓN DE CC EXTERNA

Para cargar la batería del analizador

Tensión: 8 – 24 V CC, tensión rizada $< 20 \text{ mV}$

Requisito actual: mín. 1,5 A

Consumo de potencia: $< 2,5 \text{ W}$ sin cargar la batería; $< 10 \text{ W}$ si se carga

Conector del cable: LEMO Tipo FFA.00, positivo en el pin central

ADAPTADOR DE CORRIENTE ELÉCTRICA EXTERNA DE CA

N.º de pieza: ZG-0426

Tensión de alimentación: 100 – 120/200 – 240 V CA; 47 – 63 Hz

Conector: IEC 320 de 2 pines

BATERÍA

Batería recargable de ion de litio

N.º de pieza: QB-0061

Tensión: 3,7 V

Capacidad: nominal de 5200 mAh

Tiempo de funcionamiento normal:

• Un canal: $> 11 \text{ h}$ (retroiluminación de la pantalla atenuada); $> 10 \text{ h}$ (retroiluminación a pantalla completa)

• Dos canales: $> 10 \text{ h}$; $> 7,5 \text{ h}$ (pantalla completa con retroiluminación)

El uso de interfaces externas (LAN, USB, Wi-Fi) reduce el tiempo de funcionamiento de la batería. La conexión de estaciones

meteorológicas o receptores GPS puede reducir el tiempo de

funcionamiento de la batería en hasta un 20 %. La conexión del

Adaptador inalámbrico USB-A UL-1050 puede reducir el tiempo de

funcionamiento de la batería en hasta un 35 %

Ciclo de vida de la batería: > 500 ciclos completos de carga/descarga

Envejecimiento de la batería: aproximadamente el 20% de pérdida de capacidad cada año

Indicador de batería: la capacidad restante de la batería y el tiempo de funcionamiento esperado se pueden leer en forma de porcentaje y tiempo

Indicador de carga de la batería: la batería está equipada con un indicador del nivel de carga integrado, que mide y almacena continuamente la capacidad real de la batería

Tiempo de carga: normalmente, si está vacía, la batería del analizador tarda 10 horas en cargarse a temperaturas ambiente inferiores a 30 °C. Para proteger la batería, la carga finalizará por completo si la temperatura ambiente supera los 40 °C. A temperaturas de entre 30 y 40 °C, el tiempo de carga aumentará. Con el Cargador externo ZG-0444 (accesorio opcional), el tiempo de carga normal es de 5 horas

Nota: no es recomendable cargar la batería a temperaturas inferiores a 0 °C (32 °F) o superiores a 50 °C (122 °F). De lo contrario, se podría reducir la vida útil de la batería

RELOJ

Reloj con batería de reserva. Deriva <0,45 s por cada periodo de 24 horas

Especificaciones ambientales

TIEMPO DE CALENTAMIENTO

Desde el modo apagado: <2 min

Desde el modo de espera: <10 s para los micrófonos prepolarizados

PESO Y DIMENSIONES

650 g (23 oz) incluida la batería recargable

300 × 93 × 50 mm (11,8 × 3,7 × 1,9 pulgadas) incluido el preamplificador y el micrófono

Conexión inalámbrica a un dispositivo móvil

Las especificaciones se aplican al Adaptador inalámbrico USB-A UL-1050

Frecuencia de funcionamiento: 2,4 GHz

Transferencia de datos:

- IEEE 802.11n: hasta 150 Mbps
- IEEE 802.11g: hasta 54 Mbps
- IEEE 802.11b: hasta 11 Mbps

Cifrado/autenticación:

- WEP de 64/128 bits
- WPA-PSK
- WPA2-PSK

Rango: el rango es similar al de la unidad WLAN estándar, de 10 a 50 m (33 a 164 ft), dependiendo del entorno y del número de transmisores WLAN presentes en la zona (smartphones, Wi-Fi, etc.)

Requisitos de alimentación: Consumo de potencia: <1 W

Interfaz de software

USUARIOS

Concepto de usuario múltiple con inicio de sesión. Los usuarios pueden tener sus propios ajustes con trabajos y proyectos totalmente independientes de otros usuarios

PREFERENCIAS

El usuario puede especificar los formatos de fecha, hora y número

IDIOMAS

Interfaz de usuario en alemán, catalán, checo, chino (República Popular de China), chino (Taiwán), coreano, croata, danés, esloveno, español, flamenco, francés, húngaro, inglés, italiano, japonés, polaco, portugués, rumano, ruso, serbio, sueco, turco y ucraniano

AYUDA

Ayuda contextual detallada en alemán, chino (República Popular de China), esloveno, español, francés, inglés, italiano, japonés, polaco, rumano, serbio y ucraniano

ACTUALIZACIÓN DEL SOFTWARE

Actualización a cualquier versión con el BZ-5503 a través de USB o actualización a través de Internet

ACCESO REMOTO

Conexión al analizador mediante:

- Measurement Partner Suite BZ-5503
 - Measurement Partner Field App (aplicación para smartphone iOS o Android)
 - el SDK (Kit de desarrollo de software) 2250/2270
 - la interfaz REST a través de HTTP
 - un explorador de Internet compatible con JavaScript
- La conexión está protegida mediante contraseña con dos niveles de protección:
- Nivel de invitado: solo para visualización
 - Nivel de administrador: para visualización y control del analizador

NUBE

Conexión a Measurement Partner Cloud en cloud.bksv.com para la transferencia de datos a archivos en la nube para su almacenamiento o para la sincronización con Measurement Partner Suite BZ-5503

Entrada

CANALES DUALES (solo el Tipo 2270)

Todas las mediciones se llevan a cabo desde el canal 1 o el canal 2

BASE DE DATOS DEL TRANSDUCTOR

Los transductores se describen en la base de datos del transductor con información acerca del número de serie, sensibilidad nominal, voltaje de polarización, tipo de campo libre, CCLD requerido, capacidad e información adicional.

El hardware analógico se configura automáticamente de acuerdo con el transductor seleccionado

FILTROS DE CORRECCIÓN

Para el micrófono de Tipos 4189, 4190, 4191, 4192, 4193, 4193 + UC-0211, 4950, 4952, 4952+EH-2152, 4955-A, 4964, 4964 + UC-0211, 4966 y 4184-A, BZ-7222 puede corregir la respuesta de frecuencia para compensar los accesorios y campos de sonido:

Campo sonoro: campo libre, campo difuso o campo aleatorio (solo para el Tipo 4192). Para los Tipos 4952 y 4184-A: dirección de referencia de 0° (superior) y dirección de referencia de 90° (lateral)

Accesorios:

- Solo los Tipos 4189, 4190, 4964 y 4964 + UC-0211: ninguno, Pantalla antiviento UA-1650 o Micrófono para exteriores UA-1404
 - Solo los Tipos 4191, 4193, 4193 + UC-0211, 4966 y 4955-A: ninguno o Pantalla antiviento UA-1650
 - Solo para el Tipo 4950: ninguno o Pantalla antiviento UA-0237
- Para el acelerómetro de Tipos 4397-A, 4513, 4513-001, 4513-002, 4514, 4514-001, 4514-002, 4533-B, 4533-B-001, 4533-B-002, 4534-B, 4534-B-001, 4534-B-002, 8324, 8341, 8344, 8347-C + 2647-D, el límite de frecuencia inferior se optimizará para que coincida con las especificaciones para el acelerómetro

Calibración

La calibración inicial se almacena para compararla con calibraciones posteriores

ACÚSTICA

Mediante el Calibrador de sonido Tipo 4231 o un calibrador personalizado. El proceso de calibración detecta automáticamente el nivel de calibración cuando se utiliza el Calibrador de sonido Tipo 4231

ELÉCTRICA

Utiliza una señal eléctrica generada internamente combinada con un valor de sensibilidad del micrófono introducido manualmente

HISTORIAL DE CALIBRACIÓN

Pueden indicarse y verse en el analizador hasta 20 de las últimas calibraciones realizadas

Gestión de datos

METADATOS

Se pueden establecer hasta 30 anotaciones de metadatos por proyecto (texto del teclado o de la lista de selección, números del teclado o generados automáticamente)

PLANTILLA DEL PROYECTO

Define las configuraciones de la visualización y la medición. Es posible bloquear las configuraciones y protegerlas mediante contraseñas

PROYECTO

Los datos de medición se almacenan junto con la plantilla del proyecto

TRABAJO

Los proyectos se organizan en trabajos.

Herramientas de exploración para una gestión de datos fácil (copiar, cortar, pegar, eliminar, dar nuevo nombre, abrir proyecto, crear trabajo, establecer nombre de proyecto predeterminado)

Control de la medición

MANUAL

Medida única controlada manualmente

AUTOMÁTICO

Tiempo de medición predefinido comprendido entre 1 s y 24 h en pasos de 1 s

CONTROLES MANUALES

Reinicio, Inicio, Pausa, Borrado previo, Continuar y Guardar para gestionar la medición manualmente

INICIO AUTOMÁTICO

Un total de 10 temporizadores permiten configurar las horas de inicio de las medidas hasta con un mes de antelación. Cada temporizador se puede repetir. Una vez finalizadas, las medidas se almacenan automáticamente

BORRADO PREVIO

Pueden borrarse hasta los últimos 5 s de datos sin comenzar la medición de cero

Estado de la medición

EN PANTALLA

Información como la saturación y el estado en ejecución/pausa se visualiza en la pantalla en forma de iconos

Especificaciones de software: Software de sonómetro BZ-7222

Cumple con las siguientes normas nacionales e internacionales:

- IEC 61672-1 (2013) Clase 1
- IEC 60651 (1979) junto con la Enmienda 1 (1993-02) y la Enmienda 2 (2000-10), Tipo 1
- IEC 60804 (2000-10), Tipo 1
- DIN 45657 (1997-07)
- ANSI S1.4-1983 más ANSI S1.4A-1985 Enmienda Tipo 1
- ANSI S1.43-1997, Tipo 1

Nota: CENELEC adopta las normas IEC internacionales como normas europeas. Cuando esto sucede, las letras IEC se sustituyen por EN y se conserva el número. El Tipo 2250/2270 también cumple con estas normas EN

Análisis

DETECTORES

Detectores paralelos en cada medición:

SEMÁFORO

Los testigos LED de color rojo, amarillo y verde muestran el estado de la medición y la saturación de forma instantánea tal como se indica a continuación:

- LED amarillo parpadea cada 5 s = se encuentra parado, está listo para medir
- El LED verde parpadea lentamente = espera una señal del disparo o de la calibración
- LED verde iluminado constantemente = midiendo
- Parpadeo lento del LED amarillo = sistema en pausa, medición no almacenada
- Parpadeo rápido del LED rojo = sobrecarga intermitente, fallo en la calibración

NOTIFICACIONES

Es posible enviar un SMS o un correo electrónico cuando se cumple una condición de alarma.

Condiciones de alarma:

- Espacio en disco por debajo del valor establecido
- Tensión de disparo por debajo del valor establecido
- La batería interna pasa al estado establecido
- Cambio en el estado de medición
- Reinicio del analizador

Anotaciones

ANOTACIONES DE VOZ

Es posible adjuntar anotaciones de voz a las mediciones para almacenar comentarios de voz a la medición

Reproducir: Pueden escucharse reproducciones de anotaciones de voz mediante audífonos/auriculares conectados a la salida del auricular

Ajuste de ganancia: entre -60 dB y 60 dB

ANOTACIONES DE TEXTO

Es posible adjuntar anotaciones de texto a las mediciones para almacenar comentarios escritos con ellas

ANOTACIONES GPS

Es posible adjuntar una anotación de texto con información GPS (latitud, longitud, altitud y error de posición). Requiere conexión a un receptor GPS

ANOTACIONES DE IMAGEN (SOLO PARA EL TIPO 2270)

Es posible adjuntar anotaciones de imagen a las mediciones. Las imágenes pueden verse en la pantalla

- **Ponderación A o B (intercambiable):** canal detector de banda ancha con tres ponderaciones de tiempo exponenciales (Fast, Slow, Impulse), un detector con promediado lineal y un detector de pico
- **Ponderación C o Z (intercambiable):** igual que para la ponderación A o B
- **Detector de saturación:** supervisa las salidas de saturación de todos los canales con ponderación de frecuencia

MEDICIONES PARA LA ENTRADA DE SONIDO

X = ponderaciones de frecuencia A o B

Y = ponderaciones de frecuencia C o Z

V = ponderaciones de frecuencia A, B, C o Z

U = ponderaciones de tiempo F o S

Q = tasa de intercambio de 4, 5 o 6 dB

N = número entre 0,1 y 99,9

Para la visualización y el almacenamiento:

Hora de inicio	Hora de parada	% de saturación
Tiempo transcurrido	L_{XeQ}	L_{YeQ}
L_{XE}	L_{YE}	$L_{CeQ} - L_{AeQ}$
L_{XSmax}	L_{XFmax}	L_{XImax}
L_{YSmax}	L_{YFmax}	L_{YImax}
L_{XSmin}	L_{XFmin}	L_{XImin}
L_{YSmin}	L_{YFmin}	L_{YImin}
L_{Xleq}	L_{Yleq}	$L_{AleQ} - L_{AeQ}$
L_{AFTeq}	$L_{AFTeq} - L_{AeQ}$	Tiempo restante
$L_{ep,d}$	$L_{ep,dv}$	E
Dose	Proj. Dose	L_{vpeak}
#VPeaks (>NNndB)	#VPeaks (>137 dB)	#VPeaks (>135 dB)
T_{vpeak}	L_{avUQ}	TWA
TWAv	DoseUQ	Proj. DoseUQ
$L_{Aeq,T1,mov,max}$	$L_{Aeq,T2,mov,max}$	$L_{CeQ,T1,mov,max}$
$L_{CeQ,T2,mov,max}$	$\Delta L_{eq,T1,mov,max}$	$\Delta L_{eq,T2,mov,max}$
Media RPM		

Datos meteorológicos (requiere estación meteorológica):

Dirección media del viento	Dirección mín. del viento	Dirección máx. del viento
Velocidad media del viento	Velocidad mín. del viento	Velocidad máx. del viento
Temp. ambiental	Humedad ambiental	Presión ambiental
Lluvia		

Solo para visualización como números o barras cuasi analógicas:

L_{XS}	L_{XF}	L_{XI}
L_{YS}	L_{YF}	L_{YI}
$L_{XS(SPL)}$	$L_{XF(SPL)}$	$L_{XI(SPL)}$
$L_{YS(SPL)}$	$L_{YF(SPL)}$	$L_{YI(SPL)}$
L_{XN1} o L_{XUN1}	L_{XN2} o L_{XUN2}	L_{XN3} o L_{XUN3}
L_{XN4} o L_{XUN4}	L_{XN5} o L_{XUN5}	L_{XN6} o L_{XUN6}
L_{XN7} o L_{XUN7}	$L_{vpeak,1s}$	Tensión de entrada de disparo
Std.Dev.	$L_{Aeq,T1,mov}$	$L_{Aeq,T2,mov}$
$L_{CeQ,T1,mov}$	$L_{CeQ,T2,mov}$	$\Delta L_{eq,T1,mov}$
$\Delta L_{eq,T2,mov}$	Inst. RPM	

Datos meteorológicos instantáneos:

Dirección del viento	Velocidad del viento
----------------------	----------------------

Datos GPS instantáneos:

Latitud	Longitud
---------	----------

MEDICIONES PARA LA ENTRADA DE VIBRACIÓN

Para la visualización y el almacenamiento:

Hora de inicio	Hora de parada	% de saturación
Tiempo transcurrido	Tiempo restante	
aLineal	aLin (1 – 20 kHz)	
aFast max	aF max (1 – 20 kHz)	
aSlow max	aS max (1 – 20 kHz)	
aFast min	aF min (1 – 20 kHz)	
aPeak	aT _{Peak}	
Factor de cresta	Media RPM	

Solo para visualización como números o barras cuasi analógicas:

aFast Inst	aF Inst (1 – 20 kHz)
aSlow Inst	aS Inst (1 – 20 kHz)
Inst RPM	Tensión de entrada de disparo

Datos GPS instantáneos:

Latitud	Longitud
---------	----------

MEDICIONES PARA ENTRADA DIRECTA

Para la visualización y el almacenamiento:

Hora de inicio	Hora de parada	% de saturación
Tiempo transcurrido	Tiempo restante	
Lineal	Máx. rápida	Máx. lenta
Mín. rápida	Mín. lenta	Pico
T_{Peak}	Factor de cresta	Media RPM

Solo para visualización como números o barras cuasi analógicas:

Inst rápida	Inst lenta
Inst RPM	Tensión de entrada de disparo

Datos GPS instantáneos:

Latitud	Longitud
---------	----------

RANGOS DE MEDICIÓN

Con el Micrófono Tipo 4189:

Rango dinámico: desde el ruido de fondo típico hasta el nivel máximo para una señal de tono puro de 1 kHz, con ponderación A: entre 16,6 y 140 dB

Intervalo de indicador principal: de acuerdo con la norma IEC 60651: Con ponderación A: desde 23,5 dB hasta 122,3 dB

Rango de linealidad: de acuerdo con la norma IEC 60804: Con ponderación A: desde 21,4 dB hasta 140,8 dB

Rango lineal de funcionamiento: de acuerdo con la norma IEC 61672:

- Con ponderación A: 1 kHz: desde 24,8 dB hasta 139,7 dB
- Con ponderación C: desde 25,5 dB hasta 139,7 dB
- Con ponderación Z: desde 30,6 dB hasta 139,7 dB

Rango de pico C: de acuerdo con la norma IEC 61672: 1 kHz: desde 42,3 dB hasta 142,7 dB

MUESTREO PARA ESTADÍSTICAS

Las estadísticas se pueden basar en L_{XF} , L_{XS} o L_{XeQ} :

- Las estadísticas L_{XFN1-7} o L_{XSN1-7} se basan en muestreo de L_{XF} o L_{XS} , respectivamente, cada 10 ms en clases de 0,2 dB de ancho por encima de 130 dB
- Las estadísticas L_{XN1-7} se basan en el muestreo de L_{XeQ} cada segundo en clases de 0,2 dB de ancho por encima de 130 dB

Cada medición guarda la distribución completa. El parámetro Std.Dev. (desviación estándar) se calcula a partir de las estadísticas

MEDICIÓN DE RPM

Las RPM se miden a partir de la señal conectada a la entrada del disparador cuando el tacómetro se establece en On.

Rango: entre 1 y 6000000 RPM

Relación de transmisión: entre 10^{-5} y 10^{38} . Las RPM que se muestran en pantalla corresponden a las RPM medidas divididas por su relación de transmisión

Visualización de la medición

SLM: Datos de medición visualizados en forma de números en varios tamaños y de una barra cuasi analógica. Los datos de sonido medidos se muestran como valores dB, los datos de vibración como valores dB o en unidades físicas (unidades SI (m/s^2) o unidades US/UK (g)), los datos directos como tensión en dB o V, los datos de mantenimiento como números en el formato pertinente. La medición instantánea L_{XF} o Fast Inst se visualiza en forma de barra cuasi analógica

Supervisión de señal

La señal de entrada se puede visualizar mediante auriculares conectados a un conector de auriculares, o alimentada mediante la salida del conector

SEÑAL DE SALIDA

Entrada condicionada: Con ponderación A, B, C o Z.

Ajuste de ganancia: entre -60 dB y 60 dB

Salida L_{XF} (cada ms) como tensión de CC entre 0 V y 4 V.

Salida de CC con fines de calibración: 0 dB ~ 0 V y 200 dB ~ 4 V

SEÑAL DE AURICULARES

La señal de entrada se puede monitorizar mediante el uso de esta toma con auriculares/audífonos

Ajuste de ganancia: entre -60 dB y 60 dB

Especificaciones de software: Software de análisis de frecuencia BZ-7223

Las especificaciones aplicables al software BZ-7223 incluyen las especificaciones para el Software de sonómetro BZ-7222. El software BZ-7223 añade las características siguientes:

Normas

Cumple las siguientes normas nacionales e internacionales:

- IEC 61260-1 (2014), bandas de 1/1 de octava y de 1/3 de octava, Clase 1
- IEC 61260 (1995-07) más Enmienda 1 (2001-09), bandas de 1/1 de octava y bandas de 1/3 de octava, Clase 0
- ANSI S1.11-1986, bandas de 1/1 y 1/3 de octava, Orden 3, Tipo 0-C
- ANSI S1.11-2004, bandas de 1/1 de octava y bandas de 1/3 de octava, Clase 0
- ANSI/ASA S1.11-2014, Apartado 1, bandas de 1/1 de octava y de 1/3 de octava, Clase 1

Entrada

CANALES (SOLO EN EL ANALIZADOR TIPO 2270)

Todas las mediciones se efectúan desde el Canal1 o el Canal2

Análisis de frecuencia

FRECUENCIAS CENTRALES

Frecuencias centrales de banda de 1/1 de octava: de 8 Hz a 16 kHz

Frecuencias centrales de banda de 1/3 de octava: de 6,3 Hz a 20 kHz

MEDICIONES DE ENTRADA DE SONIDO

X = ponderaciones de frecuencia A, B, C o Z, Y = ponderaciones de tiempo F o S

Datos para el registro

Estadísticas espectrales completas

Espectros para la visualización y el almacenamiento:

L_{Xeq}	L_{XSmax}	L_{XFmax}
L_{XSmin}	L_{XFmin}	

Espectros solo para la visualización:

L_{XS}	L_{XF}	L_{XYN1}
L_{XYN2}	L_{XYN3}	L_{XYN4}
L_{XYN5}	L_{XYN6}	L_{XYN7}

Valores individuales:

SIL	PSIL	SIL3
-----	------	------

$L_{Xeq}(f1-f2)^*$

NR Banda decisiva de NR

RC Clasificación RC

NCB Clasificación NCB

NC Banda decisiva de NC

Volumen Nivel de volumen

* donde f1 y f2 son bandas de frecuencia del espectro.

MEDICIONES DE VIBRACIÓN Y ENTRADA DIRECTA

Espectros para la visualización y el almacenamiento:

Lineal	Fast máx.	Slow máx.
Fast mín.	Slow mín.	

Espectros solo para la visualización:

Fast Inst.	Slow Inst.
------------	------------

Valores individuales:

Lineal (f1 - f2)*

* donde f1 y f2 son bandas de frecuencia del espectro.

RANGOS DE MEDICIÓN

Con el Micrófono Tipo 4189:

Rango dinámico: desde el ruido de fondo típico hasta el nivel máximo para una señal de tono puro a 1 kHz de 1/3 de octava: de 1,1 a 140 dB

Rango de funcionamiento lineal: conforme a la norma IEC 61260, 1/3 de octava: $\leq 20,5$ a 140 dB

MUESTREO PARA ESTADÍSTICAS DE OCTAVAS O 1/3 DE OCTAVA

X = ponderaciones de frecuencia A o B

Las estadísticas se pueden basar en L_{XF} o L_{XS} : las estadísticas L_{XFN1-7} o L_{XSN1-7} se basan en el muestreo de L_{XF} o L_{XS} , respectivamente, cada 100 ms en clases de 1 dB de ancho por encima de 150 dB

La distribución completa se puede guardar con la medición

Visualizaciones

VISUALIZACIÓN DE MEDIDAS

Espectro: uno o dos espectros superpuestos + barras de banda ancha A/B y C/Z

Tabla: uno o dos espectros de formato tabular

Eje Y: rango: 5, 10, 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140, 160 o 200 dB. Zoom automático o escala automática disponible. Los datos de sonido se muestran como valores en dB, los datos de vibraciones como valores en dB o en unidades físicas (unidades SI [m/s²] o unidades imperiales [g]) y los datos directos como tensión en dB o V

Cursor: lectura de la banda seleccionada

Generador

GENERADOR INTERNO

Generador de ruido pseudoaleatorio incorporado

Espectro: se puede seleccionar entre Rosa y Blanco

Factor de cresta:

- Ruido rosa: 4,4 (13 dB)
- Ruido blanco: 3,6 (11 dB)

Ancho de banda: se puede seleccionar entre:

- Límite inferior: 50 Hz (1/3 de octava) o 63 Hz (octava)
- Límite superior: 10 kHz (1/3 de octava) o 8 kHz (octava)

Nivel de salida: independiente del ancho de banda

- Máximo: 1 V_{rms} (0 dB)

- Ajuste de ganancia: entre -60 y 0 dB

Al cambiar el ancho de banda, el nivel de todas las bandas se ajusta automáticamente para adaptarse al nivel de salida establecido

Filtros de corrección: para Fuentes de sonido Tipo 4292, Tipo 4295 y Tipo 4296: planos u óptimos

Periodo de repetición: 175 s

Conector de salida: Toma de salida

GENERADOR EXTERNO

Posibilidad de selección entre generador interno o alternativo (solo para la entrada de micrófono).

Para control el generador de ruido externo, establezca la siguiente configuración:

- **Niveles:** 0 V (generador apagado), 4,5 V (generador encendido)
- **Tiempo de subida y tiempo de caída:** 10 μ s

Especificaciones de software: Software de registro BZ-7224

Las especificaciones aplicables a BZ-7224 incluyen las especificaciones para el Software de sonómetro BZ-7222. BZ-7224 añade:

Registro

MEDICIONES

Registro: Los datos de medición se registran a intervalos predefinidos dentro de archivos en:

- Tarjeta SD
- Unidad de almacenamiento USB

Período de registro: de 1 s a 24 h con resolución de 1 s

Registro rápido: L_{AF} , L_{AS} Y L_{Aeq} (entrada de sonido) o Fast Inst, Slow Inst y lineal (vibración y entrada directa) se pueden registrar cada 100 ms, independientemente del período de registro. Para la entrada de sonido, también puede registrar LAF cada 10 ms. El LAF de 10 ms y el espectro de 100 ms solo se pueden guardar y no mostrar en el analizador; se pueden mostrar en Measurement Partner Suite BZ-5503

Datos de banda ancha almacenados en cada intervalo de registro: Todos los datos de sonido de banda ancha o hasta 10 seleccionables, incluida la tensión de entrada de disparo, promedio de RPM, datos meteorológicos y $L_{Aeq,T,mov}$ (para vibración y entrada directa: hasta 5 parámetros)

Estadísticas de banda ancha almacenadas en cada intervalo de registro: distribución completa o ninguna (solo entrada de sonido)

Datos de espectros almacenados en cada intervalo de registro: todos, o hasta tres espectros seleccionables (se requiere licencia para el BZ-7223)

Estadísticas espectrales almacenadas en cada intervalo de registro: distribución completa o ninguna (solo entrada de sonido, se requiere licencia para el BZ-7223)

Tiempo de registro: de 1 s a 31 días con una resolución de 1 s

Medición total: para el tiempo de registro, en paralelo con el registro: todos los datos de banda ancha, las estadísticas y los espectros (se requiere licencia para el BZ-7223)

MARCADORES

Un marcador de exclusión de datos y cuatro marcadores definibles por el usuario para marcar en línea las categorías de sonido oídas durante la medición

Especificaciones de software: Software de registro mejorado BZ-7225

Las especificaciones aplicables al software BZ-7225 incluyen las especificaciones para el Software de registro BZ-7224. El software BZ-7225 añade las características siguientes:

Registro

PARA VISUALIZACIÓN EN PANTALLA Y ALMACENAMIENTO

L_{dn} , L_{den} , L_{day} , $L_{evening}$ Y L_{night}

Es posible seleccionar los periodos de día, tarde y noche y las penalizaciones (solo entrada de sonido)

Informes periódicos: datos de medición registrados en periodos de informes predefinidos en archivos en:

- Tarjeta SD
- Unidad de almacenamiento USB

Período de informes: entre 1 min y 24 h con resolución de 1 min

Datos y estadísticas de banda ancha almacenadas en cada intervalo de registro: todos, incluidos los datos meteorológicos

El generador de ruido se enciende y apaga automáticamente durante la medición

Tiempo de escape: entre 0 y 60 s

Tiempo programado: entre 1 y 10 s

El generador se puede encender y apagar manualmente para comprobar el equipo y los niveles de sonido

Los sucesos se pueden establecer manualmente

DISPARADORES

Es posible establecer los marcadores e iniciar las grabaciones de señal (se requiere licencia para el BZ-7226) cuando el nivel de banda ancha se encuentra por encima o por debajo de un nivel especificado

ANOTACIONES

Anotaciones en línea con comentarios hablados, notas escritas o imágenes (solo para el Tipo 2270)

Calibración

CALIBRACIÓN DE LA INYECCIÓN DE CARGA (CIC)

Permite inyectar una señal eléctrica generada internamente en paralelo con el diafragma del micrófono. Es posible realizar una CIC manual cuando no hay ninguna medición en curso. Es posible realizar una CIC automática al inicio y al final de una medición de registro

Visualizaciones de medición

Perfil: vista gráfica de los datos de medición elegidos frente al tiempo. Rápida visualización del marcador anterior o siguiente, resumen del perfil de toda la medición

Eje Y: Rango: 5, 10, 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140, 160 o 200 dB. Zoom o escala automática disponible. Los datos de sonido se muestran como valores dB, los datos de vibración como valores dB o en unidades físicas (unidades SI (m/s^2) o unidades US/UK (g)), los datos directos como tensión en dB o V

Eje X: herramientas de desplazamiento

Cursor: lectura de datos de medición en el tiempo seleccionado

Notificaciones

Condiciones de alarma (además de las especificadas para el BZ-7222):

- Fallo en la CIC
- Nivel de disparo superado

Datos de espectro almacenados en cada intervalo de informe: todos (se requiere licencia para el software BZ-7223)

Estadísticas espectrales almacenadas en cada intervalo de informe: distribución completa o ninguna (solo entrada de sonido, requiere licencia para el software BZ-7223)

Tiempo de registro: entre 1 s y 31 días con resolución de 1 s o continuo.

Los datos se guardan en proyectos separados para cada 24 horas de registro (en una hora del día definida por el usuario).

En caso de que se produzca un fallo de alimentación, es necesario un rearranque y una reanudación automática del funcionamiento

DISPARADORES

Temporizador de grabación de señal: Para iniciar una grabación de señal de forma periódica (se requiere licencia para la opción BZ-7226)

Disparadores de nivel: Es posible establecer los marcadores e iniciar las grabaciones de señal (se requiere licencia para la opción BZ-7226) cuando el nivel de banda ancha o de banda de frecuencia se

encuentran por encima o por debajo de un nivel especificado. Es posible establecer un tiempo de espera entre un disparador y otro. Puede especificar que estén activos hasta cuatro disparadores de nivel a cuatro horas diferentes durante el día

Calibración

CALIBRACIÓN DE LA INYECCIÓN DE CARGA (CIC)

Permite inyectar una señal eléctrica generada internamente en paralelo con el diafragma del micrófono. Es posible realizar una CIC manual siempre que no haya una medición en curso. Es posible realizar

una CIC automática al comienzo y al final de una medición de registro. Es posible configurar la CIC para que se produzca hasta 4 veces en cada periodo de 24 horas

Duración de la CIC: 10 s

Notificaciones

Condiciones de alarma: (además de las especificadas para el software BZ-7224): L_{Aeq} para el último periodo de informes que supera un umbral establecido

Especificaciones de software: Opción de grabación de señal BZ-7226

La Opción de grabación de señal BZ-7226 se activa con una licencia independiente. Funciona con todos los programas de analizadores: Software de sonómetro, Software de análisis de frecuencia, Software de registro, Software de registro mejorado y Software de tiempo de reverberación

Para el almacenamiento de datos, la grabación de señales requiere:

- Tarjeta SD
- Unidad de almacenamiento USB

SEÑAL GRABADA

Señal ponderada A, B, C o Z procedente del transductor de medición

CONTROL AUTOMÁTICO DE GANANCIA

El nivel promedio de la señal se mantiene dentro de un rango de 40 dB, o bien se puede fijar la ganancia

VELOCIDAD DE MUESTREO Y PREGRABACIÓN

La señal se almacena en la memoria intermedia para la grabación previa de la señal, lo que permite que se grabe el comienzo de los sucesos incluso si se detectan más tarde

Velocidad de muestreo (kHz)	8	16	24	48
Grabación previa máxima (s) 16 bits	470	230	150	70
Grabación previa máxima (s) 24 bits	310	150	96	43
Memoria (KB/s) 16 bits	16	32	48	96
Memoria (KB/s) 24 bits	24	48	72	144

REPRODUCCIÓN

Es posible escuchar la reproducción de las grabaciones de señales mediante los auriculares/audífonos conectados al conector de auriculares

FORMATO DE GRABACIÓN

El formato de grabación es de archivos de onda de 16 o 24 bits (extensión .wav) adjuntos a los datos en el proyecto y que se pueden

reproducir fácilmente más tarde en un PC mediante un BZ-5503, Tipo 7820 o 7825. La información de calibración y la posible información del disparador del tacómetro se guardan en el archivo .wav, lo que permite a BZ-5503 y PULSE analizar las grabaciones

Funciones con BZ-7222 y BZ-7223

Control manual de la grabación: La grabación se puede iniciar y detener manualmente durante una medición utilizando un pulsador o una señal externa

Control automático de la grabación: Permite el inicio de la grabación al comenzar la medición. Es posible preajustar el tiempo de grabación mínimo y máximo

Funciones con BZ-7224 y BZ-7225

Control manual de la grabación (utilizando el pulsador Suceso manual o Borrado previo o una señal externa): Grabación durante todo el suceso, o durante la duración mínima y máxima predefinida. Durante la grabación se establece un marcador de sonido. Tiempo de pregrabación y postgrabación seleccionable por el usuario

Control manual de la grabación (mediante la pantalla táctil): Grabación durante el período de tiempo seleccionado (sujeto a las limitaciones de la memoria intermedia de grabación previa). Se establece un marcador de sonido para el período de tiempo seleccionado

Control automático de la grabación: Es posible activar un suceso cuando el nivel de banda ancha se encuentra por encima o por debajo de un nivel específico. Grabación durante todo el suceso o durante un tiempo mínimo y máximo predefinido. Tiempo de pregrabación y postgrabación seleccionable por el usuario

Funciones con BZ-7227

Control automático de la grabación: La grabación se inicia al comenzar la medición.

Solo admite el formato de grabación de 16 bits

Especificaciones de software: Software de tiempo de reverberación BZ-7227

Normas

La unidad cumple los apartados correspondientes de las siguientes normas:

- IEC 61672-1 (2013), Clase 1
- IEC 60651 (1979) más la Enmienda 1 (1993-02) y la Modificación 2 (2000-10), Tipo 1
- IEC 61260-1 (2014), bandas de 1/1 de octava y de 1/3 de octava, Clase 1
- ANSI S1.4-1983 más la Enmienda ANSI S1.4A-1985, Tipo 1
- IEC 61260 (1995-07) más Enmienda 1 (2001-09), bandas de 1/1 de octava y bandas de 1/3 de octava, Clase 0
- ANSI S1.11-1986, bandas de 1/1 y 1/3 de octava, Orden 3, Tipo 0-C

- ANSI S1.11-2004, bandas de 1/1 de octava y bandas de 1/3 de octava, Clase 0
- ANSI/ASA S1.11-2014, apartado 1, bandas de 1/1 de octava y de 1/3 de octava, Clase 1
- ISO 140
- ISO 3382
- ISO 354

FILTROS DE CORRECCIÓN

Para los Micrófonos Tipo 4189, 4190, 4191, 4192, 4193, 4950, 4952, 4952+EH-2152, 4955-A, 4964, 4966 y 4184-A, el software BZ-7227 puede corregir la respuesta de frecuencia para compensar la incidencia sonora y los accesorios

Mediciones de banda ancha

DETECTORES

Detectores de banda ancha con **ponderación A y C** y ponderación temporal exponencial F

Detector de saturación: supervisa las salidas de saturación de todos los canales de frecuencia ponderada

MEDICIONES

L_{AF} y L_{CF} para la visualización numérica o con barras pseudoanalógicas

RANGOS DE MEDICIÓN

Con el Micrófono Tipo 4189:

Rango dinámico: desde el ruido de fondo normal hasta el nivel máximo para una señal de tono puro de 1 kHz, con ponderación A: de 16,6 a 140 dB

Rango de indicador principal: conforme a la norma IEC 60651, con ponderación A: de 23,5 a 122,3 dB

Rango de funcionamiento lineal: conforme a la norma IEC 61672:

- Con ponderación A: de 23,5 a 122,3 dB
- Con ponderación C: de 25,5 a 139,7 dB
- Con ponderación Z: de 30,6 a 139,7 dB

Análisis de frecuencia

FRECUENCIAS CENTRALES

Frecuencias centrales de banda de 1/1 de octava: de 63 Hz a 8 kHz

Frecuencias centrales de banda de 1/3 de octava: de 50 Hz a 10 kHz

MEDICIONES

Espectro de L_{ZF} solo con fines de consulta

Espectros de L_{Zeq} muestreados a intervalos de 5 ms

RANGOS DE MEDICIÓN

Con el Micrófono Tipo 4189:

Rango dinámico: desde el ruido de fondo típico hasta el nivel máximo para una señal de tono puro a 1 kHz de 1/3 de octava: de 1,1 a 140 dB

Rango de funcionamiento lineal: conforme a la norma IEC 61260, 1/3 de octava: $\leq 20,5$ dB a 140 dB

Generador interno

Generador de ruido pseudoaleatorio incorporado

Espectro: seleccionable entre rosa y blanco

Factor de cresta:

- Ruido rosa: 4,4 (13 dB)
- Ruido blanco: 3,6 (11 dB)

Ancho de banda: según el intervalo de frecuencia de medición

- Límite inferior: 50 Hz (1/3 de octava) o 63 Hz (octava)
- Límite superior: 10 kHz (1/3 de octava) o 8 kHz (octava)

Nivel de salida: independiente del ancho de banda

- Máximo: $1 V_{rms}$ (0 dB)
- Ajuste de ganancia: de -60 a 0 dB

Al cambiar el ancho de banda, el nivel de todas las bandas se ajusta automáticamente para adaptarse al nivel de salida establecido

Filtros de corrección para fuentes de sonido Tipo 4292, Tipo 4295 y Tipo 4296: planos u óptimos

Tiempo de encendido y tiempo de apagado: equivalente a $RT = 70$ ms

Periodo de repetición: 175 s

Conector de salida: toma de salida

Control: véase el Control de medición

Generador externo

Se puede seleccionar como alternativa al generador interno.

Control del generador de ruido externo

Niveles: 0 V (generador apagado), 4,5 V (generador encendido)

Tiempo de subida y tiempo de caída: 10 μ s

Control: véase el Control de medición

Tiempo de reverberación

EDT, T20 y T30 en bandas de una octava o 1/3 de octava

Decaimientos: mediciones y almacenamientos con un promedio de tiempo de 5 ms

Intervalo de evaluación: de 0 a -10 dB para EDT, de -5 a -25 dB para T20 y de -5 a -35 dB para T30

Tiempo de medición: selección automática del tiempo de medición en los decaimientos basados en el tiempo de reverberación real de la sala

Tiempo de medición máximo: de 2 a 30 s

Promedio: Es posible realizar un promedio de las mediciones para EDT, T20 y T30 (media aritmética o promedio colectivo).

Cálculo de EDT, T20 y T30: a partir de la pendiente del intervalo de evaluación

Cálculo de la pendiente: aproximación por mínimos cuadrados

Indicadores de calidad: los indicadores de calidad contienen datos sobre el estado del sistema como, por ejemplo, la sobrecarga, el porcentaje de curvatura, etc. Asimismo, ofrecen una descripción exhaustiva del estado del sistema.

Los indicadores de calidad están disponibles en los espectros de tiempo de reverberación de cada banda de frecuencias o pueden ser indicadores de calidad globales de cada posición de medición y del proyecto total (sala)

Intervalo de tiempo de reverberación: máx. 50 s, mín. 0,1 – 0,7 s, en función del ancho de banda y la frecuencia central

Tiempo de reverberación de banda ancha: permite calcular el promedio aritmético del tiempo de reverberación en un rango de frecuencia seleccionable

Visualización y control de la medición

MAPA DE RESUMEN

Mapa de las posiciones de fuentes y receptores con lecturas de tiempo de reverberación para una banda de frecuencia seleccionable en cada posición de medición junto con el indicador de calidad

Organización de las posiciones de fuentes y receptores: permite realizar mediciones en todas las posiciones de los receptores de cada fuente o realizar mediciones en varias posiciones (de 1 a 10) para cada fuente.

Las posiciones de fuente y receptor se pueden añadir, mover o eliminar

TABLA DE RESUMEN

Tabla de las posiciones de mediciones con lecturas de tiempo de reverberación para una banda de frecuencia seleccionable en cada posición junto con el indicador de calidad.

Es posible incluir o excluir posiciones del promedio de la sala

ESPECTRO DE NIVEL SONORO

Es el espectro LZf más las barras de banda ancha A y C

Eje Y: rango: 5, 10, 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140 o 160 dB. Zoom automático o escala automática disponible

Cursor: lectura de la banda seleccionada

Indicador de calidad de cada banda de frecuencia

ESPECTRO DE TIEMPO DE REVERBERACIÓN

Es posible visualizar uno o dos espectros

Eje Y: rango: 0,5, 1, 2, 5, 10 o 20 s. Zoom automático disponible

Cursor: lectura de la banda seleccionada

Indicador de calidad de cada banda de frecuencia

TABLA DE ESPECTRO DE TIEMPO DE REVERBERACIÓN

Es posible visualizar uno o dos espectros de forma tabular

DECAIMIENTO

Se trata de la curva de decaimiento correspondiente a una posición o al promedio de la sala que ofrece el sistema para cada banda de frecuencia.

Visualización del intervalo de evaluación y la línea de regresión.

Lectura del porcentaje de curvatura

Eje Y: rango: 5, 10, 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140 o 160 dB. Zoom automático o escala automática disponible

CONTROL DE LA MEDICIÓN

Secuencia de medición: las mediciones pueden realizarse del siguiente modo:

- En todas las posiciones del receptor antes de utilizar otra fuente
- En una posición del receptor para todas las fuentes, antes de efectuar la medición en una nueva posición.
- En una serie de posiciones sucesivas de los receptores sin información de la fuente
- En una serie de posiciones de fuentes y receptores seleccionadas manualmente

Durante la medición, se mostrará el espectro de nivel de sonido instantáneo. Tras la medición, se mostrará el tiempo de reverberación **Excitación de la interrupción del ruido:** las mediciones se inician manualmente y pueden almacenarse automáticamente al concluir la medición.

El generador de ruido se enciende y se apaga automáticamente

Tiempo de escape: entre 0 y 60 s

Tiempo de subida: entre 1 y 10 s

Número de decaimientos por medición: entre 1 y 100, con promedio colectivo en un decaimiento.

El generador se puede encender y apagar manualmente para comprobar el equipo y los niveles de sonido.

Mediciones en serie: las bandas de frecuencias seleccionadas se pueden medir en serie, es decir, una por una en una secuencia automática. Esto se puede realizar de forma automática en combinación con la medición en paralelo

Excitación de impulso: la primera medición se inicia manualmente.

Cuando el nivel (procedente de la pistola de salida, por ejemplo) supera el nivel de activación seleccionado por el usuario, se registra el decaimiento y se lleva a cabo una integración hacia atrás (método de Schroeder). El disparador puede activarse automáticamente para realizar mediciones en la próxima posición

Grabación de señal: (requiere licencia para la Opción de grabación de señal BZ-7226) la grabación de la señal medida con ponderación Z puede realizarse en cada posición. Para el almacenamiento de datos, la grabación de señales requiere:

- Tarjeta SD
- Unidad de almacenamiento USB

Estado de la medición

EN PANTALLA

El sistema muestra en pantalla los mensajes de sobrecarga, espera de activación y operación en curso o detenida a través de una serie de iconos

SEMÁFORO

Los tres LED de color rojo, amarillo y verde muestran el estado de medición y la sobrecarga instantánea del siguiente modo:

- Parpadeo del LED amarillo cada 5 s = sistema detenido, listo para realizar la medición
- Parpadeo lento del LED verde = sistema en espera de disparo o señal de calibración
- LED verde encendido fijo = medición en curso
- Parpadeo lento del LED amarillo = sistema en pausa, medición no almacenada
- Parpadeo rápido del LED rojo = sobrecarga intermitente, fallo en la calibración

Especificaciones de software: Opción de dos canales BZ-7229

La Opción de dos canales BZ-7229 es una aplicación estándar incluida con todos los analizadores Tipo 2270 nuevos. Añade funcionalidad de 2 canales al Sonómetro, al Análisis de frecuencia, al Registro, al Registro mejorado y al Software de acústica de edificios y a la opción de grabación de señales en el Tipo 2270
Consulte los datos de producto de BP 2194 para las aplicaciones de software de acústica para edificios de 2 canales.

Calibración

La calibración inicial se almacena para compararla con calibraciones posteriores

ACÚSTICA

Mediante el Calibrador de sonido Tipo 4231 o un calibrador personalizado. El proceso de calibración detecta automáticamente el nivel de calibración cuando se utiliza el Calibrador de sonido Tipo 4231

ELÉCTRICA

Se utiliza una señal eléctrica generada por el sistema, combinada con el valor introducido de la sensibilidad del micrófono

HISTORIAL DE CALIBRACIÓN

Pueden indicarse y verse en el analizador hasta 20 de las últimas calibraciones realizadas

Supervisión de la señal

Puede controlarse una señal de entrada con ponderación A, C o Z con ayuda de unos auriculares conectados a la toma de auriculares
Señal de los auriculares: la señal de entrada puede controlarse a través de esta conexión con los auriculares o los audífonos
Ajuste de ganancia: de -60 dB a 60 dB

Anotaciones

ANOTACIONES DE VOZ

Es posible adjuntar anotaciones de voz al proyecto de tiempo de reverberación, a las fuentes, a los receptores y a las mediciones realizadas en cada posición

Reproducción: la reproducción de anotaciones de voz o grabaciones de señal puede escucharse a través de unos auriculares conectados a la toma correspondiente

Ajuste de ganancia: de -60 dB a 60 dB

ANOTACIONES DE TEXTO E IMAGEN

Es posible adjuntar anotaciones de texto e imágenes (solo en analizadores del Tipo 2270) al proyecto de tiempo de reverberación, a las fuentes, a los receptores y a las mediciones realizadas en cada posición

ANOTACIONES GPS

Es posible adjuntar al proyecto una anotación de texto con información GPS (latitud, longitud, altitud y error de posición). Requiere conexión a un receptor GPS

Gestión de datos

Plantilla de proyecto: define los ajustes de visualización y medición

Proyecto: los datos de medición de todas las posiciones definidas en la sala se almacenan en la plantilla del proyecto

Trabajo: los proyectos se organizan en trabajos.

Las herramientas del explorador facilitan la gestión de datos (copiar, cortar, pegar, eliminar, cambiar nombre, abrir proyecto, crear trabajo, establecer nombre de proyecto predeterminado).

Para obtener especificaciones y detalles sobre la documentación de resultados con el software Qualifier Tipo 7830 y Qualifier Light Tipo 7831, consulte las características técnicas BP 2194

En general, la Opción de 2 canales añade un canal adicional de datos de medición. Los dos canales pueden tener entrada del mismo tipo de transductores (como dos micrófonos) o dos transductores diferentes (como un micrófono y un acelerómetro)

NIVEL DE RUIDO AUTOGENERADO

Valores normales a 23 °C de la sensibilidad nominal de circuito abierto del micrófono:

Rango alto:

Ponderación	Micrófono	Eléctrica	Total
"A"	14,6 dB	28,3 dB	28,5 dB
"B"	13,4 dB	26,9 dB	27,1 dB
"C"	13,5 dB	27,0 dB	27,2 dB
"Z" 5 Hz – 20 kHz	15,3 dB	31,2 dB	31,3 dB
"Z" 3 Hz – 20 kHz	15,3 dB	32,1 dB	32,2 dB

Rango bajo:

Ponderación	Micrófono	Eléctrica	Total
"A"	14,6 dB	12,4 dB	16,6 dB
"B"	13,4 dB	11,5 dB	15,6 dB
"C"	13,5 dB	12,9 dB	16,2 dB
"Z" 5 Hz – 20 kHz	15,3 dB	18,3 dB	20,1 dB
"Z" 3 Hz – 20 kHz	15,3 dB	25,5 dB	25,9 dB

INTERVALOS DE MEDIDA

El intervalo de medición completo se cubre en dos ajustes de rango: El Rango alto corresponde al intervalo menos sensible y el Rango bajo hace alusión al más sensible

ANÁLISIS DE BANDA ANCHA

Con el Micrófono Tipo 4189:

Rango dinámico: desde el ruido de fondo típico hasta el nivel máximo para una señal de tono puro de 1 kHz, con ponderación A:

- Rango alto: entre 28,5 y 140 dB
- Rango bajo: entre 16,6 y 110 dB

Intervalo de indicador principal: conforme a la norma IEC 60651, con ponderación A:

- Rango alto: desde 41,7 dB hasta 122,3 dB
- Rango bajo: desde 23,5 dB hasta 92,3 dB

Rango de linealidad: conforme a la norma IEC 60804, con ponderación A:

- Rango alto: entre 39,6 y 140,8 dB
- Rango bajo: entre 21,4 y 110,8 dB

Rango lineal de funcionamiento: de acuerdo con la norma IEC 61672:

- Con ponderación A: 1 kHz
 - Rango alto: desde 43,0 dB hasta 139,7 dB
 - Rango bajo: desde 24,8 dB hasta 109,7 dB
- Con ponderación C: 1 kHz
 - Rango alto: desde 41,7 dB hasta 139,7 dB
 - Rango bajo: desde 25,5 dB hasta 109,7 dB
- Con ponderación Z: 1 kHz
 - Rango alto: desde 45,9 dB hasta 139,7 dB
 - Rango bajo: desde 30,6 dB hasta 109,7 dB

Rango de pico C: de acuerdo con la norma IEC 61672, 1 kHz:

- Rango alto: desde 58,5 dB hasta 142,7 dB
- Rango bajo: desde 42,3 dB hasta 112,7 dB

ANÁLISIS DE FRECUENCIA

Rango dinámico: desde el ruido de fondo típico hasta el nivel máximo para una señal de tono puro a 1 kHz de 1/3 de octava:

- Rango alto: entre 18,5 y 140 dB
- Rango bajo: entre 1,3 y 110 dB

Rango lineal de funcionamiento: de acuerdo con la norma IEC 61260:

- Rango alto: entre $\leq 39,3$ y 140 dB
- Rango bajo: entre $\leq 20,6$ y 110 dB

Mediciones con BZ-7222 y BZ-7223

Dos canales, cada uno de ellos con todos los datos de la medición de canal único, excepto los parámetros de mantenimiento comunes, como la hora de inicio, el tiempo transcurrido, etc., además del estado meteorológico y los datos GPS

Detector de desbordamiento por defecto: supervisa el desbordamiento por defecto de todos los detectores con ponderación de frecuencia. El desbordamiento por defecto se verifica cuando el nivel es menor que el límite inferior del intervalo de funcionamiento lineal. Hay detectores disponibles tanto para el canal 1 como para el canal 2

AUTORANGO

Se incluyen controles de rango automático y manual

Visualización de espectro (para BZ-7223): Se pueden superponer los espectros de ambos canales. Los datos de diferentes tipos de transductores se muestran con el eje Y individual

Espectros para visualización (entrada de micrófono):

- Canal 1 – Canal 2 L_{Xeq}
- Canal 2 – Canal 1 L_{Xeq}

X = A, B, C o Z

Espectros para visualización (acelerómetro o entrada directa):

- Canal 1 – Canal 2 Lineal
- Canal 2 – Canal 1 Lineal

Valores únicos para visualización (entrada de micrófono):

- Canal 1 – Canal 2 L_{Xeq}
- Canal 2 – Canal 1 L_{Xeq}
- Canal 1 – Canal 2 L_{Yeq}
- Canal 2 – Canal 1 L_{Yeq}

X = A o B. Y = C o Z

Valores únicos para visualización (acelerómetro o entrada directa):

- Canal 1 – Canal 2 Lineal
- Canal 2 – Canal 1 Lineal
- Canal 1 – Canal 2 Detector lineal 2 (solo acelerómetro de entrada)
- Canal 2 – Canal 1 Detector lineal 2 (solo acelerómetro de entrada)

Mediciones con BZ-7224 y BZ-7225

Registro rápido: se pueden registrar hasta un total de cuatro de los parámetros de 100 ms de los dos canales (incluido el parámetro de 10 ms para la entrada de sonido)

Datos de banda ancha almacenados en cada intervalo de registro:

Todos los valores de banda ancha seleccionables o hasta 10 de ellos desde los dos canales

Datos de espectros almacenados en cada intervalo de registro: todo, o hasta los cuatro espectros seleccionables de los dos canales (se requiere licencia para BZ-7223)

Grabación de señales de dos canales (se requiere licencia para BZ-7226): La grabación de señales de 2 canales está disponible en el Sonómetro, el Análisis de frecuencia, el Software de registro y de registro mejorado.

Las señales de los dos canales se pueden grabar en un archivo de onda "estéreo" o en 2×24 bits o 2×16 bits.

VELOCIDAD DE MUESTREO Y PREGRABADO PARA LA GRABACIÓN DE DOS CANALES

Velocidad de muestreo (kHz)	8	16	24	48
Pregrabación máxima (s) 16 bits	230	110	70	30
Pregrabación máxima (s) 24 bits	150	70	43	16
Memoria (KB/s) 16 bits	32	64	96	192
Memoria (KB/s) 24 bits	48	96	144	288

Especificaciones de software: Opción de evaluación de tono BZ-7231

LICENCIA

La Opción de evaluación de tono BZ-7231 es una aplicación estándar incluida con todos los analizadores Tipo 2250/2270 nuevos. La opción se puede utilizar con la plantilla FFT (BZ-7230) o con las plantillas de 1/3 de octava y de registro (BZ-7223, BZ-7224 y BZ-7225)

Evaluación de tono basada en FFT (solo con el software BZ-7230)

NORMA

La evaluación de tono se basa en el espectro de FFT medido de acuerdo con la norma ISO 1996:2007 Acústica: descripción, evaluación y medición del ruido ambiental, parte 2: determinación de los niveles de ruido ambiental. Anexo C (informativo) Método objetivo para evaluar la percepción de tonos en el ruido. Método de referencia

ESPECTROS EVALUADOS

Cualquier espectro de sonido FFT (FFT, referencia o máximo) mostrado puede ser evaluado.

La evaluación se lleva a cabo en forma de postprocesamiento, es decir, cuando la medición se encuentra en pausa o detenida

CONFIGURACIÓN DE ACUERDO CON LAS NORMAS

Si la configuración no cumple la norma, aparecerá una indicación en la pantalla y se le ofrecerá la posibilidad de aplicar la configuración predeterminada.

Si es posible, se realizará la evaluación de tono, a pesar de no cumplir con la norma

Criterio de búsqueda de tono: de 0,1 a 4,0 dB por pasos de 0,1 dB.

TONO EN EL CURSOR

La salida del auricular dispone de un tono sinusoidal para facilitarle la confirmación de tonos identificados

Frecuencia: la frecuencia la selecciona el cursor principal

Ganancia: de -70 a +10 dB

Opciones: el tono generado se puede mezclar con la señal de entrada

CURSOR DE EVALUACIÓN DE TONO

Todos los tonos disponibles se indican en la pantalla.

El cursor del tono se sitúa inicialmente en el tono más destacado y, a continuación, puede desplazarse por el resto de tonos detectados.

También puede utilizar el cursor principal para desplazarse por los tonos

RESULTADOS

Los resultados se muestran en los paneles Tono y Valor.

No se guardan con la medición

Todos los tonos: frecuencia, nivel de tono L_{pt} , nivel de ruido de enmascaramiento L_{pn} , percepción ΔL_{ta} , banda crítica CB, diferencia de nivel de ruido frente a tono ΔL_{ts} , criterio de percepción $\Delta L_{ts,krit}$

Tono más destacado: nivel de tono L_{pt} , ajuste K_t

INDICADORES DE CALIDAD

En la pantalla, un indicador de calidad (emoticono) señalará que hay una sugerencia disponible para la calidad de la evaluación de tonos. Haga clic en el indicador para ver la sugerencia

Evaluación de tono basada en 1/3 de octava (solo con el software BZ-7223/24/25)

La evaluación de tonos se basa en el espectro de 1/3 de octava medido de acuerdo con el apartado 2 del título general Acústica: descripción, medición y evaluación del ruido ambiental de la norma internacional ISO 1996:2007: determinación de los niveles de ruido ambiental. Anexo D (informativo) Método objetivo para evaluar la percepción de tonos en el ruido. Método simplificado” o bien de acuerdo con la ley italiana “DM 16-03-1998: Ministero dell’Ambiente, Decreto 16 marzo 1998”

ESPECTROS EVALUADOS

El espectro de 1/3 de octava visualizado (L_{eq} , L_{max} o L_{min}) se puede evaluar. La evaluación se lleva a cabo en forma de postprocesamiento, es decir, cuando la medición se encuentra en pausa o detenida

CONFIGURACIÓN DE ACUERDO CON LAS NORMAS

Si la configuración infringe las normas, este hecho se indicará en la pantalla. En ese caso, podrá aceptar la aplicación de la configuración predeterminada. Si es posible, se llevará a cabo la evaluación de tonos, a pesar de que se incumplan las normas. Para la evaluación de tono conforme a la norma ISO 1996-2, Anexo D, puede configurar la división entre el rango de frecuencia bajo y medio, la división entre el rango de frecuencia medio y alto y los límites de las diferencias de nivel entre bandas adyacentes.

Para la evaluación de tono conforme a DM 16-03-1998, es posible probar las curvas de volumen de los tonos. Seleccione entre ISO 226: 1987 campo libre, 1987 campo aleatorio y 2003 campo libre

RESULTADOS

Los tonos se indican encima del espectro cuando se selecciona Tono como parámetro de espectro. El ajuste resultante se puede visualizar en el panel de valores. No se guarda con la medición

Especificaciones de software: Opción mejorada de vibración y baja frecuencia BZ-7234

La Opción mejorada de vibración y baja frecuencia BZ-7234 está habilitada con una licencia independiente. Añade la ponderación G y parámetros de vibración humana, además de la integración y de la doble integración de la señal de aceleración para parámetros de vibración y desplazamiento para el software del Sonómetro, Análisis de frecuencia, Registro y de Registro mejorado. También agrega análisis de 1/1 y 1/3 de octava de baja frecuencia al análisis de frecuencia, y al software de Registro y de Registro mejorado

Ponderación G

Las especificaciones para la ponderación G se aplican al Tipo 2250/2270 equipado con uno de los Micrófonos Tipo 4193 y 4964 (tanto con o sin el Adaptador de baja frecuencia UC-0211) y el Preamplificador de micrófono ZC-0032

Normas

Cumple con las siguientes normas nacionales e internacionales:

- ISO 7196:1995
- ANSI S1.42–2001 (R2011)

Análisis

DETECTORES

Los detectores con ponderación G (que reemplazan la ponderación C/Z) con una ponderación de tiempo exponencial de 10 s, un detector de promedio lineal y un detector de pico.

MEDICIONES

Y=ponderaciones de tiempo F o S

Espectros para visualización y almacenamiento (se requiere BZ-7223):

L_{Geq} L_{GSmax} L_{GFmax}
 L_{GSmin} L_{GFmin}

Espectros solo para visualización (se requiere BZ-7223):

L_{GS} L_{GF} L_{GYN1}
 L_{GYN2} L_{GYN3} L_{GYN4}
 L_{GYN5} L_{GYN6} L_{GYN7}

Valores únicos para visualización y almacenamiento:

L_{Geq} L_{G10max} L_{G10min}
 L_{Gpeak} T_{Gpeak}

Valores únicos solo para visualización:

L_{G10} $L_{Gpeak,1s}$

RANGOS DE MEDICIÓN

Rango lineal de funcionamiento con ponderación G en la frecuencia de referencia de filtro G 10 Hz

Rango único:

Micrófono	Bajo (dB)	Alto (dB)
4193	41,0	161,0
4194 + UC-0211	44,1	151,4
4964	29,6	149,0
4964 + UC-0211	32,6	139,3

Rango alto:

Micrófono	Bajo (dB)	Alto (dB)
4193	41,6	161,0
4194 + UC-0211	51,8	151,4
4964	30,3	149,0
4964 + UC-0211	41,7	139,3

Rango bajo:

Micrófono	Bajo (dB)	Alto (dB)
4193	41,0	131,0
4194 + UC-0211	44,1	147,4
4964	29,6	119,0
4964 + UC-0211	32,6	137,3

Vibración general

Las especificaciones para los parámetros de vibración general se aplican al Tipo 2250/2270 equipado con un acelerómetro

Normas

Cumple con las siguientes normas internacionales:

- ISO 2954
- ISO 10816 serie

Análisis

DETECTORES

Adición a los ajustes de Acel lineal y Acel de 1 – 20 kHz para los dos detectores de banda ancha:

Vel 3 – 20000 Hz Vel 0.3 – 1000 Hz Vel 10 – 1000 Hz
Vel 1 – 100 Hz Des 10 – 1000 Hz Des 30 – 300 Hz
Des 1 – 100 Hz

La ponderación para el detector de pico se puede establecer en uno de los ajustes elegidos para los detectores de banda ancha o Acel lineal. La ponderación para los detectores de espectros se puede establecer en Acel lineal o Vel 3 – 20000 Hz, Vel 0.3 – 1000 Hz, Vel 10 – 1000 Hz o Vel 1 – 100 Hz

Valores únicos para visualización y almacenamiento: Pico a pico para desplazamiento

Vibración humana

Las especificaciones para los parámetros de vibración humana se aplican al Tipo 2250/2270 equipado con un acelerómetro

Normas

El sistema cumple las siguientes normas internacionales:

- ISO 8041:2005
- ISO 5349–1
- ISO 2631 serie
- DIN 45669–1:2010–09

Análisis

DETECTORES

Se pueden establecer dos detectores de banda ancha en una de las siguientes ponderaciones:

Acel lineal Vel 0.3 – 1000 Hz Vel 1 – 100 Hz
 W_b W_c W_d
 W_e W_j W_h
 W_k W_m W_{xb}
 W_{hb} W_{mb}

W_{mb} es la parte limitante de banda de W_m . W_{hb} es la parte limitante de banda de W_h y W_{xb} es la parte limitante de banda de W_b , W_c , W_d , W_e , W_j y W_k .

La ponderación para el detector de pico se puede establecer en uno de los ajustes elegidos para los detectores de banda ancha o Acel lineal.

La ponderación para los detectores de espectros se puede establecer en Acel lineal o Vel 0.3 – 1000 Hz o Vel 1 – 100 Hz

MEDICIONES

Valores únicos para visualización y almacenamiento:

MTVV KBF_{max} KBF_{Tm}
Pico a pico

Valores únicos solo para visualización:

aW, 1 s KBF

Análisis de baja frecuencia de 1/1 de octava y 1/3 de octava

Análisis de frecuencia

FRECUENCIAS CENTRALES

1/1 de octava frecuencias centrales de banda: 1 Hz a 16 kHz

1/3 de octava frecuencias centrales de banda: 0,8 Hz a 20 kHz

Normas

Cumple con las siguientes normas nacionales e internacionales:

- IEC 61260–1 (2014), bandas de 1/1 de octava y de 1/3 de octava, Clase 1
- IEC 61260 (1995–07) más la Enmienda 1 (2001–09), bandas de 1/1 de octava y de 1/3 de octava, Clase 0
- ANSI S1.11–1986, bandas de 1/1 y 1/3 de octava, Orden 3, Tipo 0–C
- ANSI S1.11–2004, bandas de 1/1 de octava y de 1/3 de octava, Clase 0

- ANSI/ASA S1.11–2014, Parte 1, bandas de 1/1 de octava y de 1/3 de octava, Clase 1

Mediciones de sonido

Las mediciones de sonido de baja frecuencia requiere el uso de un micrófono de baja frecuencia. Este puede ser de Tipo 4193 o Tipo 4964, ambos junto con el Adaptador de baja frecuencia UC-0211

Mediciones de vibración

Brüel & Kjær recomienda el Acelerómetro de nivel bajo de Tipo 8344 para las mediciones de vibración de baja frecuencia

Especificaciones de software: Measurement Partner Suite BZ-5503

El módulo BZ-5503 se suministra con los analizadores Tipos 2250 y 2270 para facilitar la sincronización de las configuraciones y los datos entre el PC y el analizador portátil. El módulo BZ-5503 se suministra en ENV DVD BZ-5298

REQUISITOS PARA EL PC

Sistema operativo: Windows® 7, 8.1 u 10 (en versiones de 32 o 64 bits)

PC Recomendado:

- Intel® Core™ i3
- Microsoft® .NET 4.5
- 2 GB de memoria
- Tarjeta de sonido
- Unidad de DVD
- Al menos un puerto USB disponible
- Unidad de estado sólido

VISUALIZACIÓN EN LÍNEA DE LOS DATOS DE TIPO 2250/2270

Las mediciones del analizador pueden controlarse desde el PC y visualizarse en línea con el PC, usando en el PC la misma interfaz de usuario que en el analizador

Pantalla: 1024 × 768 (se recomienda 1280 × 800)

GESTIÓN DE DATOS

Explorador: Las herramientas del explorador facilitan la gestión de analizadores, usuarios, trabajos, proyectos y plantillas de proyectos (copiar, cortar, pegar, eliminar, dar nuevo nombre, crear)

Visor de datos: Permite visualizar los datos de la medición (contenido de los proyectos)

Sincronización: Las plantillas de proyectos y los proyectos de usuarios específicos pueden sincronizarse entre el PC y el analizador y entre archivos locales y en la nube. Measurement Partner Suite BZ-5503 también permite fusionar anotaciones tomadas con la aplicación de campo (Field App) de Measurement Partner con el proyecto correspondiente del analizador

USUARIOS

Se pueden crear o eliminar usuarios del Tipo 2250/2270

HERRAMIENTAS DE EXPORTACIÓN

Excel®: Los proyectos (o las partes especificadas por el usuario) pueden exportarse a Microsoft® Excel® (compatible con Excell® 2003 – 2016)

Software de Brüel & Kjær: Los proyectos pueden exportarse* a Predictor-LimA Tipo 7810, Acoustic Determinator Tipo 7816, Protector Tipo 7825, Qualifier (Light) Tipo 7830 (7831), PULSE Mapping for Hand-held Sound Intensity Tipo 7962/7752/7761 o PULSE Reflex

POSTPROCESAMIENTO

Measurement Partner Suite es un conjunto de módulos, incluidas las herramientas de postprocesamiento para los datos adquiridos con el analizador. Están disponibles los siguientes módulos de postprocesamiento:

- Módulo de registro BZ-5503-A
- Módulo de espectro BZ-5503-B
- Módulo de análisis de archivos WAV BZ-5503-C

Estos módulos ayudan a evaluar los datos de registro y los espectros medidos, como el cálculo de la contribución de los marcadores en un perfil de registro o la corrección de espectros para el ruido de fondo

ACTUALIZACIONES Y LICENCIAS DE SOFTWARE DEL ANALIZADOR PORTÁTIL

El software controla el programa de actualización y licencia de las aplicaciones del analizador

INTERFAZ PARA EL ANALIZADOR PORTÁTIL

Conexión USB, LAN o a través de Internet

TRANSFERENCIA DE LICENCIA

Para transferir una licencia de un analizador a otro, utilice el software BZ-5503 junto con el Programa de transferencia de licencia VP-0647

IDIOMAS

Interfaz de usuario en alemán, checo, chino (República Popular de China), chino (Taiwán), coreano, croata, danés, esloveno, español, flamenco, francés, húngaro, inglés, italiano, japonés, polaco, portugués, rumano, ruso, serbio, sueco, turco y ucraniano

AYUDA

Ayuda contextual concisa en inglés

* No todos los datos están disponibles en todas las exportaciones. Los datos exportados dependen del tipo y destino de la exportación.

Información del pedido

Tipo 2250-S	Analizador portátil
Tipo 2270-S	Analizador portátil de 2 canales
Tipo 2250-S-C	Analizador portátil con Calibrador de sonido Tipo 4231
Tipo 2270-S-C	Analizador portátil de 2 canales con Calibrador de sonido Tipo 4231

Los Tipos 2250-S, 2250-S-C, 2270-S y 2270-S-C incluyen, como estándar, lo siguiente:

SOFTWARE INCLUIDO

- BZ-7222: Software de sonómetro
- BZ-7223: Software de análisis de frecuencia
- BZ-7231: Opción de evaluación de tono
- BZ-7232: Software de monitoreo de ruido
- BZ-7229: Opción de 2 canales (solo Tipo 2270)

MICRÓFONO Y PREAMPLIFICADOR INCLUIDOS

- Tipo 4189: Micrófono prepolarizado de campo libre de 1/2" o
- Tipo 4190: Micrófono de campo libre de 1/2" o
- Tipo 4966: Micrófono de campo libre de 1/2"
- ZC-0032: Preamplificador de micrófono

ACCESORIOS INCLUIDOS

- FB-0679: Cubierta abatible (solo para el Tipo 2250)
- FB-0699: Cubierta abatible (solo para el Tipo 2270)
- QB-0061: Batería
- ZG-0426: Alimentador de red
- UA-1650: Pantalla antiviento de 90 mm de diámetro con AutoDetect
- Kit de accesorios requeridos UA-1710-D01, que incluye:
 - KE-0441: Cubierta protectora
 - UL-1050: Adaptador inalámbrico USB-A (M)
 - UA-1651: Prolongador para trípode para analizador portátil
 - UA-1654: 5 punteros adicionales
 - UA-1673: Adaptador para montura de trípode estándar
 - DH-0696: Correa de mano
 - DD-0594: Tapón de protección para Analizador portátil sin Preamplificador
 - AO-1494: Cable de conexión USB 2.0, de USB estándar A (M) a USB Micro B (M), negro, 1,8 m, máx. +70 °C

Nota: Estos accesorios también se encuentran disponibles por separado

Analizador solo

Si desea adquirir un analizador portátil sin micrófono ni preamplificador, pida:

Tipo 2250-W	Analizador portátil para medición de vibraciones
Tipo 2270-W	Analizador portátil de 2 canales para medición de vibraciones

Software y accesorios disponibles por separado

MÓDULOS DE SOFTWARE

BZ-7224	Software de registro (incluida la tarjeta de memoria)
BZ-7225	Software de registro mejorado (incluida la tarjeta de memoria)
BZ-7225-UPG	Actualización del Software de registro BZ-7224 al Software de registro mejorado BZ-7225 (no incluye la tarjeta de memoria)
BZ-7226	Opción de grabación de señal
BZ-7227	Software de tiempo de reverberación
BZ-7228	Software de acústica de edificios
BZ-7230	Software de análisis FFT
BZ-7233	Software de intensidad sonora (solo Tipo 2270)
BZ-7234	Opción mejorada de vibración y baja frecuencia

SOFTWARE PARA EL PC

BZ-5503-A	Measurement Partner Suite, Módulo de registro (consulte las características técnicas BP 2443)
BZ-5503-B	Measurement Partner Suite, Módulo de espectro (consulte las características técnicas BP 2443)
BZ-5503-C	Measurement Partner Suite, Módulo de análisis de archivos WAV (consulte las características técnicas BP 2443)
BZ-5503-D	Measurement Partner Field App para iOS y Android (descarga gratuita desde App Store® y Google Play™)
BZ-5503-E	Measurement Partner Cloud Inicial, almacenamiento en la nube gratuito
BZ-5503-F-012	Measurement Partner Cloud Básico, suscripción de almacenamiento en la nube básica durante un año
BZ-5503-G-012	Measurement Partner Cloud Profesional, suscripción de almacenamiento en la nube empresarial durante un año
Tipo 7825	Protector™ (software para el cálculo de exposición personal al ruido)
Tipo 7831	Qualifier Light (postprocesamiento)
Tipo 7830	Qualifier (postprocesamiento)

INTERFACES

UL-1016	Tarjeta CF Ethernet 10/100 para las versiones de hardware 1 – 3
UL-1019	Tarjeta CF WLAN para analizadores portátiles, para las versiones de hardware 1 – 3
UL-0250	Convertidor de USB a RS-232 para las versiones de hardware 4

CALIBRACIÓN

Tipo 4231	Calibrador de sonido (alojado en KE-0440)
Tipo 4226	Calibrador acústico multifunción
Tipo 4228	Pistófono
Tipo 4294	Calibrador de aceleración
Tipo 4294-002	Calibrador de aceleración para el Tipo 8344

TRANSDUCTORES

Tipo 4964	Micrófono de baja frecuencia
Tipo 8344	Acelerómetro de bajo nivel

CABLES

AO-0440-D-015	Cable de señal, LEMO a BNC macho, 1,5 m (5 pies)
AO-0646	Cable de sonido, LEMO a Minijack, 1,5 m (5 pies)
AO-0697-D-030	Cable prolongador para micrófono, 10 pines LEMO, 3 m (10 pies).
AO-0697-D-100	Cable prolongador para micrófono, 10 pines LEMO, 10 m (33 pies).
AO-0701-D-030	Cable para acelerómetro, LEMO a M3, 3 m (10 pies)
AO-0702-D-030	Cable para acelerómetro, LEMO a 10-32 UNF, 3 m (10 pies)
AO-0722-D-050	Cable para acelerómetro, LEMO a MIL-C-5015, 5 m (16 pies)
AO-0726-D-030	Cable de señal, LEMO a SMB (para Tacho Probe MM-0360/Tipo 2981), 3 m (10 pies)
AO-0727-D-010	Cable de señal, LEMO a BNC hembra, 1 m (3,3 pies)
AO-0727-D-015	Cable de señal, LEMO a BNC hembra, 1,5 m (5 pies)

OTROS ACCESORIOS

Tipo 3535-A	Estuche resistente a la intemperie (consulte las características técnicas BP 2251)
JP-1041	Adaptador dual de 10 polos
KE-0440	Bolso de transporte
UA-0587	Trípode
UA-0801	Trípode pequeño
UA-0588	Adaptador de trípode para montaje de micrófono 1/2"/preamplificador en conjunto
UA-1317	Soporte para micrófono

UA-1404 Kit de micrófono para exteriores
UA-1672 Inserción de detección automática para UA-1650
UC-0211 Adaptador de baja frecuencia
UL-1009 Tarjeta de memoria SD para analizadores portátiles
UL-1013 Tarjeta de memoria CF para analizadores portátiles,
para las versiones de hardware 1 – 3

UL-1017 Tarjeta de memoria SDHC para analizadores
portátiles

ZG-0444 Cargador para batería QB-0061

MM-0256-A Kit de estación meteorológica

MM-0316-A Kit de estación meteorológica

Elementos incluidos con los Kits MM-0256-A o MM-0316-A:

- MM-0256-002: Estación meteorológica 6 parámetros (y kit de montaje)
- MM-0316-002: Estación meteorológica 2 parámetros (y kit de montaje)
- AO-0657: Cable USB
- AO-0659: Cable M12 de 8 pines (hembra) a LEMO 1-B de 8 patillas (macho), 10 m (33,3 pies)
- BR 1779: Guía práctica de la estación meteorológica
- DB-4364: Adaptador de polo para estación meteorológica
- KE-4334: Maletín de transporte de estación meteorológica
- QX-0016: Destornillador
- QX-1171: Llave hexagonal de 2,5 mm
- UA-1707-A: Adaptador de trípode para estación meteorológica
- ZH-0689: Adaptador USB para estación meteorológica

ACCESORIOS PARA ACÚSTICA DE EDIFICIOS Y TIEMPO DE REVERBERACIÓN

Tipo 2734-A Amplificador de potencia
Tipo 2734-B Amplificador de potencia con sistema de sonido
inalámbrico UL-0256 integrado
UL-0256 Sistema de sonido inalámbrico

Tipo 4292-L
KE-0449
KE-0364

Tipo 4295
KE-0392
AO-0523-D-100

AO-0524-D-100

AQ-0673

UA-1476

Para obtener más información sobre estos accesorios, consulte las características técnicas [BP 2194](#)

Fuente sonora OmniPower™

Maletín de transporte para el Tipo 4292-L

Maletín de transporte de trípode para el Tipo 4292-L

Fuente sonora omnidireccional

Maletín de transporte para el Tipo 4295

Cable de conexión desde el Tipo 2250/2270 al amplificador de potencia, 10 m (33 pies)

Cable de conexión desde el Tipo 2250/2270 al Tipo 4224, 10 m (33 pies)

Cable de conexión desde el amplificador de potencia a la fuente sonora, 10 m (33 pies)

Control remoto inalámbrico

Productos de servicio

MANTENIMIENTO

2250-EW1

Garantía ampliada durante un año

2270-EW1

Garantía ampliada durante un año

CALIBRACIÓN ACREDITADA

2250-CAI

Calibración inicial acreditada del Tipo 2250

2250-CAF

Calibración inicial acreditada del Tipo 2250

2250-CTF

Calibración con trazabilidad del Tipo 2250

2250-TCF

Prueba de conformidad del Tipo 2250, con certificado

2270-CAI

Calibración inicial acreditada del Tipo 2270

2270-CAF

Calibración acreditada del Tipo 2270

2270-CTF

Calibración con trazabilidad del Tipo 2270

2270-TCF

Prueba de conformidad del Tipo 2270, con certificado



Brüel & Kjær y las demás marcas comerciales, marcas de servicio, nombres comerciales, logotipos y nombres de producto son propiedad de Brüel & Kjær o de terceros.

Brüel & Kjær Sound & Vibration Measurement A/S
DK-2850 Nærum · Dinamarca · Teléfono: +45 77 41 20 00 · Fax: +45 45 80 14 05
www.bksv.com · info@bksv.com
Representantes locales y organizaciones de servicio en todo el mundo

Pese a que se ha empleado el máximo cuidado para garantizar la exactitud de la información contenida en el presente documento, ningún contenido incluido en este documento podrá interpretarse como representación o garantía en cuanto a exactitud, actualidad o integridad del contenido, ni podrá considerarse como base para ningún contrato. El contenido estará sujeto a cambios sin previo aviso. Póngase en contacto con Brüel & Kjær para obtener la versión más reciente del presente documento.

Brüel & Kjær



Ficha técnica de micrófono type 4957 [7]:



PRODUCT DATA

10 kHz Array Microphone — Type 4957

Uses

- Measurements using STSF, NAH and Beamforming
- Array measurements
- Simultaneous recording of time signals in medium to large microphone arrays, for example, simulated pass-by measurements
- Cost-effective in-car measurements

Features

- Sensitivity: 11.2 mV/Pa (–39 dB re 1 V/Pa)
- Frequency range: 50 – 10000 Hz
- Dynamic Range: 32 – 134 dB
- Built-in DeltaTron® preamplifier with TEDS – IEEE 1451.4 V.1.0
- Specified phase-matching
- Clips directly into existing Brüel & Kjær array systems



- Detachable cable with SMB coaxial plug
- Dimensions: 34 mm long, 7 mm diameter
- Temperature: –10 to +55°C (+14 to +131°F)

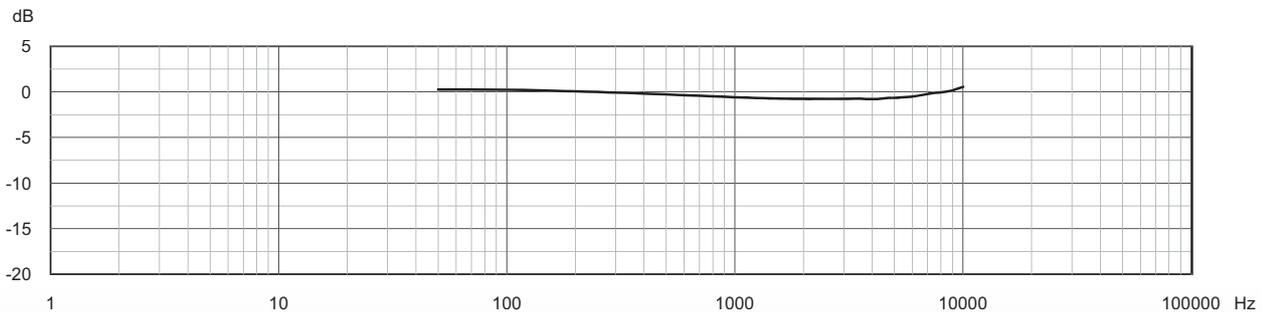
Description

Array Microphone Type 4957 is a ¼-inch prepolarized microphone suited for use in systems requiring a large number of microphones, for example, beamforming arrays, STSF measurements, and non-stationary STSF measurements. These microphones have specified and stable phase-matching over wide ranges of temperature and humidity.

The microphone preamplifier is of the industry standard DeltaTron (constant current line drive) type allowing the use of only one cheap coaxial cable for signal, power supply, and TEDS.

A rugged protection grid provides an integrated heat shield. The microphone is front-vented for pressure equalization.

Fig. 1 Typical free-field response



070023/1

Specifications – Type 4957

Specifications	Value
Guaranteed Specifications*	
Sensitivity	-39 dB re 1 V/Pa \pm 3 dB, 11.2 mV/Pa (@ 250 Hz)
Free-field Frequency Response (re 250 Hz)	\pm 2 dB, 100 Hz to 5 kHz \pm 3 dB, 50 Hz to 10 kHz
Inherent Noise	<32 dB SPL (A-weighted)
Upper Limit of Dynamic Range	134 dB (THD <3%)
Phase-matching relative to a factory reference	< \pm 5°: 100 Hz to 3 kHz < \pm 10°: 3 kHz to 10 kHz
General Specifications†	
Inherent Noise (A-weighted)	32 dB (-10 to +40°C, +14 to 104°F) 37 dB (-10 to +55°C, +14 to 131°F)
Output Impedance	<150 Ω
Output Voltage: Voltage Swing DC Bias	>5 V _{pp} 12 V \pm 4 V
Max. Load: 5 kHz, 134 dB	30 nF corresponding to 300 m cable
Output Socket	SMB coaxial plug
Polarization Voltage	Prepolarized
TEDS	IEEE 1451.4 V.1.0 Template I27-0-0-0U
Environmental	
Operating Temperature Range	-10 to +55°C (+14 to 131°F)
Storage Temperature	-25 to +70°C (-13 to +158°F)
Operating Humidity Range	0% – 90% RH without condensation
Vibration Sensitivity (20 to 1000 Hz)	Approx. 50 dB equivalent SPL for 1 m/s ² axial acceleration
Magnetic Field Sensitivity	40 dB SPL for 80 A/m, 50 Hz field
Physical	
Diameter	7 mm (-1/4")
Length	34 mm (1.33")
Weight	3.8 g (0.11 oz.)

* **Note:** Guaranteed specifications are measured at 23°C (73.4°F). All uncertainty values are specified at 2 σ (that is, expanded uncertainty using a coverage factor of 2). Measured with 4.5 mA current generator with an open loop voltage of 28 V

† **Note:** General specifications are typical values

Ordering Information

Type 4957 10 kHz Array Microphone is supplied in a rugged box. 1 to 6 microphones come in a standard microphone box. 7 or more microphones come in a multi-microphone mini suitcase.

Optional Accessories*	
AO-0563-Y-ZZZ	Cable, SMB to SMB, right-angled
AO-0564-Y-ZZZ	Cable, BNC to SMB, right-angled
AO-0587-Y-ZZZ	Cable, BNC to SMB, straight
Arrays	
WA-0806	Integral Connection Array
WA-0807	Flexible Connection Array
WA-0808	Vertical In-line Array
WA-0890	Spoked Wheel Array for Beamforming
WA-1536	Hand-held Array for NS-STSF, 64 pos./30 mm spacing
WA-1558	Sector Wheel Array for Beamforming
WA-1565	Spherical Array
KE-4321	Suitcase for up to 48 Microphones
KE-4322	Suitcase for up to 128 Microphones
Calibration	
Type 4228	Pistonphone
DP-0775	1/4" Adaptor
WA-0728	6-microphone Adaptor for Pistonphone Type 4228
4957-CFF	Recalibration

* Cables are available in different lengths. The ordering system follows a simple yet flexible structure. Up to 99.9 m, the cable length can be specified in tenths of a metre (decimetre) and from 100 m in steps of 1 m. Generally the order number is AO-XXXX-Y-ZZZ, where AO-XXXX is the basic cable number Y = D (decimetres) or M (metres) ZZZ is the length value



Compliance with EMC Directive and Low Voltage Directive of the European Community
Compliance with EMC Requirements of Australia and New Zealand

Safety EN / IEC 61010-1: Safety requirements for electrical equipment for measurement, control and laboratory use

EMC Immunity: EN/IEC 61000-6-2: Generic standards – Immunity for industrial environments.

Brüel & Kjær reserves the right to change specifications and accessories without notice. © Brüel & Kjær. All rights reserved.

HEADQUARTERS: Brüel & Kjær Sound & Vibration Measurement A/S · DK-2850 Nærum · Denmark
Telephone: +45 7741 2000 · Fax: +45 4580 1405 · www.bksv.com · info@bksv.com

Local representatives and service organisations worldwide

Brüel & Kjær 



Ficha técnica de micrófono type 4189 [7]:



PRODUCT DATA

1/2" Prepolarized Free-field Microphone — Type 4189

Type 4189 is designed for high-precision, free-field measurements where a microphone with high sensitivity is required. Being prepolarized, Type 4189 can be used with both DeltaTron® and classical preamplifiers.



080143

USES

- Precision sound measurement
- Premium class sound level meters
- Equipment complying with IEC 61672 class 1

FEATURES

- Sensitivity: 50 mV/Pa
- Frequency: 6.3 Hz – 20 kHz
- Dynamic Range: 14.6 – 146 dB
- Temperature: –30 to +150°C (–22 to +302°F)
- Polarization: Prepolarized

Use of Free-field Microphones

At higher frequencies, reflections and diffractions causes a pressure increase in front of the diaphragm of a microphone. If not corrected, for this would result in an increased output voltage. A free-field optimisation means that the frequency response of the microphone has been designed in such a way that the free-field response at 0 degrees incidence is flat. This microphone is optimised for use with the protection grid in place.

Free-field microphones are commonly used for sound measurement in an anechoic chamber or far away from reflecting buildings, etc. Another area for free-field microphones is for general electroacoustic measurements purposes like loudspeaker and microphone measurements.

Type 4189 is suited for use in class 1 Sound Level Meters and for all high-precision acoustic measurements where a robust and stable free-field microphone with an upper frequency of 20 kHz is required.

Manufacturing and Stability

A press-fitted, stainless-steel diaphragm ensures superior long-term stability and mechanical robustness – Type 4189 will withstand the 1 m drop test of IEC 60068–2–32.

All Brüel & Kjær Measuring Microphones are assembled in a clean room. This ensures that the microphones maintain their inherent low noise floor and high stability,

even when used in environments with a combination of high humidity and high temperature.

Polarization Voltage

Being prepolarized, Type 4189 is especially well suited for battery operated equipment and operation in environments with high humidity.

TEDS Microphones

Type 4189 is available in TEDS combinations with either classical or DeltaTron type preamplifier. The TEDS microphone is considered one unit and has been sealed in a clean environment. The TEDS is programmed with the loaded sensitivity of the actual cartridge and the data is therefore readily available. The default TEDS template is to IEEE P1451.4 but TEDS to IEEE 1451.4 is available on request.

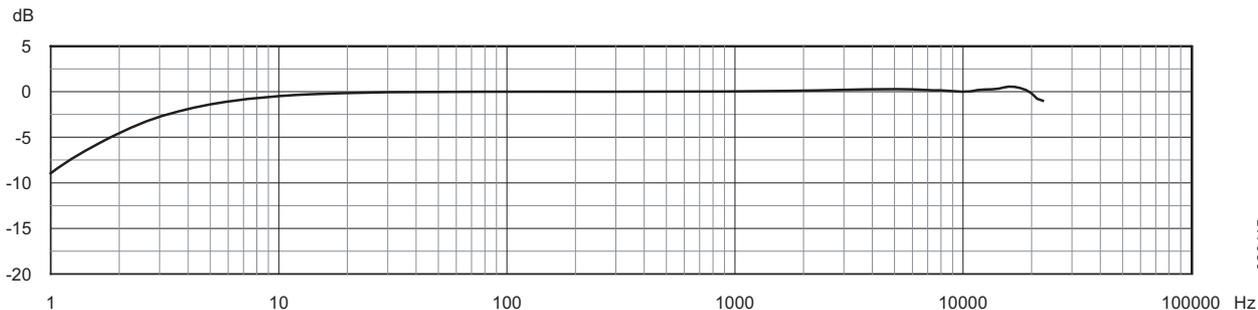
Individual Calibration Data

Each Type 4189 comes with an individual calibration chart including information about the open-circuit sensitivity, the frequency response in a free field as well as the electrostatic actuator response.

An enclosed mini-CD contains the individual calibration data at 1/12-octave frequencies plus a wealth of technical information, such as the influence of different accessories, response in different sound fields and much more. Using the CD data and the REq-X feature of PULSE™, a real-

time correction for different measurement situations, can increase measurement accuracy.

Fig. 1 Typical free-field response of the microphone with protection grid. The low-frequency response is valid when the vent is exposed to the sound field



Specifications – 1/2" Free-field Microphone Type 4189 (valid from serial number 2495387)

IEC 61094-4 Type Designation: WS2F

Polarization Voltage: 0 V (prepolarized)

Open-circuit Sensitivity (250 Hz)^a:

50 mV/Pa, -26 dB ± 1.5 dB re 1 V/Pa

0° Incidence Free-field Response^a:

10 Hz to 8 kHz: ± 1 dB

6.3 Hz to 20 kHz ± 2 dB

Lower Limiting Frequency (-3 dB)^a:

2 to 4 Hz

Pressure Equalization Vent: Rear vented

Diaphragm Resonance Frequency:

14 kHz (90° phase shift)

Cartridge Capacitance^a: 14 pF at 250 Hz

Equivalent Air Volume: 46 mm³ (250 Hz)

Pistonphone Correction (Type 4228 with DP-0776) 0.00 dB

Cartridge Thermal Noise:

14.6 dB(A), 15.3 dB(Lin)

Upper Limit of Dynamic Range

(3% Distortion): >146 dB SPL^b

Max. Sound Pressure Level: 158 dB (peak)

ENVIRONMENTAL

Operating Temperature Range:

-30 to +150°C (-22 to +302°F)

Storage Temperature:

In Microphone Box: -30 to +70°C

(-22 to +158°F)

With Mini-CD: 5 to 50°C (41 to 122°F)

Temperature Coefficient (250 Hz):

-0.006 dB/K (-10 to +50°C, 14 to 122°F)

Pressure Coefficient: -0.01 dB/kPa

Operating Humidity Range:

0 to 100% RH (without condensation)

Influence of Humidity:

<0.1 dB in the absence of condensation

Vibration Sensitivity (<1000 Hz): 62.5 dB

equivalent SPL for 1m/s² axial vibration

Magnetic Field Sensitivity:

6 dB SPL for 80 A/m, 50 Hz field

Estimated Long-term Stability:

>1000 years/dB in dry air at 20°C (68°F)

>2 hours/dB in dry air at 150°C (302°F)

>40 years/dB in air at 20°C (68°F), 90% RH)

>1 year/dB in air at 50°C (122°F), 90% RH)

DIMENSIONS

Diameter with Grid: 13.2 mm (0.52")

Diameter without Grid: 12.7 mm (0.50")

Height with Grid: 17.6 mm (0.69")

Height without Grid: 16.3 mm (0.64")

Thread for Pre-amplifier Mounting:

11.7 mm-60 UNS

Note: All values are typical at 23°C (73.4°F),

101.3 kPa and 50% RH unless otherwise

specified

a. Individually calibrated

b. 137 dB (peak) with DeltaTron preamplifier and 24 V supply and 140 dB (peak) with ± 15 V supply

Compliance with EMC Directive

Ordering Information

Type 4189 1/2" Prepolarized Free-field Microphone

Includes the following accessories:

- BC-0224: Calibration Chart^c
- BC-5002: Microphone Mini-CD^c

TEDS COMBINATIONS

4189-A-021 1/2" Free-field Microphone with Preamplifier Type 2671

4189-A-031 1/2" Free-field Microphone with Preamplifier Type 2699

4189-B-001 1/2" Free-field Microphone with Preamplifier Type 2669-B

4189-C-001 1/2" Free-field Microphone with Preamplifier Type 2669-C

4189-L-001 1/2" Free-field Microphone with Preamplifier Type 2669-L

4189-W-003 1/2" Free-field Microphone with Preamplifier Type 2671-W-001

OPTIONAL ACCESSORIES

Type 2669 1/2" Microphone Preamplifier

Type 2671 1/2" DeltaTron Preamplifier

2671-W-001 1/2" DeltaTron Preamplifier (version with LLF < 1.2 Hz)

Type 2699 1/2" DeltaTron Preamplifier, A-weighted

Type 4231 Sound Calibrator

Type 4228 Pistonphone

Type 4226 Multifunction Acoustic Calibrator

DP-0776 Calibration Adaptor for 1/2" Microphones

UA-0033 Electrostatic Actuator

UA-1260 1/2" Angle Adaptor (approx. 80°)

UA-0386 Nose Cone for 1/2" Microphone

UA-0237 Windscreen for 1/2" microphone, 90 mm diameter

UA-0459 Windscreen for 1/2" microphone, 65 mm diameter

BA 5105 The Microphone Handbook

CALIBRATION SERVICES

4189-CAI Accredited Initial Calibration

4189-CAF Accredited Calibration

4189-CFF Factory Standard Calibration

c. State microphone serial number if re-ordering calibration data

Brüel & Kjær reserves the right to change specifications and accessories without notice

HEADQUARTERS: DK-2850 Nærum · Denmark · Telephone: +45 4580 0500
Fax: +45 4580 1405 · www.bksv.com · info@bksv.com

Australia (+61) 2 9889-8888 · Austria (+43) 1 865 74 00 · Brazil (+55) 11 5188-8161
Canada (+1) 514 695-8225 · China (+86) 10 680 29906 · Czech Republic (+420) 2 6702 1100
Finland (+358) 9-755 950 · France (+33) 1 69 90 71 00 · Germany (+49) 421 17 87 0
Hong Kong (+852) 2548 7486 · Hungary (+36) 1 215 83 05 · Ireland (+353) 1 807 4083
Italy (+39) 0257 68061 · Japan (+81) 3 5715 1612 · Republic of Korea (+82) 2 3473 0605
Netherlands (+31) 318 55 9290 · Norway (+47) 66 77 11 55 · Poland (+48) 22 816 75 56
Portugal (+351) 21 4169 040 · Singapore (+65) 6377 4512 · Slovak Republic (+421) 25 443 0701
Spain (+34) 91 659 0820 · Sweden (+46) 33 225 622 · Switzerland (+41) 44 8807 035
Taiwan (+886) 2 2502 7255 · United Kingdom (+44) 14 38 739 000 · USA (+1) 800 332 2040

Local representatives and service organisations worldwide

Brüel & Kjær



Ficha técnica de Power Amplifier Type 2716 [7]:



PRODUCT DATA

Audio Power Amplifier 100 W Stereo — Type 2716-C

Audio Power Amplifier Type 2716-C is a high-performance power amplifier optimised for sound and vibration applications. It can be used as a general-purpose power amplifier for electroacoustic applications.

USES

- Driver for loudspeakers, artificial mouths, etc.
- General-purpose audio power amplifier
- Power amplifier for audio analyzers

FEATURES

- Output-level meter
- Selectable gain
- Two balanced inputs
- Easy to install in a 19" rack



Description

Audio Power Amplifier Type 2716-C has two channels that can be used independently or jointly. Signals enter electronically balanced inputs, Input CH.A and Input CH.B, via XLR connectors. Output is approx. 300 W and is relatively independent of load.

Audio Power Amplifier Type 2716-C is compact and fits in a 19" rack. It has the same features and protection circuits normally found only in higher powered amplifiers.

Quiet Operation

Type 2716-C uses passive cooling during operation which removes the need for a cooling fan. The lack of a cooling fan, in turn, makes Type 2716-C very quiet during operation.

Extensive Protection

Power Amplifier Type 2716-C has circuits that protect it against short-circuits, DC, overheating, VHF and clipping (clip limiter may be switched off).

Compliance with Standards

 	CE-mark indicates compliance with: EMC Directive and Low Voltage Directive. C-Tick mark indicates compliance with the EMC requirements of Australia and New Zealand
Safety	EN/IEC 60065, Audio, video and similar electronic apparatus – Safety Requirements
EMC Emission	EN 55103–1, E3: EMC – Product family standard for audio, video, audiovisual and entertaining lighting control apparatus for professional use – Part 1: Emission
EMC Immunity	EN 55103–2, E3: EMC – Product family standard for audio, video, audiovisual and entertaining lighting control apparatus for professional use – Part 2: Immunity
Temperature	IEC 60068–2–1 & IEC 60068–2–2: Environmental Testing. Cold and Dry Heat. Operating Temperature: +5°C to +40°C (+41 to +104°F) Storage Temperature: –25 to +70°C (–13 to +158°F)
Humidity	IEC 60068–2–3: Damp Heat: 90% RH (non-condensing at 40°C (104°F))
Mechanical	Non-operating: IEC 60068–2–6: Vibration: 0.3 mm, 20 m/s ² , 10–500 Hz IEC 60068–2–27: Shock: 1000 m/s ² IEC 60068–2–29: Bump: 1000 bumps at 250 m/s ²
Enclosure	IEC 60529: Protection provided by enclosures: IP20

Specifications – Audio Power Amplifier Type 2716-C

MAXIMUM OUTPUT POWER^a

Load	EIA @ 1 kHz and 1% THD
8 Ω stereo	110 W
4 Ω stereo	160 W
2 Ω stereo	200 W
8 Ω bridged	320 W
4 Ω bridged	400 W

SPEAKER PROTECTION

Short-circuit, DC, VHF a thermal protection is provided

FREQUENCY RESPONSE (8 Ω, 1 W)

20 Hz – 20 kHz: +0, –1 dB

a. Measured specifications for a 230 V AC. Continuous power (1 hour) is 1/3 of this

INPUTS AND OUTPUTS

Gain: 30 dB ± 1 dB

Input Attenuator: 0–30 dB in 6 dB ± 0.3 dB steps

Impedance: 20 kΩ

Common Mode Rejection: 50 dB@1 kHz

Slew Rate: 25 V/μs

Output Impedance: 0.03 Ω

Hum and Noise: More than 105 dB below max. power

Channel Separation: 70 dB@10 kHz

FRONT PANEL

Gain Controls: 2–channels, A and B

Clip Indicator: 2 red LEDs, fast peak and slow release or shorted output

Protection Indicator: 2 yellow LEDs, 80°C at heat sink or 12 kHz at full power

Present Indicator: 2 green LEDs, –25 dB at input

On Indicator: 2 green LEDs, DC rail voltage for channel A and B

REAR PANEL

Input Connectors: Two XLR-type, 3-pin female (pin 2+) and 1/4" jack

Output Connectors: Two Neutrik®, 4-pin, Speakon® sockets

Link: Stereo – Link/Bridge A + B

Clip Limiter: On/Off

POWER REQUIREMENTS

Voltage Selector: 230 V/115 V

DIMENSIONS

W × H × D: 48.3 × 4.4 × 28.0 cm
(19 × 1.7 × 11 inches)

WEIGHT

7.5 kg (16.5 lb.)

Ordering Information

Type 2716-C-001 Audio power amplifier (no accessories)

Type 2716-C

2 × WL-1324

2 × WL-1325

Audio Power Amplifier with the following accessories:
BNC to XLR cable, 3 m
2 Banana to Speakon® cable, 5 m

OPTIONAL ACCESSORIES

AQ-0621 Bridging cable

TRADEMARKS

Neutrik and Speakon are registered trademarks of Neutrik AG

Brüel & Kjær reserves the right to change specifications and accessories without notice

HEADQUARTERS: DK-2850 Nærum · Denmark · Telephone: +45 4580 0500
Fax: +45 4580 1405 · www.bksv.com · info@bksv.com

Australia (+61) 2 9889-8888 · Austria (+43) 1 865 74 00 · Brazil (+55) 11 5188-8161
Canada (+1) 514 695-8225 · China (+86) 10 680 29906 · Czech Republic (+420) 2 6702 1100
Finland (+358) 9-755 950 · France (+33) 1 69 90 71 00 · Germany (+49) 421 17 87 0
Hong Kong (+852) 2548 7486 · Hungary (+36) 1 215 83 05 · Ireland (+353) 1 807 4083
Italy (+39) 0257 68061 · Japan (+81) 3 5715 1612 · Republic of Korea (+82) 2 3473 0605
Netherlands (+31) 318 55 9290 · Norway (+47) 66 77 11 55 · Poland (+48) 22 816 75 56
Portugal (+351) 21 4169 040 · Singapore (+65) 6377 4512 · Slovak Republic (+421) 25 443 0701
Spain (+34) 91 659 0820 · Sweden (+46) 33 225 622 · Switzerland (+41) 44 8807 035
Taiwan (+886) 2 2502 7255 · United Kingdom (+44) 14 38 739 000 · USA (+1) 800 332 2040

Local representatives and service organisations worldwide

Brüel & Kjær 



Ficha técnica de Omnipower 4296 [7]:



OMNIPOWER SOUND SOURCE TYPE 4296

This powerful sound source has 12 loudspeakers in a compact dodecahedral enclosure. It radiates sound omnidirectionally as required by national and ISO standards. A lightweight, adjustable stand is included. A transport flight case is also available.

BRIEF SPECIFICATIONS

Standards

Conforms to the following:
ISO 140-3, ISO 3382, DIN 52210

Power Handling

300 W continuous
1000 W short duration (duty cycle 1/10)

Operating Frequency Range

100 – 5000 Hz ($1/3$ -octave band centre frequencies)

Sound Power Level

(with Power Amplifier Type 2716, bridge configuration, duty cycle $1/3$, 100 – 3150 Hz pink noise signal)

Broadband: 122 dB re 1 pW

Spectral: Min. 100 dB re 1 pW in each $1/3$ -octave band

Diameter

Speaker Enclosure: 35 cm (13.8")

Weight

Speaker Enclosure: 14 kg
(30.8 lb.)

Tripod: 2.4 kg (5.3 lb.)

Accessories Included

Tripod: Adjustable to give a speaker height of between 130 and 200 cm

Optional Accessories

KE 0365: Carrying Case for Type 4296

KE 0364: Carrying Case for Tripod of Type 4296

AQ 0622: 10 m Cable from Type 2716 to Type 4295, Type 4296 or equivalent



Ficha técnica de Sound Calibrator Type 4231 [7]:



BRÜEL & KJÆR® Calibrators**Sound Calibrator Type 4231**

Sound Calibrator Type 4231 is a handy, portable sound source for calibration of sound level meters and other sound measurement equipment. The calibrator is very robust and stable, and conforms to EN/IEC 60942 (2017) Class 1, and ANSI S1.40-2006.



050231

Uses and Features**Uses**

- Calibration of sound level meters and other sound measurement equipment

Features

- Conforms to EN/IEC 60942 (2017) Class 1, and ANSI S1.40-2006
- Robust, pocket-sized design with highly stable level and frequency
- Calibration accuracy ± 0.2 dB
- 94 dB SPL or 114 dB SPL for calibration in noisy environments
- Extremely small influence of static pressure and temperature
- Sound pressure independent of microphone equivalent volume
- 1 kHz calibration frequency for correct calibration level independent of weighting network
- Fits Brüel & Kjær 1" microphones (1/2", 1/4" and 1/8" microphones with adaptor)
- Switches off automatically when removed from the microphone

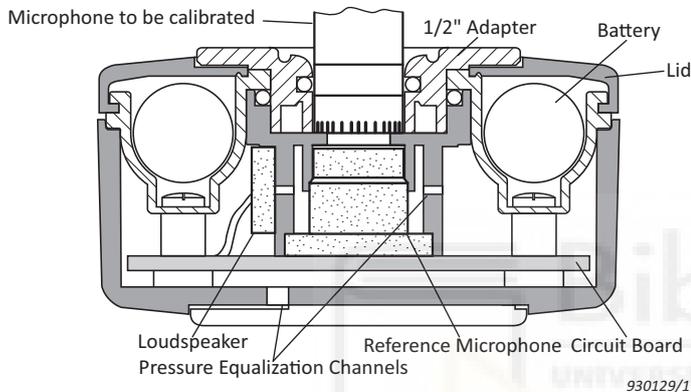
Sound Calibrator Type 4231

Sound Calibrator Type 4231 is a pocket-sized, battery-operated sound source for quick and direct calibration of sound level meters and other sound measuring systems. It fits Brüel & Kjær 1" microphones and, using the supplied removable adaptor, 1/2" microphones. With optional adaptors, it can be used for 1/4" and 1/8" microphones as well.

The calibration frequency is 1000 Hz (the reference frequency for the standardized international weighting networks), so the same calibration value is obtained for all weighting networks (A, B, C, D and linear). The calibration pressure of 94 ± 0.2 dB re $20 \mu\text{Pa}$ is equal to 1 Pa or 1 N/m^2 . The +20 dB level step gives 114 dB SPL, which is convenient for calibration in noisy environments, or for checking linearity.

The design of Type 4231 is based on a feedback arrangement to ensure a highly stable sound pressure level and ease of use. The feedback loop uses a condenser microphone (see Fig. 1), which is specially developed for this purpose.

Fig. 1 Cross-sectional view of Sound Calibrator Type 4231. The feedback loop is based on a high-quality condenser microphone to ensure a very stable sound pressure level



This microphone is optimized to have extremely high stability and independence of variations in static pressure and temperature around the 1 kHz calibration frequency. The result of this is a user-friendly calibrator where exact fitting of the microphone is not critical and the effects of changes in temperature and static pressure are negligible.

Fig. 2 Type 4231 fitted on the B&K 2245 Sound Level Meter microphone. The calibrator's centre of gravity is positioned very close to the microphone, giving a stable setup



The calibrator gives a continuous sound pressure level when fitted on a microphone and activated.

The sensitivity of the sound measuring equipment can then be adjusted until it indicates the correct sound pressure level.

The calibrator is automatically switched off when removed from the microphone.

A leather protection case, which does not need to be removed to use the calibrator, is supplied.

Compliance with Standards

	<p>The CE marking is the manufacturer's declaration that the product meets the requirements of the applicable EU directives.</p> <p>RCM mark indicates compliance with applicable ACMA technical standards – that is, for telecommunications, radio communications, EMC and EME in Australia.</p> <p>China RoHS mark indicates compliance with administrative measures on the control of pollution caused by electronic information products according to the Ministry of Information Industries of the People's Republic of China.</p> <p>WEEE mark indicates compliance with the EU WEEE Directive</p>
Safety	<p>EN/IEC 61010-1: Safety requirements for electrical equipment for measurement, control and laboratory use</p> <p>ANSI/UL 61010-1: Safety requirements for electrical equipment for measurement, control and laboratory use</p>
EMC Emission	<p>EN/IEC 61000-6-3: Generic emission standard for residential, commercial and light industrial environments</p> <p>EN/IEC 61000-6-4: Generic emission standard for industrial environments</p> <p>CISPR 22: Radio disturbance characteristics of information technology equipment. Class B Limits</p> <p>FCC Rules, Part 15: Complies with the limits for a Class B digital device</p> <p>This ISM device complies with Canadian ICES-001 (standard for interference-causing equipment)</p>
EMC Immunity	<p>EN/IEC 61000-6-1: Generic standards – Immunity for residential, commercial and light industrial environments</p> <p>EN/IEC 61000-6-2: Generic standards – Immunity for industrial environments</p> <p>EN/IEC 61326: Electrical equipment for measurement, control and laboratory use – EMC requirements</p> <p>EN/IEC 60942: Instrumentation Standard – Electroacoustics – Sound Calibrators</p> <p>NOTE: The above is only guaranteed using accessories listed in this document</p>
Temperature	<p>IEC 60068-2-1 & IEC 60068-2-2: Environmental Testing. Cold and Dry Heat</p> <p>Operating Temperature: –10 to +55 °C (+14 to 122 °F)</p> <p>Storage Temperature: –25 to +70 °C (–13 to +158 °F)</p>
Humidity	<p>IEC 60068-2-78: Damp Heat: 90% RH (non-condensing at +40 °C (+104 °F))</p>
Mechanical	<p>Non-operating:</p> <p>IEC 60068-2-6: Vibration: 0.3 mm (10 to 58 Hz), 20 m/s² (58 to 500 Hz)</p> <p>IEC 60068-2-27: Shock: 1000 m/s²</p> <p>IEC 60068-2-29: Bump: 3000 bumps at 400 m/s²</p>
Enclosure	<p>IEC 60529: Protection provided by enclosures: IP 50 with leather protection case</p>

Specifications – Sound Calibrator Type 4231

All values are typical at +25 °C (+77 °F), unless measurement uncertainty or tolerance field is specified. All uncertainty values are specified at 2σ (that is, expanded uncertainty using a coverage factor of 2)

STANDARDS SATISFIED

- EN/IEC 60942 (2017), Class 1, Sound Calibrators
- ANSI S1. 40-2006, Specification for Acoustic Calibrators Class 1

SOUND PRESSURE LEVELS

94.0 dB \pm 0.2 dB (Principal SPL) or 114.0 dB \pm 0.2 dB re 20 μ Pa at reference conditions

FREQUENCY

1 kHz \pm 0.1%

SPECIFIED MICROPHONE

Size according to IEC 61094-4:

- 1" without adaptor
- 1/2" with adaptor UC 0210 (supplied)
- 1/4" with adaptor DP 0775 (optional)
- 1/8" with adaptor DP 0774 (optional)

EQUIVALENT FREE-FIELD LEVEL

(0° incidence, re Nominal Sound Pressure Level)

–0.15 dB for 1/2" Brüel & Kjær microphones. See the Type 4231 user manual for other microphones

EQUIVALENT RANDOM INCIDENCE LEVEL

(re Nominal Sound Pressure Level)

+0.0 dB for 1", 1/2", 1/4" and 1/8" Brüel & Kjær microphones

NOMINAL EFFECTIVE COUPLER VOLUME

>200 cm³ at reference conditions

DISTORTION

<1%

LEVEL STABILITY

Short-term: Better than 0.02 dB (as specified in IEC 60942)

One Year: Better than 0.05 dB (s = 96%)

Stabilization Time: <5 s

REFERENCE CONDITIONS

Temperature: +23 °C \pm 3 °C (+73 °F \pm 5 °F)

Pressure: 101 \pm 4 kPa

Humidity: 50%, –10% +15% RH

Effective Load Volume: 0.25 cm³

ENVIRONMENTAL CONDITIONS

Pressure: 65 to 108 kPa

Humidity: 10 to 90% RH (non-condensing)

Effective Load Volume: 0 to 1.5 cm³

INFLUENCE OF ENVIRONMENTAL CONDITIONS (TYPICAL)

Temperature Coefficient: \pm 0.0015 dB/°C

Pressure Coefficient: $+8 \times 10^{-4}$ dB/kPa

Humidity Coefficient: 0.001 dB/% RH

POWER SUPPLY

Batteries: 2 \times 1.5 V IEC Type LR6 ("AA" size)

Lifetime: Typically 200 hours continuous operation with alkaline batteries at +23 °C (+73 °F)

Battery Check: When Type 4231 stops working continuously, and only operates when the On/Off button is held in, the batteries should be replaced

DIMENSIONS AND WEIGHT

(Without case)

Height: 40 mm (1.5")

Width: 72 mm (2.8")

Depth: 72 mm (2.8")

Weight: 150 g (0.33 lb), including batteries

Ordering Information

Type 4231 Sound Calibrator

includes the following accessories:

- KE 0317: Leather Case
- 2 × QB 0013: Alkaline Battery Type LR6
- UC 0210: Adaptor for 1/2" microphones

OPTIONAL ACCESSORIES

DP 0775	Adaptor for 1/4" microphones
DP 0774	Adaptor for 1/8" microphones
DP 0887	Adaptor for Head and Torso Simulator (HATS) Type 4128



Teknikerbyen 28 · DK-2830 Virum · Denmark
Telephone: +45 77 41 20 00 · Fax: +45 45 80 14 05
www.bksv.com · info@hbkworl.com
Local representatives and service organizations worldwide

To learn more about all HBK offerings, please visit hbkworl.com

Although reasonable care has been taken to ensure the information in this document is accurate, nothing herein can be construed to imply representation or warranty as to its accuracy, currency or completeness, nor is it intended to form the basis of any contract. Content is subject to change without notice – contact HBK for the latest version of this document.

Brüel & Kjær and all other trademarks, service marks, trade names, logos and product names are the property of Hottinger Brüel & Kjær A/S or a third-party company.