

**Propuesta de Acondicionamiento Acústico del estudio 4 del canal RCN
Televisión**

Gina María Salazar García

**Universidad Nacional Abierta y A Distancia UNAD
Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería
Tecnología en Producción de Audio
Bogotá D. C
2018**

**Propuesta de Acondicionamiento Acústico del Estudio 4 del Canal RCN
Televisión**

Gina María Salazar García

Trabajo de Grado

Luis Montañez Carrillo

Líder de Tecnología en Producción de Audio

Cristhian Perdomo

Director de proyecto

**Universidad Nacional Abierta y A Distancia UNAD
Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería
Tecnología en Producción de Audio**

Bogotá D.C

2018

Página de aceptación

Nota de Aceptación

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Ciudad y Fecha (dd/mm/aa) _____, ____/____/____

Dedicatoria

A Dios por darme la sabiduría y entendimiento, fortaleza, salud para el día a día.

A mi madre Clara Salazar por darme la vida, darme consejos y creer en que si puedo lograr todo lo que me proponga, gracias por ser mi impulso y por orar siempre por mí.

A mi abuelo que ha sido como el padre que nunca tuve Toño, gracias por quererme y apoyarme siempre.

A mi hermano David Salazar por ser mi guía y por estar conmigo.

Agradecimientos

A todos mis amigos y compañeros de trabajo que aportaron tiempo y sabiduría para apoyarme en esta meta.

A mis profesores Cristhian, Luis, Juan, gracias por brindarme su conocimiento y sacar muchas veces de su tiempo para ayudarme.

Contenido

Lista de Figuras	25
Lista de Ecuaciones.....	26
Lista de Anexos	27
INTRODUCCIÓN	13
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	14
2. JUSTIFICACIÓN.....	15
3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	16
3.1 Objetivo General	16
3.2 Objetivos Específicos	16
4. ALCANCES Y LIMITACIONES.....	17
4.1 Alcances.....	17
4.2 Limitaciones	17
5. MARCO REFERENCIAL	18
5.1 Estudio o Set de Televisión	18
5.2 El Sonido	19
5.2.1 Propagación del Sonido.....	19
5.2.2 Absorción.....	20
5.2.3 Reflexión y Refracción	20
5.2.4 Difracción.....	20
5.2.5 Eco y Reverberación.....	21
5.3 El Ruido.....	22
5.3.1 Criterios de Ruido	23
5.3.1.1 El Noise Criteria (NC)	23
5.3.1.3 El Room Criteria (RC)	26
5.4. Campo Sonoro en Recintos	27
5.4.1 Campo Sonoro Directo	28
5.4.2 Campo Sonoro Reverberante	29
5.4.3 Distancia Crítica.....	29
5.5 Acondicionamiento Acústico.....	30
5.5.1 Materiales Utilizados en el Acondicionamiento Acústico	30
5.5.2 Tipos de Materiales de Absorción.....	31

5.5.2.1 Materiales Porosos.....	31
5.5.2.2 Materiales Poroso-Rígidos	31
5.5.2.3 Absorbentes en Forma de Panel o Membrana.....	32
5.5.2.4 Absorbente Helmholtz:	32
5.6. Aislamiento Acústico	32
5.6.1 Proyecciones de Espuma Rígida de Poliuretano	33
5.6.2. Celulosa:	34
5.7 Fibras de Vidrio	35
5.7.1 Frescasa Eco	36
5.7.2 Acustiplaca	37
5.7.3 Membrana Acústica	37
5.7.4 Acustifibra	38
5.7.5 Black Theater (Laminas).....	38
5.7.6 Lana de Roca:	39
5.8 Acondicionamiento Acústico.....	40
5.8.1 Cielorraso Absorbente	40
5.8.2 Divisiones Acústicas Móviles	41
6 PARÁMETROS ACÚSTICOS PARA LA EVALUACIÓN DE RECINTOS	43
6.1 Tiempo de Reverberación	43
6.2 Cálculo del Tiempo de Reverberación	44
6.3 Early Decay Time - EDT	46
6.4 STI.....	47
6.5 Claridad de la Voz C50.....	49
6.6 Sonoridad G	49
6.7 Eficiencia Lateral Media (LF).....	50
7. MARCO NORMATIVO.....	52
7.1 Normas Internacionales.....	52
7.1.1 ISO 3382-1	52
7.1.2 ISO 3744.....	53
7.1.3 ANSI S12.2	54
7.2 Normas Nacionales	55
7.2.1 NTC 3520.	55
7.2.2 NTC 3428	55

7.2.3 NTC 5548	56
7.2.4 RESOLUCIÓN 0627 de 2006	56
7.2.5 RESOLUCIÓN 8321	62
7.2.6 RESOLUCIÓN 6918 DE 2010	63
7.3 Recomendaciones Acústicas	65
8. METODOLOGÍA	68
8.1 Descripción del Área de Estudio	68
8.2 Análisis del Tiempo de Reverberación RT60	68
8.2.1 Cálculo Teórico	68
8.2.2 Medición en Sitio	68
8.2.3 Análisis de las Curvas NC	69
9. DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA	70
9.1 Descripción del Área de Estudio	70
9.2 Análisis del Tiempo de Reverberación RT60	74
9.2.1 Cálculo Teórico	74
9.2.2 Mediciones en Sitio	77
9.2.3 Análisis de las Curvas NC	80
10 SISTEMAS ACÚSTICOS PROPUESTOS	82
10.1 Sistemas de Acondicionamiento:	82
10.2 Sistemas de Aislamiento	83
11. RESULTADOS ESPERADOS CON LA IMPLEMENTACION	89
12. CONCLUSIONES	90
13. RECOMENDACIONES	92
14. BIBLIOGRAFIA	94
ANEXO A. Nivel de Ruido Recomendado y Medido	97
ANEXO B. Resultados RT60 Medidos en Estudio	97
ANEXO C. Promedio RT Obtenido en Estudio	98
ANEXO D. Resultados RT60 Posición 1	99
ANEXO E. Resultados RT60 Posición 2	102
ANEXO F. Resultados RT60 Posición 3	105
ANEXO G. Resultados RT60 Posición 4	108
ANEXO H. Resultados RT60 Posición 5	111
ANEXO I. Resultados RT60 Posición 6	114

ANEXO J. Analizador Acústico y de Audio.....	117
ANEXO K. Vidrio Doble NC15.....	120
ANEXO L. Vidrio 8mm Lam NC25.....	121
ANEXO M. Espuma Acústica	122
ANEXO N. Puertas Acústicas.....	123
ANEXO O. Divisiones Acústicas	124

Lista de Tablas

Tabla 1. Curvas NC	24
Tabla 2. Nivel de presión acústica para curvas NC	24
Tabla 3. Curvas NCB	25
Tabla 4. Nivel de presión acústica para curvas NCB	25
Tabla 5. Curvas RC	26
Tabla 6 Nivel de presión acústica para curvas RC	26
Tabla 7. Criterios de Ruido de Diferentes Recintos	27
Tabla 8. Coeficiente de absorción del poliuretano proyectado	34
Tabla 9. Propiedades Físicas y Especificaciones	36
Tabla 10. Frecuencias en bandas de octava Black Theater	39
Tabla 11 Absorción Cielo Raso Según Espesor	41
Tabla 12. Valores recomendados de RTmid en función del tipo de sala (Recintos Ocupados)	46
Tabla 13. Estándares máximos permisibles de niveles de emisión de ruido expresados en decibeles DB(A).....	58
Tabla 14. Estándares máximos permisibles de niveles de ruido ambiental, expresados en decibeles DB(A).....	60
Tabla 15 Criterios Para Ruido de Fondo.....	66
Tabla 16. Dimensiones del Estudio.....	74
Tabla 17. Área de las paredes por tipo de material	76
Tabla 18. Coeficiente de Absorción para Distintas Frecuencias de acuerdo al Material	76
Tabla 19. Resultados obtenidos set 4.....	77
Tabla 20 Promedio RT60 Espacio de Análisis	78
Tabla 21. Análisis RT 60 medido vs el calculado Set 4	79
Tabla 22 RT Promedio Vs RTMid	79
Tabla 23. Recomendación Estudios de Televisión	80
Tabla 24. Comparación de los valores medidos vs la recomendación	80
Tabla 25 Materiales comerciales con especificaciones acústicas para absorción	82
Tabla 26. Cálculo RT con Materiales Propuestos	83
Tabla 27. RT Promedio Vs RT Mid con materiales propuestos	83
Tabla 28. TL Vidrio.....	85
Tabla 29. Solucion Vidrio Doble.....	85
Tabla 31. Solucion Puerta.....	86
Tabla 30. Solucion Divisiones Acústicas.....	87

Lista de Figuras

Figura 1. Set de Televisión	18
Figura 2. El Sonido	19
Figura 3. Reflexión y Refracción	20
Figura 4. Difracción.....	21
Figura 5. Tiempo de Reverberación óptimo en función del volumen de una sala (según L. L. Beranek).	22
Figura 6. El Ruido	22
Figura 7. Distancia a la Fuente Sonora.....	28
Figura 8. Campo Sonoro Directo (Línea Punteada).....	29
Figura 9. Distancia Crítica.....	30
Figura 10. Material Poroso.....	31
Figura 11. Resonador Helmholtz	32
Figura 12. Celulosa Acústica	34
Figura 13. Fibra de Vidrio	35
Figura 14. Frescasa	36
Figura 15. Acustiplaca	37
Figura 16. Membrana Acústica	37
Figura 17. Black Theater.....	38
Figura 18 Lana de Roca	40
Figura 19 Espuma Pirámide y Cielo Raso en LMR.....	41
Figura 20 División Acústica Móvil	42
Figura 21. Tiempo de Reverberación óptimo en función del volumen de una sala (según L. L. Beranek).	43
Figura 22. Lista de Palabras Método STI.....	48
Figura 23. Claridad de la Voz - C50	49
Figura 24. RCN vista aérea	70
Figura 25. Set 4 Noticias RCN.....	71
Figura 26. Sala de Redacción.....	71
Figura 27. VideoWall Vista Superior	72
Figura 28. Plano del Set por Áreas	72
Figura 29. Plano 3D set y Sala de Redacción	73
Figura 30. Vista sala de Redacción desde la ubicación del Set.....	73
Figura 31. Ubicación del Sonómetro en el Set.....	78
Figura 32 Grafica del promedio de los 6 puntos y el promedio de estos	79
Figura 33. Curva NC Medida en recinto.....	81
Figura 34. Set 4	84
Figura 35. Sala de Redacción.....	84
Figura 36. STC Vidrio	85
Figura 38. Datos Acústicos Puerta.....	86
Figura 37. Desempeño Acústico	87
Figura 39 Promedio RT Obtenido en estudio.....	98

Lista de Ecuaciones

Ecuación 1. Calculo Tiempo de Reverberación	44
Ecuación 2. Absorción Total	45

Lista de Anexos

ANEXO A. Nivel de Ruido Recomendado y Medido	97
ANEXO B. Resultados RT60 Medidos en Estudio	97
ANEXO C. Promedio RT Obtenido en Estudio	98
ANEXO D. Resultados RT60 Posición 1	99
ANEXO E. Resultados RT60 Posición 2	102
ANEXO F. Resultados RT60 Posición 3	105
ANEXO G. Resultados RT60 Posición 4	108
ANEXO H. Resultados RT60 Posición 5	111
ANEXO I. Resultados RT60 Posición 6	114
ANEXO J. Analizador Acústico y de Audio	117
ANEXO K. Vidrio Doble NC15	120
ANEXO L. Vidrio 8mm Lam NC25	121
ANEXO M. Espuma Acústica	122
ANEXO N. Puertas Acústicas	123
ANEXO O. Divisiones Acústicas	124

GLOSARIO

ABSORCION DEL SONIDO: Medida de la capacidad de absorber el sonido que exhibe un objeto o persona, expresado como la cantidad de m² de superficie totalmente absorbente a que equivale. La unidad es el sabino. Aislamiento del Sonido.

ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO: Tratamiento de las superficies de un recinto mediante materiales absorbentes, reflectores o difusores con el fin de mejorar sus características acústicas y crear un campo sonoro difuso.

ACÚSTICA ARQUITECTÓNICA: Rama de la acústica, que se encarga del acondicionamiento acústico de recintos, bien sea, en lugares abiertos (al aire abierto) o en salas cerradas.

ACÚSTICA GEOMÉTRICA: La acústica geométrica se encarga del estudio de las primeras reflexiones, es decir, aquellas que han incidido en máximo 3 superficies antes de llegar al receptor.

ACÚSTICA: Es una rama de la física que estudia el sonido en todos sus posibles aspectos: generación, radiación, propagación, confinamiento, etc., así como los recursos para mejorar la aptitud de un ambiente para la música y/o la palabra.

AISLAMIENTO DEL SONIDO: La capacidad de un sistema constructivo para impedir que el sonido traspase dos ambientes impidiendo en mayor o menor medida el paso de energía sonora de uno a otro lado.

AMBIENTE ACÚSTICO: Un espacio de aire en el cual suceden fenómenos de propagación de ondas acústicas.

AMPLITUD: La amplitud de una onda de sonido es el grado de movimiento de las moléculas de aire en la onda, que corresponde a la intensidad del enrarecimiento y compresión que la acompañan. Cuanto mayor es la amplitud de la onda, más intensamente golpean las moléculas el tímpano y más fuerte es el sonido percibido. La amplitud de una onda de sonido puede expresarse en unidades absolutas midiendo la distancia de desplazamiento de las moléculas del aire, o la diferencia de presiones entre la compresión y el enrarecimiento, o la energía transportada.

BANDA DE OCTAVA: Un rango de frecuencias especificado. Por ejemplo, banda de audio (20 a 20.000 Hz). Gama de frecuencias comprendida entre dos que están en la relación, 2:1. La banda de audio frecuencias, contiene aproximadamente 10 bandas de octava.

CAMPO DIFUSO: Campo sonoro tal que en un punto dado es igualmente probable cualquier dirección instantánea de la onda sonora.

CAMPO DIRECTO: Parte del campo sonoro debido a las ondas sonoras que llegan desde la fuente sin haber experimentado ninguna reflexión.

CAMPO LEJANO: La porción del campo sonoro de una fuente de sonido en que el nivel de presión sonora (debido a esta fuente) desciende en 6 dB por cada duplicación de la distancia desde una fuente puntual.

CAMPO REVERBERANTE: Parte del campo sonoro debido a las reflexiones en las diversas superficies de un recinto.

COEFICIENTE DE ABSORCIÓN SONORA: Cociente entre la energía incidente y la energía absorbida por una superficie o sustancia. Normalmente, se expresa en Sabins dentro de una escala de 0 a 1.

COEFICIENTE DE REDUCCIÓN DE RUIDO (NRC): Es el valor único para la absorción sonora según ASTM C 423, y el valor medio es de 4 frecuencias en 250-2000 Hz.

CONTROL DE BAJOS (MODOS PROPIOS Y ONDAS ESTACIONARIAS): Son aquellas ondas generadas en un espacio o habitación las cuales pueden ser constructivas (sumas) o destructivas (Cancelación). “Cada modo propio va asociado a una frecuencia, igualmente denominada propia, y está caracterizado por un nivel de presión sonora SPL”

CRITERIOS ACÚSTICOS DE DISEÑO: El principal factor para el diseño acústico es el tiempo de reverberación. Las opiniones varían considerablemente sobre cuál es el valor óptimo del tiempo de reverberación para un auditorio para un uso particular; sin embargo, se puede decir que los tiempos de reverberación para un discurso o música grabada debieran ser lo más corto posible, pues se está solamente interesado en el sonido directo y no en el reverberante, para música ligera deben ser cortos y para un concierto y música de iglesia deben ser largos. No solamente depende de tiempos de reverberación, sino de la forma y el tamaño del recinto, de la posición del material absorbente de sonido y la posición de la fuente de sonido y la audiencia. Los defectos acústicos que pueden surgir debido a la forma y tamaño del recinto son los ecos. Puntos muertos y ondas estacionarias.

CRITERIOS NC: Una serie de curvas del espectro de sonido de banda de octava en un sistema para evaluar el ruido de un espacio interior ocupado; se compara un espectro real de banda de octava con este conjunto de curvas para determinar el nivel NC del espacio.

CURVAS NC - (NOISE CRITERION) Y CURVAS RC: (ROOM CRITERION):

Estas curvas especifican los niveles de presión sonora máximos permisibles en cada banda de octava, y aseguran la existencia de niveles confortables del ruido de fondo en los locales habitados.

DISTANCIA CRÍTICA: Distancia medida desde una fuente más allá de la cual predomina el campo reverberante por sobre el directo.

ECO: Reflexión del sonido que llega más de 100 ms más tarde que el sonido directo.

EFFECTOS DE PROPAGACIÓN DEL SONIDO: La propagación del sonido supone un transporte de energía sin transporte de materia, en forma de ondas mecánicas que se propagan a través de la materia sólida, líquida o gaseosa. Como las vibraciones se producen en la misma dirección en la que se propaga el sonido, se trata de una onda longitudinal, que se trasmite en línea recta, desde el punto de origen. Algunos de los efectos relacionados con la propagación de sonido son; transmisión, absorción, reflexión, refracción, difracción y difusión.

ENMASCARAMIENTO: Fenómeno psicoacústico por el cual un tono débil se vuelve inaudible en presencia de otro más intenso cercano en frecuencia.

FENÓMENOS SONOROS: Un sonido es un fenómeno físico que consiste en la alteración mecánica de las partículas de un medio elástico, producida por un elemento en vibración, que es capaz de provocar una sensación auditiva. Las vibraciones se transmiten en el medio, generalmente en el aire, en forma de ondas sonoras, se introducen en el pabellón del oído haciendo vibrar la membrana del tímpano, de ahí pasa al oído medio, oído interno y excita las terminales del medio acústico que transporta al cerebro los impulsos neuronales que finalmente generan la sensación sonora. La velocidad de propagación en este medio, en condiciones normales de temperatura y presión, es de aproximadamente 340 m/s.

FRECUENCIA: Percibimos la frecuencia de los sonidos como tonos más graves o más agudos. La frecuencia es el número de ciclos (oscilaciones) que una onda sonora efectúa en un tiempo dado; se mide en Hertz (ciclos por segundo). Por ejemplo, escuchamos una misma nota (la) a diferentes frecuencias, de 110,00 a 880,00 Hertz (Hz). Los seres humanos sólo podemos percibir el sonido en un rango de frecuencias relativamente reducido, aproximadamente entre 20 y 20.000 Hertz.

FUENTE: Elemento que origina la energía mecánica vibratoria, definida como ruido o sonido. Puede considerarse estadísticamente como una familia de generadores de ruido que pueden tener características físicas diferentes, distribuidas en el tiempo y en el espacio.

HOMOGENEIZACIÓN DEL ESPECTRO A TRAVÉS DE DIFUSIÓN: Busca distribuir de forma regular lo más que se pueda el espectro de las frecuencias en un espacio.

INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN: Parámetro, asociado al resultado de una medición, que caracteriza la dispersión de los valores que pudieran ser razonablemente atribuidos a la magnitud a medir. El parámetro puede ser, por ejemplo, la desviación típica (o un múltiplo de esta), o la amplitud del intervalo de confianza. La incertidumbre de medición comprende, en general, muchos componentes. Algunos de ellos pueden ser evaluados a partir de la distribución estadística de los resultados de series de mediciones y pueden ser caracterizados mediante desviaciones típicas experimentales. Los otros componentes, que pueden también ser caracterizados por desviaciones típicas, son evaluados a partir de distribuciones de probabilidad asumida, basadas en la experiencia u otra información. Se entiende que el resultado de la medición es el mejor estimado del valor de la magnitud a medir y de todos los componentes de la incertidumbre que contribuyen a la dispersión, incluyendo aquellos que surgen de los efectos sistemáticos tales como los componentes asociados con las correcciones y los patrones de referencia.

MATERIALES ABSORBENTES: El coeficiente de absorción de un material, de acuerdo con la definición Sabine, es la relación del sonido absorbido por el material y aquel absorbido por una área equivalente de ventana abierta, de aquí que el coeficiente de absorción de una superficie perfectamente absorbente sea: 1. Si se considera que las áreas superficiales y los coeficientes de absorción de los materiales a ser usados son conocidos, el tiempo de reverberación de un auditorio puede ser determinado al momento del diseño.

MATERIALES AISLANTES: Cuando hablamos sobre el aislamiento que dos cuartos tienen contra los ruidos aéreos o de impacto, normalmente se considera a uno de ellos como cuarto emisor y al otro como receptor. El problema básico es determinar (y o reducir) los niveles de presión sonora producidos en el cuarto receptor debido a la fuente sonora que actúa desde el emisor.

MOVIMIENTO ONDULATORIO: Se caracteriza por la propagación de movimiento o energía a través de un medio. Si la dirección del movimiento de las partículas es paralela a la dirección de propagación el movimiento ondulatorio es longitudinal; si la dirección del movimiento es perpendicular, el movimiento es transversal.

PROPAGACIÓN DE SONIDOS EN ESPACIOS CERRADOS: Consideremos una fuente de sonido situada en un local; las ondas sonoras se propagarán fuera de la fuente hasta que encuentren alguno de los muros que limitan el cuarto en donde, en general, alguna o parte de la energía sonora será reflejada hacia atrás dentro del mismo cuarto, otra será absorbida y otra más será transmitida a través de los

muros. El complejo campo de sonido producido por la multitud de reflexiones y la forma de comportamiento de este campo acústico, como la energía sonora en el cuarto es admitido a acumularse y la decadencia constituye la acústica del cuarto.

PROPAGACIÓN DEL SONIDO AL AIRE LIBRE: En ambientes exteriores es preciso diferenciar dos tipos de fuentes sonoras. En el caso de las fuentes sonoras puntuales, se considera que toda la potencia de emisión sonora está concentrada en un punto.

RESPUESTA IMPULSIVA: un sistema es la que se presenta en la salida cuando en la entrada se introduce un impulso. Un impulso es el caso límite de un pulso infinitamente corto en el tiempo, pero mantiene su área o su integral (por lo cual tiene un pico en amplitud infinitamente alto).

RUIDO DE FONDO: Ruido total de todas las fuentes de interferencia en un sistema utilizado para producción, medida o registro de una señal, independiente de la presencia de la señal, incluye ruido eléctrico de los equipos de medida. El ruido de fondo se utiliza algunas veces para expresar el nivel medido cuando la fuente específica no es audible y, a veces, es el valor de un determinado parámetro de ruido, tal como el L_{90} (nivel excedido durante el 90% del tiempo de medición).

RUIDO IMPULSIVO: Es aquel en el que se presentan variaciones rápidas de un nivel de presión sonora en intervalos de tiempo mínimos, es breve y abrupto, por ejemplo, troqueladoras, pistolas, entre otras.

RUIDO Y EFECTOS SOBRE LA SALUD: La exposición prolongada al ruido, ya sea en la vida cotidiana o en el puesto de trabajo, puede causar problemas médicos, como hipertensión y enfermedades cardíacas. El ruido puede afectar adversamente a la lectura, la atención, la resolución de problemas y la memoria. Los fallos en el desempeño de la actividad laboral pueden producir accidentes. El ruido con niveles por encima de 80 dB puede aumentar el comportamiento agresivo.

SONÓMETRO: Es un instrumento de medición de presión sonora, compuesto de micrófono, amplificador, filtros de ponderación e indicador de medida, destinado a la medida de niveles sonoros, siguiendo unas determinadas especificaciones.

STC - (SOUND TRANSMISSION CLASS): Es el índice de número único mediante el cual se cuantifica el aislamiento acústico proporcionado por una partición, esto es, suelos, muros, cielos, puertas y ventanas.

TIEMPO DE REVERBERACIÓN (RT60): Es un parámetro que se utiliza para cuantificar la reverberación de un determinado recinto. Se define como el tiempo

que transcurre hasta que decae a una determinada intensidad las reflexiones de un sonido directo.

TL - (PERDIDA POR TRANSMISION): Es la pérdida del nivel de presión sonora cuando el sonido atraviesa una partición. Este parámetro nos indica la cantidad de energía incidente en un material, que cantidad no fue transmitida al otro lado.

INTRODUCCIÓN

La propuesta del acondicionamiento acústico del estudio 4 del canal de televisión RCN, pretende disminuir la reverberación en el recinto, controlar o aislar el ruido generado desde el exterior y de la misma manera determinar si cumple o no con normas y estándares de calidad para proponer soluciones acústicas que se ajusten al presupuesto del canal, con el fin de viabilizar el proyecto y que en mediano o a largo plazo se pueda ejecutar.

Al iniciar un proyecto de acondicionamiento acústico es indispensable conocer el estado inicial de los espacios a tratar, a través de un diagnóstico de parámetros medibles de acústica; para ello se realizan una serie de mediciones con las cuales se obtienen parámetros acústicos los cuales permiten tomar decisiones del estado del sistema acústico del recinto, para realizar correcciones de tiempos de reverberación y ruido.

Lo siguiente que se debe hacer en el proyecto es determinar y analizar el tiempo de reverberación del recinto, para lo cual se utiliza software de simulación y micrófonos especializados, los cuales permiten conocer y comparar los resultados obtenidos con los objetivos de calidad y confort acústicos para salas y proponer soluciones a los problemas que se presenten.

Al presentar esta propuesta a la mesa directiva del canal *RCN*, se abordarán las ventajas de implementar las soluciones acústicas mínimas, las cuales aportarán un mejoramiento sustancial en la calidad de la acústica del recinto en términos de percepción sonora de la voz y de igual manera una óptima captura de audio para su posterior procesamiento.

Al determinar las problemáticas acústicas más evidentes en el recinto como lo es la reverberación excesiva a raíz de las superficies reflejantes que se encuentran dentro del espacio, la solución más asertiva para este tipo de problemática es implementar paneles acústicos móviles al suelo, y paneles colgando en el techo para variar la superficie y lograr un nivel aceptable de sonido; por otro lado se debe separar la sala de redacción del estudio 4 el cual llamaremos de ahora en adelante SET 4, con un doble vidrio y controlar los elevados niveles de ruido de la sala de redacción los cuales sobrepasan lo recomendado para un estudio de televisión.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

RCN es una de las principales compañías operadora y productora de televisión en el país, con una amplia trayectoria en la realización de contenidos audiovisuales como series, novelas, eventos deportivos y noticias. El set 4 está dedicado a Noticias RCN, el cual es un noticiero colombiano que emite su señal cuatro veces al día de lunes a viernes y dos los fines de semana. Sin embargo, en un principio este set estaba adecuado para otros programas correspondientes a RCN TELEVISIÓN y posteriormente se estableció para las transmisiones de Noticias, sin llevar a cabo ningún estudio ni adecuación acústica para la nueva distribución y función, por esta razón en la actualidad el estudio no se ajusta a los estándares técnicos de calidad, confort y de seguridad para los programas allí producidos.

La problemática que se presenta en el estudio es la ausencia de control acústico sobre las superficies como; paredes, escenografía, piso, puertas, techo, entre otras, ocasionando un tiempo reverberación largo, así como niveles de ruido, molestias auditivas, sonidos indeseables, lo cual genera audio de mala calidad en el proceso de la transmisión, haciendo que los programas no cumplan con los niveles de audio aceptables para una buena transmisión de audio para estos casos. Cuando esto ocurre, se afecta la comunicación por razones relacionadas directamente con la alteración del material de la emisión; por ejemplo: la interpretación incorrecta de una orden o instrucción derivada de la confusión de los sonidos; o bien, indirectamente, mediante los efectos psicofísicos de fatiga, irritabilidad y desconcentración que afectan a los sujetos expuestos a un ambiente ruidoso (Kryter, 1970).

La suma de todos estos factores afecta la calidad de las transmisiones en vivo que se realizan en el estudio, en claro perjuicio de la satisfacción de la teleaudiencia, que es al fin y al cabo el cliente de los programas. Estos inconvenientes menoscaban el buen nombre, no solo de *Noticias*, sino del canal RCN, y en especial el prestigio de los operadores de audio que se desempeñan en el estudio en mención.

2. JUSTIFICACIÓN

Actualmente el set de Noticias del canal RCN Televisión presenta problemas acústicos, pues no está adecuado en su totalidad para la función que se necesita (Set para la narración de noticias, eventos deportivos y programas unitarios).

De vez en cuando, se escucha una entrevista de televisión o una conferencia de prensa donde el eco de fondo o el campo reverberante es tan frecuente, que es casi imposible escuchar lo que se dice. El problema es que el micrófono no puede discernir qué es "relevante" y qué es "ruido". Las estaciones de televisión son conscientes del problema y han estado tratando sus estudios con paneles acústicos durante casi 100 años. Al eliminar el "sonido de la habitación", el mensaje que se transmite es claro y la inteligibilidad aumenta diez veces. Para transmitir un mensaje claro se debe eliminar el ruido ambiental, aumentar la relación señal/ ruido en promedio 18 dB, minimizar el tiempo de reverberación de la sala y aislar el ruido de inmisión generado desde los espacios contiguos y exteriores.

Con la propuesta de acondicionamiento acústico para el set 4 del canal de televisión se dará tratamiento a los problemas acústicos como: Reverberación, eco, control de modos, ondas estacionarias, ecos flotantes entre otros. El control en lo anterior busca el equilibrio acústico en la inteligibilidad de la palabra y/o música que ahí se realice. También tendrán un sonido más limpio, voces más claras, aumento en la inteligibilidad de la palabra, beneficios al grabar o emitir (salir al aire) un programa desde el estudio, audio con gran fidelidad, reducción del nivel de ruido dentro y fuera del mismo. Se cumplirá con las recomendaciones en cuanto al límite de ruido entre estudios cercanos y se contará con condiciones óptimas para el tipo de actividad que se haya previsto desarrollar; Además cabe resaltar que el personal técnico y de producción, comprenderán las indicaciones del directo o pregrabado ahorrando costos en la realización de estos productos o programas.

Esta propuesta logrará la atención de los directivos para tener en cuenta el acondicionamiento de otros estudios que se encuentren con el mismo problema ya que esta empresa (compañía) está alineada al cumplimiento de las normas y estándares de calidad; no solamente la producción de video, también el audio será su fuerte en esta cadena de procesos que conlleva una grabación antes de salir al aire. Se marcará la diferencia en el acondicionamiento acústico de estudios de televisión en Colombia, impulsando la competitividad y logrando que otros canales se interesen en aplicar estos conocimientos en sus estudios.

Como estudiante se aplicarán los conocimientos adquiridos durante el proceso de formación en tecnología en producción de audio, logrando que el trabajo de acondicionamiento acústico se vea reflejado en el producto final, consumido por los televidentes; de igual manera aportará experiencia a la universidad en esta área que no es tan común, como si lo es el acondicionamiento de un estudio musical.

3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Objetivo General

- Realizar la propuesta de acondicionamiento acústico para el set de televisión número 4 del canal RCN Televisión.

3.2 Objetivos Específicos

- Efectuar un diagnóstico de parámetros acústicos en el recinto de análisis.
- Evaluar los parámetros acústicos obtenidos con las recomendaciones y criterios acústicos para espacios de televisión.
- Desarrollar la propuesta para el mejoramiento de las condiciones acústicas del set.

4. ALCANCES Y LIMITACIONES

4.1 Alcances

- Lograr capturas optimas de audio que se verán reflejadas en el producto audiovisual que salen al aire
- Disminuir el ruido que se traslada de la sala de redacción al set cuatro de noticias RCN.
- Controlar la acústica del set cuatro de noticias RCN, para lograr excelentes condiciones de captura del audio.
- Generar conciencia en el equipo técnico que trabaja en el set en cuanto al ruido generado por su operación.

4.2 Limitaciones

- La complejidad de las dimensiones del set y la distribución no homogénea de materiales generan una respuesta acústica inadecuada para el espacio.
- Tener limitaciones en las funciones de los equipos utilizados en la medición.
- La coordinación de horarios de trabajo del set para realizar las mediciones acústicas.
- Que el presupuesto para la propuesta de acondicionamiento acústico sea muy elevado para su ejecución en el canal.

5. MARCO REFERENCIAL

5.1 Estudio o Set de Televisión

Un estudio o set de televisión es un recinto cerrado dedicado a grabar o emitir contenido audiovisual de excelente calidad. En este se sitúan tanto actores, presentadores, artistas y equipo técnico. También la escenografía y el ambiente son aspectos importantes que difieren al proyecto audiovisual que se requiera (Noticias / novela), la falta de elementos en la escenografía o en un informativo hace que la acústica del lugar cambie, en contraste de lo que sucede en novela, que tiene bastantes objetos en el set, por ende, se deben tener procesos distintos para resolver este tipo de problemas.

Además, un estudio debe contar con equipamiento tecnológico como cámaras, micrófonos, luces, escenografía, un revestimiento aislante de la acústica, entre muchas cosas más, para su correcto funcionamiento y estar alineado al cumplimiento de las normas y estándares de calidad de la producción de audio y video. (Secretaría General de la Alcaldía Mayor de Bogotá, 2006).



Figura 1. Set de Televisión¹

La calidad del sonido en un set suele ser tan importante como las imágenes capturadas por las cámaras. Generalmente hay dos razones por las que un set muestra problemas de reverberación las cuales son: Tamaño y superficies. En pocas palabras, cuanto más grande es la habitación, mayor es la probabilidad de que uno experimente reverberaciones; Además, si una habitación está construida con todas las superficies duras, también es probable que tenga reflexiones.

¹ Imagen propia instalaciones RCN

5.2 El Sonido

Según la RAE el sonido es la sensación producida en el órgano del oído por el movimiento vibratorio de los cuerpos, transmitido por un medio elástico, como el aire. En la física se define como una onda longitudinal que se propaga en un medio material (sólido, líquido o gaseoso), y cuya frecuencia está comprendida entre los 20 y 20.000 Hertz aproximadamente. (Polanco C. C., 2000)



Figura 2. El Sonido²

5.2.1 Propagación del Sonido

El sonido es la propagación de ondas de presión, las cuales se propagan a través de un medio elástico como el aire o el agua. Durante su propagación, éstas ondas pueden ser reflejadas, refractadas o atenuadas por el medio en el que se propagan.

Todos los medios de propagación del sonido poseen tres propiedades que afectan el comportamiento de la onda sonora:

1. Una relación entre *densidad* y *presión*. Esta relación, afectada por la temperatura, determina la velocidad del sonido a través del medio.
2. El movimiento del medio mismo, por ejemplo, el aire. Independientemente del movimiento de las ondas sonoras a través del medio, si el medio se mueve, el sonido es transportado aún más.
3. La viscosidad del medio. Esta propiedad determina la atenuación del sonido. Para medios como el aire o el agua, esta tasa de atenuación es prácticamente insignificante. (Whiting School of Engineering, 2018)

² Comunicación Auditiva. (2014). Recuperado de:
http://ruinforme.com/uploads/_pages/39606/6975982fd0b58cc28fb0a7838fd7c9cf.jpg

5.2.2 Absorción

Cuando una onda sonora incide en una pared rígida (ideal) es reflejada totalmente, ya que el material no se mueve y no absorbe energía de la onda. Sin embargo, las paredes reales nunca son completamente rígidas, por lo que siempre una parte de la energía de las ondas incidentes es absorbida. (Polanco C. C., 2000, pág. 22)

5.2.3 Reflexión y Refracción

Cuando una onda incide sobre una superficie límite de dos medios, de distintas propiedades mecánicas, ópticas, etc, una parte de la onda es reflejada y otra parte se disipa y se transmite. La velocidad de propagación de las ondas, cambia al pasar de un medio a otro, pero no cambia su frecuencia angular. (M. Harris, 1995, pág. 92)

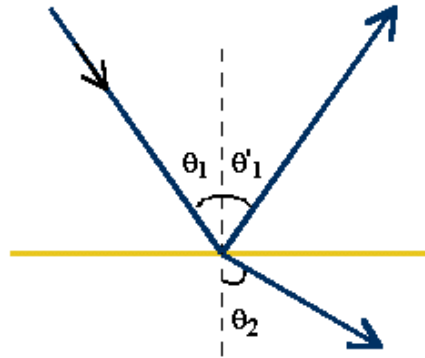


Figura 3. Reflexión y Refracción³

Cuando la onda incidente llega formando con la superficie límite un ángulo cualquiera, la onda transmitida modifica su dirección original acercándose o alejándose de la normal. A esta desviación del rayo transmitido se le denomina refracción.

5.2.4 Difracción

Las ondas tienen la particularidad de que pueden rodear un obstáculo o propagarse a través de una pequeña abertura; a esta propiedad se le conoce como difracción. Si una abertura (obstáculo) es grande en comparación con la longitud de onda, el efecto de la difracción es pequeño, y la onda se propaga en líneas rectas o rayos. Sin embargo, cuando el tamaño de la abertura es comparable a la longitud de onda, los efectos de la difracción son grandes y la onda no se propaga simplemente en la

³Fenómenos Acústicos. (2003). Recuperado de:
<http://www.ehu.eus/acustica/bachillerato/images/feaces3.gif>

dirección de los rayos rectilíneos, sino que se dispersa como si procediese de una fuente puntual localizada en la abertura.

Difracción producida por una abertura

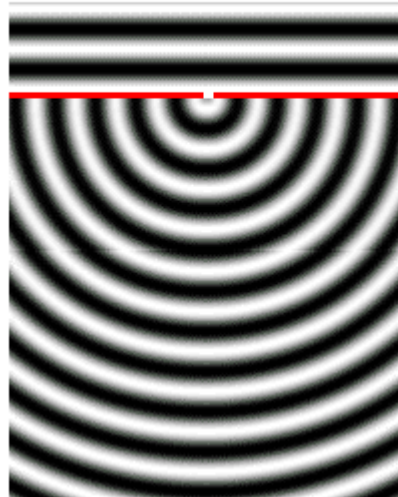


Figura 4. Difracción⁴

Las longitudes de onda del sonido audible están entre 3 cm y 12 m, y son habitualmente grandes comparadas con los obstáculos y aberturas (por ejemplo, puertas o ventanas), por lo que la desviación de las ondas rodeando las esquinas es un fenómeno común. (M. Harris, 1995, pág. 28)

5.2.5 Eco y Reverberación

El escuchar un sonido después de haberse extinguido la sensación producida por la onda sonora se le conoce como eco. El eco se produce cuando la onda sonora se refleja perpendicularmente en una pared. El oído puede distinguir separadamente sensaciones que estén por encima del tiempo de persistencia, que es 0.1 s para sonidos musicales y 0.07 s para sonidos secos. Por lo tanto, si el oído capta un sonido directo y, después de los tiempos de persistencia especificados, capta el sonido reflejado, se apreciará el efecto del eco. Para que se produzca eco, la superficie reflectante debe estar separada del foco sonoro una determinada distancia: 17 m para sonidos musicales y 11.34 m para sonidos secos.

La reverberación se produce cuando las ondas reflejadas llegan al oyente antes de la extinción de la onda directa, es decir, en un tiempo menor que el de persistencia acústica del sonido. Este fenómeno es de suma importancia, ya que se produce en

⁴ Grupo de Acústica. (2003). Difracción producida por una abertura. Recuperado de: <http://www.ehu.eus/acustica/bachillerato/images/feaces4.gif>

cualquier recinto en el que se propaga una onda sonora. El oyente no sólo percibe la onda directa, sino las sucesivas reflexiones que la misma produce en las distintas superficies del recinto. La característica que define la reverberación de un local se denomina tiempo de reverberación y se define como el tiempo que transcurre hasta que la intensidad del sonido queda reducida a una millonésima de su valor inicial. (Acústica y Sistemas de Sonido, 2017, pág. 44)

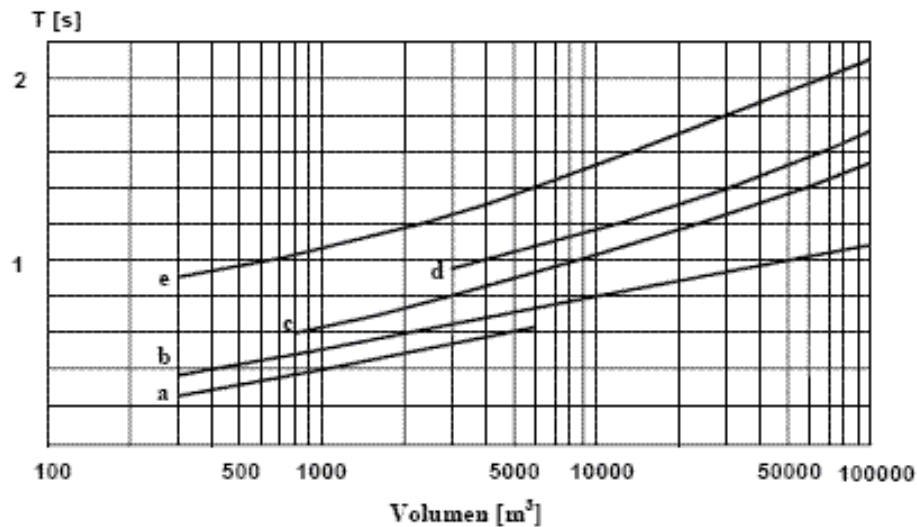


Figura 5. Tiempo de Reverberación óptimo en función del volumen de una sala (según L. L. Beranek).
(a) Estudios de Redifusión para voz. (b) Salas de conferencias. (c) Estudios de radiodifusión para música. (d) Salas de Conciertos. (e) Iglesias. ⁵

5.3 El Ruido

El ruido y la música son totalmente opuestos. La música se compone por sonidos con una frecuencia fundamental y armónica, mientras que el ruido está compuesto por frecuencias que varían continuamente.



Figura 6. El Ruido⁶

⁵ Miyara, Federico. (2000). Tiempo de reverberación óptimo.

⁶ Ruido. (2016). Tomado de: <http://saliendodelarebothica.com/wp-content/uploads/2016/03/ruidoso.png>

El ruido es lo que escuchamos cuando sintonizamos una radio o televisor en una frecuencia vacía, es el sonido general de la lluvia cayendo sobre las hojas, la soda burbujeando en un vaso, el aire escapándose de un neumático, o una multitud aplaudiendo.(Elert, 2017)

Al ruido se le considera como un factor contaminante, pues es aquel ruido (entendido como sonido molesto) producido por la mezcla de ondas sonoras de distintas frecuencias y distintas amplitudes. La mezcla se produce a diferentes niveles ya que se conjugan tanto las frecuencias fundamentales como lo armónicos que las acompañan.

El primer paso para controlar el ruido en un recinto, es comparar el ruido existente con criterios de categorización apropiados. Esta comparación nos permite una especificación del grado de supresión de ruido necesario para lograr el medio sonoro deseado, sino que también da una guía con respecto a que aspectos del ruido se deben atacar.

5.3.1 Criterios de Ruido

El ruido en el interior de un recinto es menos variable que el ruido del exterior; es por eso que los criterios para evaluar el ruido en el interior son establecidos, definidos y estandarizados. Para la evaluación de la calidad acústica de recintos cerrados existen principalmente tres criterios:

Noise Criteria (NC, criterio de ruido).

Room Criteria (RC, criterio de recintos).

Balanced Noise Criteria (NCB, criterio balanceado de ruido). (Ruido y Vibraciones, 2016)

5.3.1.1 El Noise Criteria (NC)

Se determinan de la comparación de los niveles de sonido en bandas de octava, medios en un recinto ocupado.

El criterio NC fue establecido en 1957 con el que se pretendió originalmente relacionar el espectro de un ruido con una perturbación que producía la comunicación oral, teniendo en cuenta los niveles de interferencia de la palabra y los niveles de sonoridad. (Sanchez Ortiz & Serrano Castro, 2009)

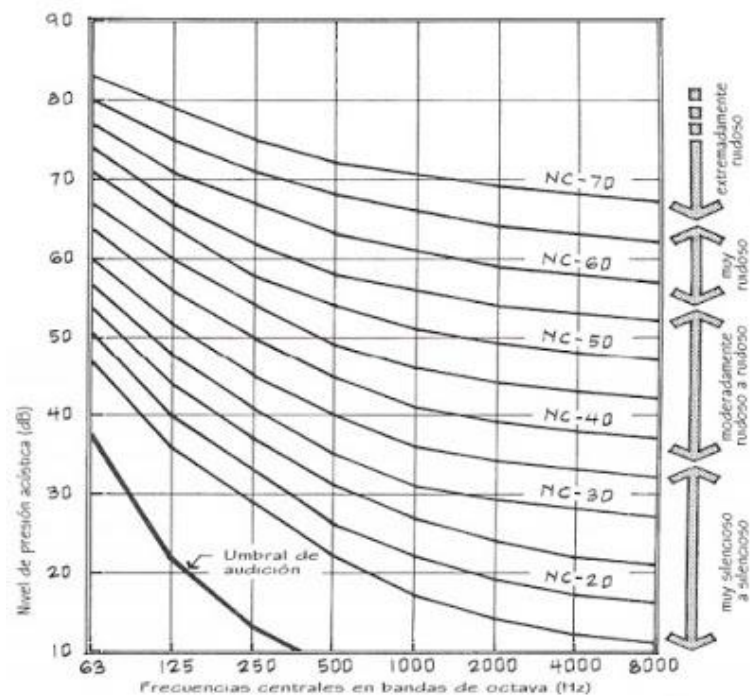


Tabla 1. Curvas NC⁷

Curva NC	Nivel de presión acústica (dB)					
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 KHz	2 KHz	4KHz
65	75	71	68	66	64	63
60	71	67	63	61	59	58
55	67	62	58	56	54	53
50	64	58	54	51	49	48
45	60	54	49	46	44	43
40	56	50	45	41	39	38
35	52	45	40	36	34	33
30	48	41	35	31	29	28
25	44	37	31	27	24	22
20	40	33	26	22	19	17
15	36	29	22	17	14	12
Umbral	22	13	8	5	3	..

Tabla 2. Nivel de presión acústica para curvas NC

5.3.1.2 Balanced Noise-Criteria (NCB)

Las curvas NCB son una versión modificada de las curvas NC, ya que ha sido aumentada la zona de las bajas frecuencias con el fin de incluir las frecuencias de 16 y 31.5 Hz, y modificada la pendiente de la curva -3.33 dB en el intervalo de 500

⁷ (M. Harris, 1995)

Hz a 8000 Hz. Este criterio involucra el nivel de interferencia del habla (sil) por su abreviatura en inglés (Speech Interference Level) que es la medida del nivel de presión acústica en el intervalo de frecuencia de la voz y a su vez propone un balance percibido entre sonidos de baja frecuencia (rumble) y de alta frecuencia (hiss). (Ruido y Vibraciones, 2016)

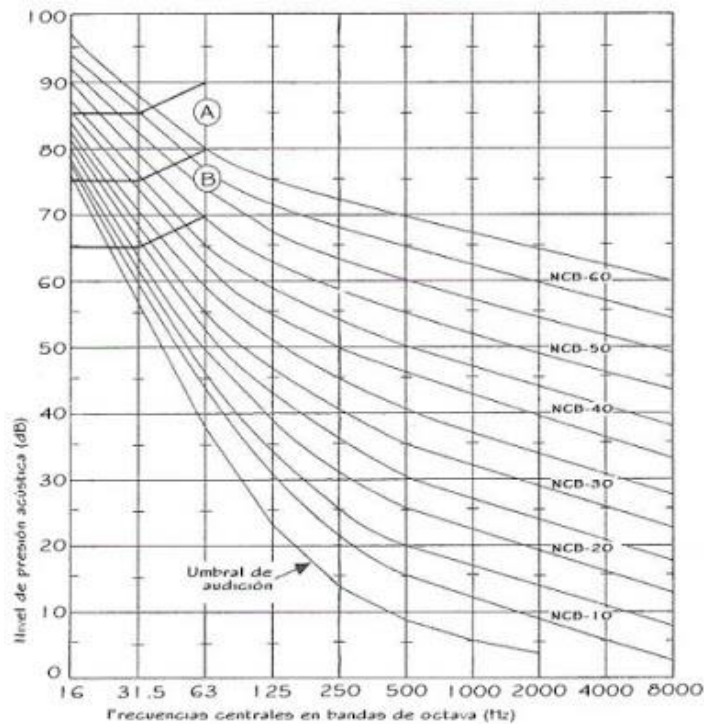


Tabla 3. Curvas NCB

Curva NCB	Nivel de presión acústica (dB)							
	31.5 Hz	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 KHz	2 KHz	4 KHz
60	86	75	71	67	65	62	58	55
55	83	72	67	62	60	57	53	50
50	80	68	63	58	55	52	48	45
45	77	65	59	53	50	47	43	40
40	74	61	55	49	45	42	38	35
35	71	58	51	44	40	37	33	30
30	68	54	47	39	35	32	28	25
25	66	51	43	35	30	27	23	20
20	64	48	38	30	25	22	18	15
15	62	45	35	26	20	17	13	10

Tabla 4. Nivel de presión acústica para curvas NCB

5.3.1.3 El Room Criteria (RC)

Determina la comparación de los niveles de ruido en bandas de octava, medidos en un recinto desocupado. Estas curvas se utilizan principalmente para el diseño de los sistemas de calefacción, ventilación y de aire acondicionado; de inglés HVAC (Heating, Ventilating, Air-Conditioning).

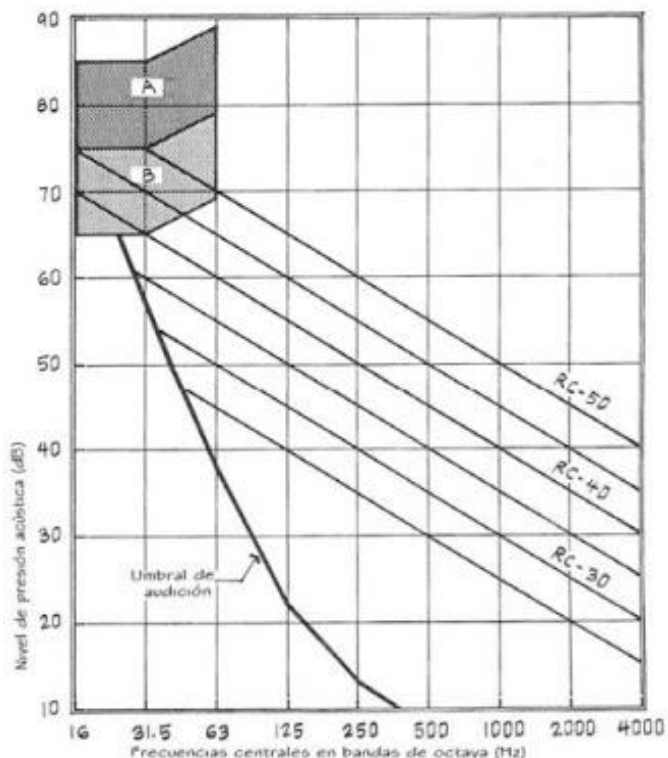


Tabla 5. Curvas RC

Curva RC	Nivel de presión acústica (dB)					
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 KHz	2 KHz	4 KHz
50	65	60	55	50	45	40
45	60	55	50	45	40	35
40	55	50	45	40	35	30
35	50	45	40	35	30	25
30	45	40	35	30	25	20
25	40	35	30	25	20	15
Umbral	22	13	8	5	3	--

Tabla 6 Nivel de presión acústica para curvas RC⁸

⁸ Inerco Acústica. (2012).Curvas de Confort Acústico. Recuperado vía web:
<http://www.inercoacustica.com/acustipedia/item/240-curvas-de-confort-ac%C3%BAstico-curvas-nc>

Estos criterios son utilizados para especificar los niveles de presión acústica máximos permisibles en los recintos (Tabla), además de proveer un modo particularmente específico de clasificación de los niveles de ruido e inclusive de un espectro del comportamiento de un recinto. (Isbert, 1998)

Tipo de espacio	CRITERIO DE RUIDO		
	RC	NC	NCB
Estudios de grabación	10-20	10-20	10
Salas de conciertos y recitales	15-20	15-20	10-15
Salas de conferencias, auditorios e iglesias pequeñas.	25-30	20-30	25-30
Oficinas ejecutivas	25-30	25-30	25-30
Salones de clases	25-30	25-30	25-30
Iglesias	30-35	30-35	30-35
Salas de cine	30-35	30-35	27-37
Bibliotecas	35-40	35-40	33-37
Vestibulos, áreas públicas	35-40	35-40	38-43
Restaurantes	40-45	40-45	38-43
Oficinas públicas	40-45	40-45	38-43

Tabla 7. Criterios de Ruido de Diferentes Recintos⁹

5.4. Campo Sonoro en Recintos

Cuando en un recinto cerrado tenemos una fuente sonora la cual emite un sonido constante, se produce como consecuencia la aparición de ondas sonoras que se propagan radialmente en todas las direcciones en todo el recinto, cuando se encuentran con un obstáculo (Puertas, ventanas, paredes, techos) estas cambian su dirección y se reflejan. Parte de esta energía incidente es reflejada mientras que otra parte de la misma es absorbida. Estas reflexiones tienden a aumentar el nivel de presión sonora en el recinto.

⁹Ruido y Vibraciones. (2016). Criterios de Ruido. Recuperado de: <https://1.bp.blogspot.com/-dnyprl6nyRA/WDOYRD2Gj4I/AAAAAAAAAug/Tw0IyArARsUEXKtzqRI1BeMQJCizflezQCLcB/s1600/tabla.jpg>

La producción de reflexiones múltiples en una sala da lugar a varias consecuencias importantes:

- El sonido es más intenso que en cualquier auditorio abierto.
- La intensidad del sonido depende del tamaño de la sala. Después de los primeros instantes, la energía sonora se distribuye por todo el volumen del recinto, con lo cual es más intenso en recintos pequeños que en recintos grandes.
- La intensidad del sonido depende del material de las paredes. Los materiales blandos como la tela absorben mucha más energía en cada reflexión y disminuyen la intensidad sonora. Mientras que los materiales duros como el hormigón absorben muy poca energía y mantienen muy bien el nivel sonoro. (Aplicaciones al Estudio de la Acústica de Recintos, 2003)

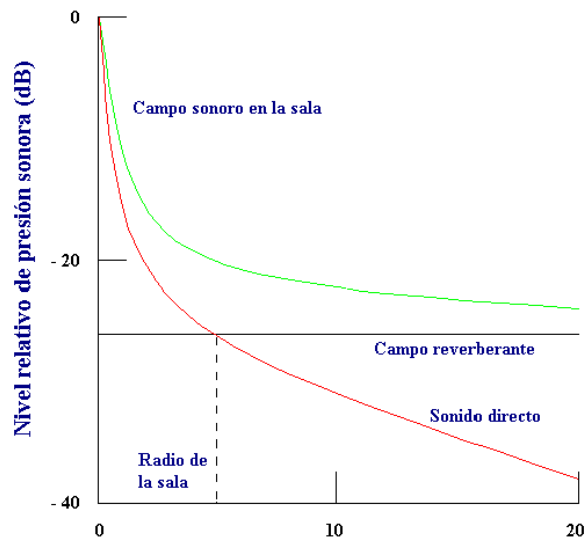


Figura 7. Distancia a la Fuente Sonora.

Este fenómeno no es uniforme en todas las frecuencias del espectro sonoro de la fuente, debido a que los diferentes materiales absorben la energía en cada banda de frecuencia de acuerdo a su coeficiente de absorción sonora.

Estos niveles de presión sonora al ser diferentes en cada punto del recinto, presenta dos componentes a conocer: Campo sonoro Directo y Campo Reverberante. (Aplicaciones al Estudio de la Acústica de Recintos, 2003)

5.4.1 Campo Sonoro Directo

Es la zona en la que se percibe el sonido directamente desde la fuente sin ser reflejado por ninguna superficie del recinto. El campo sonoro directo disminuye

cuanto más lejos se encuentra de la fuente sonora, y lo hace a razón de 6 decibelios por cada duplicación de la distancia. (M. Harris, 1995, pág. 234)

5.4.2 Campo Sonoro Reverberante

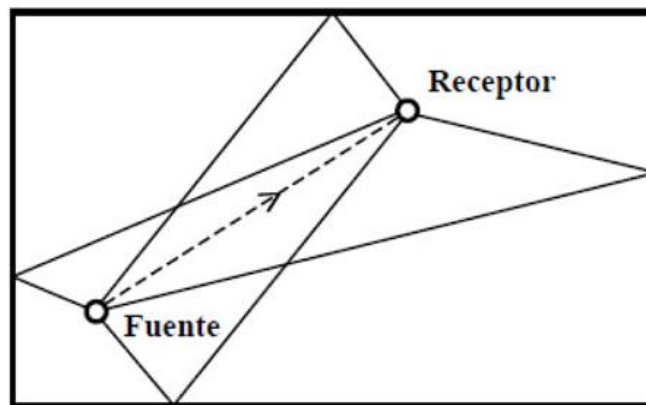


Figura 8. Campo Sonoro Directo (Línea Punteada)
Campo Sonoro Reverberante (Línea Continua)¹⁰

Es la zona que incluye el sonido después de la primera reflexión, este campo es constante en los ambientes cerrados, como habitaciones salas y otros recintos. Esto se debe a que el sonido sufre multitud de reflexiones, y todas ellas se superponen entre sí, resultando una distribución prácticamente uniforme del sonido. (M. Harris, 1995, pág. 234)

5.4.3 Distancia Crítica

La distancia crítica (d_c). Es aquella en que el campo directo y el campo reverberante coinciden, o lo que es lo mismo, es el punto donde pasamos el campo directo a campo reverberante. El sonido directo y las reflexiones tienen el mismo nivel de energía. La distancia crítica es una propiedad de la habitación, y de la forma y tamaño de la fuente de sonido. En la mayoría de las habitaciones, la distancia crítica es entre 0,75 y 1,5 metros.

Cuando la distancia es mayor a la distancia crítica, el efecto de prioridad entra en juego. Este efecto explica cómo el mecanismo de tu sistema auditivo localiza el sonido cuando la fuente de sonido está más allá de la distancia crítica. No significa que haya mucha información direccional en la señal integrada que llega a su oído. La mayor parte de la energía proviene de todas las direcciones, a través de

¹⁰ Imagen tomada de: <http://www.altadefinicionhd.com/images/stories/EspecialesHD/aislamiento-acustico/aislantes-5.jpg>

reflexiones. Esto es muy similar al ruido, que por lo general también se distribuye bastante uniformemente en toda la habitación. El ruido llegará a sus oídos desde todas las direcciones, a menos que esté muy cerca de la fuente de ruido. (Berenguer, Mayo, 1992)

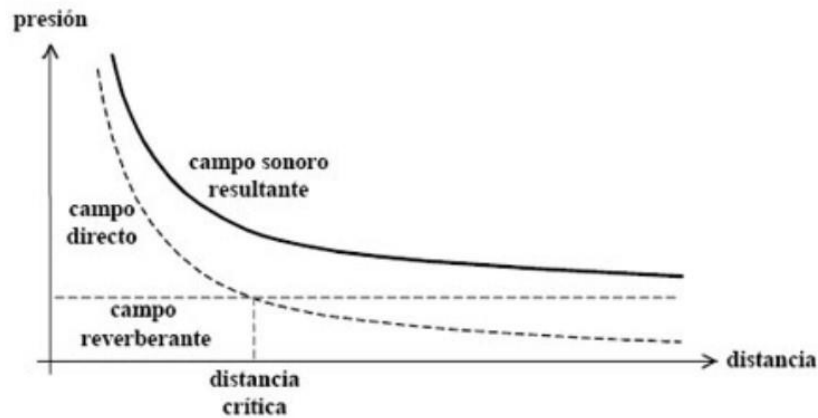


Figura 9. Distancia Crítica¹¹

5.5 Acondicionamiento Acústico

Dentro de las etapas de un proyecto de producción de audio (grabación, reproducción y emisión), un factor importante que se debe cumplir, es que el sonido debe ser uniforme en todos los puntos de escucha dentro del recinto donde se esté trabajando el audio, logrado a través de un buen acondicionamiento acústico. “El cual consiste en la definición de las formas y revestimiento de las superficies interiores del lugar con el objetivo de conseguir las condiciones acústicas más adecuadas para el tipo de actividad a la que se halla previsto destinarlo” (Isbert, 1998, pág. 19).

El éxito en el diseño acústico de cualquier tipo de recinto, una vez fijado su volumen y definida sus formas, radica en primer lugar en una buena elección de los materiales más adecuados para utilizar como revestimiento del mismo con el objetivo de tener unos tiempos de reverberación óptimos. (Isbert, 1998, pág. 61)

5.5.1 Materiales Utilizados en el Acondicionamiento Acústico

Un buen acondicionamiento acústico de cualquier tipo de recinto, una vez fijado su volumen y haber definido sus formas, radica en primer lugar elegir los mejores materiales para utilizar como revestimiento del mismo con objeto de obtener unos tiempos de reverberación óptimos. (Isbert, 1998, pág. 71)

¹¹ Imagen tomada de: Tesis. López, Isaac. U. Politécnica de Valencia. (2011)

Los materiales usados producen principalmente uno de los siguientes efectos sobre la energía sonora: Absorción, reflexión.

Las características de absorción de los materiales absorbentes y de los resonadores dependen no solo de sus propiedades físicas, sino también en gran parte de un sinnúmero de condicionantes y de detalles constructivos, que varían sustancialmente dependiendo del caso y que no se pueden representar mediante una expresión matemática. Es por ello que, para realizar cualquier diseño acústico, resulta imprescindible disponer de los coeficientes de absorción obtenidos mediante ensayos de laboratorio.

5.5.2 Tipos de Materiales de Absorción

5.5.2.1 Materiales Porosos

Disipan la energía acústica transformándola en calor. Su principal eficacia es para frecuencias medias y altas, donde las longitudes de onda coinciden con los espesores normales de los materiales utilizados (Fibra de vidrio, lana mineral, corcho etc.). (Hernandez, 2012)



Figura 10. Material Poroso¹²

5.5.2.2 Materiales Poroso-Rígidos

Según (Hermida, 2010) se usan como yesos absorbentes sonoros como una estructura granular o fibrosa de tela o esterilla hecha con material orgánico o lana artificial, o de losetas acústicas y bloques comprimidos de fibras con aglutinantes.

¹² Imagen tomada de: <http://www.ingenieriaacusticafacil.com/wp-content/uploads/2012/06/ingenieria-acustica-piramidal.jpg>

5.5.2.3 Absorbentes en Forma de Panel o Membrana

Se basan en el hecho de que una onda acústica es parcialmente absorbida cuando encuentra en su camino cuerpos capaces de vibrar a su propio ritmo. Absorben con mayor eficacia las bajas frecuencias (los graves), que las altas.

5.5.2.4 Absorbente Helmholtz:

Es un tipo de absorbente creado artificialmente que elimina específicamente unas determinadas frecuencias.

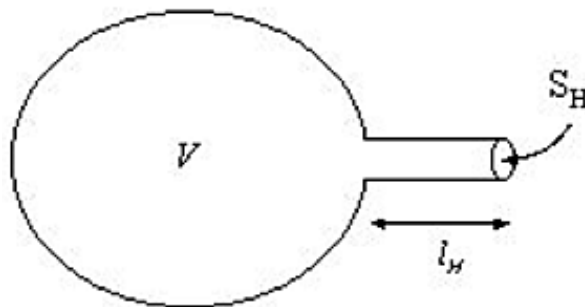


Figura 11. Resonador Helmholtz¹³

Estos dispositivos absorbentes actúan preferentemente para bandas estrechas de frecuencia, alrededor de la frecuencia de resonancia del sistema f_r , para la cual la absorción es máxima. En el caso del resonador de Helmholtz (Figura), esta frecuencia depende del volumen de la cavidad y del tamaño del cuello. En los resonadores de membrana la f_r depende de la masa de la membrana oscilante y de la distancia a la superficie rígida. (M. Harris, 1995, pág. 703)

El RH consiste de una cavidad de paredes rígidas de volumen V con un cuello de área S_H y longitud l_H .

5.6. Aislamiento Acústico

Aislar acústicamente un recinto significa impedir que los sonidos generados dentro del mismo trasciendan hacia el exterior y, recíprocamente, que los ruidos externos se perciban desde su interior. La aislación acústica (o aislación sonora) es muy

¹³ Isbert, Antoni, C. (1998). Materiales Acústicos. Diseño acústico de Espacios Arquitectónicos. Disponible vía web: <https://arqlemus.files.wordpress.com/2014/04/disec3b1o-acc3bastico-de-espacios-arquitectc3b3nicos.pdf>

importante en todo lo que tenga que ver con sonido profesional. Si el recinto es una sala de concierto o de espectáculos en la cual se ejecuta o propala música a alto nivel sonoro, es preciso evitar que los sonidos trasciendan convirtiéndose en ruidos molestos al vecindario. Si se trata de una sala de grabación o un estudio radiofónico, cualquier ruido proveniente del exterior contaminará el sonido que se desea difundir o grabar, en desmedro de su calidad, lo cual también debe evitarse.

La aislación sonora se logra interponiendo una pared o tabique entre la fuente sonora y el receptor. La aislación es tanto mayor cuanto mayor sea la densidad superficial (kg/m^2) del tabique y cuanto mayor sea la frecuencia del sonido. Esta es la razón por la cual las paredes gruesas (y por lo tanto pesadas) ofrecen mayor aislación que las delgadas. (Miyara, Escuela Universitaria de Música , 2003)

5.6.1 Proyecciones de Espuma Rígida de Poliuretano

El Poliuretano Proyectado es un material plástico de composición celular empleado como aislante térmico y acústico y como impermeabilizante tanto en edificación como en industria. Es también conocido con el nombre de espuma de poliuretano.

La mezcla de los dos componentes polioli e isocianato, líquidos a temperatura ambiente, produce una reacción química exotérmica. Esta reacción química se caracteriza por la formación de enlaces entre el polioli y el isocianato, consiguiendo una estructura sólida, uniforme y muy resistente. Si el calor que desprende la reacción se utiliza para evaporar un agente hinchante, se obtiene un producto rígido que posee una estructura celular, con un volumen muy superior al que ocupaban los productos líquidos. Es lo que denominamos espuma rígida de poliuretano, o PUR.

La espuma rígida de poliuretano es un material sintético duroplástico, altamente reticulado espacialmente y no fusible. En las densidades habituales, para aislamiento térmico, la espuma contiene solamente una pequeña parte de materia sólida (con una densidad de 35 kg/m^3 , sólo el 3% del volumen es materia sólida).

La espuma rígida de poliuretano aplicada in situ por proyección, o poliuretano proyectado, se obtiene mediante una pulverización simultánea de los dos componentes sobre una superficie denominada sustrato.

La utilización de espumas de celda abierta, además, tiene un efecto positivo de absorción acústica. Puede sufrir desgaste y envejecimiento, incrementándose su deterioro si se deja visto.

En la siguiente tabla figura el coeficiente de absorción en función de la frecuencia. El coeficiente de reducción de transmisión de ruidos es 0,32. (Aimplas - Instituto Tecnológico del Plástico, 2016)

Frecuencia (Hz)	Coefficiente de absorción
125	0,12
250	0,18
350	0,20
500	0,27
1.000	0,19
2.000	0,62
4.000	0,22

Tabla 8. Coeficiente de absorción del poliuretano proyectado de celda cerrada en función de la frecuencia

5.6.2. Celulosa:

El aislamiento de celulosa es un tipo de aislamiento térmico y acústico, fundamentalmente dirigido a la construcción, que consiste en papel de periódico reciclado tratado con ácido bórico para darle propiedades ignífugas, fungicidas e insecticidas.

Es un aislamiento cuyo uso está aumentando debido a que se le considera un producto ecológico. Es muy utilizado en Estados Unidos, en los países nórdicos y en Centroeuropa.

Es un potente aislante invernal, posiblemente el mejor aislante estival debido a su capacidad de almacenamiento de calor y además debido a su elevada porosidad se utiliza también como aislante acústico. (Aislanat, 2015)



Figura 12. Celulosa Acústica¹⁴

Se puede aplicar en seco y en húmedo:

En seco se suele aplicar en la rehabilitación de edificios, se insufla mediante unas máquinas a unos 3 ó 4 bares de presión dentro de las [cámaras o cavidades. La

¹⁴ Construmac. (2015). Celulosa Acústica Proyectada. Disponible vía web: http://www.elperiodicodelazulejo.es/noticias/actualidad/k-13-celulosa-acustica-proyectada-adhesivos_1894.html

aplicación debe hacerse siempre por empresas homologadas y especializadas según determina la homologación. De este modo se puede aplicar en cámaras de ventilación, buhardillas, espacios cerrados por falsos techo de escayola o cartón yeso, trasdosados, sobre forjados, bajo cubiertas de palomeros, etc.

En húmedo se aplica en obra nueva mediante finas toberas de chorro de agua que humedecen la celulosa proyectada. Su resistencia a la transmisión del flujo térmico es de $0,039 \text{ W}/(\text{m}\cdot^\circ\text{K})$, similar a otros aislantes como la lana de roca o la fibra de vidrio.

5.7 Fibras de Vidrio

La fibra de vidrio se refiere a un grupo de productos hechos de hebras extremadamente finas de vidrio tejidas (entrelazadas) en varias configuraciones o formas diferentes para formar una tela o malla dando lugar a un material flexible, muy resistente al calor, ligero, resistente a muchos productos químicos, buen aislante eléctrico y de bajo costo. Se utiliza para aislamiento acústico y térmico (protección pasiva contra fuego).

En acústica se emplean como sistema multicapa y paneles para lograr la eficiencia en términos de STC.



Figura 13. Fibra de Vidrio

Aplicaciones y Usos:

- Acústicos: Sin recubrimiento. Aislamiento térmico y acústico, reduce los niveles de transmisión de ruido y mantiene el ambiente a una temperatura confortable.
- Térmicos: Cuenta con tres tipos de acabado en una cara Foil, PRK (polypropilene reinforced kraft) o Papel Kraft. Actúa como una barrera de vapor, proporciona un acabado estético, de alta reflectividad lumínica, resistencia al abuso y control de la humedad.

A continuación algunos ejemplos de fibras de vidrio en diferentes presentaciones en el mercado. Cada fabricante tiene diferencias constructivas lo cual cambia en

algunos aspectos sus propiedades térmicas y acústicas, no se puede decir cual tiene mejores características, eso depende de las necesidades del proyecto.

5.7.1 Frescasa Eco



Figura 14. Frescasa

Aislamiento Acústico y Térmico, para controlar el ruido y la temperatura de los espacios interiores. Frescasa ECO® de Fiberglass Isover es una solución para lograr el máximo confort en áreas residenciales, comerciales e industriales.

Se usa como:

- Aislante acústico, absorbe entre sus cavidades el sonido y reduce su intensidad.
- Aislamiento térmico, regula y mantiene estables los rangos de temperatura interna, previniendo la excesiva pérdida de calor en clima frío, así como la excesiva ganancia de calor en clima caliente. Contribuye al ahorro de energía.
- Barrera de vapor, en su presentación con recubrimiento de foil de aluminio o papel craft, previene el efecto de condensación en los cielo rasos y la superficie de las paredes exteriores. (FiberGlass Isover)

Descripción	Largo	Ancho	Espesor	Área m ²	NRC**	R***
ECO sin papel*	15.25 m	1.22 m	2.5" y 3.5"	18.58 m ²	2.5":0.85/3.5":1.05	2.5":8/3.5":11
ECO con papel	15.25 m	1.22 m	3.5"	18.58 m ²	0,8	11
ECO con foil	15.25 m	1.22 m	3.5"	18.58 m ²	0,8	11
ECO 9m*	7.5 m	1.20 m	2.5" y 3.5"	9 m ²	2.5":0.85/3.5":1.05	2.5":8/3.5":11

Tabla 9. Propiedades Físicas y Especificaciones

5.7.2 Acustiplaca



Figura 15. Acustiplaca

Aislamiento acústico en forma de lámina, con funciones de absorción acústica y reducción de transmisión de sonido. Está diseñado especialmente para espacios internos, empleado en el correcto direccionamiento del sonido en espacios cerrados y el control acústico en los espacios en general.

Aplicaciones y Usos:

Buena absorción en diferentes frecuencias y privacidad. Controla el ruido producido por conversaciones, impresoras, computadores, equipos de oficina. Proporciona privacidad al espacio, inteligibilidad en la conversación y mayor concentración y eficiencia en el trabajo. (AQSTICA S.A.S, 2016)

5.7.3 Membrana Acústica

Membrana flexible en presentación de rollos desarrollada con base en asfalto modificado con polímeros y tratado con aceite plastificante y llenantes minerales, reforzado con armadura central en fibra de vidrio.

Se utiliza adherida o sobrepuesta a las placas y muros de las construcciones tradicionales o como complemento a las láminas de yeso-cartón de construcción liviana, para mejorar el aislamiento acústico, especialmente en bajas frecuencias.



Figura 16. Membrana Acústica

- Como complemento al sistema constructivo en seco, mejora el aislamiento acústico, especialmente en bajas frecuencias.
- Se usa como sello acústico en las juntas de muros livianos con los entrepisos y las cubiertas.
- Combinado con paneles de fibra de vidrio fonoabsorbentes incrementa el aislamiento global.
- Reduce el ruido del impacto instalado bajo acabados duros como baldosines o madera. (AQSTICA S.A.S, 2016)

5.7.4 Acustifibra

Aislamiento acústico y térmico en forma de lámina, con funciones de absorción acústica y reducción de transmisión de sonido. Está diseñado especialmente para espacios internos, empleado en el correcto direccionamiento del sonido en espacios cerrados y el control acústico en los espacios en general.

El producto ha sido diseñado para ser instalado en sistemas de absorción y acondicionamiento acústico como panel termo-acústico en múltiples particiones como muros, paredes, baffles colgantes, etc. Para cualquier aplicación deben ser consideradas las tolerancias dimensionales de la lámina en el diseño del sistema de aislamiento. Está diseñado especialmente para espacios internos, empleado en el acondicionamiento de espacios cerrados y el control acústico en los espacios abiertos, áreas industriales y en general para recintos donde se presenten niveles excesivos de ruido. (Fiberglasscolombia, 2017)

5.7.5 Black Theater (Laminas)

Según (Fiberglasscolombia, 2017) el Black theater es una excelente solución de aislamiento y acondicionamiento acústico en lana de vidrio, liviano, de color negro y textura uniforme, presentado en láminas. Está compuesto por un cuero en fibra de vidrio aglomerado de resina termo-resistente y un acabado en refuerzo de fibra de vidrio no tejido.



Figura 17. Black Theater



DIMENSIONES

LARGO	ANCHO	ESPESOR	ÁREA M ²
2.44m	1.22m	1" y 2"	2.97 m ²
1.22m	0.61 m	1" y 2"	0.74 m ²

	125	250	500	1000	2000	4000	NRC
1"	0,06	0,25	0,62	0,91	0,99	0,98	0,70
2"	0,18	0,71	1,12	1,12	1,03	1,02	1,00

Frecuencias en bandas de octava.
Montaje típico A

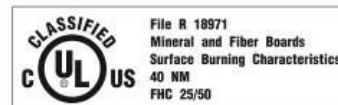


Tabla 10. Frecuencias en bandas de octava Black Theater

5.7.6 Lana de Roca:

La lana de roca es un tipo de lana mineral fabricado a partir de la roca volcánica. Se utiliza principalmente como aislamiento acústico, térmico en las viviendas y como protección pasiva contra el fuego, pues conserva sus propiedades mecánicas intactas incluso expuesta a temperaturas superiores a 1.000 °C.



Figura 18 Lana de Roca¹⁵

Este material también frena el movimiento de las partículas de aire y disipa la energía sonora, debido a su estructura multidireccional y elástica, por eso se emplea también como acondicionador acústico para evitar reverberaciones y ecos excesivos. (H y N Empaquetaduras)

5.8 Acondicionamiento Acústico

Se trata de las técnicas, sistemas y tratamientos dirigidos al control y mejora de las condiciones de propagación de las ondas sonoras en el interior de un recinto, con el fin de obtener un ambiente acústico apropiado a la actividad que se desarrolla en él; en definitiva, las actuaciones que permiten mejorar la calidad acústica en el interior del recinto. (Skum, 2015)

Un ejemplo de los materiales utilizados en ello son los siguientes:

5.8.1 Cielorraso Absorbente

Material compuesto por una cara de espuma de poliuretano flexible acunado en forma de pirámide, densidad 35 Kg/m³ y espesor de 35mm sobre una lámina de Lana Mineral de Roca, diseñado para ser instalado como cielo raso absorbente en perfilería metálica de auto ensamble. Tiene un peso de 0.61 - 1.15 lb/SQ.FT, una resistencia térmica R-14 y se ajusta a los requisitos establecidos en los coeficientes de absorción de ruido derivados en la norma ASTM E1264 y E84. Es un producto con excelentes acabados, liviano, resistente, fácil de manejar e instalar, con presentaciones en diferentes colores y aplicaciones. Además posee características adicionales de apariencia, resistencia al fuego, durabilidad y atenuación a la luz. (Calorcol)

¹⁵Suministros y soluciones industriales (2018).Lana de Roca. Tomado vía web:
<https://www.hynempaquetaduras.com/producto/lanaderoca/>

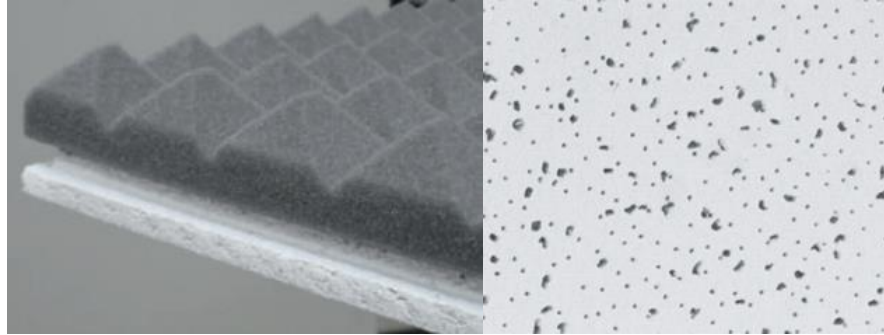


Figura 19 Espuma Pirámide y Cielo Raso en LMR¹⁶

ESPESOR	FRECUENCIA (Hz)						NRC
	125	250	500	1000	2000	4000	
35 mm	0,06	0,2	0,45	0,71	0,95	0,89	0,58
50 mm	0,12	0,27	0,63	0,9	0,98	1	0,7

Tabla 11 Absorción Cielo Raso Según Espesor

5.8.2 Divisiones Acústicas Móviles

Son utilizadas para generar espacios dinámicos en auditorios, salones de convenciones, oficinas, salas de capacitación y de juntas, entre otros; están conformados por múltiples capas interiores aislantes y un innovador sistema de perfiles y sellos herméticos que ofrecen estanqueidad en todos los cierres. Tienen el reconocimiento entre arquitectos e ingenieros por su calidad estructural y rendimiento acústico, flexibilidad en los diseños y durabilidad. (Construcciones Acústicas)



¹⁶ Ficha Técnica Cielo Raso. (2018). Disponible vía web: <http://calorcol.com/calorcol/calorcolsite/wp-content/uploads/2014/01/productos-acustica/cielorosos.pdf>

Las divisiones acústicas integran un sistema único de subdivisión acústico y arquitectónico para espacios y recintos que requieren mayor versatilidad en tamaños y usos garantizando así diferentes niveles de aislamiento acústico de acuerdo con las necesidades específicas de cada proyecto.



Figura 20 División Acústica Móvil¹⁷

Según (Construcciones Acústicas) los materiales que emplean en las divisiones garantizan una estabilidad dimensional única la cual no se ve afectada por cambios de humedad y/o temperatura. Por ello las divisiones acústicas no se afectan en su sellamiento acústico ni apariencia (se pueden abombar, etc.) además de tener una mayor vida útil muy superior al de otros fabricantes.

También cumplen con diferentes índices de aislamiento acústico STC (Sound Transmission Class), de acuerdo con los requerimientos del proyecto. Por medio de pruebas en un laboratorio propio y un estricto control de calidad en los procesos de fabricación de las divisiones, certificado mediante El SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD ISO 9001 la planta de producción puede construir paredes con altísimos coeficientes de aislamiento acústico de hasta STC 57, usando divisiones sencillas compuestas por paneles de menores espesores a los que ofrecidos por otros fabricantes

Las divisiones acústicas móviles se caracterizan por funcionalidad ya que brinda gran versatilidad a los espacios. Estos paneles cuentan con sistemas macho-hembra, diseñados para obtener una continuidad visual, geométrica e insonorizante (STC-45) (AQSTICA S.A.S, 2016)

¹⁷ Construcciones Acústicas (2018) Paneles Acústicos. Disponible vía Web: <https://acustical.com/paredes-moviles-acusticas/>

6 PARÁMETROS ACÚSTICOS PARA LA EVALUACIÓN DE RECINTOS

6.1 Tiempo de Reverberación

Según (Isbert, 1998) el tiempo de reverberación es el tiempo que tarda (en segundos) el nivel de presión sonora de un recinto en disminuir 60 dB respecto de un nivel de excitación, o sea, es el tiempo que tarda en hacerse inaudible el sonido en un recinto.

Un recinto con un RT grande se denomina vivo, (iglesias mientras que si el RT es pequeño este recibe el nombre de recinto apagado (Estudio de grabación, locutorio, etc.)

Existe gran cantidad de libros y documentos que nos recomiendan tiempos de reverberación (RT60) apropiados según los objetivos de la sala a tratar. Por tanto, el RT óptimo no es el mismo para un auditorio, un estudio de grabación, un teatro o sala de conferencias.

Se debe tener en cuenta que el RT en una sala viene determinado en gran medida por la capacidad absorbente de los materiales de sus superficies. Por ello si se instalan materiales poco absorbentes (básicamente superficies duras y lisas), la sala tenga un RT elevado, mientras que materiales absorbentes (porosos o con perforaciones y cámaras de aire) darán como restado un RT global más bajo. (Isbert, 1998)

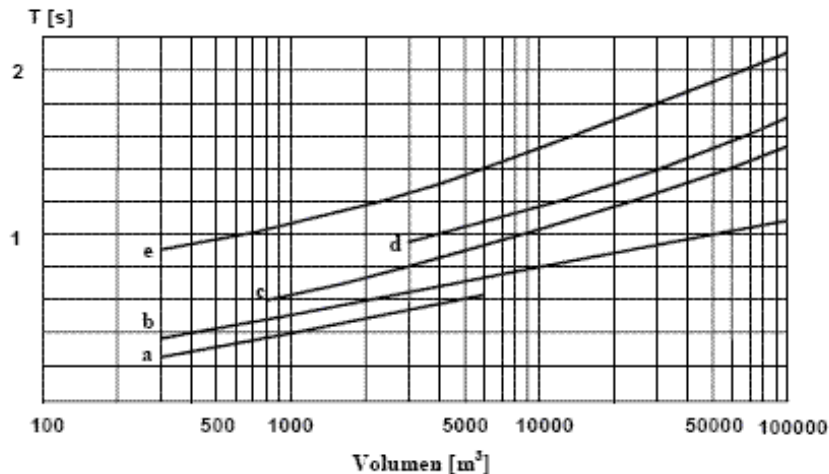


Figura 21. Tiempo de Reverberación óptimo en función del volumen de una sala (según L. L. Beranek).

(a) Estudios de Redifusión para voz. (b) Salas de conferencias. (c) Estudios de radiodifusión para música. (d) Salas de Conciertos. (e) Iglesias.

6.2 Cálculo del Tiempo de Reverberación

Para calcular el tiempo de reverberación (RT) existen varias herramientas matemáticas, pero en este caso utilizaremos la de Sabine, ecuación de mayor aceptación, el cual la desarrollo para calcular el tiempo de reverberación de un recinto en el que el material absorbente está distribuido de forma uniforme. (Isbert, 1998)

$$RT = \frac{0,161 V}{A\alpha}$$

Ecuación 1. Calculo Tiempo de Reverberación

Incluyendo en la formula la absorción del aire según la temperatura y humedad, nos queda de la siguiente forma:

$$RT = \frac{0,161 V}{A\alpha. + Vx}$$

Dónde:

(RT) = Tiempo de Reverberación en (Segundos)

(V) = Volumen de la sala en (m^3)

(A) = Superficie del recinto

(α .) = Coeficiente de absorción

(x) = Absorción del Aire según la temperatura y humedad

El grado de absorción del sonido de un material cualquiera se representa mediante el llamado coeficiente de absorción α . Se define como la relación entre la energía absorbida por dicho material y la energía incidente sobre el mismo. (Isbert, 1998)

$$\alpha = \frac{\text{Energia Absorbida}}{\text{Energia Incidente}}$$

Sus valores están comprendidos entre 0 (correspondiente a un material totalmente reflectante) y 1 (caso de absorción total). El valor de α está directamente relacionado con las propiedades físicas del material y varía con la frecuencia. En cuanto a la denominada absorción A de un material cualquiera, ésta se obtiene como resultado de multiplicar su coeficiente de absorción α por su superficie S. La unidad de absorción es el Sabin (1 Sabin corresponde a la absorción de 1m² de ventana

abierta). Finalmente, y debido a que un recinto está constituido por distintas superficies recubiertas de materiales diversos, se define la absorción total A_{tot} como la suma de todas y cada una de las absorciones individuales, es decir:

$$A_{tot} = \alpha_1 S_1 + \alpha_2 S_2 + \dots + \alpha_n S_n$$

A partir de A_{tot} es posible calcular el coeficiente medio de absorción $\bar{\alpha}$ dividiendo la absorción total A_{tot} por la superficie total del recinto S_t

$$\bar{\alpha} = \frac{A_{tot}}{S_t}$$

Ecuación 2. Absorción Total¹⁸

Dónde: $S_t = S_1 + S_2 \dots + S_n$ = Superficie total del recinto (paredes + techo + suelo)
Con todo lo anterior, el tiempo de reverberación se puede expresar de la siguiente manera:

$$RT = \frac{0,161 V}{\bar{\alpha} S_t}$$

Según (Isbert, 1998) cuando se establece un único valor recomendado de RT para un recinto dado, se suele hacer referencia al obtenido como media aritmética de los valores correspondientes a las bandas de 500 Hz y 1 KHz. Se representa por RT_{mid} . En general, el valor más adecuado de RT_{mid} depende tanto del volumen del recinto como de la actividad que se haya previsto destinarlo. (Isbert, 1998, págs. 63, 64, 65)

¹⁸ Isbert, Antoni, C. (1998). Materiales Acústicos. Diseño acústico de Espacios Arquitectónicos. Ediciones UPC

Tipo de Sala	RT_{mid} Sala Ocupada (En S)
Sala de Conferencias	0,7 – 1,0
Cine	1,0 – 1,2
Sala Polivalente	1,2 – 1,5
Teatro de opera	1,2 – 1,5
Sala de conciertos (Música de cámara)	1,3 – 1,7
Sala de conciertos (Música Sinfónica)	1,8 – 2,0
Iglesia – Catedral (Órgano y canto coral)	2,0 – 3,0
Locutorio de Radio	0,2 – 0,4

Tabla 12. Valores recomendados de RT_{mid} en función del tipo de sala (Recintos Ocupados) ¹⁹

6.3 Early Decay Time - EDT

Este se define como seis veces el tiempo que transcurre desde que desconectamos la fuente hasta que el nivel de presión sonora ha decaído 10dB.

Es un parámetro muy relacionado con el TR, y sabiendo que el EDT mide la reverberación percibida (subjetiva) y el TR la reverberación real (objetiva), para determinar el grado de viveza de una sala es más fiable guiarse por el valor del EDT. En el supuesto caso de que la sala fuese perfecta geoméricamente hablando y los materiales absorbentes dispuestos homogéneamente y se produjese una difusión uniforme del sonido, la curva de decaimiento energético sería la misma para el EDT que para el TR.

Obviamente las salas no cumplen estos requisitos, de manera que se producirán una doble pendiente en la curva energía-tiempo y en ellos valores de EDT y TR diferentes.

Si el EDT decae más rápido respecto del TR, tendrá una sensación subjetiva de una sala más apagada. El caso donde los valores serán menores será en los puntos que presentan una mayor concentración de las reflexiones o también con una mayor absorción respecto al resto de la sala.

Se aconseja que la media aritmética de EDT en las frecuencias de 500 Hz y 1

¹⁹ Tomado de: "Diseño Acústico de Espacios Arquitectónicos" Antoni Carrión Isbert. Ediciones UPC.

KHz con la sala vacía denominada EDT_{mid} , sea lo más parecida a los valores recomendados para TR_{mid} .

Existe la posibilidad de que en puntos nos encontremos con una doble pendiente en la curva de decaimiento energético sonoro. Esto puede ocurrir en zonas con un elevado grado de absorción o en una parte del recinto con características bastante distintas al resto de la sala. Con lo que produce una primera caída más rápida de energía correspondiente al ritmo de disminución de la energía correspondiente al ritmo de disminución propio de dicho espacio, seguidamente de una disminución más lenta correspondiente al resto de la sala.

De manera que para garantizar una buena difusión en toda la sala es necesario que el valor medio de los EDT correspondientes a las bandas de 500 Hz y 1 kHz sea del mismo orden que RT_{mid} . (José, 2011)

$$EDT_{mid} = RT_{mid}$$

6.4 STI

El STI, es un parámetro asociado a la inteligibilidad de la palabra. $STI=1$ significa que la inteligibilidad es total; $STI=0$ significa que la inteligibilidad es nula. Se calcula a partir de la reducción de los índices de modulación de la voz debido a la existencia de reverberación y ruido de fondo en la sala.

El parámetro RASTI es un parámetro que surge de la simplificación del STI para reducir así el tiempo de cálculo. Se calcula reduciendo el número de bandas de octava y de frecuencias de modulación.

Uno de los métodos para evaluar la inteligibilidad de la palabra es utilizar pruebas subjetivas. Una de ellas consiste en que un locutor dicta una lista de palabras, los oyentes apuntan estas palabras y el número de aciertos reflejaría la calidad de inteligibilidad de la palabra en esa sala, normalmente esta prueba se utiliza para evaluar la acústica de una sala destinada a conferencias, evaluar sistemas electroacústicas o evaluar un sistema de intercomunicación a distancia.

La lista de palabras se muestra en la siguiente imagen:

mar	rra	os	si	in	can	ar	bi	cie	cha
sin	fa	bar	can	va	di	ben	pro	dun	gra
to	pos	me	ña	cia	ya	su	na	sal	pe
mu	ci	glu	se	ta	lo	ño	ge	ri	tu
che	cra	co	do	tor	ni	te	sa	los	es
es	du	un	al	doi	fui	le	dan	con	an
que	pan	je	so	yo	to	dri	qui	la	pre
no	de	les	ble	an	en	co	an	rre	rra
per	ni	da	pe	dre	mas	mie	so	ce	bue
te	mel	rre	ga	li	que	pal	ja	dos	me

res	va	la	quia	cen	sel	soir	cat	car	ted
die	dot	de	pec	be	sar	od	ce	net	sai
sap	co	sol	boc	nou	mou	ma	pac	at	al
ta	map	quo	ya	lor	diar	zat	yot	con	roi
cop	jol	me	leu	seir	ba	ven	dai	sia	nie
dior	to	cies	nos	no	pol	nal	sen	que	ep
fem	pe	loi	ras	fam	cat	tau	eir	es	les
rei	ser	nai	quei	get	teu	rios	cam	dep	eu
son	dog	rel	ram	au	la	nas	lied	rias	ye
lau	dac	ga	pa	tai	sau	der	seu	tel	ren

Figura 22. Lista de Palabras Método STI

Los valores recomendados en ingeniería acústica para el parámetro RASTI son superiores a 0.6. Por el contrario, no habrá una buena inteligibilidad de la palabra.

Los valores recomendados en ingeniería acústica para el parámetro STI están entre -14 y 12.5 dB. (Berenguer, Mayo, 1992, págs. 38, 39)

6.5 Claridad de la Voz C50

La claridad de la voz, C50 es un parámetro relacionado con la inteligibilidad del mensaje oral. Compara la energía que llega del sonido en las primeras reflexiones con las que llegan más tarde y muestra el grado de separación entre los diferentes sonidos de un mensaje oral.

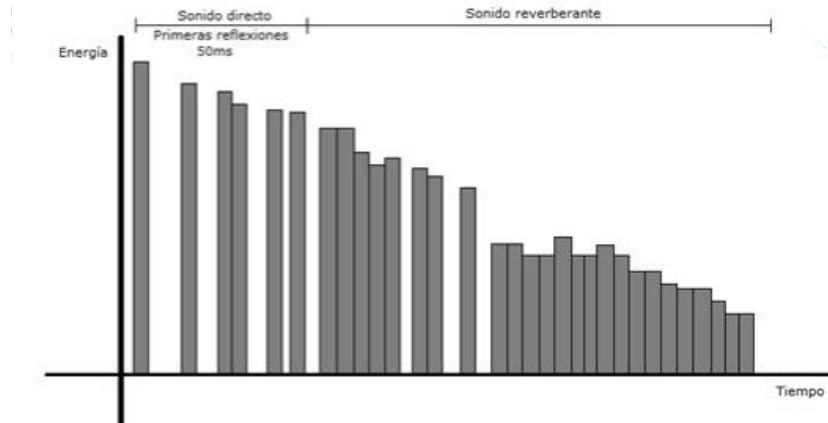


Figura 23. Claridad de la Voz - C50 ²⁰

Los valores recomendados en ingeniería acústica para el parámetro C50 están por encima de los 2 dB. Si el valor calculado de este parámetro está por debajo de los 2 dB, el mensaje oral emitido resultaría confuso. (Acústica Fácil, 2013)

6.6 Sonoridad G

Corresponde al grado de amplificación producido por la sala. Esta depende de la distancia del oyente al escenario, de la superficie ocupada por el público, de la energía asociada a las primeras reflexiones y del nivel del campo reverberante.

Se distinguen dos parámetros que son mutuamente excluyentes:

- “Speech sound level” (S): utilizado para salas dedicadas a la palabra.
- “Strength factor” (G): empleado en recintos destinados para la música.

Según Lehmann (2010) se define como, la relación que existe entre el nivel de presión recibido en un punto de la sala (SPL) radiado por la fuente omnidireccional y el nivel creado por esta fuente en campo libre a una distancia de 10 metros. Las

²⁰ Tomado de: Acústica Fácil: <https://prezi.com/mwnstie23e5t/5-parametros-acusticos-que-debes-conocer/>

medidas se tomarán por bandas de frecuencias de octava (entre 125 Hz y 4 KHz) y aplicando la misma potencia de fuente. El nivel de referencia en cada banda de frecuencia es de 69 dB SPL.

$$G = 10 \log \frac{\int_0^{\infty} p^2(t) dt}{\int_0^{\infty} p_{10}^2(t) dt} = L_{pE} - L_{p,E,10} dB$$

Beranek recomienda para una sala de conciertos vacía:

$$4 \leq G_{mid} \leq 5,5 dB$$

Este se calcula como la media aritmética de G en las bandas de octava centradas en las frecuencias de 500 Hz a 1000 Hz con la sala vacía.

Los factores que influyen para la media de son:

- La distancia de la fuente al receptor: disminuye al aumentar dicha distancia.
- El área ocupada por el público: disminuye ya que aumenta la absorción.
- El nivel de sonido reverberante: aumenta, al aumentar la contribución energética debida a la reverberación, aunque empeora la inteligibilidad.
- Las primeras reflexiones: aumenta, cuando aumenta el número de primeras reflexiones, que a su vez aumenta la inteligibilidad. (José, 2011)

6.7 Eficiencia Lateral Media (LF)

Según Marshall (2017) se conoce como la relación de energía que llega a un punto de la audiencia desde un lateral, dentro de los primeros 80 ms después de que llegue el sonido directo, excluyendo este, con la energía recibida en todas las direcciones en dicho intervalo de tiempo.

$$LF = \frac{\text{Energía lateral hasta 80 ms (excluyendo sonido directo)}}{\text{Energía total hasta los 80 ms}}$$

$$LE = FEL = LF = \frac{\int_{25}^{80} p_{\infty}^2}{\int_0^{80} p_0^2}$$

Existen dos variantes LF^{80}_0 y LF^{80}_5 , según se tenga en cuenta o no la energía de la onda directa. Habitualmente se utiliza el valor medio de LF correspondientes a las bandas de frecuencias de octava comprendidas entre 125 Hz y 1 KHz.

$$LF_{E4} = \frac{LF(125Hz) + LF(250Hz) + LF(500Hz) + LF(1KHz)}{4}$$

El valor debe cumplir con la sala vacía:

$$LF_{E4} \geq 0,19$$

Cuanto más elevado sea el valor mayor será el ASW, y por relación mayor será el grado de espacialidad del sonido.

7. MARCO NORMATIVO

Para el desarrollo de las mediciones se debe tener una guía o pasos a seguir de cómo realizar dichas mediciones para obtener resultados precisos y con los datos obtenidos con precisión llegar a determinar un proceso o una solución efectiva. Las normas ISO son establecidas por el Organismo Internacional de Estandarización (ISO), y se componen de estándares y guías relacionados con sistemas y herramientas específicas de gestión aplicables en cualquier tipo de organización.

De igual manera en otras partes del mundo desarrollan sus propias normas locales para los fines deseados, pero estas deben tener el soporte metodológico de la ISO, en Colombia encontramos la norma técnica colombiana (NTC), y resoluciones del gobierno en donde se exige de manera legal el uso de estas normas

Se describirá a continuación las normas relacionadas para este proyecto.

7.1 Normas Internacionales

7.1.1 ISO 3382-1

Acústica: medición de los parámetros acústicos de la sala. Parte 1: espacios de rendimiento.

El tiempo de reverberación de una habitación se consideró una vez como el indicador predominante de sus propiedades acústicas. Mientras que el tiempo de reverberación continúa siendo considerado como un parámetro significativo, existe un acuerdo razonable de que otros tipos de mediciones, como niveles relativos de presión sonora, relaciones de energía temprana / tardía, fracciones de energía lateral, funciones de correlación cruzada interaural y niveles de ruido de fondo son necesario para una evaluación más completa de la calidad acústica de las salas.

Esta parte de ISO 3382 establece un método para obtener tiempos de reverberación a partir de respuestas de impulso y de ruido interrumpido. Los anexos presentan los conceptos y detalles de los procedimientos de medición para algunas de las medidas más nuevas, pero estos no constituyen una parte de las especificaciones formales de esta parte de ISO 3382. La intención es hacer posible la comparación de medidas de tiempo de reverberación con mayor certeza y promover el uso y el consenso en la medición de las medidas más nuevas.

El Anexo A presenta medidas basadas en respuestas de impulso al cuadrado: una medida adicional de reverberación (tiempo de decaimiento temprano) y medidas de niveles de sonido relativos, fracciones de energía temprana / tardía y fracciones de energía lateral en el auditorio. Dentro de estas categorías, aún hay trabajo por hacer

para determinar qué medidas son las más adecuadas para estandarizar; sin embargo, dado que todos son derivables de las respuestas de impulso, es apropiado introducir la respuesta de impulso como base para las mediciones estándar.

El Anexo B presenta las mediciones binaurales y los simuladores de cabeza y torso (cabezas ficticias) requeridos para realizar mediciones binaurales en el auditorio.

El Anexo C presenta las medidas de soporte que se han encontrado útiles para evaluar las condiciones acústicas desde el punto de vista de los músicos. (Norma Internacional ISO 3382 - 2, 1997)

7.1.2 ISO 3744

Acústica - Determinación de niveles de potencia acústica y niveles de energía sonora de fuentes de ruido que utilizan presión sonora - Métodos de ingeniería para un campo esencialmente libre sobre un plano reflector

Este estándar internacional es una de las series ISO 3741 a ISO 3747, que especifica varios métodos para determinar los niveles de potencia acústica y los niveles de energía sonora de las fuentes de ruido, incluida la maquinaria, el equipo y sus subconjuntos. Las pautas generales para ayudar en la selección se proporcionan en ISO 3740. La selección depende del entorno de la instalación de prueba disponible y de la precisión del nivel de potencia acústica o de los valores de nivel de energía sonora requeridos.

Puede ser necesario establecer un código de prueba de ruido para la fuente de ruido individual para seleccionar la superficie de medición de sonido y el conjunto de micrófonos apropiados entre los permitidos en cada miembro de la ISO 3741 a ISO 3747, y para dar requisitos sobre las condiciones de montaje, carga y operación de la unidad de prueba bajo las cuales se deben obtener los niveles de potencia acústica o niveles de energía sonora. La potencia acústica emitida por una fuente determinada en el entorno de prueba se calcula a partir de la presión acústica cuadrada media que se mide sobre una superficie de medición hipotética que encierra la fuente y el área de esa superficie. La energía del sonido para un único evento de sonido se calcula a partir de esta potencia de sonido y el tiempo en el que existió. (AENOR- Normas al día ISO 3744 2011, 2010)

7.1.3 ANSI S12.2

Criterios de la norma nacional estadounidense para la evaluación del ruido ambiental.

Este estándar proporciona tres métodos principales para evaluar el ruido ambiente: un método de encuesta, un método de ingeniería y un método para evaluar el ruido fluctuante de baja frecuencia. Dos métodos para evaluar el ruido ambiente-RC (criterio de habitación) y NCB (criterio de ruido equilibrado) fueron la base de la norma anterior ANSI S12.2-1995, y RC se incluye brevemente con fines informativos en el Anexo D. Todos los métodos suponen que el ruido medido está libre de tonos. (ANSI S1.13-2005 El Anexo A proporciona un método preciso para evaluar la presencia de tonos discretos prominentes utilizando análisis de banda estrecha). (Acoustical Society of America (ASA), 2008)

Los tres métodos principales son:

1. El método de encuesta que emplea el nivel de sonido ponderado A;
2. El método de ingeniería que emplea curvas de criterios de ruido (NC); y 3. El método para evaluar el ruido fluctuante de baja frecuencia usando curvas de criterios de ruido ambiente (RNC).

Este Estándar también contiene un conjunto auxiliar de curvas de criterios para evaluar vibraciones o vibraciones acústicamente inducidas.

Los requisitos se dan en el cuerpo de la Norma para determinar si a:

1. El nivel de sonido ponderado A medido o estimado satisface un criterio de ruido específico.
2. El conjunto de niveles de presión de sonido de octava cumple una curva especificada de criterio de ruido (NC).
3. La serie de tiempo de los niveles de presión sonora de octava cumple una curva de criterio de ruido ambiente especificado (RNC).
4. Tabla de niveles de presión sonora de banda de octava que, cuando se modulan por fluctuaciones a bajas frecuencias, pueden causar vibraciones perceptibles o vibraciones en construcciones livianas.

El Anexo A presenta ejemplos del uso de RNC para evaluar espectros de nivel de sonido medidos o estimados en habitaciones. El Anexo B presenta una discusión de las curvas RC, NC, NCB y RNC. El Anexo C contiene las especificaciones de nivel de ruido recomendadas para varias áreas de actividad ocupadas. El Anexo D contiene los procedimientos para el uso de las curvas de los criterios de habitación (RC).

El anexo E contiene criterios para grabar estudios y otras situaciones de poco ruido.

No se da ninguna orientación para la selección del equipo o los métodos para medir los niveles de ruido a evaluar por las curvas. (Acoustical Society of America (ASA), 2008)

7.2 Normas Nacionales

7.2.1 NTC 3520.

ACÚSTICA. DESCRIPCIÓN, MEDICIÓN Y EVALUACIÓN DEL RUIDO AMBIENTAL. DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE RUIDO AMBIENTAL

Esta norma describe cómo los niveles de presión sonora pueden determinarse por medición directa, por extrapolación de resultados de mediciones por medio del cálculo, o exclusivamente por cálculo, y busca ser una base para la evaluación del ruido ambiental. Se dan recomendaciones sobre las condiciones preferibles para medición o cálculo que debe aplicarse en los casos en que otras normas no se aplican. Esta norma se puede utilizar para medir con cualquier ponderación de frecuencia o en bandas de frecuencia. Se da orientación para evaluar la incertidumbre de los resultados de una evaluación del ruido (Icontec NTC 3520, 2013)

7.2.2 NTC 3428

ACÚSTICA. SONÓMETROS (MEDIDORES DE LA INTENSIDAD DE SONIDO)

Esta norma describe los instrumentos (sonómetros) para la medición de determinados niveles de presión sonora, con ponderación de tiempo y de frecuencia.

Debido a la complejidad de funcionamiento del oído humano, actualmente no es posible diseñar un medidor objetivo de ruido, que genere resultados comparables a los de los métodos subjetivos. Sin embargo, es esencial normalizar un aparato mediante el cual se puedan medir los sonidos en condiciones definidas, de tal modo que los resultados obtenidos por los usuarios, sean siempre reproducibles dentro de las tolerancias establecidas. El objeto de esta norma es garantizar la precisión y estabilidad específica para un sonómetro particular, y reducir, en cuanto sea posible, cualquier diferencia de las mediciones tomadas con dispositivos de diferentes marcas y modelos, que cumplan con los requisitos establecidos en esta norma. (Icontec NTC342, 1992)

7.2.3 NTC 5548

ACÚSTICA. MEDICIÓN DEL TIEMPO DE REVERBERACIÓN DE RECINTOS CON REFERENCIA A OTROS PARÁMETROS ACÚSTICOS

Esta Norma Nacional, define métodos para la medición del tiempo de reverberación en recintos. Su uso no se restringe a auditorios o salas de conciertos; también es aplicable a recintos destinados a discursos y música, o allí donde se deba considerar la protección contra el ruido. Se describe el procedimiento de medida, los aparatos necesarios, los complementos requeridos, y el método de evaluación de los datos y la presentación del informe de ensayo. Además, está enfocada a la aplicación de las modernas técnicas de medida digital y a la evaluación de parámetros de la acústica de recintos derivados de su respuesta impulsiva. (Icontec NTC 5548, 2007)

7.2.4 RESOLUCIÓN 0627 de 2006

No aplica pues es para ruido ambiental

La resolución 0627 de abril 12 de 2006, establece la norma nacional de emisión de ruido y ruido ambiental, en esta se resuelve entre otras: Niveles máximos de ruido ambiental y horarios considerados diurno y nocturno.

La presentación de resultados e informes técnicos de las mediciones de emisión de ruido y ruido ambiental, deben contener ciertos parámetros mencionados en la norma.

Los detalles y escala del mapa dependen del tamaño, estructura y uso del área en cuestión, también debe mostrar la ubicación en donde los mapas fueron medidos o en donde fueron calculados.

Artículo 4 Parámetros de medida: Se establecen como parámetros principales para la medida del ruido los siguientes:

- Nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A, LAeq,T y ponderado lento (S).
- Ruido Residual, medido como nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A, LAeq,T, Residual
- Nivel percentil L90

Artículo 5 Intervalo unitario de tiempo de medida. El intervalo unitario de tiempo de medida -T-, para los niveles de presión sonora continuo equivalente con filtro de ponderación frecuencial A, -LAeq,T-, del ruido residual y del nivel percentil L90, de

que trata el **Artículo 4** de esta resolución, se establece en una hora la cual puede ser medida en forma continua o con intervalos de tiempo distribuidos uniformemente hasta obtener, como mínimo, quince (15) minutos de captura de información.

Parágrafo. Para la evaluación de la emisión de ruido de una o más fuentes, si la(s) fuente(s) emisora(s) de ruido por su naturaleza o modo de operación, no permite(n) efectuar las mediciones en los intervalos de tiempo mencionados, estas se deben efectuar en el tiempo o tiempos correspondientes de operación de la(s) fuente(s), relacionándose el hecho y el procedimiento seguido en el respectivo informe técnico.

Artículo 6 Ajustes. Los niveles de presión sonora continuo equivalente ponderados A, LAeq,T, LAeq,T, Residual y nivel percentil L90, se corrigen por impulsividad, tonalidad, condiciones meteorológicas, horarios, tipos de fuentes y receptores, para obtener niveles corregidos de presión sonora continuo equivalente ponderados A, LRAeq,T, LRAeq,T, Residual y nivel percentil L90, respectivamente.

Artículo 9 Estándares máximos permisibles de emisión de ruido.
En la siguiente Tabla se establecen los estándares máximos permisibles de niveles de emisión de ruido expresados en decibeles ponderados A (dB(A)):

Sector	Subsector	Estándares máximos permisibles de niveles de emisión de ruido en dB(A)	
		Día	Noche
Sector A. Tranquilidad y Silencio	Hospitales, bibliotecas, guarderías, sanatorios, hogares geriátricos.	55	50
Sector B. Tranquilidad y Ruido Moderado	Zonas residenciales o exclusivamente destinadas para desarrollo habitacional, hotelería y hospedajes.	65	55
	Universidades, colegios, escuelas, centros de estudio e investigación.		
	Parques en zonas urbanas diferentes a los parques mecánicos al aire libre.		
	Zonas con usos permitidos industriales, como industrias en general, zonas portuarias, parques industriales, zonas francas.	75	75

Sector C. Ruido Intermedio Restringido	Zonas con usos permitidos comerciales, como centros comerciales, almacenes, locales o instalaciones de tipo comercial, talleres de mecánica automotriz e industrial, centros deportivos y recreativos, gimnasios, restaurantes, bares, tabernas, discotecas, bingos, casinos.	70	60
	Zonas con usos permitidos de oficinas.	65	55
	Zonas con usos institucionales.		
	Zonas con otros usos relacionados, como parques mecánicos al aire libre, áreas destinadas a espectáculos públicos al aire libre.	80	75
Sector D. Zona Suburbana o Rural de Tranquilidad y Ruido Moderado	Residencial suburbana.	55	50
	Rural habitada destinada a explotación agropecuaria.		
	Zonas de Recreación y descanso, como parques naturales y reservas naturales.		

Tabla 13. Estándares máximos permisibles de niveles de emisión de ruido expresados en decibeles DB(A)

Artículo 14. Aplicabilidad del ruido ambiental. Los resultados obtenidos en las mediciones de ruido ambiental, deben ser utilizados para realizar el diagnóstico del ambiente por ruido. Los resultados se llevan a mapas de ruido los cuales permiten visualizar la realidad en lo que concierne a ruido ambiental, identificar zonas críticas y posibles contaminadores por emisión de ruido, entre otros. Las mediciones de ruido ambiental se efectúan de acuerdo con el procedimiento estipulado en los **Capítulos II y III del Anexo 3**, de esta resolución.

Artículo 15. Intervalo de Tiempo de Referencia T. Para la medida de los niveles de presión sonora continuo equivalente ponderado A, -LAeq,T, se establece como intervalo de tiempo de referencia -T, catorce (14) horas para el horario diurno y diez (10) horas para el horario nocturno, correspondientes con lo expresado en el **Artículo 2** de esta resolución, obteniéndose así los respectivos niveles, LAeq,d, diurno y LAeq,n, nocturno, independientes el uno del otro. Para las medidas de ruido en los intervalos de tiempo de referencia se debe utilizar la metodología de medición del intervalo de tiempo de medida unitario (por hora) establecida en el **Artículo 5** de esta resolución.

Artículo 16. Intervalo de largo plazo de Tiempo de medida T. Se establece un (1) año calendario como el intervalo de largo plazo de tiempo de medida -T. No obstante, si las aplicaciones del estudio ambiental que se realice son para períodos

inferiores a un (1) año; como en el caso de eventos especiales como carnavales, altas temporadas de turismo, ferias y fiestas, entre otros, este intervalo de tiempo puede reducirse y deberá especificarse claramente. Se debe escoger de modo que se cubran las variaciones de la emisión de ruido.

Artículo 17. Estándares Máximos Permisibles de Niveles de Ruido Ambiental. En la Tabla a continuación se establecen los estándares máximos permisibles de niveles de ruido ambiental expresados en decibeles ponderados A (dB(A)).

Sector	Subsector	Estándares máximos permisibles de niveles de ruido ambiental en dB(A)	
		Día	Noche
Sector A. Tranquilidad y Silencio	Hospitales, bibliotecas, guarderías, sanatorios, hogares geriátricos.	55	45
Sector B. Tranquilidad y Ruido Moderado	Zonas residenciales o exclusivamente destinadas para desarrollo habitacional, hotelería y hospedajes.	65	50
	Universidades, colegios, escuelas, centros de estudio e investigación		
	Parques en zonas urbanas diferentes a los parques mecánicos al aire libre		

Sector C. Ruido Intermedio Restringido	Zonas con usos permitidos industriales, como industrias en general, zonas portuarias, parques industriales, zonas francas.	75	70
	Zonas con usos permitidos comerciales, como centros comerciales, almacenes, locales o instalaciones de tipo comercial, talleres de mecánica automotriz e industrial, centros deportivos y recreativos, gimnasios, restaurantes, bares, tabernas, discotecas, bingos, casinos.	70	55
	Zonas con usos permitidos de oficinas.	65	50
	Zonas con usos institucionales.		
	Zonas con otros usos relacionados, como parques mecánicos al aire libre, áreas destinadas a espectáculos públicos al aire libre, vías troncales, autopistas, vías arterias, vías principales.	80	70
Sector D. Zona Suburbana o Rural de Tranquilidad y Ruido Moderado	Residencial suburbana.	55	45
	Rural habitada destinada a explotación agropecuaria.		
	Zonas de Recreación y descanso, como parques naturales y reservas naturales.		

Tabla 14. Estándares máximos permisibles de niveles de ruido ambiental, expresados en decibeles DB(A)

Parágrafo 1. Se definen como vías de alta circulación vehicular las contempladas en la Ley 769 de 2002 como vías troncales, autopistas, vías arterias y vías principales.

Parágrafo 2. En los sectores y/o subsectores donde los estándares máximos permisibles de ruido ambiental de la Tabla anterior, son superados a causa de fuentes de emisión naturales, sin que exista intervención del hombre, los estándares máximos permisibles de ruido ambiental son los niveles de ruido naturales, como en el caso de cascadas, sonidos de animales en zonas o parques naturales.

Artículo 18. Equipos de medida. La selección de equipos de medida se debe hacer de manera que tengan capacidad para medir el nivel equivalente de presión sonora con ponderación frecuencial A, -LAeq-, directa o indirectamente; los instrumentos deben cumplir las especificaciones de sonómetros, Tipo 1 o mínimo Tipo 2 y los sonómetros integradores promediadores deben ser clase P.

Parágrafo 1. Donde sea necesario efectuar correcciones por tonos y bajas frecuencias, se debe disponer de filtros de tercios de octava y los respectivos equipos deben tener la capacidad para recibirlos y operarlos o tenerlos incorporados.

Parágrafo 2. Cada equipo de medida debe estar dotado de un pistófono o calibrador, una pantalla antiviento y un trípode para su montaje. Para mediciones de ruido ambiental, además de los anteriores elementos, se recomienda dotar el equipo con una extensión de micrófono que permita realizar las mediciones de ruido ambiental.

Artículo 19. Calibraciones. Antes de iniciar una toma de mediciones, en el sitio de medida, el equipo tiene que ser calibrado a las condiciones del lugar en el que se van a tomar las mediciones, para lo cual se utilizará un pistófono o calibrador. Los certificados de calibración electrónica de cada equipo deben estar vigentes de acuerdo con las especificaciones del fabricante y copia de los mismos deben ser adjuntados en el informe técnico. Para efectuar las mediciones se deben tener en cuenta las indicaciones facilitadas por el fabricante de los equipos de medida, en cuanto a rangos de medida, tiempos de calentamiento, influencia de la humedad, influencia de los campos magnéticos y electrostáticos, vibraciones y toda aquella información adicional que asegure el correcto uso del equipo.

Artículo 20 Condiciones meteorológicas. Las mediciones de los niveles equivalentes de presión sonora ponderados A, -LAeq,T- deben efectuarse en tiempo seco, no debe haber lluvias, lloviznas, truenos o caída de granizo, los pavimentos deben estar secos, la velocidad del viento no debe ser superior a tres metros por segundo (3 m/s).

Parágrafo. La velocidad del viento se debe medir utilizando un anemómetro o un dispositivo medidor de velocidad del viento, si esta es mayor a tres metros por segundo (3 m/s), se debe utilizar una pantalla antiviento adecuada de acuerdo con la velocidad del viento medida, y aplicar la respectiva corrección de acuerdo con las curvas de respuesta que el fabricante de las pantallas antiviento y micrófonos suministra.

Artículo 21. Informe técnico. Los informes técnicos de las mediciones de emisión de ruido y ruido ambiental, deben contener como mínimo la siguiente información:

- Fecha de la medición, hora de inicio y de finalización.
- Responsable del informe (Información mínima de quien lo hace).
- Ubicación de la medición
- Propósito de la medición.
- Norma utilizada (Si esta resolución u otra norma, en caso de ser otra especificar razones)

- Tipo de instrumentación utilizado.
 - Equipo de medición utilizado, incluyendo números de serie.
 - Datos de calibración, ajuste del instrumento de medida y fecha de vencimiento del certificado de calibración del pistófono.
 - Procedimiento de medición utilizado.
 - En caso de no ser posible la medición del ruido residual, las razones por las cuales no fue posible apagar la fuente.
 - Condiciones predominantes.
 - Condiciones atmosféricas (dirección y velocidad del viento, lluvia, temperatura, presión atmosférica, humedad).
 - Procedimiento para la medición de la velocidad del viento.
 - Naturaleza/estado del terreno entre la fuente y el receptor; descripción de las condiciones que influyen en los resultados: acabados de la superficie, geometría, barreras y métodos de control existentes, entre otros.
 - Resultados numéricos y comparación con la normatividad aplicada.
 - Descripción de los tiempos de medición, intervalos de tiempos de medición y de referencia, detalles del muestreo utilizado.
 - Variabilidad de la(s) fuente(s).
 - Descripción de las fuentes de sonido existentes, datos cualitativos.
 - Reporte de memoria de cálculo (incertidumbre, ajustes, aporte de ruido, entre otros).
 - Conclusiones y recomendaciones.
 - Croquis detallado que muestre la posición de las fuentes de sonido, objetos relevantes y puntos de observación y medición.
 - Copia de los certificados de calibración electrónica de los equipos.
- Estos informes deben estar disponibles para su revisión y evaluación por parte de las autoridades competentes. En el **Anexo 4** se presenta un modelo de formato para la elaboración del informe técnico de medición de ruido. (Suárez, 2006)

7.2.5 RESOLUCIÓN 8321

Solo para salud, el proyecto no tiene como finalidad eso pues no contamos con el equipo adecuado para la correcta medición.

En la resolución 8321 se dictan las normas sobre protección y conservación de la salud y bienestar de las personas por causa de la producción y emisión de ruidos. En el capítulo 5 se profundiza sobre esta norma en los lugares de trabajo.

Tabla de valores permisibles para ruido continuo o intermitente en el trabajo.
 Se prohíbe exposición continua por encima de 115 dB de presión sonora
 Trabajos con exposición continua o intermitente se deben alternar
 Se establecen tiempos diarios permitidos para la exposición al ruido
 Se deben usar equipos medidores de nivel sonoro

Se deben adoptar medidas de corrección en áreas que el ruido ambiental sea corregido.

Programa conservación de la audición

Análisis ambiental

Sistemas de control

Pruebas de medición a personas expuestas. (Secretaría Jurídica Distrital de la Alcaldía Mayor de Bogotá D.C., 1983)

7.2.6 RESOLUCIÓN 6918 DE 2010

Que, en este orden, el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, de conformidad con el artículo 14 del Decreto 948 de 1995, expidió la Resolución No. 627 del 7 de abril de 2006, por la cual fijó la norma nacional de emisión de ruido y ruido ambiental para todo el territorio nacional, sin ocuparse del ruido y las vibraciones al interior de las edificaciones.

PARÁGRAFO 1.- Los niveles de ruido adoptados para cada tipo de actividad generadora y edificación receptora, se aplicará con base en la reglamentación de usos del suelo vigente.

PARÁGRAFO 2.- La Secretaría Distrital de Ambiente en el término de un (1) año, contado a partir de la expedición de la presente resolución y previo estudio técnico, evaluará los niveles de ruido a los que se encuentra expuesta la población capitalina, con el propósito de revisar los valores máximos de ruido permisibles al interior de las edificaciones receptoras como línea base, definidas en la Tabla No. 2 del presente artículo.

PARÁGRAFO 3.- Las fuentes de ruido objeto de la presente regulación no las exime de cumplir con las demás normas de emisión de ruido, especialmente la Resolución No. 627 de 2006 del MAVDT, o la norma que la modifique o sustituya.

ARTÍCULO 8. PROCEDIMIENTO TÉCNICO Y METODOLÓGICO DE MEDICIÓN:

a) Parámetros de medición

- Filtro de ponderación frecuencial (A)
- Filtro de ponderación temporal rápida (Fast)
- Nivel de presión sonora equivalente ponderado A – Leq dB(A).

b) Tiempo unitario de medida: el tiempo de medición al interior de las edificaciones, será como mínimo de quince (15) minutos, el cual será medido en forma continua; Si la fuente generadora de ruido incidente, por su modo de operación no permite realizar la medición en el tiempo estipulado, se deberá efectuar como mínimo dos (2) procesos de medición durante el periodo de funcionamiento de la fuente, sin

exceder los 15 minutos y se registrará como valor de inmisión, el promedio logarítmico de las evaluaciones realizadas a la fuente generadora de ruido.

c) Ubicación del punto de medición: el punto de medición se deberá ubicar en el sitio o área que se considere de mayor incidencia o percepción de ruido. Las medidas se realizarán sin modificar las condiciones típicas de habitabilidad y/o laboral.

El equipo de medición se deberá ubicar sobre un trípode a una altura mínima de 1.20m y a 1.5m de las paredes, ventanas o puertas, para evitar la influencia de ondas estacionarias o reflejadas; Así mismo, el micrófono deberá tener un protector de pantalla y estar orientado en sentido a la fuente generadora de ruido.

PARÁGRAFO 1.-Para las mediciones realizadas en el interior de edificaciones de tipo residencial, se deberá guardar condiciones de silencio con el propósito de no alterar o influenciar los resultados de la evaluación; Así mismo, los elementos tales como fuentes internas de la residencia (televisores, radios, equipos de sonido, entre otros); deberán ser apagados.

c) Cálculo de la inmisión de ruido o aporte de la fuente generadora:

Los resultados de las mediciones de ruido en aquellos sitios para los cuales el nivel sonoro trasciende al interior de las edificaciones (ruido de inmisión), proveniente de fuentes fijas externas y que no presentan afectaciones por otras fuentes, se tomará como referencia el nivel de ruido de inmisión que es el LAeq, T.

En aquellos lugares en que los resultados de las mediciones de ruido de inmisión efectuadas al interior de la edificación, presentan afectación de ruido por otras fuentes diferentes a la de interés (ruido de fondo), se deberá calcular el aporte de la fuente por la siguiente expresión:

$$Leq_{inmisión} = 10 \log (10^{LAeq, T/10} - 10^{L_{fondo}/10})$$

Dónde:

Leq_{inmisión}: nivel de presión sonora o aporte de la(s) fuente(s) sonora(s), ponderado A.

LAeq, T: nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A, medido en 15 minutos.

LAeq, T, fondo: nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A, correspondiente al ruido de fondo, medido en 15 minutos.

PARÁGRAFO 2.- Cuando por las condiciones de funcionamiento de una fuente generadora de ruido suspende su funcionamiento en periodos regulares o aleatorios, se deberán realizar dos procesos de medición, los resultados de la medición con la fuente apagada se tomarán como ruido de fondo.

PARÁGRAFO 3.- En caso de no poderse evaluar el ruido de fondo, se tomará como valor correspondiente el nivel percentil noventa (L90); si la diferencia aritmética entre LRAeq,1h, inmisión y LRAeq,1h, Fondo es igual o inferior a 3 dB(A), se deberá indicar que el nivel de ruido de inmisión (LRAeq,1h, inmisión) es del orden igual o inferior al ruido de fondo.

ARTÍCULO 9.- CONDICIONES METEOROLÓGICAS. Las mediciones de los niveles equivalentes de presión sonora ponderados A, -LAeq, T- deben efectuarse en tiempo seco, no debe haber lluvias, lloviznas, truenos o caída de granizo, los pavimentos deben estar secos.

PARÁGRAFO. -Durante el proceso de evaluación de ruido al interior de edificaciones, no se requiere la medición de parámetros meteorológicos.

ARTÍCULO 10.- INFORME TÉCNICO. Para la elaboración del informe técnico resultante de las evaluaciones de ruido al interior de edificaciones, se adopta el modelo establecido en el artículo 21 de la Resolución 627 del 2006 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, o la norma que la modifique o sustituya.

ARTÍCULO 12.- SANCIONES. -La violación a las disposiciones previstas en la presente Resolución, darán lugar a la aplicación del procedimiento y de las sanciones previstas en la Ley 1333 del 21 de julio de 2009, o la norma que la sustituya, modifique o derogue.

ARTÍCULO 13 VIGILANCIA CONDICIONES QUE AFECTAN LA SALUD Y BIENESTAR DE LA POBLACIÓN POR RUIDO. Para armonizar las competencias ambientales de la Ley 99 de 1993 con las disposiciones de la Ley 715 de 2001, especialmente el mandato del artículo 44, numeral 44.3.3.2., o las normas que las deroguen o las sustituyan y en la guarda y respeto al principio de concurrencia de normas de igual jerarquía, la Secretaría Distrital de Ambiente remitirá semestralmente a la Secretaría Distrital de Salud, con destino a fortalecer los programas de vigilancia epidemiológica la información relacionada con visitas de seguimiento y control de ruido por inmisión. (Álvarez Lucero, 2010)

7.3 Recomendaciones Acústicas

(De acuerdo con ANSI S12.2-1995)

Las curvas de criterio RC son un sistema para usar en el diseño de sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC) en edificios de oficinas, unidades de vivienda, etc., donde los niveles de frecuencia media deseados están en el rango de 25 a 50 dB. Cada curva de criterio RC tiene un número de clasificación igual al nivel a 1000 Hz.

Clasificación del espectro

- Espectro neutro (N): los niveles a 500 Hz e inferiores no superan la curva RC correspondiente a un espectro de nivel de sonido en más de 5 dB; y los niveles de espectro en Band 1000 Hz y superior no superan la curva RC correspondiente en más de 3 dB.
- Rumble (R): ruido excesivo en la banda de baja frecuencia. El nivel en una o más de las bandas de octava a 500 Hz y por debajo de esta excede la curva RC correspondiente a un espectro en más de 5 dB.
- Hiss (H): ruido excesivo en bandas de alta frecuencia. El nivel en una o más de las bandas de octava en y por encima de 1000 Hz excede la curva RC correspondiente a un espectro en más de 3 dB.
- Vibración y traqueteo (RV): el nivel en una o más de las bandas de octava de 16 Hz a 63 Hz excede el criterio para el traqueteo moderadamente perceptible.

Recinto	RC	NC	dB(A)
Estudios de radio, televisión	25	25	33
Salas de música, auditorios	20	20	28
Teatros	25	25	33
Hospitales	30	30	38
Iglesias	35	35	43
Viviendas, hoteles	35	35	43
Salas de lectura, aulas	30	30	38
Salas de conferencias pequeñas	30	30	38
Oficinas, restaurantes	45	45	53
Juzgados	40	40	48
Oficinas medias	35	35	43
Bibliotecas	40	35	48
Oficinas grandes, bancos, tiendas	45	45	53
Cines	35	35	43

Tabla 15 Criterios Para Ruido de Fondo

Los estándares ISO 3382 enumeran una serie de tipos de ubicaciones para los cuales se debe optimizar el tiempo de reverberación, y recomiendan los siguientes valores de RT60:

Ubicación	Volumen	Distancia crítica D_c	RT60 recomendado
Estudio de grabación	$<50 \text{ m}^3$	1.5 m	0.3 s
Aula	$<200 \text{ m}^3$	2 m	0.4 - 0.6 s
Oficina	$<1'000 \text{ m}^3$	3.5 m	0.5 - 1.1 s
Sala de conferencias	$<5'000 \text{ m}^3$	6 m	1.0 - 1.5 s
Sala de conciertos, Opera	$<20'000 \text{ m}^3$	11 m	1.4 - 2.0 s
Iglesia			2 - 10 s

Una sala con un RT60 de $<0.3 \text{ s}$ se llama acústicamente "muerta" (por ejemplo, cámara anecóica), mientras que los sonidos en salas con tiempos de reverberación $> 2 \text{ s}$ son "ecoicos".

Normalmente, los tiempos de reverberación se pueden reducir con la introducción de materiales absorbentes, como alfombras gruesas, cortinas, muebles tapizados o paneles dedicados de absorción acústica. Además, la presencia de personas en una habitación reduce la reverberación y, por lo tanto, produce un valor de RT60 más bajo en comparación con la habitación desocupada.

8. METODOLOGÍA

El desarrollo de esta investigación es de carácter descriptivo ya que consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno para establecer su estructura o comportamiento y posteriormente poder brindar una solución a las problemáticas encontradas por medio de una investigación de campo de variables medibles de fenómenos acústicos de los recintos cerrados como lo son el ruido y el tiempo de reverberación dependiendo de su aplicación.

En este capítulo se describe la metodología utilizada en la realización de este proyecto, como se muestra a continuación:

8.1 Descripción del Área de Estudio

Para poder realizar la investigación de las condiciones del espacio donde se realizará la medición, se debe tener en cuenta aspectos como: la descripción del espacio, información relevante de la sala, su geometría, nivel de ocupación tanto de equipo técnico como humano y también de los materiales con los que se encuentran contruidos los espacios. Continuando se realiza un plan de trabajo y se deben conseguir los permisos necesarios para la fecha y horario en que realiza la medición.

8.2 Análisis del Tiempo de Reverberación RT60

Un componente importante para el desarrollo de esta investigación, es la toma de muestras o de mediciones acústicas mínimas para un posterior análisis de datos, las cuales nos ayudaran a tomar decisiones acertadas para las soluciones a las posibles problemáticas acústicas del recinto.

Se deben tener en cuenta los aspectos administrativos, los recursos y el tiempo que se debe ocupar para realizar cada tarea de esta investigación y así lograr el objetivo, un posible acondicionamiento acústico a futuro.

8.2.1 Cálculo Teórico

Comprende los cálculos teóricos aplicando la fórmula de Sabine para la correcta medición del RT60, basados en la norma ISO 3382-2 la cual está dedicada a la medición de parámetros acústicos.

8.2.2 Medición en Sitio

En este punto se realizan las mediciones de RT60, utilizando un sonómetro clase 1 de 1/3 de octava, 1/1 octava, el cual mide el tiempo de reverberación, ruido de fondo

y nivel de presión sonora. Se debe utilizar una fuente impulsiva (bombas) aplicados en conformidad de la norma ISO 3382-2.

8.2.3 Análisis de las Curvas NC

En este punto se desarrolla el análisis de la información recolectada para la propuesta de acondicionamiento acústico, comparando las curvas de ruido teóricas con las obtenidas en la medición, revisando si cumplen o no con la normatividad y así lograr proponer soluciones a las necesidades para el caso.

9. DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA

9.1 Descripción del Área de Estudio

El canal RCN Televisión está ubicado en la ciudad de Bogotá Colombia, como se muestra en la figura a continuación. En el sector llamado la Pradera. En esta sede se encuentra el set 4 para el cual se trabaja esta propuesta.



Figura 24. RCN vista aérea²¹

El set número 4 del canal RCN Televisión está dedicado en su mayoría a su principal producto el cual es un informativo llamado “Noticias RCN”.

²¹ Tomado de: <https://earth.app.goo.gl/3BU1>



Figura 25. Set 4 Noticias RCN²²

La sala de redacción es donde están ubicados los periodistas, jefes de redacción, presentadores y todos los que hacen parte del grupo de noticias; Esta misma sala se comparte con periodistas del canal aliado NTN 24 y sirve de aforo del set de noticias y el set 6, ambos dedicados en su mayoría del tiempo a informativos.



Figura 26. Sala de Redacción

²² Imagen Archivo Personal, Estudio 4 Noticias RCN

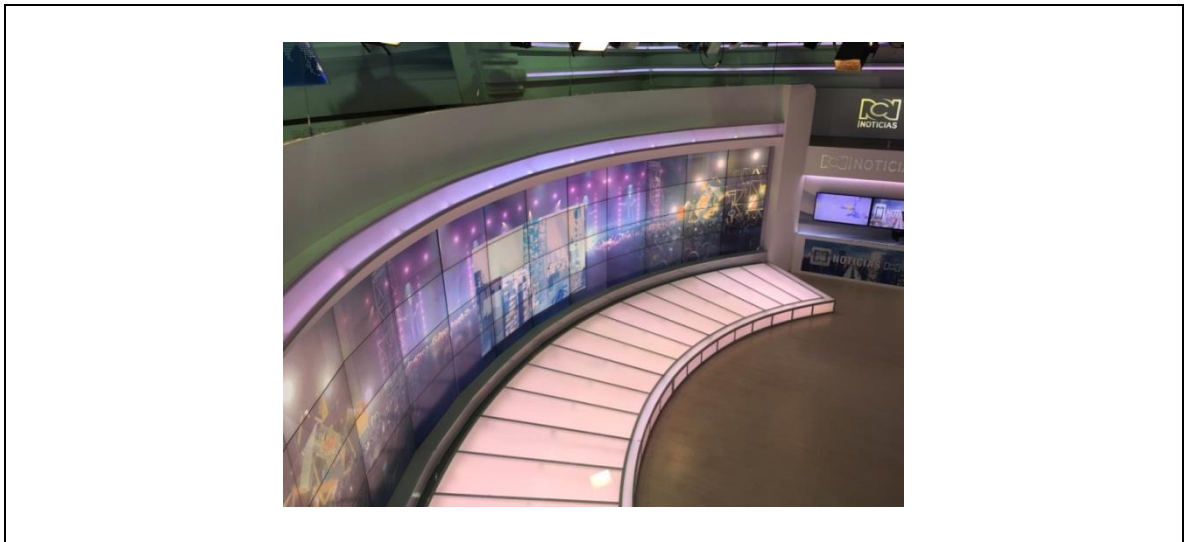


Figura 27. VideoWall Vista Superior

Se inicia con la toma de mediciones del set a tratar para conocer la geometría, las dimensiones, los materiales y todos los elementos de los que está compuesta la sala.

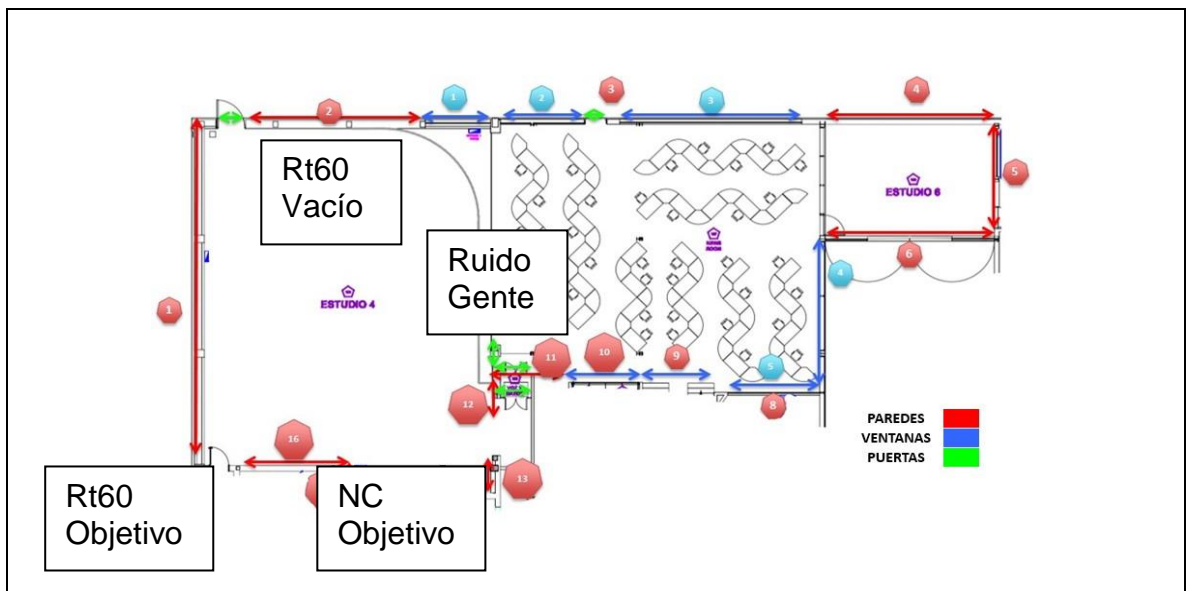


Figura 28. Plano del Set por Áreas

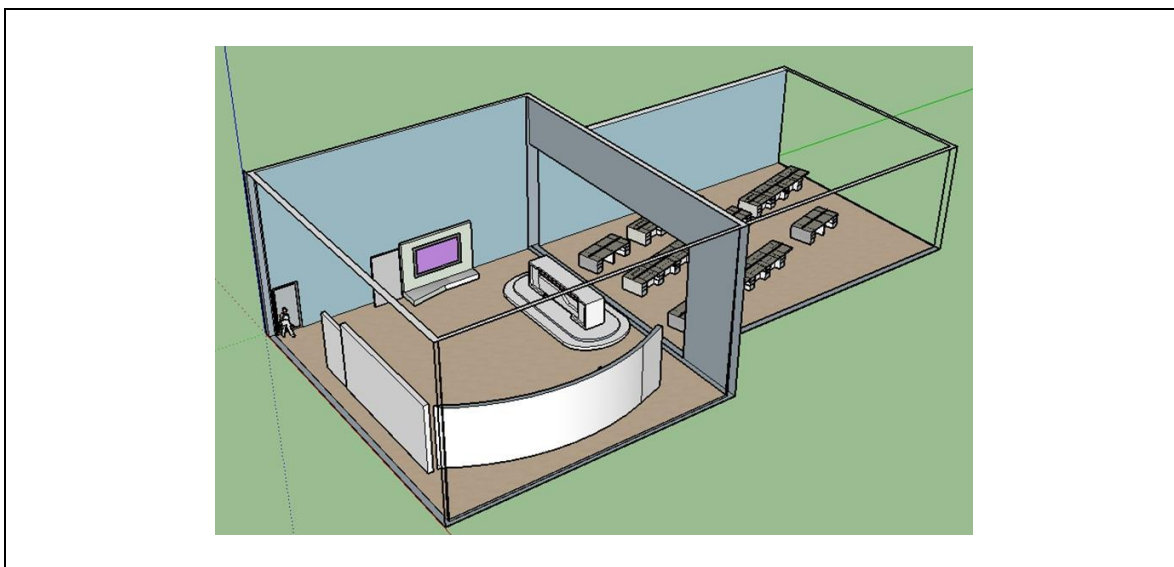


Figura 29. Plano 3D set y Sala de Redacción

En el plano 3D se puede observar la distribución del recinto, compuesto de un área que contiene una mesa principal, pantallas de video, videowall y escenografía; igualmente la sala de redacción, en cuyo espacio se ubican 8 mesas o escritorios de diferentes medidas donde trabajan periodistas, presentadores, editores, y demás personal de Noticias RCN y el canal aliado NTN 24 (aproximadamente 50 personas).

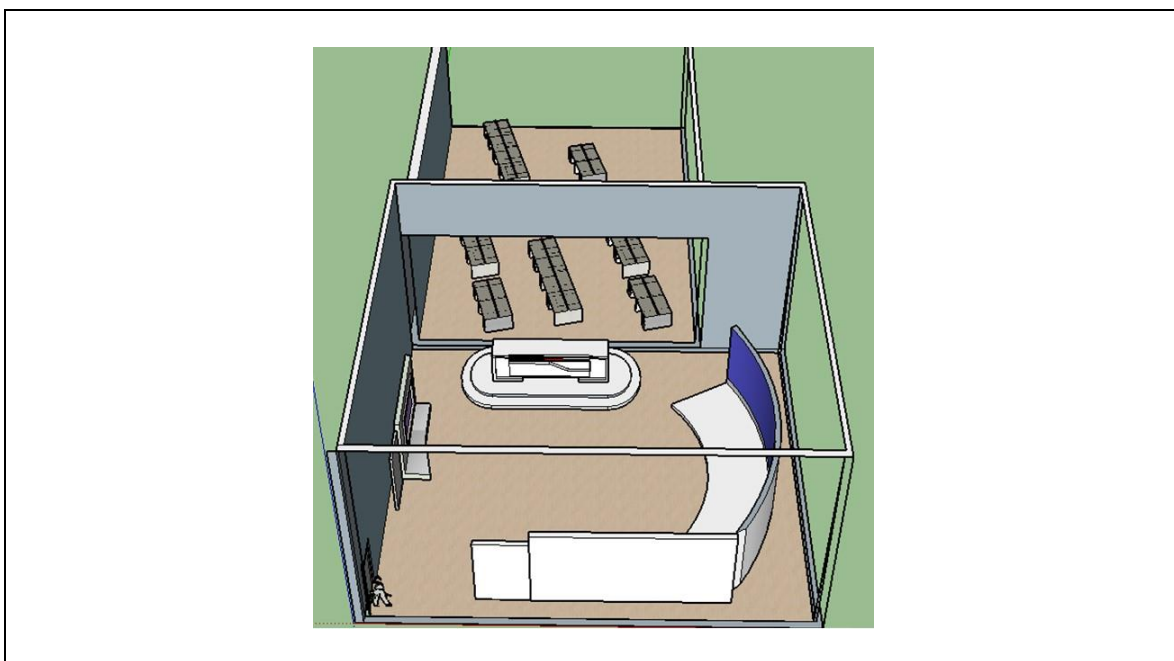


Figura 30. Vista sala de Redacción desde la ubicación del Set

En el segundo piso y sobre la sala de redacción se encuentra el departamento de contribuciones, este es el cerebro del noticiario y donde se reciben todo tipo de señales, ya sea vía satélite, microondas, FTP entre otras. El material es recibido en bruto de todas las ciudades tanto nacional como internacional de las noticias que ocurren a diario.

A esta información audiovisual se le realiza control de calidad de los parámetros técnicos de audio y video para que cumpla los niveles estándares óptimos para la emisión del noticiario.

El set cuenta con un área total de 549 m² y un volumen de 2604,30 m³ como vemos en la siguiente tabla.

ÁREA TOTAL	549,26
VOLUMEN TOTAL	2604,30


Tabla 16. Dimensiones del Estudio

9.2 Análisis del Tiempo de Reverberación RT60

9.2.1 Cálculo Teórico

Con el fin de validar las mediciones realizadas en sitio, se realizó el cálculo teórico mediante el cálculo de Sabine. Para esto se determinó el tipo de material de los distintos elementos que componen toda el área a estudiar y conocer el coeficiente de absorción de cada material. Para ello es necesario acudir a las fichas técnicas ofrecidas por diferentes fabricantes.

Ya conociendo cada material del cual se compone la sala y conociendo el coeficiente de absorción respectivo, se procede a hacer la sumatoria del área total de cada tipo de material como se observa en la siguiente tabla.

SUPERFICIE	MATERIAL	IMAGEN	ÁREA (M2)
Paredes	Hormigón		428,87

Puertas	Metal		7,34
Techo Metal Deck	Metal		226,36
Ventanas	Vidrio		78,33
Piso Parquet	Parquet		263,11



Piso PVC	PVC		286,16
Techo Fibra de Vidrio	Fibra de Vidrio		322,91
Madera Escenografía	Madera		80,52

Tabla 17. Área de las paredes por tipo de material

MATERIAL	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Hormigón	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02
Vidrio	0.1	0.08	0.04	0.03	0.02	0.02
Metal	0.1	0.7	0.5	0.4	0.4	0.4
Piso Parquet	0.04	0.04	0.07	0.06	0.06	0.07
Piso PVC	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02
Techo Fibra	0.18	0.71	1.12	1.12	1.03	1.02
Techo Metal Deck	0	0	0	0	0	0
Madera Escenografía	0.28	0.22	0.17	0.09	0.1	0.11
Escritorios Redaccion	0.47	0.52	0.5	0.55	0.58	0.63
Sillas Redaccion	0.56	0.64	0.7	0.72	0.68	0.62
PVC Avisos	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02
Vidrio Separador	0.18	0.06	0.04	0.03	0.02	0.02
Personas de pie	0.21	0.33	0.41	0.42	0.46	0.42

Tabla 18. Coeficiente de Absorción para Distintas Frecuencias de acuerdo al Material

Para calcular el tiempo de reverberación RT60 se utiliza la fórmula de Sabine revisar Ecuación 1.

Ahora se multiplica el área total de cada material (m²) por el coeficiente de absorción (el cual ya se obtuvo de las tablas técnicas de cada material, ver tabla 18 de acuerdo a cada frecuencia y esto da los siguientes resultados para las frecuencias de 125 Hz hasta 4000 Hz. (Ver tabla19).

Los siguientes son los resultados obtenidos del cálculo realizado en el set 4

SET 4							
MATERIAL	ÁREA TOTAL (m ²)	S*a 125 Hz	S*a 250 Hz	S*a 500 Hz	S*a 1000 Hz	S*a 2000 Hz	S*a 4000 Hz
HORMIGÓN	428.86	4.29	4.29	4.29	8.58	8.58	8.58
VIDRIO	78.33	7.83	6.27	3.13	2.35	1.57	1.57
METAL	7.34	0.73	5.14	3.67	2.94	2.94	2.94
PISO PARQUET	263.11	10.52	10.52	18.42	15.79	15.79	18.42
PISO PVC	286.16	5.72	8.58	8.58	8.58	8.58	5.72
TECHO FIBRA	322.91	58.12	229.27	361.66	361.66	332.60	329.37
TECHO METAL DECK	226.36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MADERA ESCENOGRAFÍA	80.52	22.55	17.71	13.69	7.25	8.05	8.86
ESCRITORIOS REDACCION	39.88	18.74	20.74	19.94	21.93	23.13	25.12
SILLAS REDACCION Y SET	29.93	16.76	19.16	20.95	21.55	20.35	18.56
AVISOS ESCENOGRAFIA	81.10	1.62	2.43	2.43	2.43	2.43	1.62
VIDRIO SEPARADOR	27.30	4.91	1.64	1.09	0.82	0.55	0.55
PERSONAS DE PIE	4.00	0.84	1.32	1.64	1.68	1.84	1.68
	Absorción Total	152.65	327.07	459.50	426.40	426.40	422.98
	RT Obtenido	2.75	1.28	0.91	0.98	0.98	0.99

Tabla 19. Resultados obtenidos set 4

RtProm	1.32
Rtmid	0.95

9.2.2 Mediciones en Sitio

En el set 4 de noticias se realizaron mediciones por bandas de octavas normalizadas, para este caso desde la frecuencia 125 Hz hasta 8000 Hz en donde se utilizaron como fuente de sonido varios globos inflados a su máximo nivel (Tener en cuenta que estos no son exactos) Ver figura 31. Al estallarlos estos produjeron una alteración en el espectro sonoro. Se realizaron mediciones en 6 puntos (donde

se posicionan normalmente los presentadores); en cada punto se tomaron 3 muestras, dando un total de 18 muestras (Ver anexos D,E,F,G,H,I,) Utilizando como herramienta un analizador acústico (Ver anexo J).



Figura 31. Ubicación del Sonómetro en el Set
Dos posiciones de fuente 3 tomas por zona

Los resultados de acuerdo a las bandas de frecuencias son:

PROMEDIO MUESTRAS	125 Hz	250 HZ	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
1	1,49	1,33	1,13	1,13	1,16	1,03	0,75
2		1,18	1,13	1,15	1,17	1,04	0,77
3		1,28	1,11	1,16	1,18	1,03	0,77
4		1,3	1,12	1,2	1,16	1,04	0,76
5		0,86	0,42	0,35	0,38	0,38	0,34
6		0,65	0,44	0,34	0,38	0,38	0,34
TOTAL	1,49	1,1	0,89	0,89	0,90	0,82	0,62

Tabla 20 Promedio RT60 Espacio de Análisis

La siguiente tabla muestra la comparación del RT Medido Vs RT Calculado.

ESPACIO	VALOR MEDIDO RT60	VALOR CALCULADO RT 60	VALOR MEDIDO RT MID	VALOR CALCULADO RT MID
SALA 4	0,96	1,32	0,89	0,95

Tabla 21. Análisis RT 60 medido vs el calculado Set 4

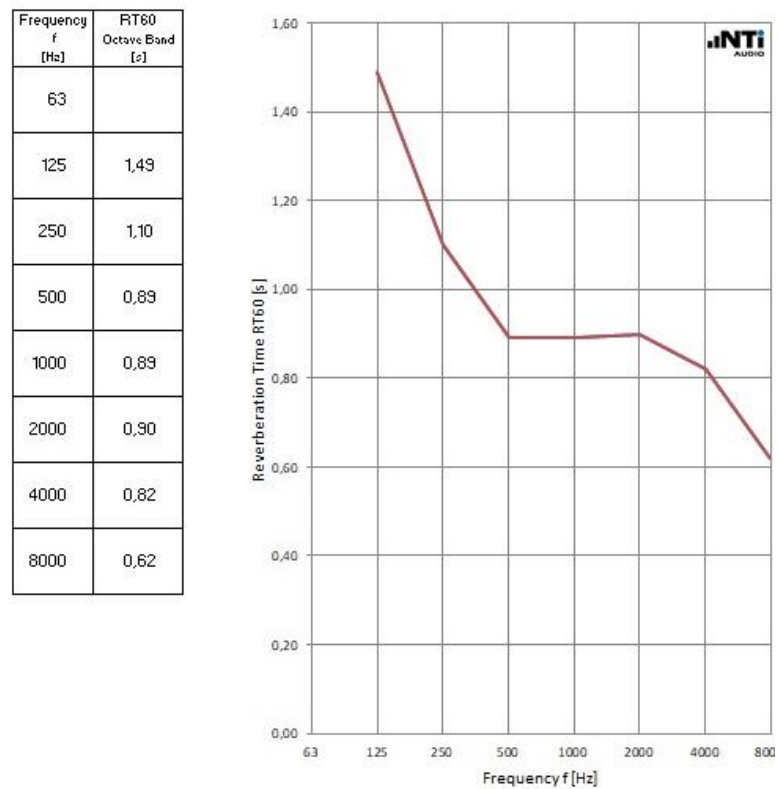


Figura 32 Grafica del promedio de los 6 puntos y el promedio de estos
Promedio del promedio

<i>RTProm</i>	0,96
<i>RTmid</i>	0,89

Tabla 22 RT Promedio Vs RTMid

TIPO DE SALA RTmid	SALA OCUPADA (EN s)
Estudio de TV	0,2 – 0,4

Tabla 23. Recomendación Estudios de Televisión

De acuerdo con los cálculos y mediciones del RT60 del set 4, se evidencia que el valor actual existente (0,96 segundos) presenta inconformidad con el criterio acústico recomendado para salas de estudios de grabación de Televisión como se observa en la tabla 23.

9.2.3 Análisis de las Curvas NC

Con el fin de ver cuán adecuado está el set respecto al estándar NC 15, se hace una medición de inmisión de ruido con el fin de contrastarlo con la curva en mención dándonos como resultado lo siguiente:

Curva Criterio	Frecuencia							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
NC-25	54	44	37	31	27	24	22	21
NC-15	47	36	29	22	17	14	12	11
Valores Medidos	64	57	50	52	58	41	37	28
Diferencial NC 25	10	13	13	21	31	17	22	7
Diferencial NC 15	17	21	21	30	41	27	25	17

Tabla 24. Comparación de los valores medidos vs la recomendación

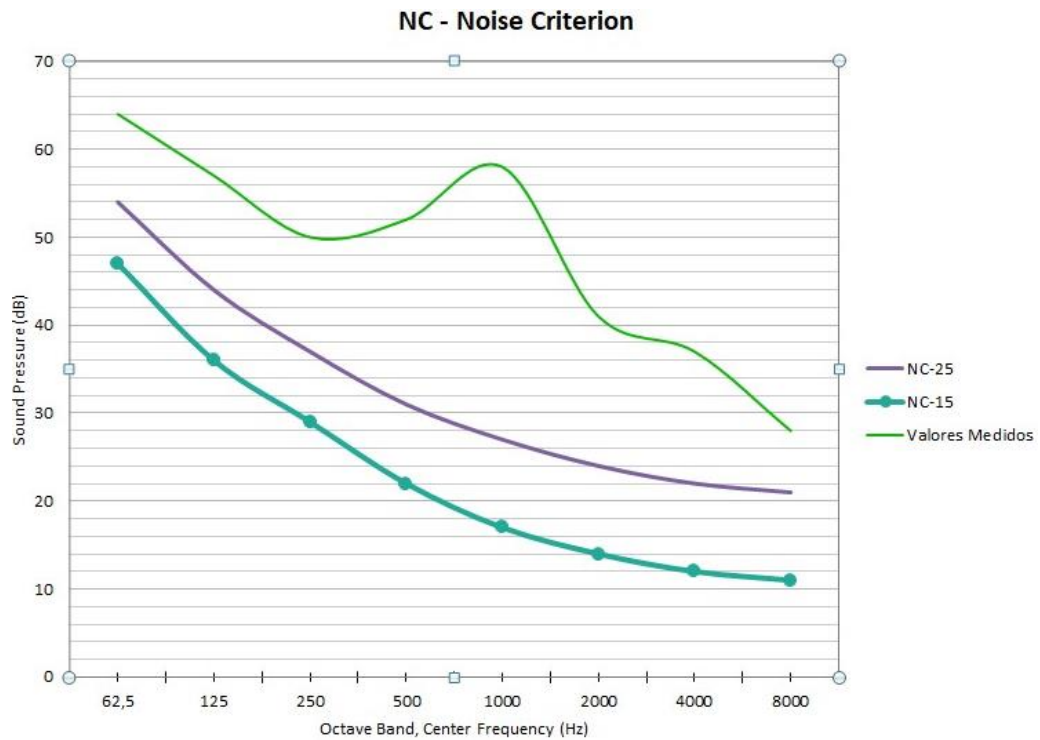


Figura 33. Curva NC Medida en recinto

De acuerdo con los valores obtenidos y los cálculos realizados, se observa que el nivel de emisión está por encima del estándar NC 15 como se muestra en la tabla 24, incumpliendo las recomendaciones de la norma ANSI S12.2.

Teniendo en cuenta lo anterior se recomienda implementar un aislamiento que permita estar bajo el estándar en mención.

10 SISTEMAS ACÚSTICOS PROPUESTOS

Después del proceso de medición de la sala el análisis de resultados y revisar las distintas soluciones a los problemas acústicos de acondicionamiento y aislamiento presentes en el mercado nacional, se llegó a la conclusión que los más adecuados son los siguientes.

10.1 Sistemas de Acondicionamiento:

Para lograr tener una respuesta acústica dentro de las recomendaciones internacionales para un set de noticias (Sala de grabación de radio o televisión) se debe pensar en realizar un acondicionamiento acústico en el lugar. Para lograr un RT "ideal" para el uso de la sala se propone incorporar materiales fono absorbentes en paredes y techos. Dichos Materiales y su cantidad dependen directamente de los resultados esperados.

En el mercado existe una infinidad de materiales que podrían dar solución a los problemas manifestados. A continuación se proponen varios materiales utilizados en acondicionamiento que se encuentran en el mercado nacional:

MATERIALES COMERCIALES						
MATERIAL	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Celulosa Proyectada 1/2"	0,09	0,17	0,48	0,88	1,08	1,13
Celulosa Proyectada 1"	0,12	0,38	0,89	1,18	1,16	1,16
Espuma Fonoabsorbente	0,83	0,74	0,62	0,84	0,89	1,02
cielo raso absorbente 50 mm	0,12	0,27	0,63	0,90	0,98	1,00
Cloud Laminas 2"	0,18	0,71	1,12	1,12	1,03	1,02
Fibra de vidrio	0,57	0,39	0,41	0,82	0,89	0,72
ACUSTIBRA 1 1/2"	0,12	0,52	0,95	1,00	0,98	1,00
Black Theater 2"	0,18	0,71	1,12	1,12	1,03	1,02
Panel Rígido de Lana de Roca 40 mm	0,10	0,20	0,45	0,80	0,90	0,95

Tabla 25 Materiales comerciales con especificaciones acústicas para absorción

Como ejemplo se tomara el área de 226,36 m² de metal deck y se propone cubrir el área con celulosa de 1"; También cubriendo 200 m² de las paredes de hormigón con espuma absorbente se reducirá notablemente el RT; Se debe tener en cuenta el no exagerar en la absorción sin controlar las frecuencias en las que se debe trabajar para no afectar el color natural de la sala y que esta suene fuera de lo normal.

A continuación se observa que con solo cambiar dos materiales (metaldeck por la celulosa y cubriendo 200 m2 de hormigón con espuma absorbente) la sala cambia notablemente.

SET 4							
MATERIAL	ÁREA TOTAL (m2)	S*a 125 Hz	S*a 250 Hz	S*a 500 Hz	S*a 1000 Hz	S*a 2000 Hz	S*a 4000 Hz
HORMIGÓN	208,86	2,09	2,09	2,09	4,18	4,18	4,18
VIDRIO	78,33	7,83	6,27	3,13	2,35	1,57	1,57
METAL	7,34	0,73	5,14	3,67	2,94	2,94	2,94
PISO PARQUET	263,11	10,52	10,52	18,42	15,79	15,79	18,42
PISO PVC	286,16	5,72	8,58	8,58	8,58	8,58	5,72
TECHO FIBRA	322,91	58,12	229,27	361,66	361,66	332,60	329,37
CELULOSA PROYECTADA TECHO	226,36	27,16	86,02	201,46	267,10	262,58	262,58
MADERA ESCENOGRAFÍA	80,52	22,55	17,71	13,69	7,25	8,05	8,86
ESCRITORIOS REDACCION	39,88	18,74	20,74	19,94	21,93	23,13	25,12
SILLAS REDACCION Y SET	29,93	16,76	19,16	20,95	21,55	20,35	18,56
AVISOS ESCENOGRAFIA	81,10	1,62	2,43	2,43	2,43	2,43	1,62
VIDRIO SEPARADOR	27,30	4,91	1,64	1,09	0,82	0,55	0,55
PERSONAS DE PIE	4,00	0,84	1,32	1,64	1,68	1,84	1,68
ESPUMA ABSORBENTE PAREDES	220,00	182,60	162,80	136,40	184,80	195,80	224,40
	Absorción Total	360,22	573,68	795,16	684,58	880,38	905,55
	RT Obtenido	1,16	0,73	0,53	0,61	0,48	0,46

Tabla 26.Cálculo RT con Materiales Propuestos

RtProm	0,66
Rtmid	0,57

Tabla 27. RT Promedio Vs RT Mid con materiales propuestos

10.2 Sistemas de Aislamiento

Cuando existen fuentes de ruido que no pueden apagarse o anularse durante el uso de la sala, es correcto pensar en implementar un sistema de aislamiento que sea efectivo para las necesidades del canal y sus estudios de televisión. Para este fin se evaluaron varias opciones las cuales ayudan a disminuir las problemáticas

acústicas causadas por las fuentes de ruido externas u adyacentes al set. A continuación se muestran las más efectivas.

▪ Solución Acústica 1

Aislar el set de la sala de redacción con un vidrio separador el cual nos da como resultado dos salas separadas como se ve a continuación.

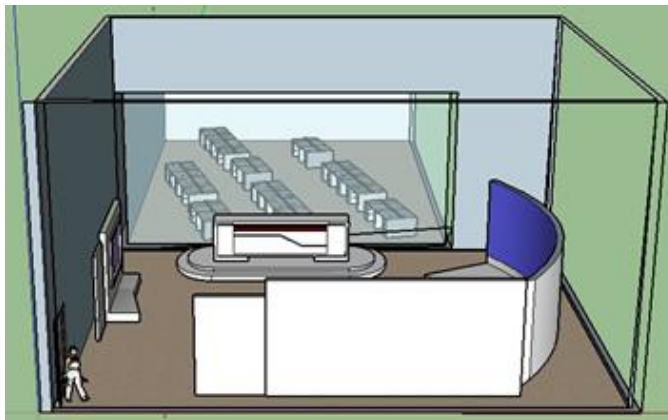


Figura 34. Set 4

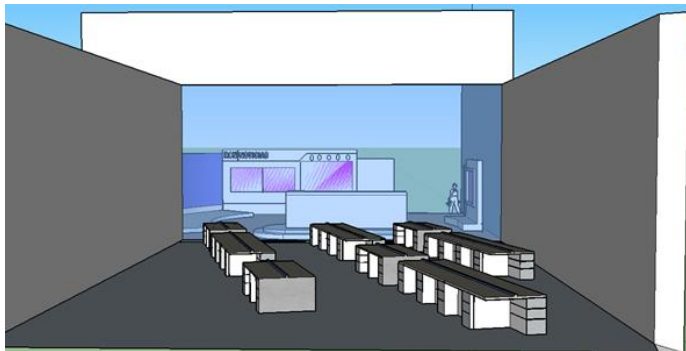


Figura 35. Sala de Redacción

Según el TL de los vidrios consultados lo recomendado para este caso es un vidrio con las características como se observa:

First pane: 1 x 10.0 mm Laminated Glass (PVB 0.76mm) ($m=24.3 \text{ kg/m}^2$, $f_c=1770 \text{ Hz}$, Damping=0.06) Second pane: 1 x 10.0 mm Glass ($m=24.3 \text{ kg/m}^2$, $f_c=1399 \text{ Hz}$, Damping=0.02)

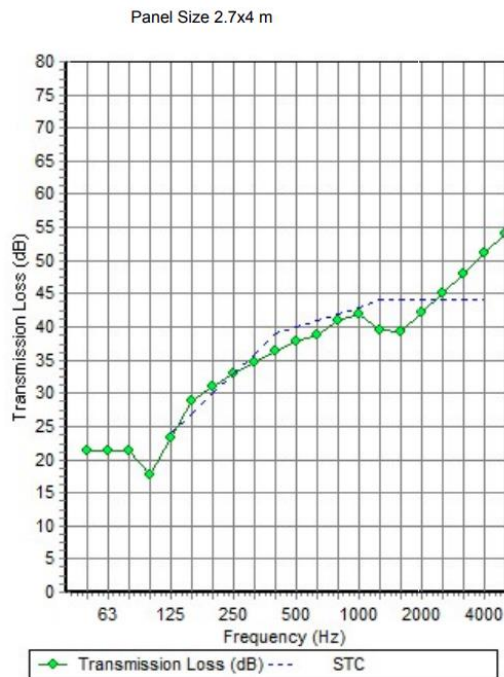


Figura 36. STC Vidrio

De acuerdo con la configuración del vidrio, se tiene los siguientes TL por bandas de octava

MATERIAL	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
TL Vidrio 8mm 63HZ-18	22	26	31	35	38	43
TL Vidrio Doble 63HZ-21	21	33	38	41	42	50

Tabla 28. TL Vidrio

VIDRIO DOBLE							
Espacio	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	Equivalent Sound Level dBA
Nivel Emisor Sala de Redacción	57	50	52	58	41	37	61,49
TL del sistema de aislamiento (Vidrio) Doble	21	33	38	41	42	50	
Nivel Esperado en Sala 4	36	17	14	17	-1	-13	36,14
Curva Criterio NC- 15	36	29	22	17	14	12	

Tabla 29. Solución Vidrio Doble

Puertas Acústicas

Son necesarias para complementar el aislamiento de un recinto y responden a las exigencias del mercado. Son puertas homologadas de altas prestaciones, calidad, robustas y de gran rendimiento. Presentan un alto aislamiento acústico y sus aplicaciones se dan a estudios de grabación y doblaje, set de grabación, hangares, etc.

PUERTA ACUSTICA							
Espacio	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	Equivalent Sound Level dBA
Nivel Emisor Sala de Redacción	57	50	52	58	41	37	61,49
TL Puerta Acústica	38	42	44	47	51	56	
Nivel Esperado en Sala 4	19	8	8	11	-10	-19	20,20
Curva Criterio NC- 15	36	29	22	17	14	12	

Tabla 30. Solución Puerta

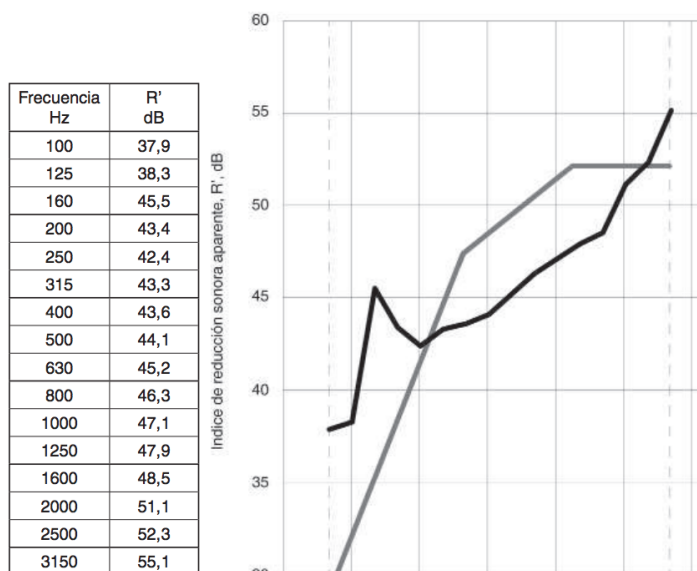


Figura 37. Datos Acústicos Puerta²³

Valoración según la Norma ISO 717-1: $R'_{n,w}$ (C ; Ctr) = 48 (0 ; -2) dB | RA = 48 dBA Evaluación basada en resultados de medidas in situ obtenidos mediante un método de ingeniería (UNE EN ISO 140:3).

²³ Tomado de: <http://www.inerco.com/Descargas/Acustica/familia-puertas-visores.pdf>

Solución Acústica 2

Divisiones Acústicas

Es ideal para recintos donde el confort acústico sea una premisa de diseño y factor importante para el uso dado. Aplicaciones en salas de conferencias, cafeterías, templos de oración, salas de reuniones, estudios, oficinas, etc. Su acabado final lo convierte en un objeto decorativo adaptable a la estética propia del lugar, seleccionando textura y color final.

DIVISIONES ACÚSTICAS							
Espacio	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	Equivalent Sound Level dBA
Nivel Emisor Sala de Redacción	57	50	52	58	41	37	61,49
TL Divisiones Acústicas Móviles	20	27	35	39	38	45	
Nivel Esperado en Sala 4	37	23	17	19	3	-8	37,28
Curva Criterio NC-15	36	29	22	17	14	12	

Tabla 31. Solución Divisiones Acústicas

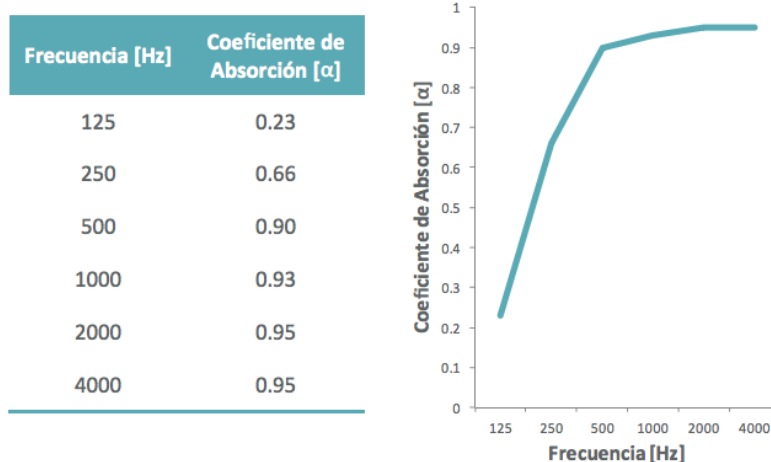


Figura 38. Desempeño Acústico²⁴

²⁴ Tomado de: <http://www.acusticaintegrada.com/imagenes/arquitectonica/Espuma-Acustica-Acoustic-Foam-AFB001.pdf>

Ofrece un amplio control de tiempo de reverberación RT en frecuencias medias altas, y control de modos normales en los recintos

11.RESULTADOS ESPERADOS CON LA IMPLEMENTACION

Los sistemas seleccionados para la corrección de las condiciones de aislamiento y acondicionamiento acústico, corresponden a factores económicos, instalación y calidad, con el fin de obtener los objetivos planteados para el set de televisión 4 del canal RCN.

Los resultados del aislamiento y acondicionamiento esperados son:

- Cumplir con los objetivos de la propuesta de acondicionamiento acústico garantizando un resultado óptimo para el set sin necesidad de recurrir a la improvisación.
- Mejorar notablemente los problemas de reverberación en el set de televisión 4, logrando un campo sonoro difuso ideal.
- El personal técnico del set y presentadores tendrán una mejor concentración en las emisiones al aire, pues no tienen que estar pendientes del silencio de personas que pasan por el set o pasillos contiguos.
- Mejorar el nivel de estrés causado por no escuchar o entender las indicaciones dadas desde el master.

12. CONCLUSIONES

El desarrollo de la propuesta de acondicionamiento acústico del set 4 del canal RCN, permitió la evaluación de parámetros como: Tiempo de reverberación, geometría de la sala, ruido de fondo, curvas NC , entre otros; con estos resultados se realiza una comparación de las distintas normativas y criterios existentes permitiendo establecer la necesidad de tratar acústicamente el recinto, dado que se encontraron falencias acústicas, lo cual interrumpe el debido cumplimiento de los estándares de calidad para estudios de televisión.

Las formas geométricas de la escenografía y los espacios entre la pared y el mobiliario generan absorciones adicionales que se pueden ver en la medición practica mas no en la teórica, para acercarse más al resultado real se deben tener en cuenta muchos otros factores para la reverberación empezando con la geometría, espacios y cavidades de la escenografía.

La sala de redacción, en donde está ubicada la mayor parte de periodistas, jefes de emisión, practicantes, y presentadores tiene un número de personas y mobiliario asociado el cual baja el tiempo de reverberación medido.

Es importante tener conocimiento de acústica arquitectónica cuando se necesita hacer algún acondicionamiento acústico, específicamente un estudio de televisión, porque desde sus inicios constructivos se puede insonorizar de la manera adecuada implementando las normas para así evitar pérdidas de dinero más adelante.

Es correcto implementar las soluciones propuestas en este trabajo, ya que esto puede ayudar de manera significativa para que el estudio sea pionero en Colombia en tratar de manera adecuada un set como este.

Muchos de los materiales que se encuentran en estudios de televisión no son los más adecuados porque son lugares que cambian constantemente y no se tienen en cuenta criterios del departamento de sonido o una persona idónea en el tema, para recomendar lo viable y lograr el confort acústico deseado.

Un aspecto a tener en cuenta, es que el set 4 debe conservar un aspecto visual, es recomendable hacer tratamiento con materiales acústicos que ayuden en la composición también de los planos de las cámaras de televisión, para el programa que ahí se realice o se produzca.

En las mediciones se deben implementar fórmulas matemáticas las cuales nos permiten hacer una comparación de la teoría con la práctica y aprender cómo se realiza el proceso de medición en un lugar tanto teóricamente como practico.

La fuente de sonido utilizada en las mediciones no es constante debido a que eran globos inflados a diferentes medidas o valores de presión; Lo cual introduce un porcentaje de error en los resultados obtenidos.

Debido a la cercanía del set con la sala de redacción, se debe pensar en implementar un aislamiento para separar los dos lugares y evitar así que el personal ahí presente se desconcentre por el ruido proveniente de la sala de redacción.

Se debe tener en cuenta que el promedio de metro cuadrados de cada persona es 1m^2 y en promedio la cantidad de personas es de 40 a 60, se puede ver como esa absorción extra, baja el tiempo de reverberación.

Este trabajo es de gran ayuda para personas nuevas en acústica, debido a la explicación paso a paso de las mediciones y las posibles soluciones investigadas para tratar acústicamente un estudio de televisión.

Por lo tanto, se logra cumplir los objetivos generales y específicos de este trabajo de grado, es decir, evaluar los parámetros acústicos del set 4, y establecer la propuesta para el mejoramiento de las condiciones existentes, y generar recomendaciones para el diseño de futuros estudios de televisión.

13.RECOMENDACIONES

- Para lograr un buen confort acústico para el set 4 se requiere un tratamiento al mismo, atenuando el sonido de la sala de redacción y los pasillos del estudio.
En estas circunstancias en Colombia tenemos varias opciones de productos orientados a cumplir con estas necesidades.
- Mejorar el aislamiento acústico dentro del estudio empleando materiales adecuados para cada caso (Paredes, pisos y techos).
- Paneles o placas a la vista en las paredes de los corredores donde hay paso de personas constantemente. Estas placas se tienen en diferentes formas y colores lo cual hace ver el estudio más elegante y acorde al uso de televisión. Estas placas al ser instaladas lograran disminuir los niveles de ruido interno creando lugares más íntimos y ligeros. Estas placas son livianas, fáciles de transportar e instalar y se cortan de forma muy sencilla.
- Buscar que los paneles o placas no desprendan partículas nocivas, que no se degraden fácilmente y que también se maneje la seguridad en caso de incendio.
- Techo Flotante
- Hacer el lugar más difuso
- Colocar vidrio de piso a entre piso
- Colocar avisos en las zonas donde se requiere bajar el nivel de ruido de las personas pasillos (parte trasera del Wall, donde hay paso de personas constantemente).

Consejos importantes a la hora de escoger un panel

- Decidir la forma, color densidad con la cual queremos hacer la terminación de la estética del estudio antes de concretar la compra.
- Revisar las normas de seguridad y protección y en este caso utilizar materiales que soporten altas temperaturas (Temperatura de la parrilla de luces del estudio) materiales retardantes de llamas o que se puedan extinguir fácilmente, ante un caso de incendio y evitar multas por no acatar las normas para estos casos.

- Consultar con un técnico especializado el grosor del panel a utilizar, de que medidas, y realizar un buen cálculo de la cantidad a utilizar.
- Realizar un plano de colocación para al momento de instalar los paneles para no llevarnos sorpresas desagradables.

14. BIBLIOGRAFIA

- (s.f.).
- AENOR- Normas al día ISO 3744 2011. (2010). Obtenido de Determinación de los niveles de potencia acústica y de los niveles de energía acústica de fuentes de ruido utilizando presión acústica. Métodos de ingeniería para un campo esencialmente libre sobre un plano reflectante. (ISO 3744:2010): <http://www.aenor.es/aenor/normas/normas/fichanorma.asp?tipo=N&codigo=N0047781#.WuTC8NQvzIU>
- Acevedo Martínez, V. E. (Octubre de 2009). Evaluación del Acondicionamiento Acústico y Recomendaciones de Diseño para Salas de Clase.
- Acoustical Society of America (ASA). (03 de 07 de 2008). Recuperado el 03 de 2018, de https://web.iit.edu/sites/web/files/departments/academic-affairs/Academic%20Resource%20Center/pdfs/Workshop_-_Acoustic.pdf
- Acústica Facil. (2013). *Ingeniería Acústica, Parámetros Acústicos*. Obtenido de <http://www.ingenieriaacusticafacil.com/ingenieria-acustica-5-parametros-acusticos-que-debes-conocer/>
- Aislanat. (2015). *Aislanat*. Recuperado el 20 de Abril de 2018, de <http://www.aislantesaislanat.es/celulosa/>
- Álvarez Lucero, G. D. (19 de 10 de 2010). *Alcaldía Mayor de Bogotá*. Recuperado el 20 de 04 de 2018, de Secretaría Distrital de Ambiente - Resolución 6918: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=40790#0>
- AQSTICA S.A.S. (2016). Recuperado el 20 de Abril de 2018, de <http://www.aqstica.com>
- Berenguer, L. i. (Mayo, 1992). Refuerzo Sonoro - Bases para el Diseño. En L. i. Berenguer, *Refuerzo Sonoro - Bases para el Diseño* (pág. 2). Sevilla.
- Bidondo, A. (2016). *Ingeniería de Sonido*. Obtenido de <http://www.ingenieriadesonido.com/upload/Acustica%20Arquitectonica%20-%20EI%20Tiempo%20de%20Reverberacion.pdf>
- Calorcol. (s.f.). *Calorcol Expertos en Ingeniería de Aislamientos*. Recuperado el 21 de Abril de 2018, de <http://calorcol.com/calorcol/calorcolsite/wp-content/uploads/2014/01/productos-acustica/cielorosos.pdf>
- Construcciones Acústicas. (s.f.). *Construcciones Acústicas*. Recuperado el 20 de Abril de 2018, de Construcciones Acústicas Espacios Memorables: <https://acustical.com/paredes-moviles-acusticas/>
- Distrital Secretaría Jurídica. (19 de Octubre de 2010). *Alcaldía Mayor de Bogotá*. Recuperado el 20 de Abril de 2018, de Alcaldía Mayor de Bogotá: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=40790>
- FiberGlass Isover. (s.f.). *FiberGlass Isover*. Recuperado el 20 de Abril de 2018, de <http://www.isover.com.co/productos/frescasa-eco-r>
- H y N Empaquetaduras. (s.f.). *H y N Empaquetaduras E Importaciones*. Recuperado el 20 de Abril de 2018, de <https://www.hynempaquetaduras.com/>

- Icontec NTC 3520. (28 de 08 de 2013). *Icontec*. Recuperado el 03 de 2017, de <https://tienda.icontec.org/wp-content/uploads/pdfs/NTC3520.pdf>
- Icontec NTC 5548. (16 de 11 de 2007). *Icontec*. Recuperado el 13 de 02 de 2017, de <https://tienda.icontec.org/wp-content/uploads/pdfs/NTC5548.pdf>
- Icontec NTC342. (16 de 09 de 1992). *Icontec*. Recuperado el 20 de 03 de 2017, de <https://tienda.icontec.org/wp-content/uploads/pdfs/NTC3428.pdf>
- Isbert, A. C. (1998). *Diseño Acustico de Espacios Arquitectonicos*. Barcelona, España.
- Jaramillo, A. M. (2007). *Acústica: La ciencia del Sonido*.
- José, M. G. (2011). *Tesis "Estudio acústico y simulación del acondicionamiento del local de conciertos de la Unión Musical de Higuieruelas"*. Obtenido de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/13992/memoria.pdf?sequence=1>
- Kryter, K. D. (1970). *The Effects of Noise on Man*. Academic Press.
- M. Harris, C. (1995). *Manual de Medidas Acusticas y Control del Ruido*. En C. M. Harris. Arabaca España: McGraw-Hill.
- Miyara, F. (1999). *El Ruido y la Integibilidad de la Palabra*.
- Miyara, F. (04 de 12 de 2003). *Escuela Universitaria de Música* . Recuperado el 2018 de 04 de 20, de <http://www.eumus.edu.uy/eme/ensenanza//acustica/apuntes/cap04.pdf>
- Nash, A. (1996). *On the acoustical Characteristics of a Balloon*. Recuperado el 29 de 04 de 2018
- Norma Internacional ISO 3382 - 2. (1997). *Measurement of the reverberation time of rooms with reference to other acoustical parameters*.
- NTi Audio. (s.f.). Recuperado el 2017, de Tomado de: <http://www.nti-audio.com/en/products/xl2-sound-level-meter.aspx>
- Parrondo Gallo, J. L. (2006). *Acustica Ambiental*. Oviedo: Universidad de Oviedo.
- Pérez, S. (7 de 04 de 2006). *Alcaldía Mayor de Bogotá*. Recuperado el 20 de 04 de 2018, de Secretaría Jurídica Distrital: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=19982>
- Polanco, C. C. (s.f.). *Parámetros del Sonido*. En C. C. Polanco, *Introducción al Sonido y a la Acústica* .
- Secretaria General de la Alcaldía Mayor de Bogotá. (12 de Abril de 2006). *Resolución 0627 de 2006*. Obtenido de <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=19982>
- Secretaría Jurídica Distrital de la Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. (04 de Agosto de 1983). *Resolución 8321 de 1983 Ministerio de Salud*. Recuperado el 20 de 04 de 2018, de Alcaldía Mayor de Bogotá: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=6305>
- Skum. (21 de 01 de 2015). *Skum*. Recuperado el 20 de 04 de 2018, de <https://skumacoustics.com/blog/aislamiento-acustico-vs-acondicionamiento-acustico/>

- Suárez, S. (07 de Abril de 2006). *Alcaldía de Bogotá*. Recuperado el Febreo de 2018, de Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial:
<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=19982>
- Tecniacústica. (2009). *Tecniacústica*. Obtenido de Incertidumbre de medida en ruido ambiental: http://www.sea-acustica.es/fileadmin/Cadiz09/Cadiz09_RDO_021.pdf
- UNAD. (2010). *Universidad Abierta y a Distancia UNAD*. Obtenido de http://datateca.unad.edu.co/contenidos/208042/Contenido_en_linea/leccin_39__tiempo_de_reverberacin_y_coeficiente_de_absorcin.html

ANEXO A. Nivel de Ruido Recomendado y Medido

Curva recomendada	NC 20-25
Nivel de ruido recomendado	33 dB(A)
Nivel de ruido medido	64 dB(A)

ANEXO B. Resultados RT60 Medidos en Estudio

PUNTO	TOMAS	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
1	1		1,49	1,32	1,08	1,12	1,15	1,03	0,74
	2			1,32	1,07	1,11	1,15	1,03	0,74
	3			1,34	1,24	1,15	1,18	1,04	0,76
	PROMEDIO		1,49	1,33	1,13	1,13	1,16	1,03	0,75
2	1			1,16	1,13	1,13	1,16	1,05	0,78
	2			1,19	1,14	1,15	1,18	1,04	0,77
	3				1,13	1,17	1,18	1,04	0,75
	PROMEDIO			1,18	1,13	1,15	1,17	1,04	0,77
3	1			1,34	1,08	1,16	1,17	1,03	0,8
	2			1,29	1,09	1,17	1,18	1,03	0,74
	3			1,21	1,16	1,15	1,18	1,04	0,76
	PROMEDIO			1,28	1,11	1,16	1,18	1,03	0,77
4	1				1,14	1,17	1,17	1,02	0,76
	2			1,24	1,09	1,28	1,16	1,07	0,75
	3			1,36	1,12	1,14	1,16	1,02	0,77
	PROMEDIO			1,3	1,12	1,2	1,16	1,04	0,76
5	1			0,73	0,43	0,34	0,37	0,38	0,33
	2			0,97	0,42	0,36	0,39	0,38	0,35
	3			0,87	0,42	0,35	0,37	0,38	0,34
	PROMEDIO			0,86	0,42	0,35	0,38	0,38	0,34
6	1			0,7	0,41	0,34	0,37	0,37	0,33
	2			0,59	0,4	0,34	0,39	0,4	0,35
	3			0,66	0,52	0,35	0,38	0,36	0,34
	PROMEDIO			0,65	0,44	0,34	0,38	0,38	0,34

ANEXO C. Promedio RT Obtenido en Estudio

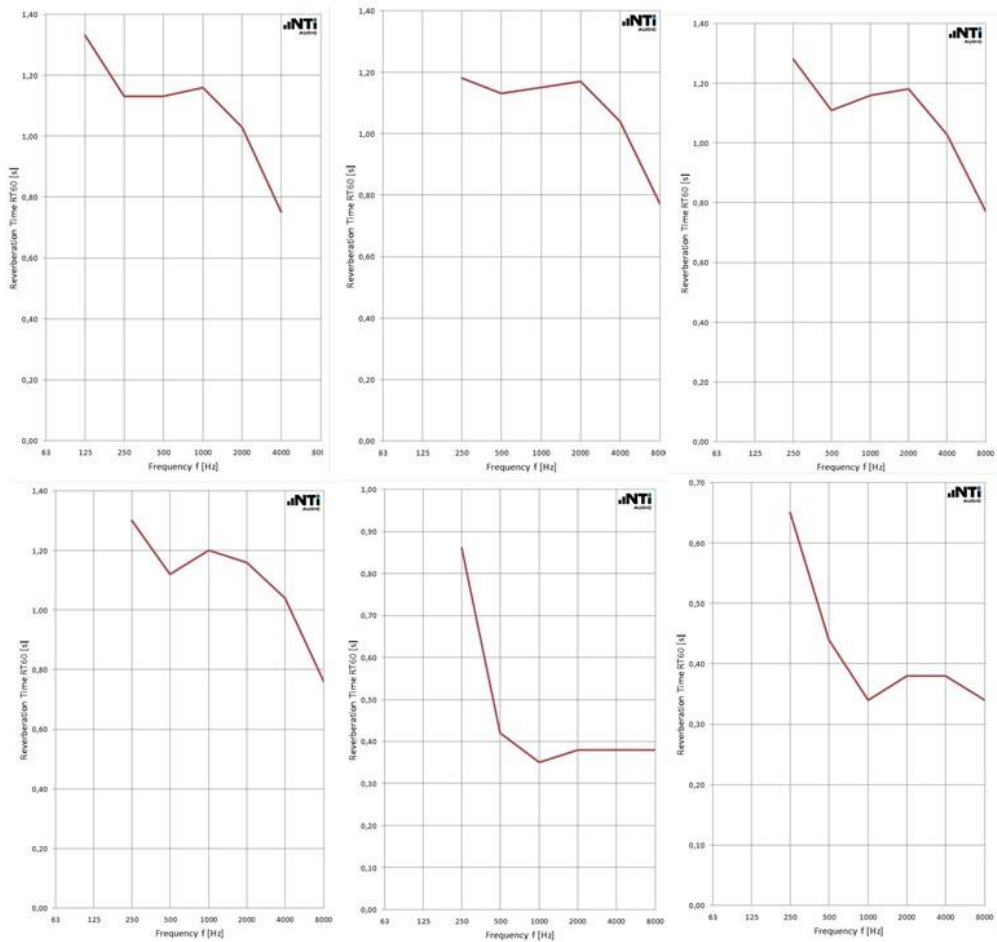
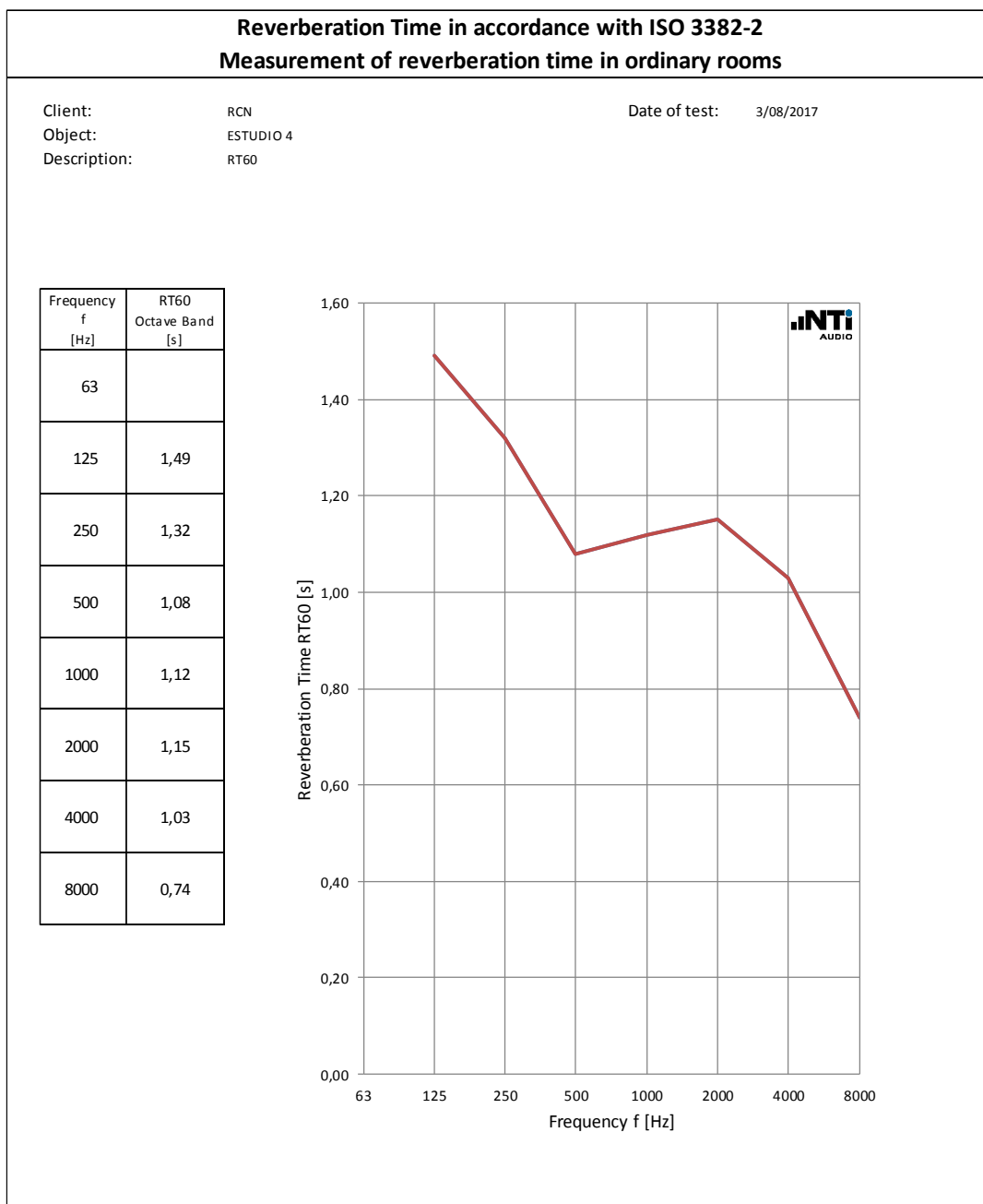


Figura 39 Promedio RT Obtenido en estudio

ANEXO D. Resultados RT60 Posición 1



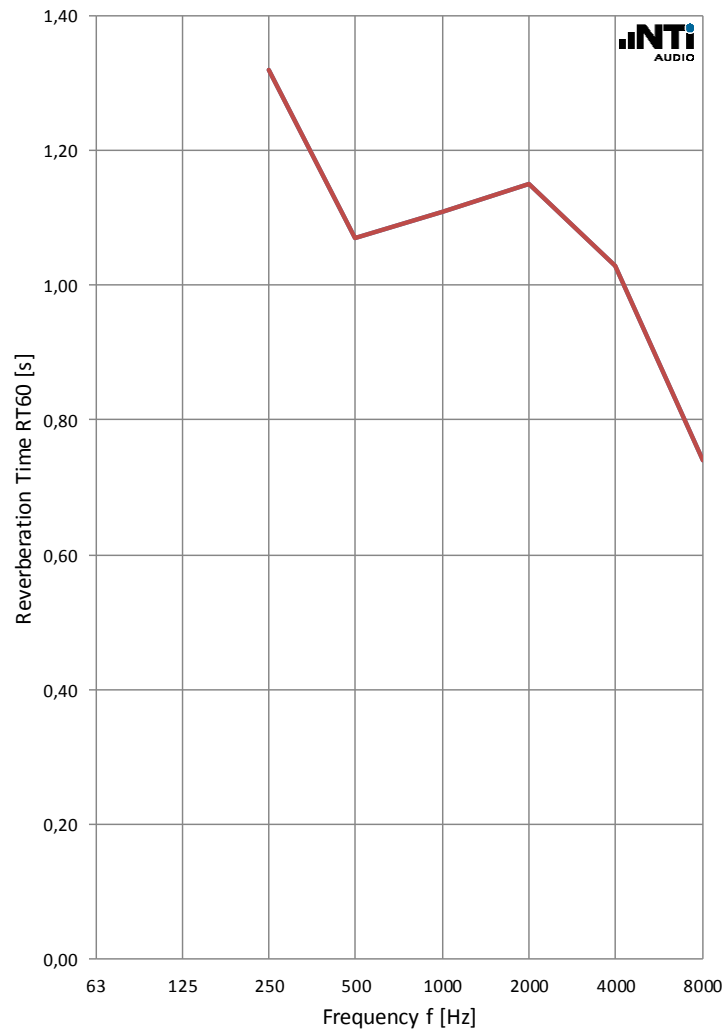
Reverberation Time in accordance with ISO 3382-2

Measurement of reverberation time in ordinary rooms

Client: RCN
 Object: ESTUDIO 4
 Description: RT60

Date of test: 03 08 2017

Frequency f [Hz]	RT60 Octave Band [s]
63	
125	
250	1,32
500	1,07
1000	1,11
2000	1,15
4000	1,03
8000	0,74



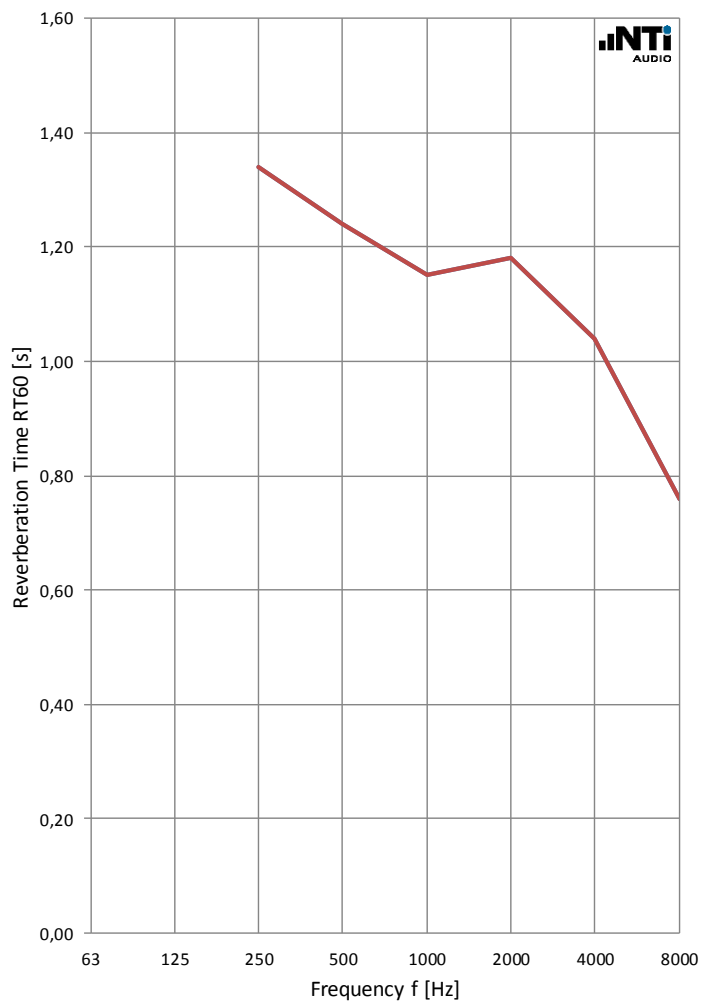
Reverberation Time in accordance with ISO 3382-2 **Measurement of reverberation time in ordinary rooms**

Client: RCN
 Object: ESTUDIO 4
 Description: RT60

Date of test: 03 08 2017
 11:42:00 PM

3

Frequency f [Hz]	RT60 Octave Band [s]
63	
125	
250	1,34
500	1,24
1000	1,15
2000	1,18
4000	1,04
8000	0,76



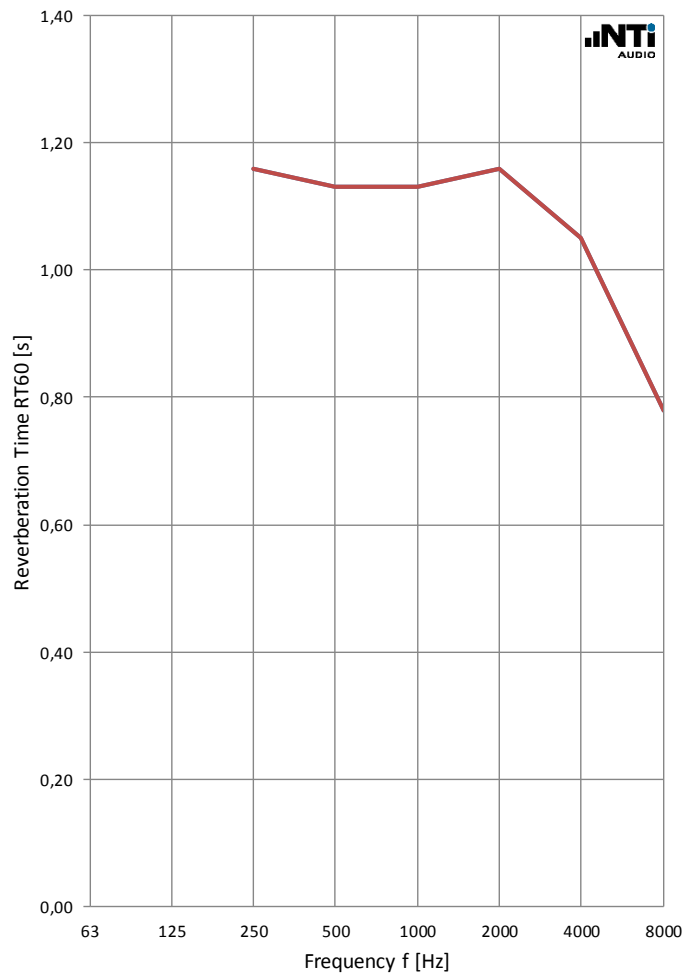
ANEXO E. Resultados RT60 Posición 2

Reverberation Time in accordance with ISO 3382-2 Measurement of reverberation time in ordinary rooms

Client: RCN
Object: ESTUDIO 4
Description: RT60
3

Date of test: 03 08 2017
11:44 PM

Frequency f [Hz]	RT60 Octave Band [s]
63	
125	
250	1,16
500	1,13
1000	1,13
2000	1,16
4000	1,05
8000	0,78



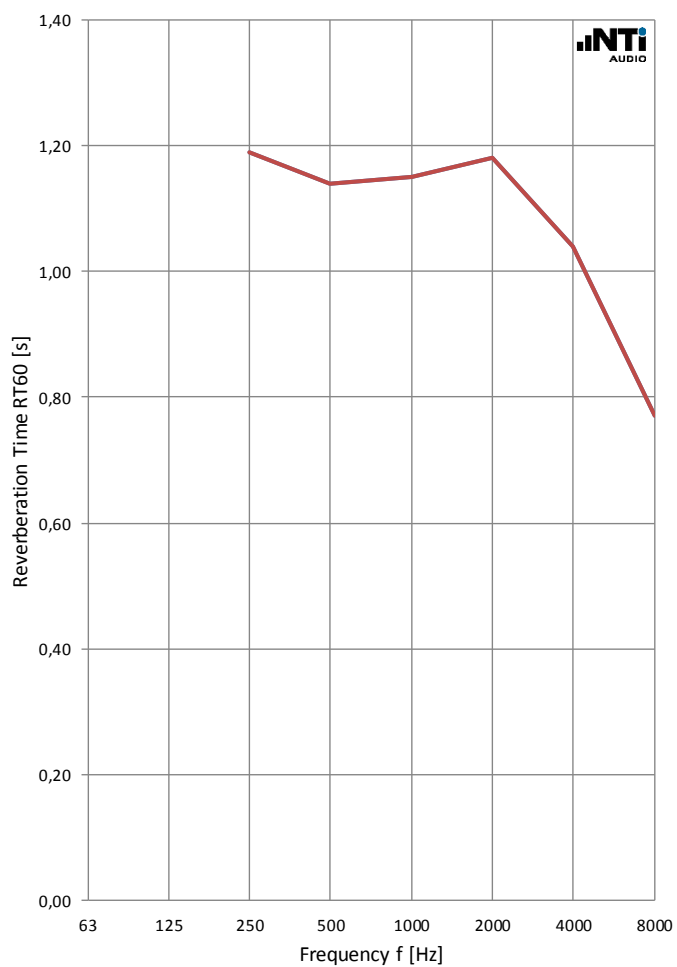
Reverberation Time in accordance with ISO 3382-2

Measurement of reverberation time in ordinary rooms

Client: RCN
 Object: ESTUDIO 4
 Description: RT60
 4

Date of test: 03 08 2017
 11.45 PM

Frequency f [Hz]	RT60 Octave Band [s]
63	
125	
250	1,19
500	1,14
1000	1,15
2000	1,18
4000	1,04
8000	0,77



Reverberation Time in accordance with ISO 3382-2

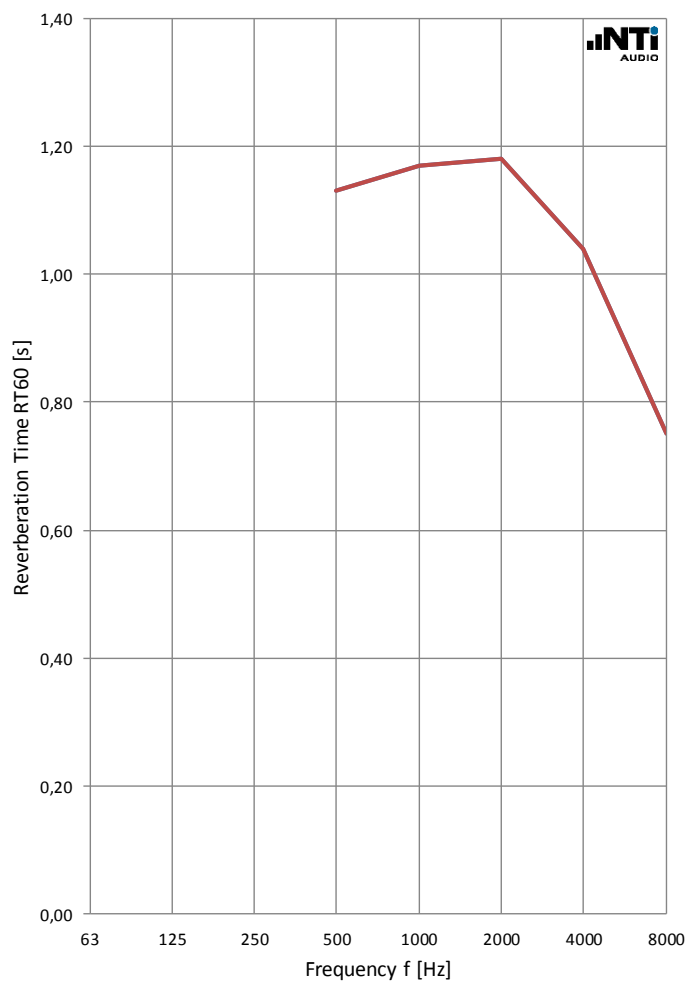
Measurement of reverberation time in ordinary rooms

Client: RCN
 Object: ESTUDIO 4
 Description: RT60

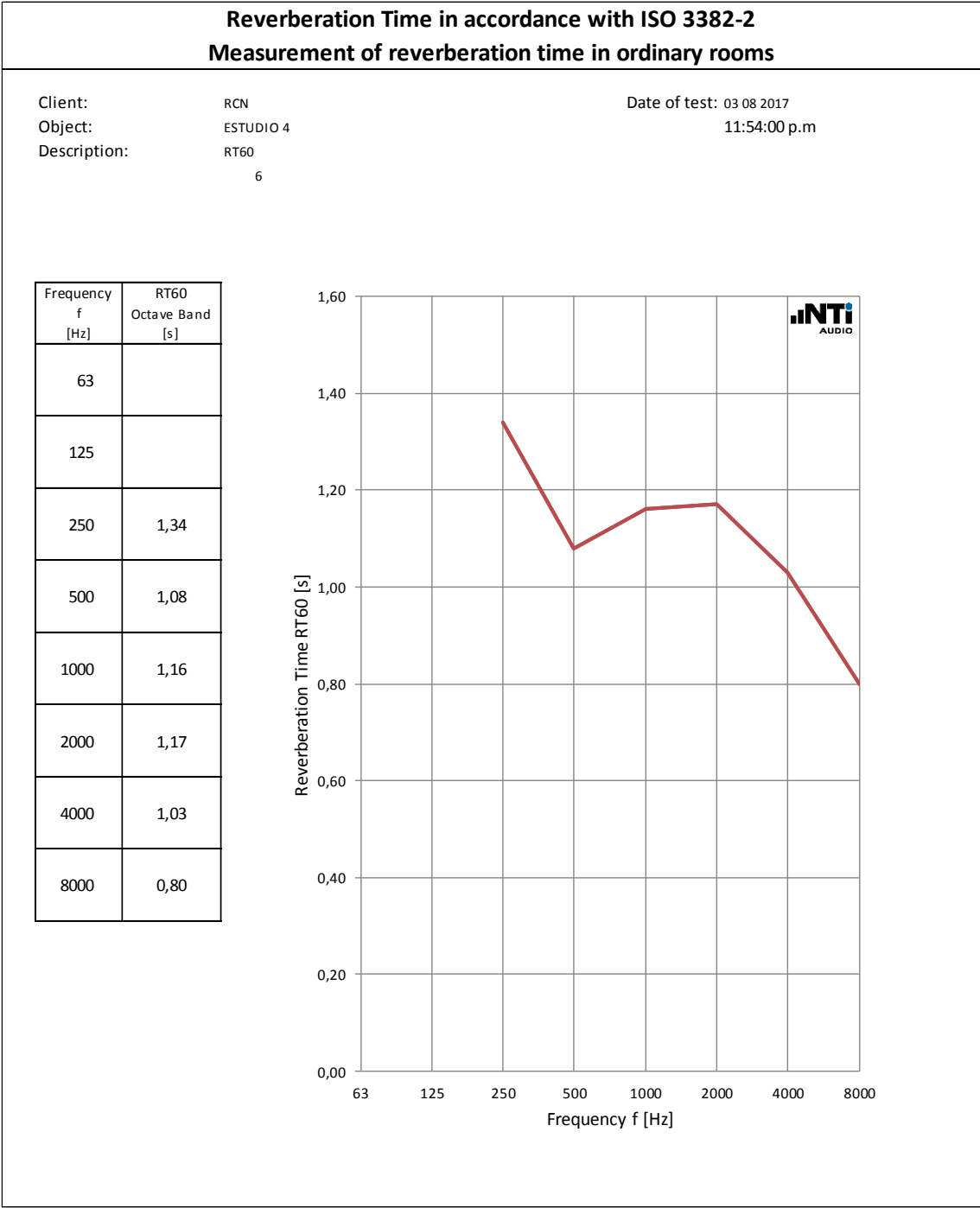
Date of test: 03/08/2017
 11:46:00 p.m.

5

Frequency f [Hz]	RT60 Octave Band [s]
63	
125	
250	
500	1,13
1000	1,17
2000	1,18
4000	1,04
8000	0,75



ANEXO F. Resultados RT60 Posición 3



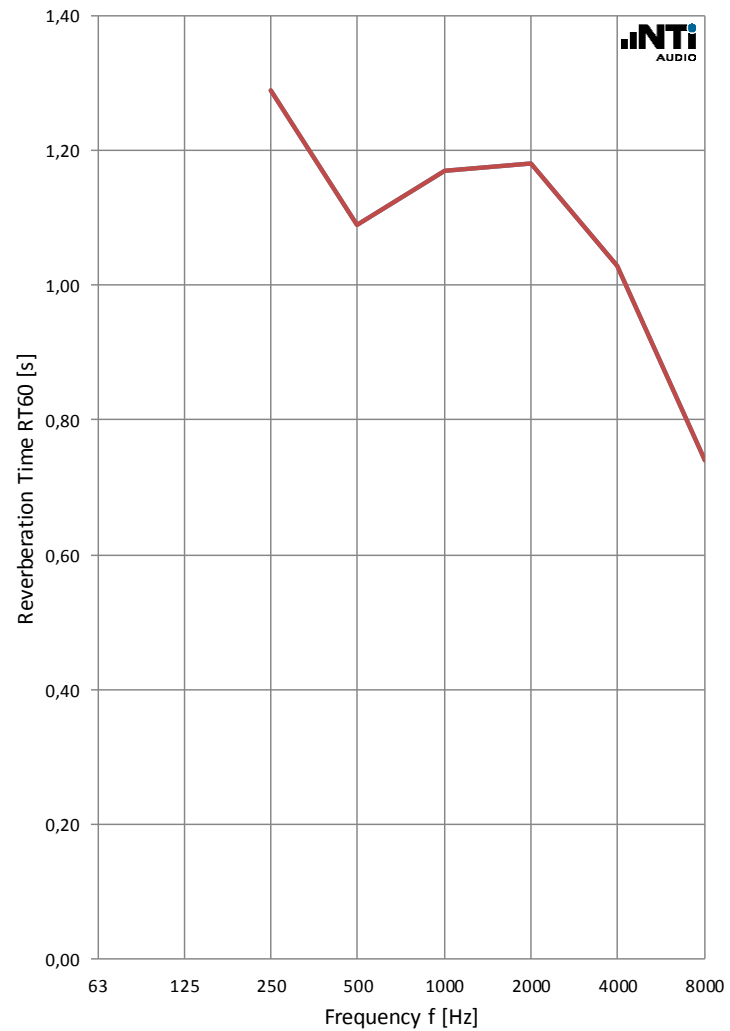
Reverberation Time in accordance with ISO 3382-2 Measurement of reverberation time in ordinary rooms

Client: RCN
Object: ESTUDIO 4
Description: RT60

Date of test: 03 08 2017
11:55:00 p.m

7

Frequency f [Hz]	RT60 Octave Band [s]
63	
125	
250	1,29
500	1,09
1000	1,17
2000	1,18
4000	1,03
8000	0,74

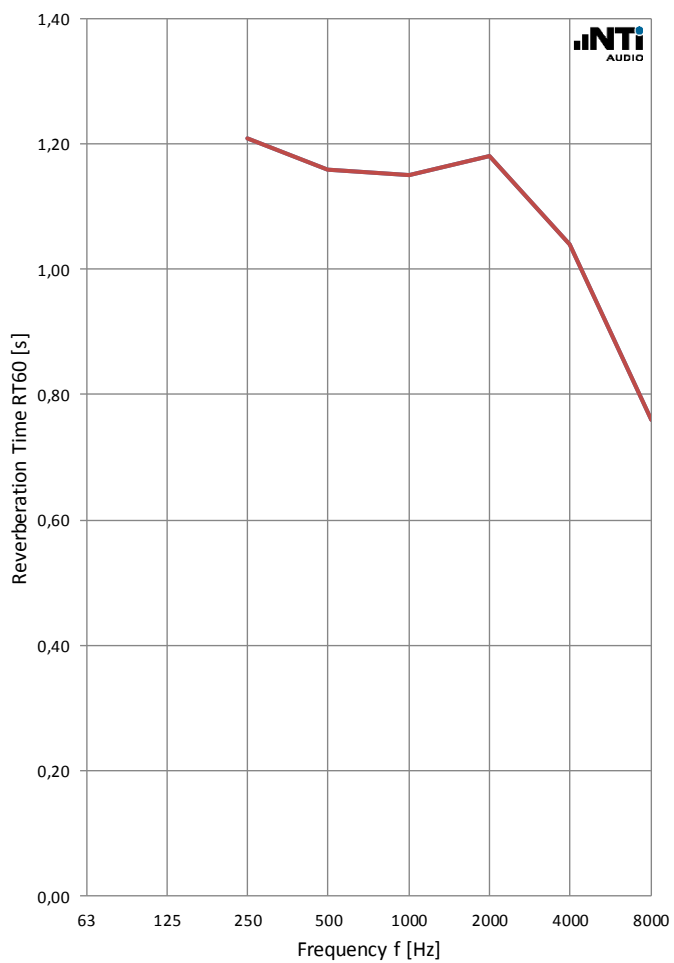


Reverberation Time in accordance with ISO 3382-2 **Measurement of reverberation time in ordinary rooms**

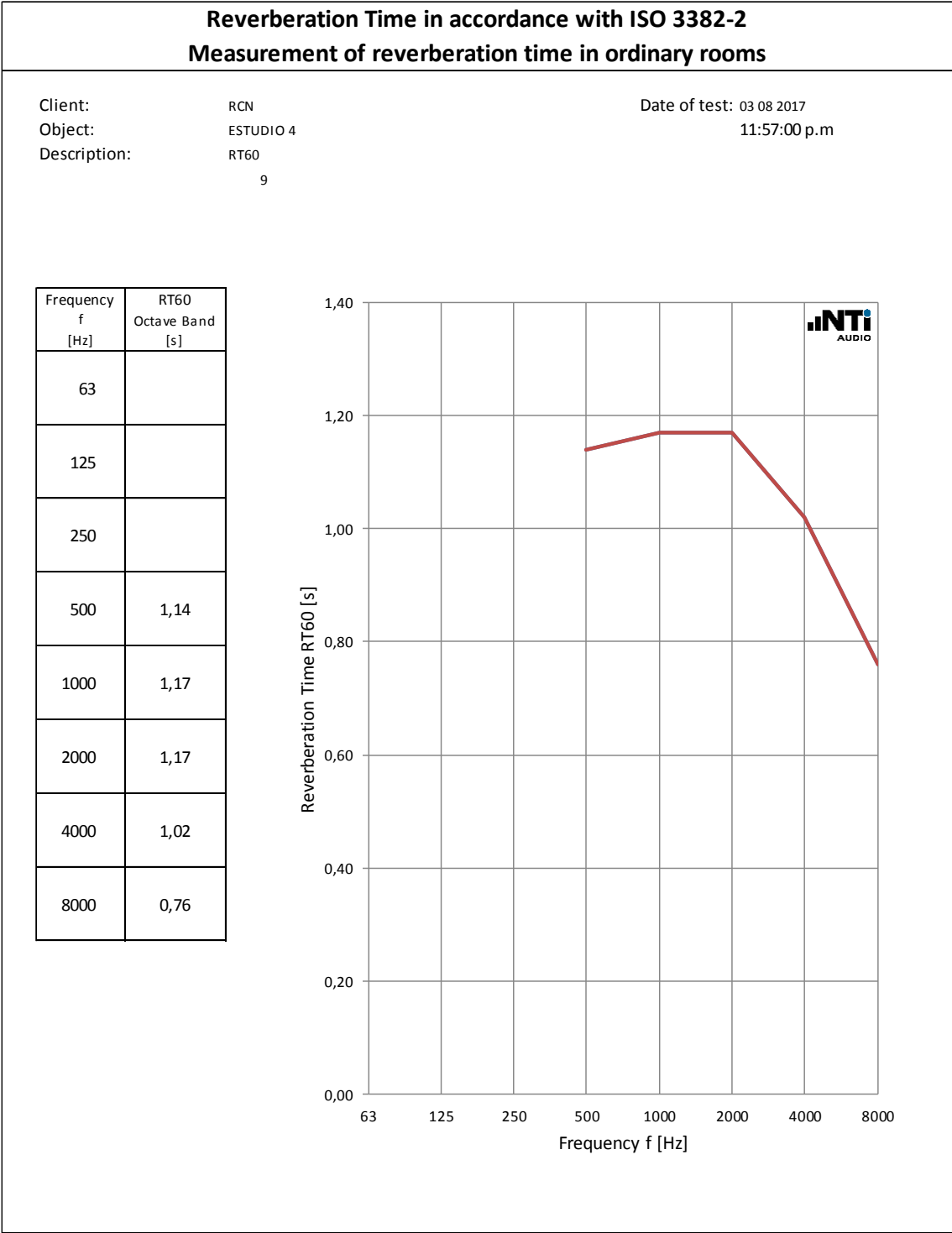
Client: RCN
 Object: ESTUDIO 4
 Description: RT60
 8

Date of test: 03 08 2017
 11:56:00 p.m

Frequency f [Hz]	RT60 Octave Band [s]
63	
125	
250	1,21
500	1,16
1000	1,15
2000	1,18
4000	1,04
8000	0,76



ANEXO G. Resultados RT60 Posición 4



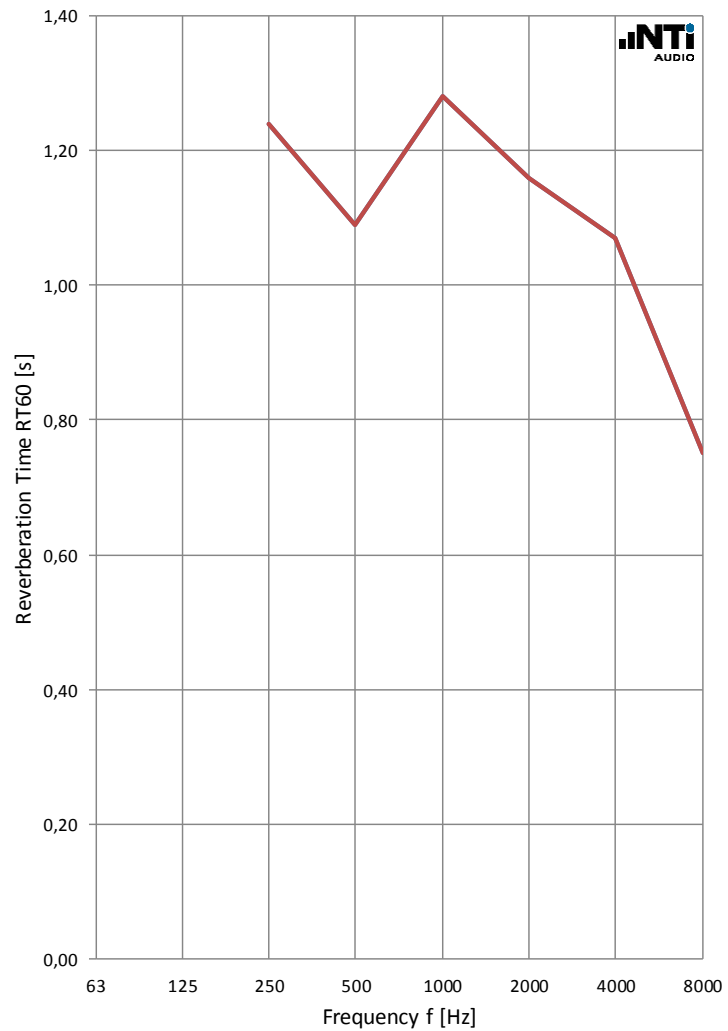
Reverberation Time in accordance with ISO 3382-2

Measurement of reverberation time in ordinary rooms

Client: RCN
 Object: ESTUDIO 4
 Description: RT60
 10

Date of test: 03 08 2017
 11:58:00 p.m

Frequency f [Hz]	RT60 Octave Band [s]
63	
125	
250	1,24
500	1,09
1000	1,28
2000	1,16
4000	1,07
8000	0,75

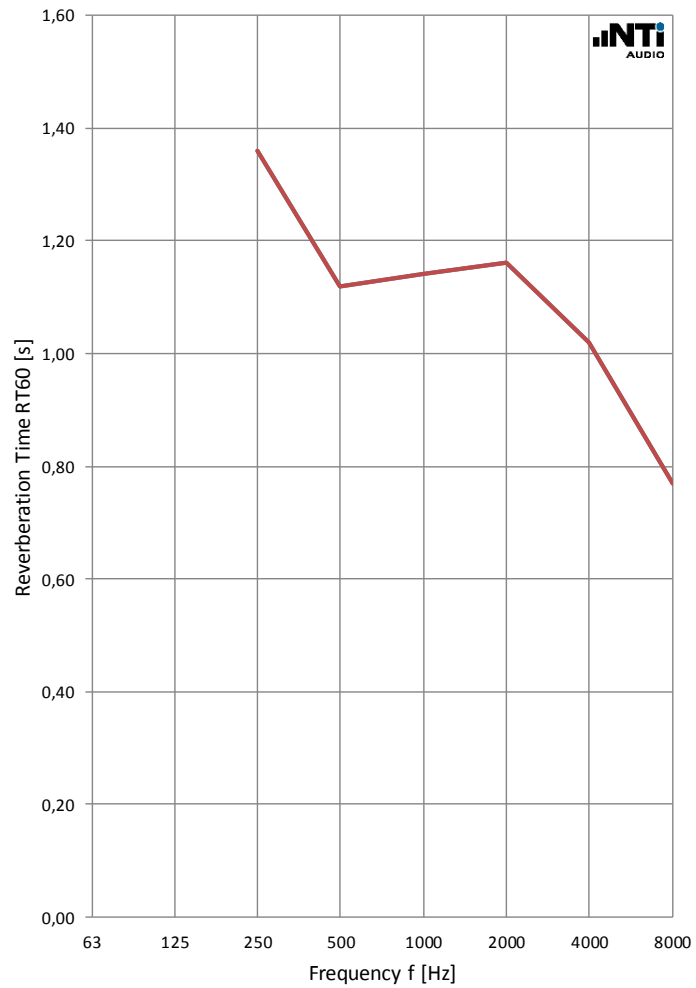


Reverberation Time in accordance with ISO 3382-2 **Measurement of reverberation time in ordinary rooms**

Client: RCN
 Object: ESTUDIO 4
 Description: RT60
 0

Date of test: 04 08 2017
 12:01:00 a.m

Frequency f [Hz]	RT60 Octave Band [s]
63	
125	
250	1,36
500	1,12
1000	1,14
2000	1,16
4000	1,02
8000	0,77



ANEXO H. Resultados RT60 Posición 5

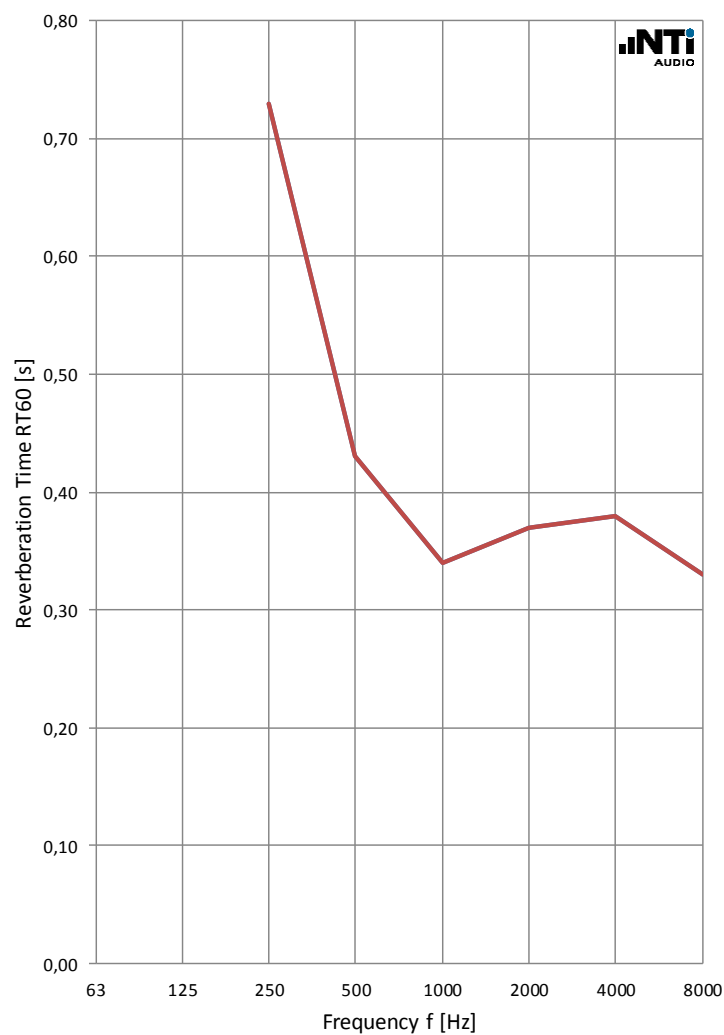
Reverberation Time in accordance with ISO 3382-2 Measurement of reverberation time in ordinary rooms

Client: RCN
Object: ESTUDIO 4
Description: RT60

Date of test: 04 08 2017
12:41:00 a.m

1

Frequency f [Hz]	RT60 Octave Band [s]
63	
125	
250	0,73
500	0,43
1000	0,34
2000	0,37
4000	0,38
8000	0,33



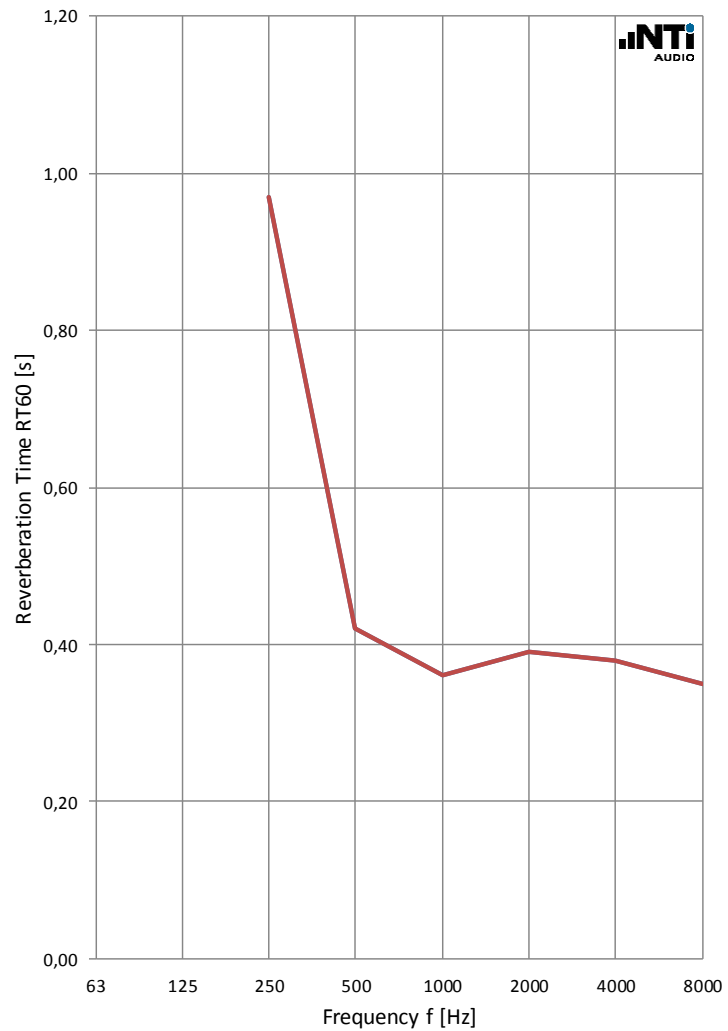
Reverberation Time in accordance with ISO 3382-2

Measurement of reverberation time in ordinary rooms

Client: RCN
 Object: ESTUDIO 4
 Description: RT60
 2

Date of test: 04 08 2017
 11:42:00 a.m

Frequency f [Hz]	RT60 Octave Band [s]
63	
125	
250	0,97
500	0,42
1000	0,36
2000	0,39
4000	0,38
8000	0,35



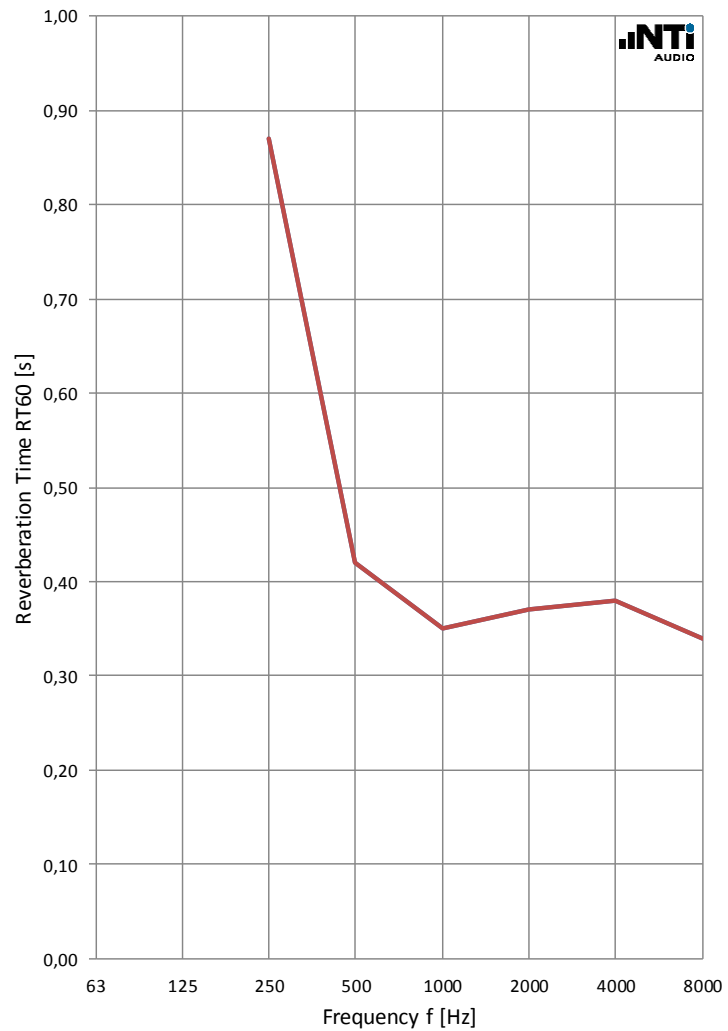
Reverberation Time in accordance with ISO 3382-2

Measurement of reverberation time in ordinary rooms

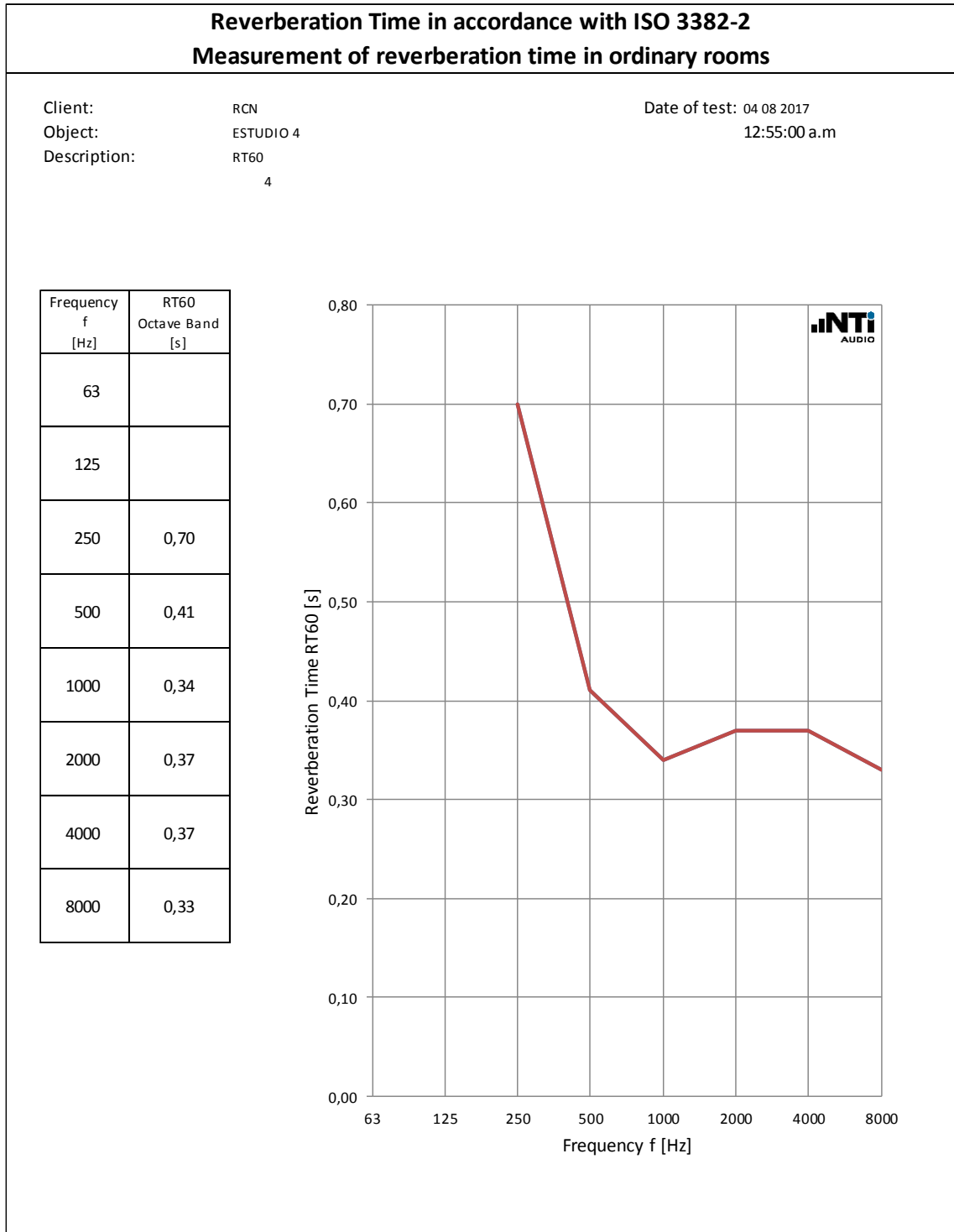
Client: RCN
 Object: ESTUDIO 4
 Description: RT60
 3

Date of test: 04 08 2017
 12:44:00 a.m

Frequency f [Hz]	RT60 Octave Band [s]
63	
125	
250	0,87
500	0,42
1000	0,35
2000	0,37
4000	0,38
8000	0,34



ANEXO I. Resultados RT60 Posición 6



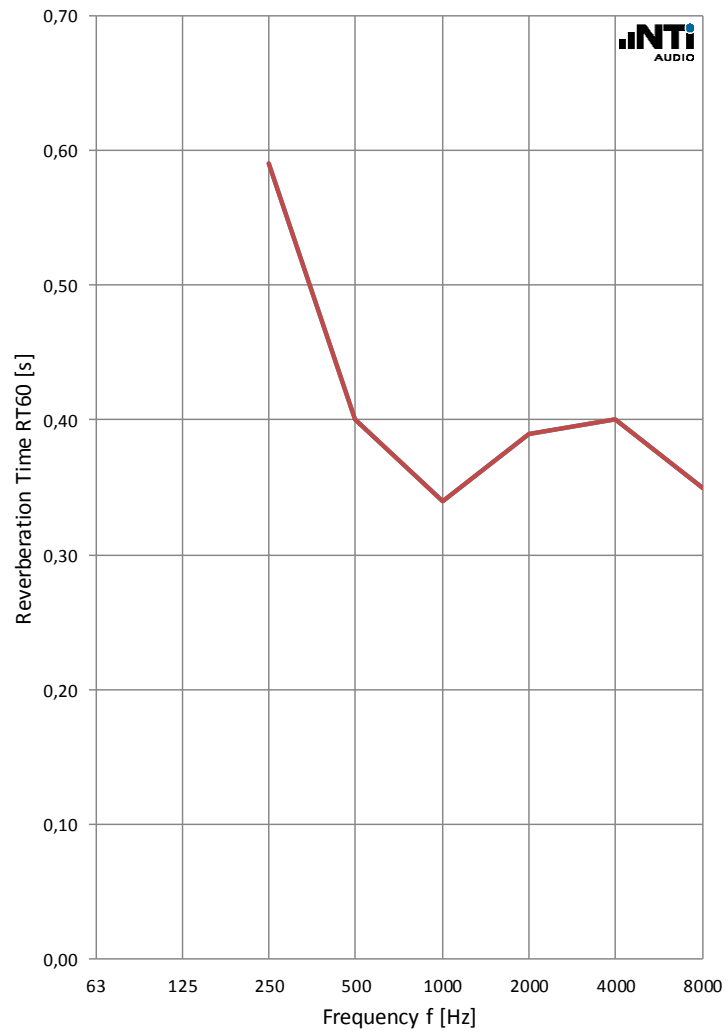
Reverberation Time in accordance with ISO 3382-2

Measurement of reverberation time in ordinary rooms

Client: RCN
 Object: ESTUDIO 4
 Description: RT60
 5

Date of test: 04 08 2017
 12:56:00 a.m

Frequency f [Hz]	RT60 Octave Band [s]
63	
125	
250	0,59
500	0,40
1000	0,34
2000	0,39
4000	0,40
8000	0,35

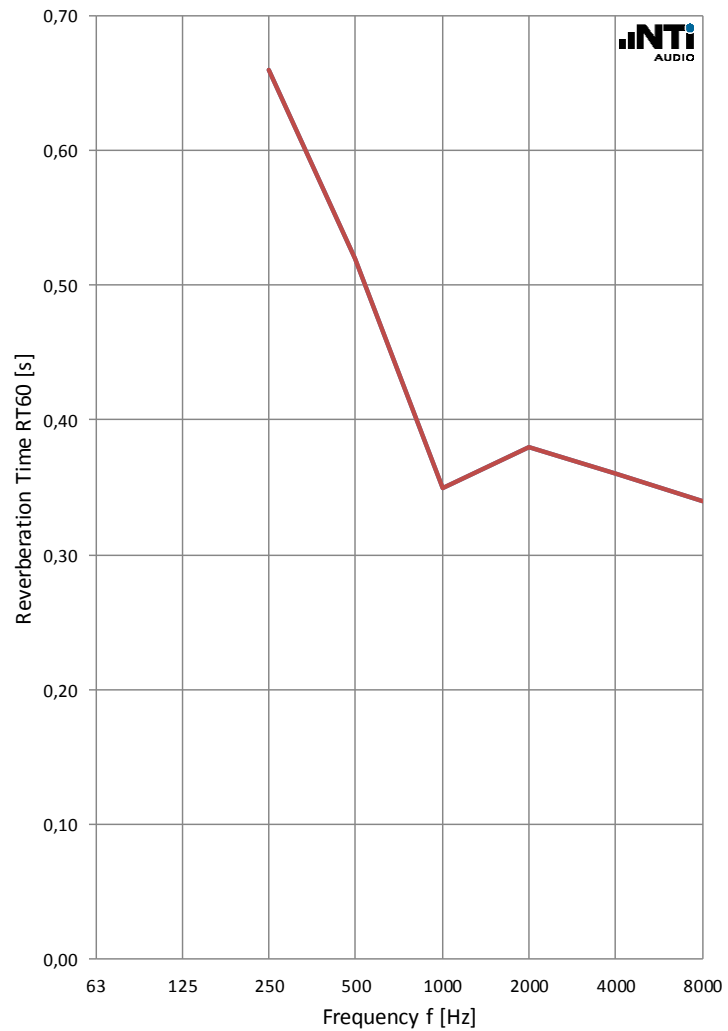


Reverberation Time in accordance with ISO 3382-2 **Measurement of reverberation time in ordinary rooms**

Client: RCN
 Object: ESTUDIO 4
 Description: RT60
 6

Date of test: 04 08 17
 12:57:00 a.m

Frequency f [Hz]	RT60 Octave Band [s]
63	
125	
250	0,66
500	0,52
1000	0,35
2000	0,38
4000	0,36
8000	0,34



ANEXO J. Analizador Acústico y de Audio XL2 NTi Audio ²⁵



Sonómetro completo y muy avanzado, el dispositivo XL2 mide RTA y FFT en alta resolución, tiempo de reverberación (RT60), polaridad, delay y THD + N. Hay también características opcionales, tales como medición de inteligibilidad del habla (STIPA), funciones acústica avanzadas, noise curves, calibración de cine, análisis "aceptado"/"rechazado" y adquisición de datos de medida a distancia. La opción "Type Approval Option" actualiza el instrumento a la versión XL2-TA (sonómetro homologado).

Su amplia gama de funciones está diseñada para tareas de medición en:

- Sonido Instalado
- Sistemas de seguridad y prevención de riesgos
- Medición de ruido
- Sonido en directo y espectáculos
- Broadcast
- Acústica en edificios
- Aplicaciones de tipo industrial y aeroespacial
- "GO"/"NO GO" en controles de calidad

²⁵ (NTi Audio)

Niveles Sonoros

- SPL real, Lmin, Lmax, Lpeak, Leq, Leq deslizante
- Ponderación de frecuencia: A, C, Z (= plana) simultaneously
- Ponderación de tiempo: impulso rápido, lento y opcionales simultaneously
- Valores de corrección k1, k2
- Monitorización de límite; muestra los niveles de sonido superiores a un umbral determinado
- Interfaz de E/S digitales para el control de periféricos externos
- Nivel de exposición sonora (LAE) (opcional)
- Estadísticas porcentuales para Lxy (x= A, C or Z, y= F, S or EQ1"): 1 - 99% (opcional)
- Niveles calculados: LCeq - LAeq, LAeq - LAeq, LAFT5eq-LAeq (opcional)
- Nivel máximo Clock-impulso "TaktMax" según DIN 45645-1 (opcional)

Analizador de Espectro

- Espectro de 1/3 de octava, 1/1 octava
- Ponderación de frecuencia: A, C, Z (= plana)
- Ponderación de tiempo: impulso rápido, lento y opcionales
- Estadísticas porcentuales para Lxy (x= A, C or Z, y= F or S): 1 - 99% (opcional)

Almacenamiento en Tarjeta SD

- Todos los niveles simultaneously
- Niveles de corto tiempo, incluyendo espectro durante 1 segundo o más
- Ficheros Wav for listening (compressed)
- Data logging in intervalos de 100 ms (opcional)
- Ficheros Wav lineales a 24 bits/48 kHz (opcional)

Analizador Acústico

- Análisis FFT
- Tiempo de reverberación RT60
- Polaridad
- Retraso
- 1/12 Octave Analysis (optional)
- Indicación de aprobación/no aprobación de medidas (opcional)
- Noise curves (NC, RNC, RC, PNC, NR)

Analizador STIPA (opcional)

- Medición de la inteligibilidad del habla
IEC60268-16 (edición 4.0, 3.0 y 2.0), ISO 7240-16, ISO 7240-19, DIN VDE 0828-1, DIN VDE 0833-4
- Corrección del ruido ambiental
- Promedio automatizado
- Índices de modulación

Analizador de audio

- Nivel RMS
- THD+N
- Frecuencia
- Osciloscopio
- Spectrum Analysis (1/3, 1/1 octave)
- Análisis FFT
- 1/12 Octave Analysis (optional)
- Indicación de aprobación/no aprobación de medidas (opcional)

ANEXO K. Vidrio Doble NC15

Sound Insulation Prediction (v7.0.6)

Program copyright Marshall Day Acoustics 2012

- Key No. 1319

Margin of error is generally within STC +/- 3 dB

Job Name:

Job No.:

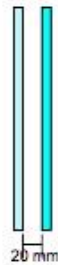
Page No.:

Notes:

Date: 9 Jun 18

Initials: Frank Serrano

File Name: insul



STC 40

OITC 31

System description

First pane: 1 x 10.0 mm Laminated Glass (PVB 0.76mm) (m=24.3 kg/m², fc=1770 Hz, Damping=0.06)

Second pane: 1 x 10.0 mm Glass (m=24.3 kg/m², fc=1399 Hz, Damping=0.02)

frequency (Hz)	TL(dB)	TL(dB)
50	21	
63	21	21
80	21	
100	18	
125	23	21
160	29	
200	31	
250	33	33
315	35	
400	36	
500	38	38
630	39	
800	41	
1000	42	41
1250	40	
1600	39	
2000	42	42
2500	45	
3150	48	
4000	51	50
5000	54	



ANEXO L. Vidrio 8mm Lam NC25

Sound Insulation Prediction (v7.0.6)

Program copyright Marshall Day Acoustics 2012

- Key No. 1319

Margin of error is generally within STC +/- 3 dB

Job Name:

Job No.:

Page No.:

Notes:

Date: 9 Jun 18

Initials:Frank Serrano

File Name: insul



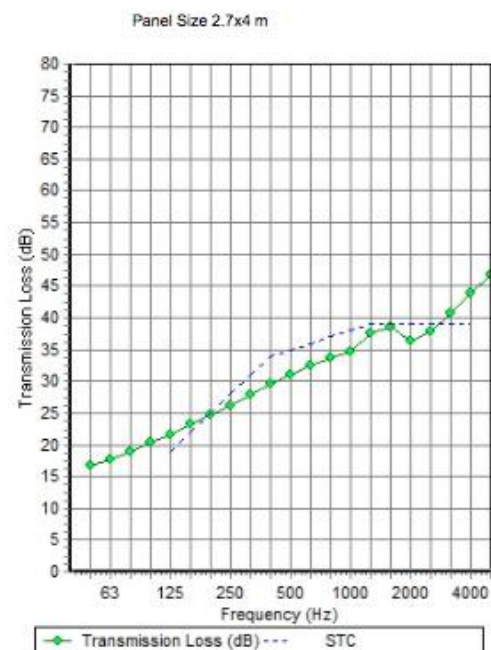
STC 35

OITC 29

System description

First pane: 1 x 8.0 mm Laminated Glass (PVB 0.76mm) (m=19.4 kg/m2, fc=2212 Hz, Damping=0.06)

frequency (Hz)	TL(dB)	TL(dB)
50	17	
63	18	18
80	19	
100	20	
125	22	22
160	23	
200	25	
250	26	26
315	28	
400	30	
500	31	31
630	32	
800	34	
1000	35	35
1250	37	
1600	39	
2000	36	38
2500	38	
3150	41	
4000	44	43
5000	47	



ANEXO M. Espuma Acústica

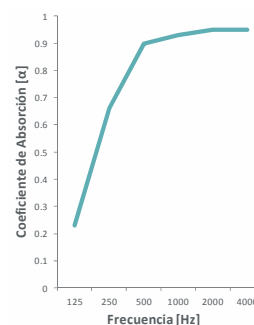
ESPUMA ACÚSTICA ACOUSTIC FOAM AFB001



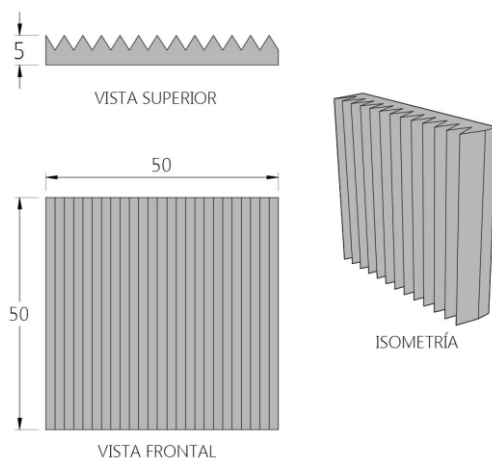
Espuma acústica de sobreponer para cielo o paredes, color gris. Ofrece un amplio control de tiempo de reverberación -RT- en frecuencias medias-altas, y control de modos normales en los recintos. Fabricada en espuma de poliuretano, foma piramidal bidimensional. Espesor de tres (2) pulgadas.

DESEMPEÑO ACÚSTICO

Frecuencia [Hz]	Coefficiente de Absorción [α]
125	0.23
250	0.66
500	0.90
1000	0.93
2000	0.95
4000	0.95



ESQUEMA



DATOS TÉCNICOS*

Modelo	Espuma AF001
Coefficiente de Absorción Acústica	$\alpha \approx 0.93$
Densidad material	20kg/m ³
Peso	750g por metro cuadrado.

Modelo	Largo (L)	Alto (H)	Ancho (W)
AF001	50cm	5 cm	50cm

Ideal para recintos donde el confort acústico sea una premisa de diseño y factor importante para el uso dado. Aplicaciones en salas de conferencias, cafeterías, templos de oración, salas de reuniones, estudios, oficinas, etc. Su acabado final lo convierte en un objeto decorativo adaptable a la estética propia del lugar, seleccionando textura y color final.

Nota: Dimensiones y especificaciones sujetas a cambios sin previo aviso.

*Prueba de desempeño: Medición in situ. Lineamientos Norma ISO 354: 1985. Medición de la Absorción Sonora en Cámara Reverberante.

ANEXO N. Puertas Acústicas

PUERTAS ACÚSTICAS

ref. PAS131

ESQUEMA

VISTA SUPERIOR

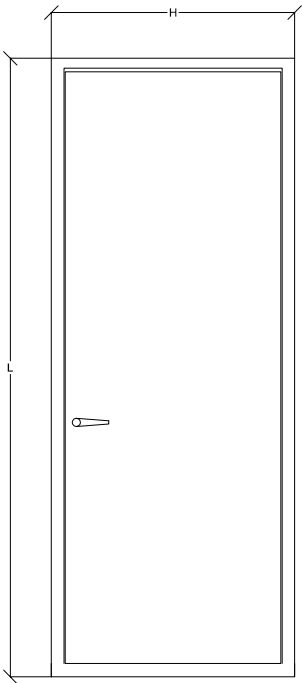


DETALLE PARTE INFERIOR DE MARCO



- A. MARCO METÁLICO PERIMETRAL
- B. SELLO ELÁSTICO PERIMETRAL
- C. MATERIAL FONOAORSORBENTE DE RELLENO
- D. CERRADURA
- E. BISAGRA

VISTA FRONTAL



Modelo	Largo (L)	Alto (H)	Espesor (W)
PAS131	máximo 1.2m	máximo 2.4m	9.0cm

Puerta acústica con nave batiente y estructura metálica, rellena de material fonoabsorbente, lana mineral de roca y/o lana de vidrio. Fabricada en chapa metálica. Con acabado en pintura electrostática al horno. Está provista de marco por los cuatro lados con sello acústico perimetral.



DATOS TÉCNICOS*

Modelo	PAS0131
Nivel de Aislamiento STC	31
Dimensiones	1.2 x 2.4m medidas máximas estándar. Espesor 9.0cm
Acabado	Pintura electrostática horneable texturizada
Niveles de sellado	1 nivel con doble empaque colapsible de neopreno
Peso	94kg aprox.

Ideal para recintos que generan gran impacto de contaminación acústica (ruido) y su aislamiento sea una premisa, como salas de maquinas, centrales eléctricas, cabinas acústicas, estudios de grabación, laboratorios, hospitales, iglesias, discotecas, bares, empresas o casas.

Nota: Dimensiones y especificaciones sujetas a cambios sin previo aviso.
*Prueba de desempeño: Medición in situ, ISO 717-1. Evaluación de Atenuación Acústica en los edificios y de los elementos de Construcción. Aislamiento a Ruido Aéreo.

ANEXO O. Divisiones Acústicas

DIVISIONES ACÚSTICAS MÓVILES

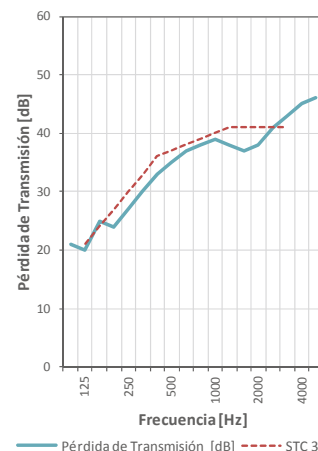
ref. **DAM1037**



División Acústica Móvil modular conformada por Paneles Acústicos Arquitectónicos Móviles Auto Portante, suspendidos de una estructura superior anclada al techo de la edificación. Cada panel permite acoplar con uno similar por los extremos izquierdo y derecho, ofreciendo un sello acústico. Están fabricados en estructura metálica (aluminio + acero), poseen mecanismo para sello acústico inferior y superior además de acabado por ambas caras.

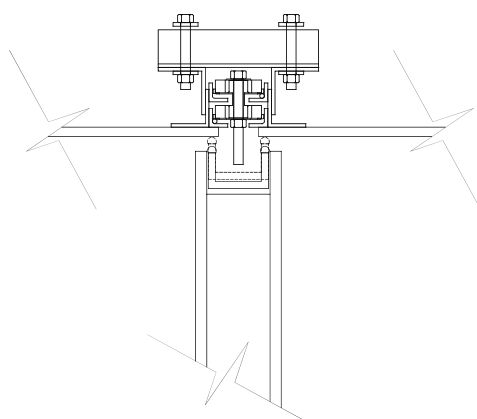
DESEMPEÑO ACÚSTICO

Frecuencia [Hz]	TL [dB]
100	21
125	20
160	25
200	24
250	27
315	30
400	33
500	35
630	37
800	38
1000	39
1250	38
1600	37
2000	38
2500	41
3150	43
4000	45
5000	46



ESQUEMA

Detalle división:



DATOS TÉCNICOS*

Modelo	DAM1037
Dimensiones de cada panel	1100x2400x110mm
Sound Transmission Class	STC 37
Peso	50kg/m² aprox.
Construcción	Estructura metálica (aluminio + acero).
Acabados disponibles	Tapizado en tela tipo escocia o lamina color madera.

Permite generar diferentes distribuciones dentro de una sala, logrando la utilización de los diferentes espacios de forma simultánea. Aplicaciones en centros de eventos, salas de conferencias, discotecas, bares, etc. Los acabados disponibles facilitan su integración al diseño arquitectónico del lugar.

Nota: Dimensiones y especificaciones sujetas a cambios sin previo aviso.

*Prueba de desempeño: Medición in situ, ISO 717-1. Evaluación de Atenuación Acústica en los edificios y de los elementos de Construcción. Aislamiento a Ruido Aéreo.