



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

COMPARATIVO ENTRE ENSAYOS DE AISLAMIENTO ACÚSTICO A RUIDO
DE IMPACTO EN EDIFICACIONES, DE ACUERDO A LAS NORMATIVAS
UNE-EN ISO 140-7 Y UNE-EN ISO 16283-2

Autores

Ricardo Vinicio Cerda Ocaña
Cristhian Javier Guanín Guerrero

Año
2018



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

COMPARATIVO ENTRE ENSAYOS DE AISLAMIENTO ACÚSTICO A RUIDO
DE IMPACTO EN EDIFICACIONES, DE ACUERDO A LAS NORMATIVAS
UNE-EN ISO 140-7 Y UNE-EN ISO 16283-2

“Trabajo de Titulación presentado en conformidad con los requisitos
establecidos para optar por el título de Ingenieros en Sonido y Acústica”

Profesor Guía

MSc. Daniel Alejandro Núñez Solano

Autores

Ricardo Vinicio Cerda Ocaña

Cristhian Javier Guanín Guerrero

Año

2018

DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

“Declaro haber dirigido el trabajo, Comparativo entre ensayos de aislamiento acústico a ruido de impacto en edificaciones, de acuerdo a las normativas UNE-EN ISO 140-7 y UNE-EN ISO 16283-2, a través de reuniones periódicas con los estudiantes, Ricardo Vinicio Cerda Ocaña y Cristhian Javier Guanín Guerrero, en el semestre 2018-2, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”.

Daniel Alejandro Núñez Solano

Máster en Ingeniería Acústica

C.I. 1716430911

DECLARACIÓN DEL PROFESOR CORRECTOR

“Declaro haber revisado este trabajo, Comparativo entre ensayos de aislamiento acústico a ruido de impacto en edificaciones, de acuerdo a las normativas UNE-EN ISO 140-7 y UNE-EN ISO 16283-2, de los estudiantes Ricardo Vinicio Cerda Ocaña y Cristhian Javier Guanín Guerrero, en el semestre 2018-2, dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”.

Miguel Ángel Chávez Avilés

Máster en Ingeniería de Edificaciones Sostenibles

C.I. 1710724848

DECLARACIÓN DE AUTORIA DEL ESTUDIANTE

“Declaramos que este trabajo es original, de nuestra autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes”.

Ricardo Vinicio Cerda Ocaña

CI: 180393466-8

Cristhian Javier Guanín Guerrero

CI: 171839305-9

AGRADECIMIENTOS

Como equipo de trabajo queremos agradecer a cada una de las personas que ayudaron de manera directa e indirectamente a lo largo de nuestra carrera universitaria, brindándonos su apoyo, motivación y afecto.

DEDICATORIA

Dedicamos este trabajo de titulación a nuestros familiares que han estado en cada momento de nuestra vida, inculcándonos valores, humildad y sacrificio para alcanzar cada una de las metas propuestas y llegar a ser personas de bien.

RESUMEN

En la actualidad el aislamiento acústico en edificaciones residenciales es uno de los principales problemas en cuanto a la comodidad de los habitantes corresponde; donde las quejas por exceso de ruido producido en el exterior de sus viviendas, como tráfico vehicular, o producido por recintos colindantes como golpes, o saltos. Para la realización de este tipo de trabajo, se necesita cuantificar el nivel de aislamiento acústico a ruido de impacto en una vivienda, por lo cual se recomienda el uso de las normativas UNE EN ISO 16283-2, la cual es la normativa internacional actual, que refiere a “Medición in situ del aislamiento acústico en los edificios y en los elementos de construcción. Parte 2: Aislamiento a ruido de impacto”, la misma que anula la anterior norma para este tipo de mediciones la cual es UNE EN ISO 140-7, para “Medición del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 7: Medición in situ del aislamiento a ruido de impacto”.

En el presente trabajo, se realiza un análisis y comparación entre las normativas mencionadas, para según los resultados obtenidos en las mediciones utilizando cada una de las normativas en cada recinto, analizar y verificar cuál de las dos tiene un método más preciso, y considere factores más relevantes e importantes para la evaluación del aislamiento acústico a ruido de impacto, en conjunto con la expresión de las incertidumbres de cada una. Para un análisis comparativo se calculó una muestra que represente la cantidad de viviendas existentes en el Distrito Metropolitano de Quito, pero debido a las limitaciones de la tesis se redujo el mismo, a un número de recintos que se puedan cumplir en el tiempo y con el presupuesto adecuado, con el fin de tener resultados significativos y comparables en un mínimo estadístico.

Concluyendo, que la metodología descrita y detallada en cada normativa, en conjunto con sus definiciones, rangos y limitaciones, afecta el resultado de confiabilidad en valores globales que se obtuvieron al aislamiento a ruido de impacto.

ABSTRACT

At present the acoustic isolation in buildings for housing is one of the main problems they present in the comfort of the inhabitants; where complaints about excessive noise produced outside their homes, such as vehicular traffic, or produced by adjoining enclosures such as blows, or jumps. For the realization of this type of work, it is necessary to quantify the level of acoustic insulation to impact noise in a house, for which the use of UNE EN ISO 16283-2, which is the current international regulation, is recommended. which refers to "In situ measurement of acoustic insulation in buildings and building elements. Part 2: Isolation to impact noise ", the same that cancels the previous norm for this type of measurements which is UNE EN ISO 140-7, for "Measurement of acoustic insulation in buildings and building elements. Part 7: In situ measurement of impact noise insulation ".

In the present work, an analysis and comparison between the regulations is carried out, according to the results obtained in the measurements using each of the regulations in each precinct, analyzing and verifying which of the two has a more efficient method for the evaluation of the acoustic insulation to impact noise, together with the expression of the uncertainties of each one. For a comparative analysis, a sample that represents the number of existing houses in the metropolitan district of the city of Quito was calculated, but due to the limitations of the thesis, it was reduced to several enclosures that can be met in time and with the appropriate budget, to have significant and comparable results in a statistical minimum.

Concluding, that the methodology described and detailed in each regulation, together with its definitions, ranges and limitations, affects the reliability result in global values that were obtained when isolating impact noise.

ÍNDICE

1. Capitulo I. Introducción	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Justificación	5
1.3 Objetivos	8
1.3.1 Objetivo General.....	8
1.3.2 Objetivos Específicos	9
1.4 Alcance	9
2. Capitulo II. Marco Teórico	10
2.1 Fuentes de ruido.....	10
2.2 La energía sonora transmitida en edificaciones.....	10
2.2.1 Ondas en elementos sólidos	11
2.3 Aislamiento Acústico	12
2.3.1 Magnitudes físicas para el aislamiento acústico.....	13
2.3.1.1 Pérdida de transmisión de ruido	13
2.3.1.2 Diferencia de nivel	13
2.3.2 Transmisión sonora entre dos medios	14
2.3.3 Transmisión sonora entre dos espacios.....	15
2.3.3.1 Propagación del sonido a través de múltiples materiales en los entrepisos.....	18
2.4 Dilucidación del aislamiento acústico a ruido de impacto	18
2.4.1 Aislamiento de una partición o pared Simple.....	19
2.4.1.1 Zona 1: Aislamiento por rigidez	20
2.4.1.2 Zona 2: Ley de masas	21

2.4.1.3 Zona 3: Efecto de coincidencia	22
2.4.2 Aislamiento de una pared doble o múltiple	22
2.4.3 Parámetros para el aislamiento acústico	23
2.5 Muestreo	25
2.5.1 Fundamentos del muestreo	26
2.5.2 Población	26
2.5.3 Muestra	26
2.5.4 Unidad de muestra	27
2.5.5 Marco Muestral	27
2.5.6 Muestreo Aleatoria Simple	27
2.5.7 Estimación total poblacional	28
2.5.8 Estimación de la media poblacional	28
2.5.9 Estimación de la proporción poblacional	29
2.5.10 Intervalo de confianza	29
2.6 Revisión de la normativa UNE-EN ISO 717-2	30
2.6.1 Antecedentes	30
2.6.2 Perspectiva Actual	31
2.7 Incertidumbre en la medida	32
2.7.1 Conceptos	32
2.7.1.1 Mesurando o magnitud de salida	32
2.7.1.2 Desviación Típica	33
2.7.1.3 Incertidumbre Típica de medida	33
2.7.1.4 Incertidumbre Combinada	34
2.7.1.5 Incertidumbre Expandida	34
2.7.1.6 Factor de Cobertura	34
2.7.2 Tipos de evaluación de incertidumbre	35

2.7.2.1 Evaluación tipo “A”	35
2.7.2.2 Evaluación tipo “B”	36
2.7.3 Evaluación de la incertidumbre en la estimación de salida	37
2.7.4 Evaluación de la incertidumbre en la estimación de entrada	37
2.7.5 Importancia del cálculo de incertidumbres en ensayos de aislamiento acústico	38
2.7.6 Metodología para el cálculo de incertidumbre.....	39
2.7.6.1 Método de propagación de incertidumbre	39
2.7.6.2 Método de Montecarlo	39
2.7.6.3 Método de Repetibilidad.....	40
3. Capitulo III. Metodología	41
3.1 Medida del aislamiento al ruido de impacto	41
3.1.1 Ensayos de aislamiento in situ.....	42
3.1.2 Mediciones in situ para aislamiento a ruido de impacto	43
3.2 Tamaño de la muestra por estimación de la proporción poblacional	44
3.3 Equipamiento para mediciones in situ de aislamiento a ruido de impacto.....	46
3.4 Procedimiento para mediciones “in situ” de ruido de impacto ..	48
3.4.1 Procedimiento con la normativa UNE EN ISO 140-7	51
3.4.2 Procedimiento con la normativa UNE EN ISO 16283-2	54
3.4.3 Procedimiento para la medición del tiempo de reverberación	56
3.4.4 Procedimiento para el cálculo del tiempo de reverberación	59
3.5 Metodología para comparación de valores globales	60
3.5.1 Método UNE EN ISO 717-2	60

3.6 Procedimiento para evaluación del valor único en el proyecto.....	62
3.7 Procedimiento para la evaluación de magnitudes globales de aislamiento acústico.....	62
3.8 Procedimiento del cálculo de incertidumbre en ensayos acústicos	64
3.8.1 Incertidumbre por equipos de medición	65
3.8.1.1 Corrección de calibración eléctrica del nivel de presión sonora con ponderación $\Delta(\delta PFE)$	65
3.8.1.2 Corrección de calibración acústica del nivel de presión sonora con ponderación $\Delta(\delta PFA)$	66
3.8.1.3 Corrección asociada a la linealidad del sonómetro (δLS)	66
3.8.1.4 Corrección asociada a la ponderación temporal (δPT)	67
3.8.1.5 Corrección asociada al ajuste inicial del sonómetro empleando un calibrador (δCA)	67
3.8.1.6 Corrección del empleo de un calibrador sobre su valor certificado (δCC).....	68
3.8.1.7 Corrección incorporada a la resolución finita del valor de indicación del sonómetro (δES)	69
3.8.1.8 Corrección incorporada a las variaciones de temperatura (δTS)	69
3.8.2 Incertidumbre por repetición de las medidas	70
3.8.2.1 Cálculo de incertidumbre para ensayos de niveles de presión sonora	70
3.8.2.2 Cálculo de incertidumbre para ensayos de aislamiento	75
3.8.3 Cálculo de incertidumbre asociada a valores únicos	79

3.9 Marco legal	81
3.9.1 Documento Básico HR- Protección frente al ruido 2009	81
3.9.1.1 Recintos Protegidos	82
3.9.1.2 Recintos Habitables	82
4. Capítulo IV. Resultados	83
4.1 Resultado de la comparación textual de normativas	83
4.1.1 Objeto principal de las normativas	83
4.1.2 Objeto y campo de aplicación	84
4.1.3 Definiciones	85
4.1.3 Equipo e Instrumentación	89
4.1.5 Rango de frecuencias	90
4.1.3 Generación de campo sonoro	90
4.1.7 Posiciones de micrófono	91
4.1.8 Medición de tiempo de reverberación	92
4.1.9 Tiempos de reverberación	94
4.1.10 Registro de resultados	95
4.1.11 Directrices adicionales	96
4.1.12 Tipos de recintos específicos	98
4.1.13 Tipos de forjados	100
4.1.14 Ejemplos de posiciones según la medición horizontal o vertical	100
4.1.15 Procedimiento a baja frecuencia	106
4.2 Diferencias de tipos de forjados	107
4.3 Resultados de los ensayos de aislamiento	108
4.3.1 Resultados totales con el parámetro $L_{nt,w}$	108

4.3.1.1 Resultados totales con el parámetro Lnt,w en recintos menores a $25m^3$	110
4.3.1.2 Resultados totales con el parámetro Lnt,w en recintos mayores a $25m^3$	112
4.3.2 Resultados totales con el parámetro Ln,w.	114
4.3.2.1 Resultados totales con el parámetro Lnt,w en recintos menores a $25m^3$	115
4.3.2.2 Resultados totales con el parámetro Lnt,w en recintos mayores a $25m^3$	117
4.3.3 Resultados frecuenciales con el parámetro Lnt	119
4.3.3.1 Resultados frecuenciales con el parámetro Lnt para cada forjado	119
4.4 Resultados totales con el parámetro Lnt para cada normativa	138
4.5 Resultados del cálculo de incertidumbre medida.....	142
4.4.1 Resultados totales del cálculo de incertidumbre medida	142
4.4.2 Resultados parciales del cálculo de incertidumbre medida	143
5. Conclusiones y Recomendaciones	146
5.1 Conclusiones	146
5.2 Recomendaciones	147
REFERENCIAS	149
ANEXOS	153

1. Capítulo I. Introducción

1.1 Antecedentes

Actualmente el ruido constituye un grave problema de contaminación alrededor del mundo, generado específicamente por dos tipos de fuentes sonoras, fuentes fijas (maquinaria) y fuentes móviles (ruido por tráfico). La mayoría de los seres humanos al escuchar la palabra ruido piensan únicamente en sonido que se transmite a través de partículas de aire ignorando por completo que el ruido se transmite estructuralmente mediante medios sólidos. “El fenómeno del ruido entre pisos tiene muchas fuentes que se pueden dividir en fuentes transportadas por el aire y por la estructura” (Kim et al., 2017).

El ruido constituye un grave problema de contaminación alrededor del mundo debido al desarrollo urbanístico de las ciudades, además, el crecimiento demográfico existente en algunas ciudades da como resultado lugares muy ruidosos donde cada vez se empeora la calidad de vida tanto de personas como animales. “Uno de los principales problemas de la ciudad moderna es el crecimiento del tráfico urbano. Su incremento eleva las externalidades ambientales tales como el ruido, la polución, desechos tóxicos entre otros” (Martínez, 2005)

Los ruidos transmitidos por vía aérea y de manera estructural, pueden transformarse en un problema económico, causando depreciación de un inmueble, debido a que estos no cumplen con un aislamiento de ruido adecuado. “En los últimos años, el ruido entre pisos en los edificios de apartamentos se ha convertido en un problema comunitario importante y se han informado muchos trabajos de investigación para mitigarlo” (Kim et al., 2017).

El espectro frecuencial más difícil de controlar en la transmisión de ruido de impacto es el sonido que poseen ciertos componentes en bajas frecuencia, debido a su amplia longitud de onda, que por su condición causa mayor problema al momento de pretender eliminarlo.

“En acústica de edificios, se conoce el ruido de impacto como la respuesta vibroacústica de un elemento del entrepiso sometido a una excitación directa como pasos, golpes, objetos y desplazamiento de muebles, entre otros” (Barrera, 2008). En donde los principales perjudicados de este fenómeno son las personas que cohabitan en el mismo recinto, o en recinto inferiores a este, algo que puede convertirse en un problema mucho más molesto si se trata de lugares de descanso como lo son habitaciones o dormitorios, etc.

Barrera (2008) concluye que el confort de las personas que habitan en edificios residenciales se debe al diseño del entrepiso, el mismo que debe tener una baja transmisión de ruido de impacto, o presentar una solución a dicho problema, teniendo en cuenta que esto es una de las principales causas de molestia entre vecinos.

A nivel general, las regulaciones de ruido de impacto deben encontrarse estipuladas en la ordenanza de construcción de cada ciudad, donde se indique el nivel de presión acústica máxima que debe tener el recinto colindante, al recinto donde se genera el ruido de impacto. Algo que no sucede, si revisamos la Norma Ecuatoriana de Construcción, la cual “tiene la finalidad de regular los procesos que permitan cumplir con las exigencias básicas de seguridad y calidad en todo tipo de edificaciones como consecuencia de las características del proyecto, la construcción, el uso y el mantenimiento; especificando parámetros, objetivos y procedimientos (NEC, 2015), donde no se establece ninguno de estos parámetros.

Los materiales que utilizan en los diferentes tipos de forjados son cruciales en cuanto a la comodidad y al aislamiento a ruido de impacto en las edificaciones, un gran ejemplo es la utilización de caucho de llantas recicladas en viviendas en Korea; estudios realizados por Ji-Hoon Park, establecen que “por esta razón en residencias, estudios y departamentos están continuamente en progreso para bloquear el ruido entre los pisos. Como resultado de ello, el tipo de losa principalmente usada en la actualidad para contrarrestar el ruido de impacto consiste en solo aumentar el grosor de las vigas estructurales o usa materiales elásticos de peso ligero. Sin embargo, este tipo de estructura tiene tal problema ya que no solo aumenta el espesor del piso sino también el costo total de la construcción” (Park J. et al., 2015). Otro caso, es el uso de piso flotante, con relleno de lana mineral en departamentos múltiples, donde se midieron varios revestimientos de madera, en el cual según Hyun Kim “Investigamos cómo el aislamiento acústico de impacto se ve afectado por factores como el grosor, la densidad y la dirección de la fibra de la lana mineral y la existencia de una capa viscoelástica” (Kim H. et al., 2006). Por lo cual se puede afirmar que no solo dependen de cambiar por un material en el armado de los forjados, sino que dependen de muchos más factores, en donde no solo es indispensable el valor económico, sino el tipo de viviendas donde son utilizados, y el peso que los mismos generan.

De igual manera el avance, y el uso de nuevas edificaciones sustentables, también plantean una problemática en este aspecto, ya que muchos no están pensados en el aislamiento a ruido de impacto sino solo a su fácil montaje y prefabricación, “estas construcciones se realizan dentro de las plantas de la industria donde los costos se minimizan de antemano y donde se garantiza que se produzca la menor cantidad posible de desechos, de acuerdo con los propósitos del protocolo de Kioto.

Sin embargo, las actuaciones acústicas no siempre están en el rango superior, como, por ejemplo, el ruido de impacto en construcciones de madera es la causa

más común de queja por parte de los habitantes de dichos recintos ya que en este tipo de edificios livianos los métodos habituales de reducción de impactos no funcionarán correctamente.” (Caniato M., 2017) y he aquí el planteamiento de nuevas y continuas investigaciones.

El cálculo de la incertidumbre es crucial para un proyecto de acústica debido a que en la mayoría de ensayos se trata de realizar mediciones siguiendo una metodología que se plasma en una normativa, para posteriormente verificar los resultados obtenidos. “La incertidumbre de medida es un parámetro asociado al resultado de una medición que caracteriza la dispersión de los valores que pueden atribuirse al mensurando. La expresión de un resultado se considera completa, solo cuando se expresa el valor del mensurando junto con la incertidumbre asociada a dicho mensurando” (Martinez y Struch, 2010).

Los cálculos de incertidumbre de medida son indispensables por las siguientes razones como son:

- Conocer, analizar y cuantificar los elementos y procedimientos que contribuyen a la incertidumbre y afectan a la certeza del procedimiento del ensayo, por lo cual poder reducir el nivel de afectación en los resultados. Donde se debe verificar el cumplimiento de requisitos a distintas normativas tanto para la construcción acústica, como para el control de niveles de ruido en edificaciones residenciales.
- Permiten determinar la factibilidad y la certeza que posee algún producto o procedimiento, para posteriormente realizar la comparación con la certeza que posee algún otro producto o procedimiento utilizado para realizar los ensayos de medición in situ. De esta manera se puede realizar la medición entre los dos productos o procedimientos para determinar cuál es el mejor.

Una pauta para evaluar la incertidumbre que se ha logrado cuantificar, es la proporcionada por la GUM (Guía para la expresión de incertidumbre de medida) la cual se basa en un modelo matemático completo práctico para expresar la incertidumbre.

Finalmente se ha establecido métodos de cálculo de incertidumbre para mediciones acústicas, como la ISO12999-1, en donde la norma actual ISO 16283-2 que reemplaza a la ISO 140-7, se ajuste a dicho método de incertidumbre.

1.2 Justificación

En primer lugar, la normativa UNE EN ISO 16283-2 indica el proceso para llevar a cabo las mediciones in situ del aislamiento acústico a ruido de impacto. Anteriormente el proceso para llevar a cabo estas mediciones in situ estaba dado por la normativa UNE EN ISO 140-7.

La normativa derogada UNE EN ISO 140-7 tenía ciertas consideraciones principales:

- Realizar las mediciones únicamente en recintos donde el campo sonoro fuera difuso.
- No se especificaba si los técnicos podían estar presente en el recinto o no.

La normativa vigente UNE EN ISO 16283-2 con la normativa UNE EN ISO 140-7 difiere en dichas consideraciones debido a que:

- Las mediciones se podrán realizar en recintos donde el campo sonoro se aproxime o no a un campo difuso.

- Clarifica que los técnicos pueden medir el campo sonoro ya sea utilizando micrófono de mano o un micrófono fijo.

Al tener en cuenta que en la vida real es muy difícil crear un campo sonoro difuso, nace la necesidad de realizar un comparativo entre ambas normativas para poder verificar cual es la medición que más se aproxima a los valores de la realidad. El parámetro óptimo para realizar esta verificación es la incertidumbre.

Por otro lado, en el artículo 14, de la Constitución de la República del Ecuador en el capítulo denominado del “Buen Vivir”, dice que “Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado que garantice la sostenibilidad y el buen vivir”, por lo cual el cumplimiento de dicho objetivo por parte del estado ecuatoriano debe ser llevado a cabo con el establecimiento de normativas estandarizadas, que aseguren el buen vivir de su población.

Asi mismo la Norma Ecuatoriana de Construcción (NEC,2015), promovida por la Subsecretaría de hábitat y Asentamientos Humanos del Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI), que tiene como finalidad regular procesos que cumplan las exigencias básicas de seguridad y calidad en las edificaciones, especificando parámetros, objetivos y procedimientos, no establecen dichas exigencias para el aislamiento acústico para ruido aéreo y mucho menos para ruido de impacto en edificaciones.

La norma técnica ecuatoriana de la construcción es obligatoria en todo el país a partir del 10 de enero del 2015, en el Registro Oficial N°413, contando con 10 capítulos publicados, 4 más a los publicados inicialmente el 19 de agosto de 2014 por el Sr. Ministro de Desarrollo Urbano y Vivienda. Esta misma norma técnica posee 3 ejes principales, los cuales son:

1. Seguridad Estructural de las edificaciones
2. Habilidad y Salud, basado en la funcionalidad de las edificaciones
3. Distribución de servicios Básicos

Donde claramente podemos observar en que, en su segundo eje estructural, se preocupa de la salud, de acuerdo con la funcionalidad, como por ejemplo viviendas residenciales, donde el ruido transmitido entre recintos, tanto interior como exteriormente afectan a los residentes de los inmuebles descritos.

Por lo cual existe la necesidad, de un documento donde se especifiquen estos parámetros, para mediciones y verificaciones en la protección frente al ruido de impacto, a las personas residentes del inmueble, que cumplan con los objetivos de la NEC. La misma que se basa en los siguientes criterios “(a) estableciendo parámetros mínimos de seguridad y salud, (b) mejorar mecanismos de control y mantenimiento, (c) definir principios de diseño y montaje con niveles mínimos de calidad (d) reducir el consumo energético y mejorar la eficiencia energética, (e) abogar por el cumplimiento de los principios básicos de habitabilidad, (f) fijar responsabilidad, obligaciones y derechos de los actores involucrado.” (Acuerdo Ministerial N°0028)

Por lo cual se debe plantear la modificación de esta norma técnica con el objetivo de proyectar la construcción y mantenimiento de los elementos de la misma, para poseer características acústicas que reducen la transmisión de ruido aéreo, por ruido de impacto, y por vibraciones. Para el establecer esto, se debe aplicar una normativa, donde limite niveles de aislamiento acústico y su verificación in situ, para el cumplimiento de los mismos niveles en el recinto a analizar.

Para la implementación de estas modificaciones es necesario basarnos en normativas de aislamiento acústico para edificaciones, las mismas que se han desarrollado con más anterioridad en la Comunidad Europea, específicamente

en este texto, serán las normativas de acerca de la medición in situ sobre la transmisión del ruido de impacto.

Entonces, la aplicación de estas normas de medición in situ, son de gran importancia en la verificación de los niveles adecuados de aislamiento, las mismas que son la norma UNE-EN-ISO 140 “Medición del aislamiento acústico en los elementos de construcción. Parte 7 Medición in situ del aislamiento al ruido de impactos” y la norma UNE-EN-ISO 16283-2 “Medición del aislamiento acústico en los edificios y elementos de construcción Parte 2: Aislamiento de ruido de impactos”, las cuales ayudaron al cumplimiento de las necesidades de la Comunidad Europea.

Donde se desarrollará un método estadístico para el cálculo de incertidumbre de mediciones in situ para ruido de impacto que poseen cada una de las normativas, y de este modo analizar cuál de ellas se ajusta más a la realidad de nuestra ciudad, o si se necesita de una norma adaptada a nuestra situación.

De tal manera que podemos encontrar los problemas de las edificaciones que poseen un mal aislamiento a ruido de impacto, para plantear en base a los resultados de las mediciones in situ diferentes materiales de construcción que actualmente son utilizados en el país que se más se adapten a los requerimientos necesarios para el cumplimiento de los niveles permisibles.

1.3 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Evaluar el aislamiento a ruido de impacto de distintos tipos de forjados utilizando los criterios que nos dictan las normativas UNE-EN ISO 140-7 y UNE-EN ISO

16283-2, analizando los resultados de mediciones in situ en edificaciones de la ciudad de Quito, utilizando un método efectivo para evaluar los datos y expresar los cálculos de incertidumbre.

1.4.2 Objetivos específicos

Comparar las normativas mencionadas, en aspectos como procedimientos, definiciones, y cálculos.

Evaluar la incertidumbre que presentan cada una de las normativas utilizadas, en la evaluación de los diferentes tipos de forjados, para establecer la certeza de las mediciones realizadas, con métodos de evaluación de datos para mediciones acústicas.

Comparar los resultados obtenidos, de cada uno de los forjados para establecer diferencias entre el aislamiento a ruido de impacto, con diferentes tipos de forjados y diferentes normativas utilizadas.

Plantear un antecedente para la modificación de la Norma Ecuatoriana de la Construcción y sus elementos de construcción, que tome en cuenta los resultados y conclusiones obtenidas en este estudio.

1.4 Alcance

El alcance de este proyecto está dado por la cantidad de forjados que estarán inmersos en la muestra. La limitación de tiempo que existió al realizar la investigación provocó que la cantidad de forjados sean en su mayoría ocho forjados de diferentes inmuebles residenciales, a esto se suma que la mayoría de los habitantes no conocen exactamente cuáles son los elementos que forman parte del forjado, sin embargo, se realizará una inspección in situ para determinar el tipo de forjado y en el mejor de los casos el tipo de montaje que tiene.

2. Capítulo II. Marco Teórico

2.1 Fuentes de Ruido

En proyectos de aislamiento o acondicionamiento acústico, es imperioso conocer e identificar cada una de las fuentes generadoras de ruido, detallarlas para conocer su nivel de impacto en la contaminación acústica, así determinando las molestias causadas a la población, de este modo se puede planificar las soluciones para los problemas detectados.

Existen diferentes fuentes de ruido que pueden afectar el confort de las personas en sus viviendas, como lo son ruido por rodadura de carros livianos y pesados, o por maquinaria en la calle, los cuales son fuentes de ruido externas a las edificaciones, pero en este proyecto analizaremos aquellas fuentes de ruido internas a las edificaciones que son transmitidas entre superficies separadores sean de manera vertical u horizontal entre recintos.

Este tipo de fuentes de ruido internas a las edificaciones están determinadas por, ruidos de electrodomésticos, aparatos electrónicos, ventilación, entre otros y ruido producido por otras personas que habitan en recintos colindantes que pueden ser provocados por el habla o ruidos de golpes, e impactos sobre superficies, y otras fuentes.

2.2 La energía sonora transmitida en edificaciones

Como se mencionó antes las fuentes de ruido pueden ser varias, y la transmisión del ruido en edificaciones se puede dar por transmisión de ruido aéreo y transmisión de ruido de impacto.

De igual manera existen varias vías de transmisión del sonido en las edificaciones, como son los techos, paredes y suelos, las cuales pueden tener influencia directa, a través de separaciones comunes o desviadas, es decir por elementos distintos a estos, por flaqueos.

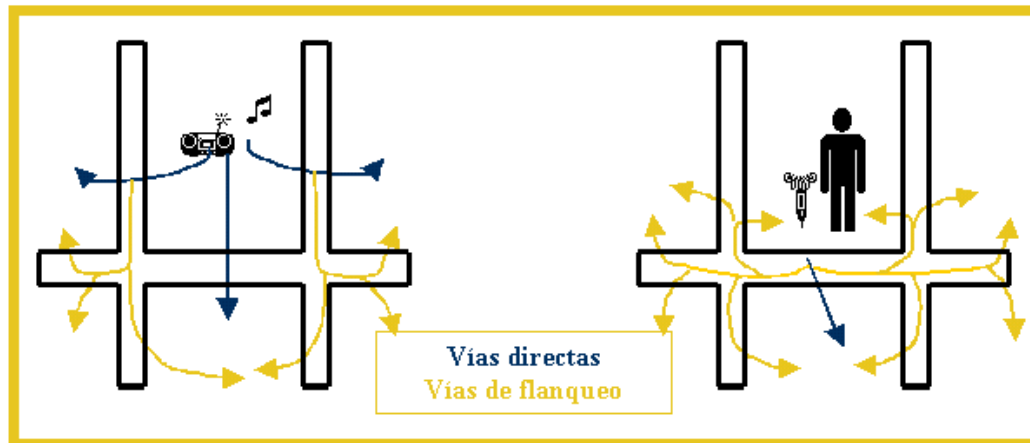


Figura 1. Vías de transmisión en edificaciones.

Tomado de: Grupo Acústica, 2003.

De igual manera las grietas o huecos, donde pueda atravesar el sonido se consideran uno de los principales problemas de aislamiento ya que por estos orificios es donde más se escapa el sonido de un lugar a otro.

La transmisión por estas vías mencionadas, en las cuales se basa este estudio se puede disminuir con la colocación de piso flotante, sellar y reparar los huecos existentes, y finalmente la colocación de un techo suspendido.

2.2.1 Ondas en elementos sólidos

Las ondas transmitidas en elementos sólidos son de varias maneras, una de las cuales se produce por la vibración de sólidos en una dirección que hace que la onda transmitida se propague hacia otro recinto.

Existen ondas de transmisión longitudinales, o de presión que viajan en la misma dirección de propagación, ondas de corte que viajan en dirección perpendicular, ondas rotacionales, donde las deformaciones afectan su transmisión, ondas transversales donde los sólidos se deforman por la transmisión de la onda.

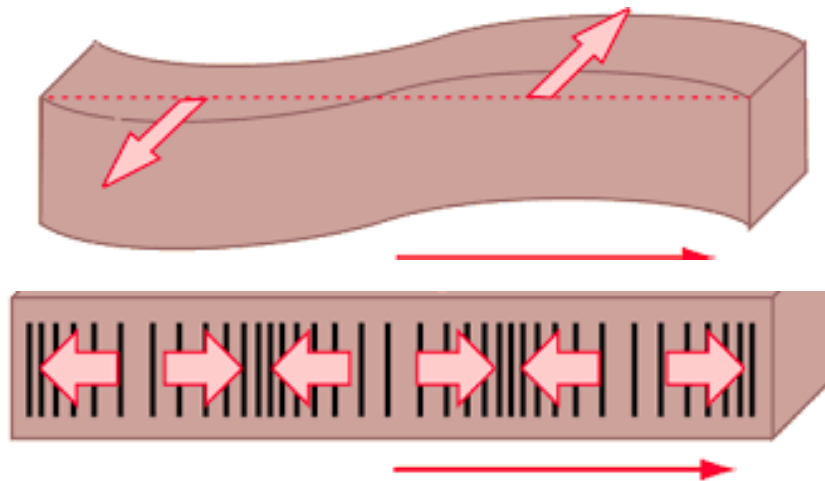


Figura 2. Ejemplo de propagación de ondas transversales y longitudinales.

Tomado de: Otero, 2018

2.3 Aislamiento Acústico

El aislamiento acústico es necesario en la protección a la propagación de ruido en el interior de viviendas o edificaciones. El cual es considerado un método que protege de los ruidos que se originan en el exterior y en el interior de los recintos a los cuales se va a evaluar, sean viviendas, estudios, teatros etc.

Verificar y analizar cada una de las líneas de transmisión de ruido en las edificaciones, requiere de mucha complejidad, por lo cual se decidió analizar específicamente el aislamiento a ruido de impacto mediante las mediciones “in situ”. Entonces se han tomado las normativas correspondientes para las respectivas mediciones del aislamiento acústico a ruido de impacto en

edificaciones y elementos de construcción, la cuales son UNE EN ISO 140 y las UNE EN ISO 16283 en sus partes respectivas.

2.3.1 Magnitudes físicas para el aislamiento acústico

2.3.1.1 Pérdida de transmisión de Ruido

La pérdida de transmisión a ruido de impacto viene definida por; la relación de la energía transmitida y la energía que incide el plano separador, o elemento separador, y viene dada por la fórmula.

$$PT = 10 \log \frac{1}{T_1} \qquad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

T_1 = Es la relación entre la energía sonora transmitida sobre la energía incidente.

En el caso que la pérdida de transmisión llegue a obtener un valor muy elevado, quiere decir que la transmisión de energía es baja, puesto como se ve en la ecuación es inversamente proporcional con los valores de transmisión de energía acústica.

2.3.1.2 Diferencia de Nivel

La diferencia de nivel se muestra mediante el índice de reducción sonora del ruido que existe entre recintos, o elementos constructivos, que separan recintos

distintos. Esta diferencia corresponde a la de los niveles de presión sonora, en cada uno de los recintos, correspondiente a la ecuación:

$$D = NPS_1 - NPS_2$$

Ecuación 2

Donde:

NPS_1 = Nivel de presión sonora recinto 1 [dB]

NPS_2 = Nivel de presión sonora recinto 2 [dB]

Este valor se calcula con la diferencia de estos niveles, la cual no depende totalmente de las propiedades de los elementos separadores entre los recintos, sino con también de otros factores como son la instalación de estos, el volumen, el área, espesor, existencia de orificios, por los cuales una simulación que solo dependa del material y dimensiones puede tener una variación con las mediciones reales.

En este proyecto se plantea una verificación mediante una simulación en el software INSUL, que corresponde al aislamiento que proporcionan los diferentes tipos de forjados. Verificando de este modo, que los valores obtenidos fueron medidos correctamente, pero cabe destacar que las posibles diferencias que se encuentren son debidas a los puntos mencionados en el párrafo anterior.

2.3.2 Transmisión sonora entre dos medios

Como se ha venido hablando existe una transmisión sonora entre dos medios, recinto emisor y recinto receptor, los cuales están divididos por una superficie

separadora. Si se realiza un cambio de presión acústica en el recinto emisor, tanto por ruido aéreo como por ruido de impacto, esta es reflejada al recinto receptor, y la energía transmitida dependerá también de su ángulo de incidencia.

En la figura 3, se indica el comportamiento de una onda transmitida, entre dos medios, y de las ondas que se reflejan e inciden sobre esta superficie.

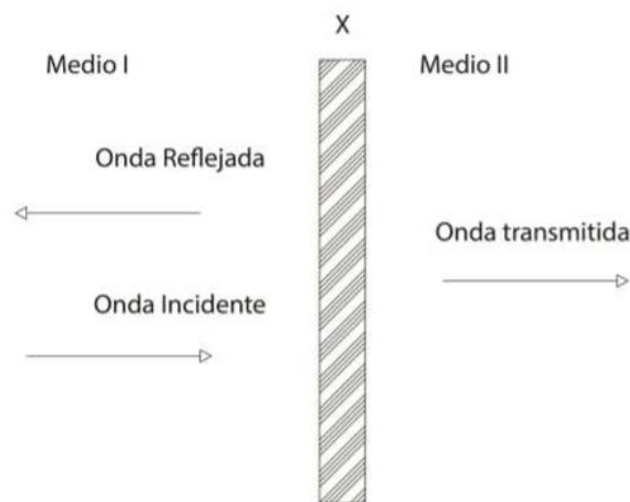


Figura 3. Propagación de ondas entre medios.

Tomado de: Universidad de Córdoba, s.f.

2.3.3 Transmisión sonora entre dos espacios

En este caso se analiza la transmisión de energía sonora de una pared o elemento de partición entre habitaciones colindantes, que posea un área similar, en el cual el recinto emisor genera un campo difuso a una presión sonora p_s , sobre la superficie separadora, por la cual se transmite una parte de la potencia acústica del recinto emisor hacia el recinto receptor como define la Ecuación 3 y 4.

$$I_s = \frac{p_s^2}{4p_0c_0} \quad \text{Ecuación 3}$$

$$W_r = S_w \tau I_s = \frac{p_s^2 S_w \tau}{4p_0c_0} \quad \text{Ecuación 4}$$

Donde:

p_s = Presión acústica generada en el recinto emisor.

p_0c_0 = Densidad del aire multiplicado por la velocidad del aire.

S_w = Área de partición [m^2]

τ = Coeficiente de transmisión sonora

Esta presión transmitida será de acuerdo con las propiedades acústicas del recinto receptor, afectando su campo reverberante y su campo difuso, lo cual está descrito en la Ecuación 5, cuando hemos igualado estas dos ecuaciones que se describieron anteriormente.

$$\frac{p_s^2}{p_0c_0} = \frac{p_s^2 S_w \tau}{R_r p_0c_0} \quad \text{Ecuación 5}$$

Esta presión que se encuentra en el recinto receptor está dada en relación logarítmica, y viene definida por la pérdida de la transmisión de la presión sonora que se origina en el recinto emisor.

$$L_{TL} = -10 \log \tau$$

Ecuación 6

Por lo cual se puede definir la transmisión sonora en dos espacios con la ecuación 7.

$$\bar{L}_1 = \bar{L}_2 - L_{TL} + 10 \log \left(\frac{S_w}{R_T} \right)$$

Ecuación 7

Donde:

\bar{L}_1 = Nivel de presión sonora en el recinto receptor [dB]

\bar{L}_2 = Nivel de presión sonora en el recinto emisor [dB]

L_{TL} = Pérdida de transmisión del campo reverberante

R_T = Constante del recinto receptor

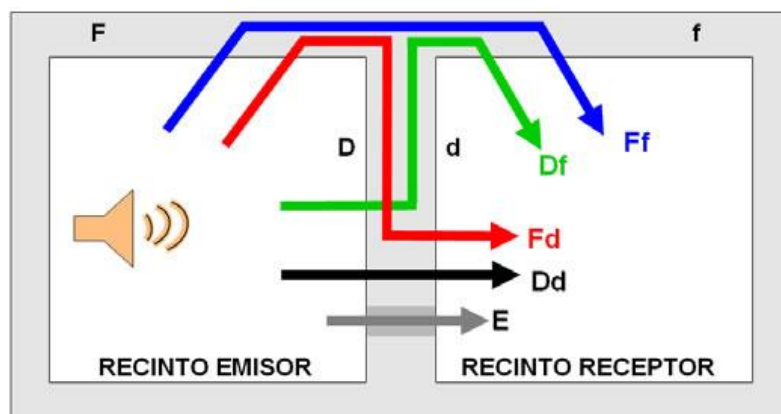


Figura 4. Transmisión de sonido entre dos espacios.

Tomado de: Abracol, s.f.

2.3.3.1 Propagación del sonido a través de múltiples materiales en los entresijos.

Cuando los recintos son colindantes, es decir están separados por una superficie en común que tiene una composición múltiple, y poseen varias capas como, piso flotante, hormigón, entre otros materiales que se utilizan en entresijo, cada uno de ellos posee una pérdida de transmisión distintiva, la cual depende de su material, espesor y densidad que tenga cada componente en la conformación del entresijo.

2.4 Dilucidación del aislamiento acústico a ruido de impacto

Entonces, lo que se busca es tener un aislamiento acústico a ruido de impacto por lo que el objetivo principal, es impedir que el medio de transmisión en nuestro caso de estudio la superficie separadora, transmita energía al recinto receptor, controlando los materiales de dicho elemento constructivo, o instalando nuevos elementos con otros materiales sobre este, para obtener mayor elasticidad, rigidez, y absorción acústica.

2.4.1 Aislamiento de una partición o pared Simple

Al igual que en aislamiento acústico a ruido aéreo, se analiza por particiones de paredes, por lo cual el forjado en nuestro caso de estudio puede ser analizado como una pared, esta separación se define como una superficie en la cual los puntos de masa son excitados cuando esta separación se encuentra en vibración, y de este modo transmiten por su masa hacia el recinto receptor.

Esta pared separadora, puede estar formada por varias paredes y espacios entre las mismas. En una pared simple, este comportamiento se define en 3 zonas, como se puede observar en la figura 5, donde son especificadas gráficamente.

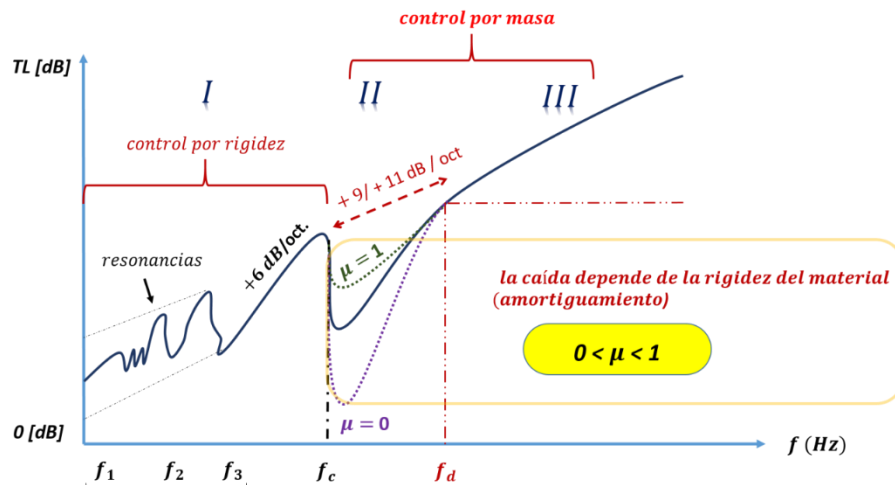


Figura 5. Aislamiento pared simple.

Tomado de: Megafonia y sonorización Ronald, s. f.

2.4.1.1 Zona 1: Aislamiento por rigidez

Esta zona se caracteriza ya que la pared está hecha por un material, el cual posee una rigidez, la misma que determina la capacidad de la pared en sufrir deformaciones si se encuentra perturbado por una fuerza externa, en nuestro caso de estudio los martillos de la máquina de impactos que golpea el forjado a velocidad constante.

Esta elasticidad viene dada por la ecuación 8.

$$G \left[\frac{N}{m} \right] = \frac{Ed}{12(1-\sigma^2)}$$

Ecuación 8

Donde:

E = Modulo de Young del material [N/m²]

d = Espesor [m]

σ^2 = Coeficiente de Poisson.

Estos coeficientes determinados en la ecuación 8, definen la rigidez del material constructivo, esto influye en la absorción frecuencial del material. Mientras mayor deformación tiene el material constructivo, su aislamiento acústico será menor, ya que el movimiento de las partículas será mucho mayor por lo cual su transmisión aumentará.

2.4.1.2 Zona 2: Ley de masa

Esta zona se encuentra definida por la Ley de masas, en donde la transmisión de la energía sonora y las vibraciones producidas en la superficie separadora vienen definidas por la masa que posee la misma, la cual se describe en la ecuación 9.

$$R[dB] = 20 \log \left(\frac{Mw}{2Z} \right) \quad \text{Ecuación 9}$$

Donde:

R = aislamiento [dB]

w = frecuencia angular igual a $2\pi f$ [rad]

M = Masa de la superficie [kg/m^2]

Z = Impedancia acústica del aire que tiene un valor de 415, valor de la resistencia a la transmisión sonora, a temperatura de 20°C y humedad del 70%. [rayls]

Entonces definimos, que la transmisión acústica se disminuye en 6 dB, si se duplica la frecuencia, por lo cual mientras más alta sea la frecuencia el aislamiento acústico es mayor, y el problema se encontraría en la zona de bajas frecuencias. Justamente un problema que se identifica en la transmisión estructural en las edificaciones.

De igual manera si duplicamos la masa de la superficie separadora, existe un aislamiento acústico mayor en 6 dB. Pero este requerimiento en cuanto a construcción se ve afectado por el costo que el mismo requiere, y la solución constructiva es más complicada, al soportar el peso de una superficie más pesada, por lo cual la solución de paredes múltiples sería lo más recomendado.

2.4.1.3 Zona 3: Efecto de coincidencia

Esta zona está definida por una combinación entre la masa, la rigidez y el amortiguamiento del sistema, donde la frecuencia de resonancia del sistema coincide con frecuencia a la cual está siendo excitada la pared.

Por esta razón, en esta zona se encuentra la frecuencia de resonancia, la misma que depende de las características físicas del material constructivo del cual está

hecha la superficie separadora, y establece si la densidad y rigidez aumentan, entonces la frecuencia de resonancia disminuye.

2.4.2 Aislamiento de paredes dobles o múltiples

En la zona 2 de las paredes simples, se pudo identificar que una de las soluciones más convenientes para aumentar el aislamiento, es duplicar la masa, pero esto era un requerimiento muy costoso e innecesario por lo cual la utilización de paredes dobles es más eficiente, colocando a una distancia definida la una de la otra. Este aislamiento superior se consigue haciendo que la onda que pasa por la una de las paredes atraviese una especie de cámara de aire, que se forma por la cavidad entre las paredes delgadas, y logrando una pérdida energética sonora por las diferentes impedancias acústicas.

Estos sistemas son funcionales en su punto máximo, cuando entre los mismo no existen partes que se acoplen, para evitar la transmisión directa de la una con la otra.

En la figura 6, se pueden identificar las vías por las cuales existe transmisión sonora en una pared doble, donde principalmente se denota, la transmisión por junta de unión (acoplamiento entre superficies), después la transmisión por puente acústico (ensamble rígido entre superficies), y finalmente la transmisión a través de estrato de separación (superficie de instalación de la pared).

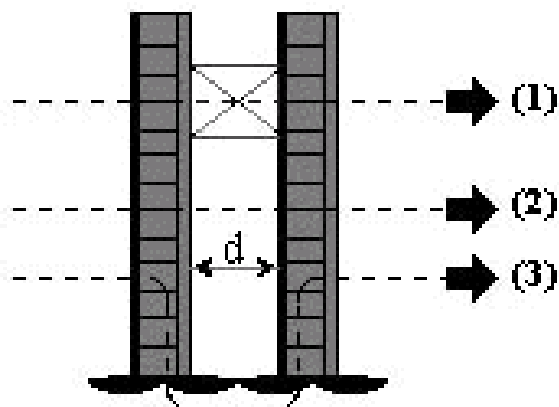


Figura 6. Transmisión sonora en paredes dobles.

Tomado de: Universidad de Córdoba, s.f.

2.4.3 Parámetros para el aislamiento acústico

Entre los parámetros que se van a necesitar en este proyecto se definen los siguientes.

Nivel de presión acústica estandarizado de ruido de impactos, L'_{nT}

Es el nivel de presión acústica de ruido de impactos, corregido por un término que depende del tiempo de reverberación medido, y el de referencia y se calcula por la ecuación 10.

$$L'_{nT} = L_i - 10 \log \frac{T}{T_0} \quad \text{Ecuación 10}$$

Donde:

T = tiempo de reverberación en el recinto receptor.

T_0 = tiempo de reverberación de referencia igual a 0,5 s.

L_i = nivel de presión sonora en el recinto receptor.

Nivel de presión acústica normalizado de ruido de impactos, L'_n

Es el nivel de presión acústica de ruido de impactos, corregido por un término que depende del coeficiente entre el área de absorción equivalente medida, y la de referencia y se calcula por la ecuación 11.

$$L'_n = L_i + 10 \log \frac{A}{A_0} \quad \text{Ecuación 11}$$

Donde:

A = área de absorción equivalente en el recinto receptor

A_0 = área de absorción equivalente de referencia igual a 10 m²

Área de absorción Equivalente:

Es la superficie ideal la cual es totalmente absorbente sin efectos de difracción, como si fuese el único elemento que posea estas propiedades de absorción acústica en todo el recinto, y que da el mismo tiempo de reverberación medido y viene dado por la ecuación 12.

$$A = \frac{0,16V}{T} \quad \text{Ecuación 12}$$

Donde:

V = volumen del recinto receptor [m^3]

T = tiempo de reverberación en el recinto receptor [seg]

2.5 Muestreo

En trabajos estadísticos la información recogida mediante datos es desarrollada por la obtención de muestras o muestreo, que son procesadas para la obtención de resultados estadísticos de inferencia poblacional, o grupal fundamentadas en cálculos y estudios estadísticos.

2.5.1 Fundamentos del muestreo

Para la investigación de un grupo de personas, es decir su población es necesario una toma de datos o muestreo la cual puede ser:

- Un sondeo parcial o subdividido en muestras más pequeñas de la población total del lugar, donde se determinará un ejemplo de la población del caso de estudio, la cual entregará información significativa a la muestra global.
- Un sondeo completo o muestra global de toda la población del lugar, la cual nos entregará información de cada uno de los elementos de la población.

2.5.2 Población

El concepto de este término viene dado del latín “populatio”, el cual se refiere a un grupo de personas, animales o cosas con rasgos y características similares que habitan un determinado lugar o región, puede subdividirse su espacio en edificaciones.

2.5.3 Muestra

Es una pequeña cantidad de menor tamaño en relación con los elementos de los cuales se basa la recolección de datos.

Para la obtención del valor de esta muestra, se recogen elementos al azar de la población a analizarse, los cuales representen e incluyan a toda la población de la cual se van a realizar los estudios y mediciones.

2.5.4 Unidad de muestra

Es cada elemento en la muestra de la población, elementos como se dijeron anteriormente representativos de la población a analizarse.

2.5.5 Marco muestral

El marco muestral es la parte de la población de la cual se escoge la muestra, si esta es igual al tamaño total de la población sería la mejor opción, pero por diversos motivos en muchos de los casos se toma partes más pequeñas. Estos motivos en su mayoría son económicos, debido al alto costo que sería realizar estudios en toda la población. Entonces pueden obtenerse resultados y

conclusiones que se pueden aplicar a la población global de la cual se ha tomado dicho marco muestral.

2.5.6 Muestreo aleatorio simple

Para este tipo de muestreo, se considera a las anteriores definiciones de las muestras que se han realizado en la población, donde es necesario que los elementos seleccionados sean de manera aleatoria y representen significativamente a la población.

Para el procedimiento de este tipo de muestreo, se debe seguir el número a cada elemento de la población y después mediante un sistema mecánico aleatorio, o de manera aleatoria seleccionar los elementos que completen el tamaño de muestra determinado.

2.5.7 Estimación del total poblacional

Consiste en que cada población se encuentra en todos los casos formada por elementos finitos de individuos a analizarse, en la cual se desea estimar la característica de estos elementos, definiendo la población total por:

$$\tau = \sum_{i=1}^N x_i = N\mu$$

Ecuación 13

Donde:

N = Número de elementos de la población

τ = Total poblacional

μ = Media poblacional

x = cada elemento de la muestra poblacional

2.5.8 Estimación de la media poblacional

La estimación de la media poblacional se realiza para la estimación de la media de todos los elementos, la cual es definida por el muestreo realizado previamente.

2.5.9 Estimación de la proporción poblacional

La estimación de la proporción de la población representa el tamaño de la muestra definida para su estudio, para representar correctamente a toda la población, es comúnmente empleado en los sondeos políticos, e investigaciones de mercadeo.

2.5.10 Intervalo de confianza

En la estadística inferencial, los resultados proporcionan conclusiones sobre la población analizada, y para esto se construyen intervalos de confianza, y la prueba de hipótesis según sea un requerimiento poblacional que analizar o la toma de decisiones mediante objetivos analizados.

Por lo cual, si se conoce el parámetro poblacional, este queda definido por el intervalo de confianza de este elemento, el cual, mediante su nivel de confianza,

mide la probabilidad que el intervalo tenga un valor verdadero de cada parámetro seleccionado.

Entonces este intervalo de confianza refleja el porcentaje de exactitud que se va a calcular de un parámetro dentro de la población, el nivel de confianza mencionado anteriormente está definido por la ecuación 14.

$$\left(\hat{p} - z_{\frac{\alpha}{2}} \sqrt{\frac{\hat{p}\hat{q}}{n-1}} \sqrt{\frac{N-n}{N}}; \hat{p} + z_{\frac{\alpha}{2}} \sqrt{\frac{\hat{p}\hat{q}}{n-1}} \sqrt{\frac{N-n}{N}} \right) \quad \text{Ecuación 14}$$

Donde

N = Número total de la población

n = Número total de la muestra

\hat{p} = Estimación de la proporción

$$\hat{q} = 1 - \hat{p}$$

$\frac{z_{\alpha}}{2}$ = coeficiente de la ley normal estándar

2.6 Revisión de la normativa UNE-EN ISO 717-2

2.6.1 Antecedentes

La normativa inicial que indicaba la manera de evaluar el aislamiento acústico data del año 1960 con el nombre de ISO/R 140. Posteriormente, en el año de

1968 se realizó la norma ISO/R717, esta normativa fue el primer documento guía para la evaluación del aislamiento acústico de manera internacional.

Las curvas de aislamiento que contenía este documento permitían una tolerancia de 8 decibeles para cada banda de tercio de octava.

En el año de 1982 la normativa ISO 717 poseía ya tres apartados para la evaluación de aislamiento acústico. Los cuáles eran aislamiento a ruido aéreo, aislamiento a ruido de impactos y aislamiento a ruido aéreo en fachada.

Actualmente la normativa ISO 717 consta de dos apartados; ISO 717-1:2013. Evaluación del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 1. Aislamiento a ruido aéreo. Como segundo apartado la normativa ISO 717-2:1996. Evaluación del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 2. Aislamiento a ruido de impactos. En esta normativa se incluyen 48 descriptores para cada apartado y además correctores espectrales.

2.6.2 Perspectiva Actual

Las edificaciones en la actualidad demandan un mayor aislamiento en las construcciones debido a que en muchas existen dispositivos tecnológicos los cuales emiten mayores niveles de energía en el espectro de las bajas frecuencias. Materiales de fácil instalación y montaje generan problemas en cuanto a aislamiento. Así mismo generan problemas en cuanto a confort acústico de las personas que viven en el recinto contaminado por niveles de presión sonora proveniente de las calles aledañas o recintos colindantes.

Es de mucha importancia tener en consideración que en ciertas ocasiones produce más molestia el no tener privacidad y escuchar conversaciones ajenas.

Esto implica que se debe tomar en cuenta que se afecta tanto al emisor como al receptor.

Técnicamente, el asignar un valor global de aislamiento a un material no es suficiente, debido a que el aislamiento es preferible analizarlo frecuencialmente. Cada material va a tener un comportamiento diferente de aislamiento por cada frecuencia, esto implica que los valores de incertidumbre incrementarán considerablemente especialmente en frecuencias bajo 250Hz.

“Se han realizado numerosos listening test y encuestas las cuales revelan que no todos los países perciben igual la problemática en cuanto a bajas frecuencias.” (Álvarez S., 2013)

2.7 Incertidumbre en la medida

Cuando se quiere demostrar cuál fue el resultado obtenido de un proyecto de medición, en donde se cuantifica una magnitud de un elemento físico, es inevitable expresar la calidad de los resultados obtenidos en cada uno de los ensayos. Por consiguiente, poder comparar los resultados entre sí de la misma medida y con otros valores que constan en diferentes normativas.

Se sigue inicialmente la Guía de Incertidumbre de Medida (GUM), en la cual dicta el procedimiento a seguir para la expresión de una incertidumbre válida a nivel mundial, el mismo que se puede aplicar a todas las mediciones, y con el cual se puede conseguir a través de las contribuciones que afectan la medida, es decir que se suman directamente en los resultados.

Esto hace que se puedan entregar resultados con un rango de confiabilidad aceptable como los que se muestran en las tablas que se encuentra en la

normativa ISO 12999-1, (Determinación y aplicación de incertidumbres de medición en la acústica de edificios).

2.7.1 Conceptos

2.7.1.1 Mesurando o magnitud de salida

Es la magnitud que se determina en el estudio estadístico, la cual es medida, es decir en nuestro caso el nivel de presión sonora en el recinto receptor, que obtenemos con la aplicación de cualquiera de los procedimientos en las normativas sometidas a comparación.

2.7.1.2 Desviación Típica

Es la variabilidad de los datos de entrada es decir del mesurando, donde se cuantifica la variación entre cada medición con respecto al promedio de todas las mediciones obtenidas:

$$x_i - \bar{x} \quad \text{Ecuación 16}$$

La desviación se define como la raíz cuadrada de la sumatoria cuadrada de cada una de las diferencias antes mencionadas, de cada medición con respecto al promedio, dividida para el número de mediciones menos 1.

$$\delta = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad \text{Ecuación 17}$$

2.7.1.3 Incertidumbre Típica de medida

Esta incertidumbre es el resultado de una medición que ha sido expresada como la desviación típica de los datos medidos u obtenidos. Expresada por $u(y)$, determinada por los valores de entrada x .

2.7.1.4 Incertidumbre Combinada

Es la incertidumbre típica de una medición cuando esta es obtenida a partir de otras incertidumbres medidas de acuerdo con varias magnitudes, por lo cual está definida por la raíz cuadrada de sus términos, definida como u_c .

2.7.1.5 Incertidumbre Expandida

Es la magnitud que define el rango de confianza de un intervalo de medición, la cual posee un valor que se encuentra distribuido en todo el mesurando, y viene definida por U .

2.7.1.6 Factor de cobertura

Definida por la letra k , es un valor numérico que se utiliza para multiplicar la incertidumbre típica y obtener la incertidumbre expandida, viene definido por el nivel de confianza del ensayo, en nuestro caso como se pretende considerar un valor de confianza positivo escogeremos para ensayos unilaterales un valor del 99.5% de confianza lo cual será igual a 1,65, como valor de cobertura, definidos en la Tabla 1.

Tabla 1

Factor de cobertura para diferentes niveles de confianza.

Factor de cobertura k	Nivel de confianza para un ensayo bilateral %	Nivel de confianza para un ensayo unilateral %
1,00	68	84
1,28	80	90
1,65	90	95
1,96	95	97,5
2,58	99	99,5
3,29	99,9	99,95

Tomado de: AENOR, 2016.

2.7.2 Tipos de evaluación de incertidumbre

En casos de la acústica de edificaciones para la medición de incertidumbres existen casos de evaluación que son los siguientes:

2.7.2.1 Evaluación tipo “A”

La evaluación tipo “A” es aplicables a mediciones en cuyo caso se recoge “n” número de muestras independientes en condiciones de medición idénticas; cuando existen valores los cuales tienen un nivel de calidad adecuada, se pueden usar para expresar resultados de dispersión y variación de los mismos.

Determinamos los valores de entrada X_i , donde $j=q_1, q_2, \dots, q_n$ con la media aritmética de los valores recogidos individualmente y se define por la ecuación:

$$x_i = \underline{q} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n q_j$$

Ecuación 18

Por lo cual la desviación típica para las muestras viene dada por:

$$s(q) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (q_j - \underline{q})^2} \quad \text{Ecuación 19}$$

Por lo cual la incertidumbre típica de cada magnitud viene dada por la desviación típica experimental de la media aritmética:

$$u(x_i) = s(\underline{q}) = \frac{s(q)}{\sqrt{n}} \quad \text{Ecuación 20}$$

2.7.2.2 Evaluación tipo “B”

La evaluación tipo “B” se determina por diferentes métodos, que toma como base la información de cada medición X_i , en base a los valores estimados x_i , estos datos se obtienen mediante cálculos estadísticos o mediciones realizadas, también sobre información en base a las características del mesurando, datos técnicos del fabricante, e incluso incertidumbres dadas por manuales técnicos.

Esta misma se debe calcular en base a datos correctos fieles, y dado el caso en donde no se pueden obtener datos, estos mismos deben calcularse mediante experiencia, o estimaciones de incertidumbre.

Probabilidad triangular: Llamada triangular o normal, es usada cuando sus resultados son muy cercanos al centro del intervalo de variabilidad.

Probabilidad de U: Es usada cuando los resultados se encuentran en los valores en los extremos del intervalo de variabilidad.

2.7.3 Evaluación de la incertidumbre en la estimación de salida

La estimación de salida está dada por la ecuación siguiente, sea cual sea el tipo de la misma y se usa cuando las magnitudes de entrada no son correlacionadas entre sí.

$$u^2(y) = \sum_{i=1}^n u_i^2(y) \quad \text{Ecuación 21}$$

Y la incertidumbre combinada de cada fuente depende de la entrada de cualquier tipo según la ecuación:

$$u_i^2(y) = c_i u(x_i) \quad \text{Ecuación 22}$$

c_i = coeficiente de sensibilidad, que describe los cambios y el grado de afectación en cada una de las estimaciones de entrada x_i , y se encuentra definido mediante la ecuación:

$$c_i = \frac{df}{dx_i} = \frac{df}{dX_i} \Big|_{X_i = x_i, \dots, X_N = x_n} \quad \text{Ecuación 23}$$

2.7.4 Evaluación de la incertidumbre en la estimación de entrada

Es la incertidumbre expandida U la cual depende de la incertidumbre de salida $u(y)$ multiplicada por el factor de cobertura k .

$$U = k u(y) \quad \text{Ecuación 24}$$

Donde $k=1,65$ el cual entrega un factor de confiabilidad de un 95% para ruido de impacto, por lo cual la veracidad de la incertidumbre obtenida será de un 95% de encontrar el valor real del resultado, determinado por la tabla 2.

Este factor de cobertura es asignado únicamente porque la incertidumbre típica tiene una distribución de probabilidad normal, la misma que se puede determinar cuándo las magnitudes evaluadas independientemente tienen aportaciones a la incertidumbre típica asociada cumpliendo el Teorema del Límite Central.

Teorema Central del Límite: “si el número de medidas es lo suficientemente alto, la distribución de probabilidad de la media de las medidas será Gaussiana. Además, será la misma que la de las variables de interés y la desviación típica de las medidas será aproximadamente el error estándar” (Verdú, 2010)

2.7.5 Importancia del cálculo de incertidumbres en ensayos de aislamiento acústico

En el proyecto plantea mediciones in situ de niveles de presión acústica a ruido de impacto, evaluando el aislamiento para concluir si las edificaciones cumplen con normas internacionales a especificaciones de valores de niveles de presión acústica o aislamiento acústico requeridos.



Figura 7. Zonas de conformidad y no conformidad.

Tomado de Centro Español de Metrología, 2012.

En la figura 7 se establecen las zonas que se buscan para el cálculo de incertidumbre que busca el proyecto, donde las zonas de conformidad establecenn un estado donde el valor u objeto de estudio cumple con los requisitos establecidos, y una zona de no conformidad donde dicho valor no cumple con estos requerimientos. De igual manera existe una zona dura, donde se encuentran valores en el límite, y no se puede determinar fácilmente si estos cumplen o no los requerimientos establecidos.

Esto quiere decir que, si la incertidumbre obtenida es mayor, la zona de duda igualmente es mayor.

2.7.6 Metodología para el cálculo de incertidumbre

2.7.6.1 Método de propagación de la incertidumbre

Se basa en las magnitudes de entrada, donde se han tomado varias mediciones, acorde al número de ensayos. El mismo que sería el método más conveniente para el cálculo de incertidumbre para el aislamiento acústico, ya que en las mediciones realizadas de acuerdo con las normativas se realizan varias muestras como niveles de emisión, ruido de fondo y tiempo de reverberación los mismos que van a afectar positiva o negativamente a la magnitud de salida en el aislamiento acústico.

2.7.6.2 Método de Montecarlo

Si se cumplen las condiciones que fueron mencionadas con anterioridad en el método de propagación de la incertidumbre, el método de Montecarlo ayuda a calcular un valor de la magnitud de salida, aplicando una simulación numérica cuando la incertidumbre calculada es demasiado grande y la densidad de probabilidad es asimétrica.

2.7.6.3 Método de repetibilidad

Este método se basa en la repetición de mediciones un número determinado de veces en las iguales condiciones. Esto quiere decir, que el equipo e instrumentación utilizado debe ser el mismo en todo el ensayo y usar mismo procedimiento. El mismo tiene un elevado costo y un tiempo más elevado de ejecución.

Es importante decir que estos métodos no especifican el cálculo de valores globales, puesto que para el cálculo de un valor global se realiza un proceso no lineal en donde se desplaza la curva de referencia y se aplica el valor a la frecuencia de 500 Hz, por lo tanto, se utiliza el método descrito en la ISO 12999-1, Anexo B en la ecuación siguiente:

$$u(R_w + C) = \sqrt{\sum_i \left(\frac{10^{(L_i - R_i)/10dB}}{\sum_i 10^{(L_i - R_i)/10dB}} \right)^2 u^2(R_i)} \text{ dB} \quad \text{Ecuación 25}$$

Donde:

R_i = Índice de reducción acústica medido en la banda de frecuencia i , en nuestro caso sería el L_{nt} en cada banda de frecuencia. [dB]

L_i = Espectro de referencia, como esta en la norma ISO 717-2.

3. Capítulo III. Metodología

En la metodología para realizar este trabajo investigativo se tomarán en cuenta varios puntos que den como resultado los objetivos que se plantearon

3.1 Medida del aislamiento de ruido de impacto

Un recinto ocupado ya sea en zonas residenciales o zonas comerciales, debe poseer un correcto aislamiento a ruido de impactos para que, de este modo, las actividades que se realicen en este lugar no generen molestias en las viviendas o recintos colindantes.

Para llevar a cabo la verificación del aislamiento a ruido de impacto es necesario llevar a cabo mediciones in situ, en cada una de las edificaciones con el fin de identificar los problemas existentes entre los locales sujetos a estudio dentro de las edificaciones.

Para la adecuada ejecución de cada una de las mediciones in situ a ruido de impacto, es necesario establecer los siguientes parámetros, para la toma de mediciones in situ como en el procesamiento de los resultados finales.

- Tamaño de la muestra calculada con su respectivo porcentaje de error dentro del proyecto.
- Disponibilidad de equipo e instrumentación necesaria para realizar las mediciones in situ de aislamiento a ruido de impacto.
- Realizar las mediciones de diferentes magnitudes, para el cálculo de resultados y objetivos planteados.

Realizar un procedimiento eficaz y adecuado para las mediciones in situ con las normativas: UNE-EN-ISO-140-7, Medición del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 7: Medición in situ del

aislamiento a ruido de impacto y la norma: UNE-EN-ISO 16283-2:2015 Medición Campo de aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción - Parte 2: Aislamiento a ruido de impacto.

Documentar todas las magnitudes y datos recolectados en cada una de las mediciones in situ, sin alterar los datos medidos.

Analizar los datos obtenidos a través de índices de aislamiento de acuerdo con las normativas estipuladas, determinando sus respectivas incertidumbres en cada medición.

3.1.1 Ensayos de aislamiento in situ

El procedimiento de cómo llevar a cabo la medición in situ de aislamiento acústico en un recinto, viene dado tal y como está estipulado en las normativas UNE EN ISO 16283 que está en vigencia desde el año 2014 ya que antes se utilizaba las normativas UNE EN ISO 140 (Acústica. Medición del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción). El procedimiento de medición de ruido de impacto se encuentra definidos en el apartado 2 y el apartado 7 de las normas antes nombradas respectivamente. (16283-2 y 140-7).

En la siguiente tabla se presentarán las normativas anteriores y las normativas actuales:

Tabla 2.

Normativas vigentes y derogadas

NORMA VIGENTE	NORMA REEMPLAZADA
UNE EN ISO 16283-1 (Aislamiento	UNE EN ISO 140-4 (Aislamiento al

Ruido Aéreo).	ruido aéreo entre locales)
UNE EN ISO 16283-2 (Aislamiento Ruido de Impacto).	ISO 140-7 (Aislamiento acústico de suelos al ruido de impactos)
UNE EN ISO 16283-2 (Aislamiento Acústico materiales de fachada).	ISO 140-5 (Aislamiento acústico a ruido aéreo de elementos de fachadas)

El objetivo del proyecto de titulación es la comparativa de la normativa vigente de aislamiento a ruido de impacto ISO 16283-2 y la normativa derogada ISO 140-7, misma comparativa en la cual el proyecto se sustentará durante las mediciones in situ, como en el desarrollo del análisis de aislamiento acústico en mediciones verticales es decir techos y forjados. Al igual que el procesamiento y análisis de resultados.

3.1.2 Mediciones in situ para aislamiento a ruido de impacto

Se realizará la comparación entre las normativas antes mencionadas con respecto a los puntos detallados posteriormente, con la finalidad de cumplir el objetivo del proyecto de titulación. Esta comparación se realizará también de manera textual para verificar los cambios que han sido realizados con la actualización de la norma internacional. Esto servirá para la determinación del procedimiento a seguir, su rango y alcance para cada una de las normativas correspondientes.

Se determinarán los resultados globales obtenidos con la utilización de la normativa ISO 717-2, para la comparación del aislamiento acústico de las dos normativas.

3.2 Tamaño de la muestra por estimación de la proporción poblacional para edificaciones en Quito.

En 2006 en el Distrito Metropolitano de Quito se propuso una ordenanza municipal para legalizar las construcciones informales existentes, debido al alto número de construcciones no legalizadas. Según el Diario La Hora (2006), “La Alcaldía Metropolitana de Quito no cuentan con datos exactos, pero se estima que existe un 60% al 70% de construcciones no legalizadas”. Después del terremoto del 16 de abril de 2016 en la costa ecuatoriana, la Comisión de Uso de Suelo, dispuso que se tome en consideración la Ordenanza de reconocimiento de edificaciones, para que los propietarios de edificaciones informales cumplan con estudios y obras de refuerzo estructural para que sus viviendas sean reconocidas, ya que en años anteriores fueron derogadas. En enero del presente año fue aceptada y tiene como nombre “Ordenanza Metropolitana de Reconocimiento de Edificaciones Informales Existentes” y que tiene un plazo de dos años para su desarrollo por lo cual aún no podemos contar con los números exactos de viviendas que hay en la ciudad de Quito.

Para la estimación del tamaño de la muestra representativa, en proporción a la población de la ciudad de Quito, corresponde a la siguiente fórmula.

$$n = \frac{(z_{\alpha/2})^2 N \hat{p} \hat{q}}{NE_p^2 + (z_{\alpha/2})^2} \quad \text{Ecuación 26}$$

Donde:

N = Al valor total de la población.

\hat{p} = Estimación de la proporción

$$\hat{q} = 1 - \hat{p}$$

$E_p = 0,1$ que es error prefijado.

$z_{\alpha/2}$ = corresponde al coeficiente estándar el cual es igual a 2, cuando se trabaja con una confiabilidad del 95.5%. (Galindo 2010, p. 284)

En la ecuación 26 definimos los valores a utilizar de cada una de las variables, los cuales son 0.5 para p y q, debido a que se toma el tamaño máximo de la muestra. Debido a que no se conocen los valores de estos en otros sondeos favorables, puesto que el estudio a realizarse es de los primeros en el país en cual se comparan las normativas de aislamiento a ruido de impacto.

De igual manera el valor total de la población es determinado mediante los valores obtenidos en los archivos del INEC, de acuerdo con el último censo de población y vivienda realizado en el año 2010, con el nombre "TOTAL DE VIVIENDA, SEGÚN PROVINCIA, CANTÓN Y PARROQUIA DE EMPADRONAMIENTO" (INEC, 2010), en el cual consta la búsqueda del número total de viviendas en el Distrito Metropolitano de Quito con un resultado de 466960 viviendas. Mismo valor que fue definido con la única referencia que se encontró verás y disponible para el cálculo del tamaño de la muestra.

A continuación, reemplazando la ecuación con los valores ya determinados tenemos:

$$n = \frac{(1.96)^2 * 466960 * (0.5) * (0.5)}{466960 * (0.1075)^2 + (1.96)^2} = 83 \quad \text{Ecuación 27}$$

Entonces para que la muestra sea representativa de acuerdo con la población del Distrito Metropolitano de Quito, debemos tener un total de 83 mediciones,

considerando un error prefijado de 0.1075. Por lo cual el número de muestras queda definido por este valor, con sus respectivas condiciones y restricciones en el tamaño de la muestra.

Pero por motivos de tiempo en la realización de este proyecto, además del alto costo en el transporte de equipos a cada una de las edificaciones, con su respectivo cuidado y mantenimiento, se redujo estas mediciones a un total de 24 mediciones, en 8 edificaciones distribuidas a lo largo del Distrito Metropolitano de Quito.

3.3 Equipamiento para mediciones in situ de aislamiento a ruido de impacto

En dicho apartado se procede a especificar el listado del equipamiento e instrumentación con el que se realizarán las mediciones de cada una de las magnitudes necesarias para la comparación de las normativas.

Tabla 3.

Equipamiento e Instrumentación

EQUIPO	MARCA	MODELO	FOTO
SONÓMETRO	CESVA	SC310	

AMPLIFICADOR FUENTE OMNIDIRECCIONAL	CESVA	AP602	
FUENTE OMNIDIRECCIONAL	CESVA	FP122	
CALIBRADOR	CESVA	CB006	
MÁQUINA DE IMPACTOS	CESVA	MI006	
MEDIDOR LÁSER	BOSCH	GLM 40	
TRÍPODE			
MEDIDOR AMBIENTAL	Ambient Weather	WM-4	

3.4 Procedimiento para mediciones “in situ” de ruido de impacto, basadas en las normas UNE EN ISO 140-7 y UNE EN EN ISO 16283-2

En este apartado se explica detalladamente cada uno de los procedimientos a seguir para las mediciones in situ de aislamiento acústico en los edificios y elementos constructivos, para cada una de las dos normas a estudiar. En donde cada una tendrá una hoja de datos de recolección y de cálculos, para tener como respaldos, los mismos que serán anotados con su correspondiente registro en la hoja de campo de cada prueba al igual que las características constructivas y dimensiones de los recintos.

Con el equipamiento necesario, se procederá al montaje de este, es decir la colocación de la fuente omnidireccional con su amplificador de señal, el sonómetro, y posteriormente la máquina de impactos en el recinto emisor, como se indican en las figuras 9 y 10.

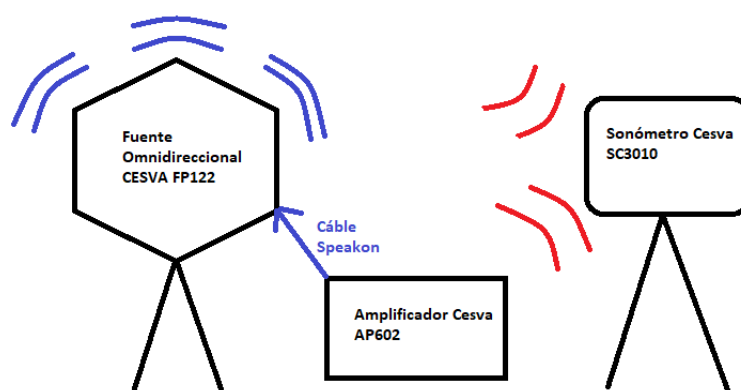


Figura 8. Esquema de instalación para la medición del tiempo de reverberación y ruido de fondo.

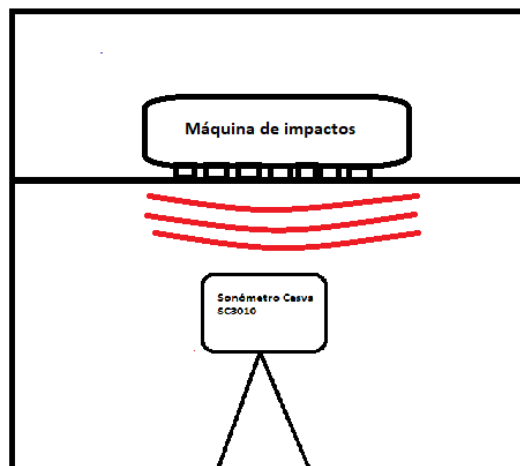


Figura 9. Esquema para la utilización de la máquina de impactos

El nivel de presión acústica medido debe ser utilizado para determinar el nivel promedio en el recinto receptor, junto al nivel de ruido de fondo del mismo recinto con la fuente apagada.

Inicialmente antes de realizar las mediciones in situ, se debe medir (largo, ancho, altura) del recinto receptor, y mediante un croquis señalarlos en la hoja de campo correspondiente, en el cual constaran todos los valores ya mencionados. De igual manera en el bosquejo se deben detallar, puertas, ventanas, columnas y elementos constructivos que puedan tener alguna afectación en el momento de medición, como se muestra en la Figura 10.

Los recintos, tanto emisor como receptor, se denotan respectivamente con las letras E para Emisor y R para Receptor.

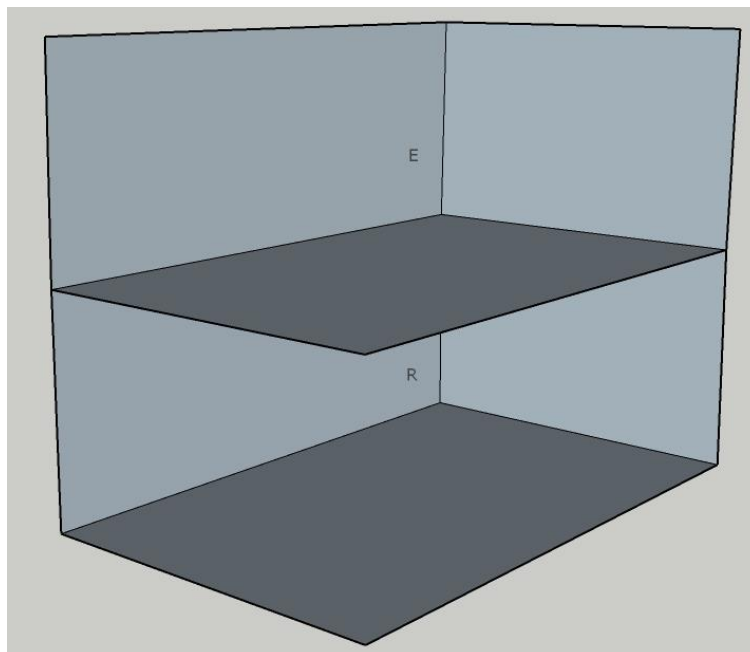


Figura 10. Recinto Emisor y Receptor

Ahora, se detallan los elementos constructivos, donde se pone énfasis en el entpiso, que une los dos recintos, detallando sus materiales, anchura, composición del mismo y principales características que puedan ayudar al análisis de resultados y sus respectivas conclusiones.

AREA COMÚN DE PARTICIÓN (m ²)	ANCHO (m ²)
Materiales de construcción piso:	

Figura 11. Ejemplo Hoja de Campo: Materiales de construcción

Se debe verificar la calibración del sonómetro CESVA SC310 antes de ser utilizado, introduciendo el micrófono del sonómetro en el calibrador de clase 1 CESVA CB006, el cual genera un tono puro a 1Khz, y se anotará la medición de la presión inicial, el cual debe ser cercano a 94 dB y anotarlo en la hoja de campo.

VERIFICACIÓN DE LA CALIBRACIÓN DEL SONÓMETRO			
Calibración Inicial		Calibración final	

Figura 12. Ejemplo Hoja de Campo: Verificación del Sonómetro con el calibrador CESVA.

Para los cálculos de incertidumbre posteriores se debe medir la temperatura y la humedad inicial con el Medidor Ambiental, y al final del ensayo verificar las mismas magnitudes, anotándolas en la hoja de campo.

FACTORES DEL CÁLCULO DE INCERTIDUMBRE	INICIAL	FINAL
Variaciones de temperatura:		

Figura 13. Ejemplo Hoja de Campo: Datos para el cálculo de incertidumbre.

3.4.1 Procedimiento utilizando la normativa UNE EN ISO 140-7

Ahora procedemos a las mediciones y según las directrices, se procede a conectar la máquina de impacto, la misma que debe ser colocada en al menos cuatro posiciones diferentes de manera aleatoria sobre el suelo el cual va a ser analizado.

Las diferentes posiciones deben corresponder a las directrices, que dictan lo siguiente:

- Distancia entre la máquina y los bordes al menos de 0.5 m.
- En el caso de tener suelos con nervaduras, o vigas, se debe procurar tener más posiciones de colocación de la máquina de impactos.
- La línea que forman la cabeza de los martillos debe formar un ángulo de 45° en la dirección de las nervaduras o de las vigas.

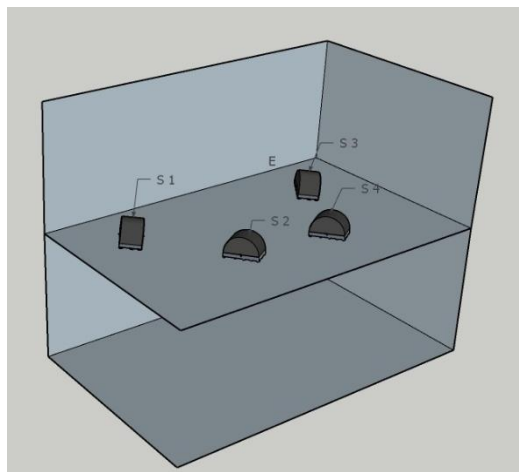


Figura 14. Ubicación de Máquina de Impactos.

Nota: Es importante, destacar que cuando la máquina empieza a funcionar el nivel que genera el golpe de los martillos puede incrementarse inicialmente hasta un cierto tiempo, por lo cual las mediciones deben empezar cuando este nivel llega a su estado estacionario.

El periodo de medición debe ser de al menos 6 segundos para el rango de frecuencia entre 100 Hz y 5KHz, y de al menos 15 segundos para frecuencias bajas.

Ahora colocamos en el recinto receptor, las diferentes posiciones de micrófono que se van a medir en el cuarto, como señala la figura 15, en donde S1, S2, S3, y S4 son las distintas posiciones de la máquina de impactos, las cuales siguen las siguientes condiciones:

- 0,7 m entre posiciones de micrófono
- 0,5 m entre posición de micrófono y en referencia a los bordes de la sala.
- 1,0 m entre posición de micrófonos y el suelo superior el cual está siendo excitado por la máquina.

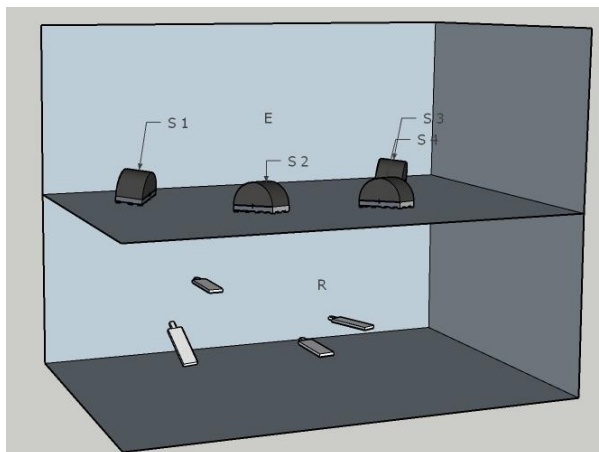


Figura 15. Posiciones de micrófono en el recinto receptor.

Una vez ubicadas los micrófonos y la máquina de impactos se señalan en la hoja de campo, cada una de estas posiciones.

Se debe tener al menos 6 mediciones, en las cuales debe utilizar una combinación de las cuatro posiciones ya señaladas de los micrófonos en relación con las 4 posiciones de la máquina de impactos en el recinto emisor.

Se anotan los 6 registros obtenidos, en la hoja de campo, además sus mediciones de ruido de fondo con la máquina apagada. Para las posteriores correcciones, estos registros se anotan en la hoja de campo como se muestra a continuación.

RECINTO RECEPTOR UNE-EN-ISO 140-7				
POSICIONES DE MICRÓFONO FIJA				
REGISTRO	DETALLES	UBICACIÓN		
		X	Y	Z
	EMISOR__ POSICIÓN__			
	RUIDO DE FONDO			
	EMISOR__ POSICIÓN__			
	RUIDO DE FONDO			
	EMISOR__ POSICIÓN__			
	RUIDO DE FONDO			
	EMISOR__ POSICIÓN__			
	RUIDO DE FONDO			
	EMISOR__ POSICIÓN__			
	RUIDO DE FONDO			
	EMISOR__ POSICIÓN__			
	RUIDO DE FONDO			

Figura 16. Registros de aislamiento de ruido de impactos en el recinto receptor.

3.4.2 Procedimiento utilizando la normativa UNE EN ISO 16283-2

Se establece la colocación de 4 posiciones de fuente, distribuidos aleatoriamente en el suelo a ser analizado, por lo cual se utilizan las mismas posiciones ya establecidas, como se observó en la figura 14.

Se mantienen las mismas indicaciones de colocación, estabilización y angulación, que la indicada en la UNE EN ISO 140-7

Las posiciones de micrófono fijas, que regula esta norma deben ser igual al número de posiciones de la máquina de impactos, en este caso 4, o múltiplos enteros de este número, como se observó en la figura 15.

Nota: Si se utilizan 4 o 5 posiciones de la máquina de impactos, se deben realizar al menos dos mediciones de nivel de presión acústica de ruido de impactos en cada una de las posiciones de la máquina, y en el caso de ser 6 o más posiciones se debe realizar al menos una medición en cada posición.

Cabe destacar que para las dos mediciones en cada una de las posiciones de la máquina la norma exige que, deben ser realizadas en dos posiciones de micrófono diferentes, por ejemplo, para la posición de fuente F1, se mide en las posiciones de micrófono P1 y P2, y para F2, serán P1 y P3, y así aleatoriamente hasta concluir con las 8 mediciones correspondientes.

Cada una de las mediciones, debe ser registrada en la hoja de campo junto con su medición de ruido de fondo, se utilizan las mismas posiciones de micrófono realizadas en la anterior norma.

RECINTO RECEPTOR UNE-EN-ISO 16283-2				
POSICIONES DE MICRÓFONO FIJA				
REGISTRO	DETALLES	UBICACIÓN		
		X	Y	Z
	EMISOR __ POSICIÓN __			
	RUIDO DE FONDO			
	EMISOR __ POSICIÓN __			
	RUIDO DE FONDO			
	EMISOR __ POSICIÓN __			
	RUIDO DE FONDO			
	EMISOR __ POSICIÓN __			
	RUIDO DE FONDO			
	EMISOR __ POSICIÓN __			
	RUIDO DE FONDO			
	EMISOR __ POSICIÓN __			
	RUIDO DE FONDO			
	EMISOR __ POSICIÓN __			
	RUIDO DE FONDO			
	EMISOR __ POSICIÓN __			
	RUIDO DE FONDO			

Figura 17. Registros de aislamiento de ruido de impactos en el recinto receptor.

Esta norma establece un procedimiento para los recintos, que exclusivamente tengan un volumen menor a $25m^3$, por lo cual se escogen 2 esquinas superiores y 2 esquinas inferiores en el recinto receptor, a una distancia de 0,3 m a 0,4m de cada esquina.

Se procede a la medición del nivel de presión sonora en la primera esquina, con la fuente prendida, en cada una de las posiciones de fuente ya establecidas, con un tiempo de integración de al menos 15 s, y se repite el procedimiento para las otras 3 esquinas, recordar llenar los registros con su respectiva medición de ruido de fondo en la hoja de campo.

Para este procedimiento, se marcan 3 posiciones de micrófono fijas como se observa en la Figura 20 y de igual forma se representarán dichas posiciones en la hoja de campo, tomando las siguientes restricciones para su correcta colocación.

- 1 m entre cualquier posición de micrófono y fuente sonora.
- 0,7 m entre posiciones de micrófono
- 0,5 m entre las posiciones de micrófono y los límites u obstáculos del recinto.

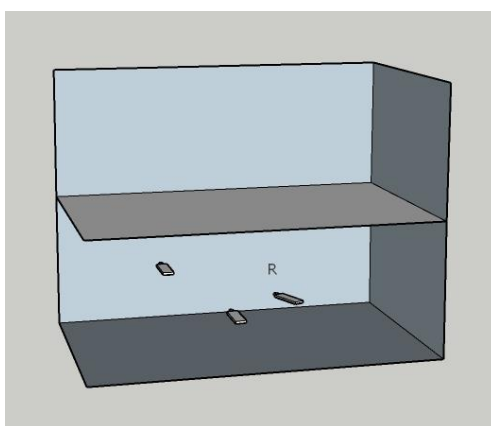


Figura 20. Posiciones de micrófono en el recinto receptor, para la medición de tiempo de Reverberación.

Para la medición de ruido de fondo se debe revisar que el nivel de la fuente sonora sea el adecuadamente correspondiente a las dimensiones de la sala sometida al ensayo; es decir que posea una relación señal ruido aproximadamente en 10dB.

Se procede a realizar las mediciones de nivel de presión sonora en el recinto receptor, aplicando el método de ruido interrumpido que se explica a continuación.

Método de ruido interrumpido, para la obtención de tiempo de reverberación

El cual comprende en tomar una medición de ruido de fondo del lugar con el sonómetro hasta que los mismos permanezcan estables en cada una de las bandas de tercio de octava, a continuación de esto se debe prender la fuente omnidireccional, hasta que lleguen a su nivel máximo y se estabilice nuevamente. Concluido esto se apaga la fuente omnidireccional, y se debe esperar unos segundos sin realizar ningún movimiento que comprometa la medición, permaneciendo totalmente quietos, entonces el sonómetro se detiene automáticamente y se obtiene un valor en cada tercio de octavas, en segundos.

Se repite dos veces el apartado anterior, en cada uno de los 3 puntos ya designados con el fin de obtener un total de 6 mediciones, los cuales serán anotados en la hoja de campo.

MEDICIÓN DEL TIEMPO DE REBERVERACIÓN				
IMPLUSIVA		RUIDO INTERRUMPIDO		
REGISTRO	DETALLES	UBICACIÓN		
		X	Y	Z
	MEDICIÓN __ POSICIÓN __			
	MEDICIÓN __ POSICIÓN __			
	MEDICIÓN __ POSICIÓN __			
	MEDICIÓN __ POSICIÓN __			
	MEDICIÓN __ POSICIÓN __			
	MEDICIÓN __ POSICIÓN __			

Figura 21. Ejemplo Hoja de Campo: Registros de Medición del tiempo de Reverberación

El sonómetro CESVA con los datos obtenidos de ruido de fondo, y luego ruido interrumpido, los procesa para obtener un T20 en segundos, que nos servirá para determinar el tiempo de reverberación de la sala.

3.4.4 Procedimiento para el cálculo del tiempo de reverberación

Con las mediciones obtenidas, nuestro descriptor recogido con mediciones in situ es el T20 por los siguientes motivos:

- El T20, describe de una manera única la curva de decaimiento del sonido generado en el recinto a medir, recogiendo información de los primeros 20 dB en la pendiente de caída.
- Si se realiza las mediciones en un ambiente donde el ruido de fondo es excesivamente alto, no se puede realizar de manera correcta las mediciones del tiempo de reverberación en todas las bandas de tercio de octava, puesto que al tener un ruido de fondo muy alto no permite que las ondas sonoras en ciertas bandas decaigan en su amplitud adecuadamente en el tiempo en el cual el sonómetro procesa los datos recolectados.
- La percepción del oído humano en cuanto al tiempo que decae un sonido en todo el rango de frecuencias es muy subjetiva, por lo que nuestro descriptor es el T20, que recolecta la información relevante en los 20 primeros segundos.

3.5 Metodología para comparación Valores Globales

3.5.1 Método UNE EN ISO 717-2

Esta norma se debe utilizar para la evaluación de los datos obtenidos según el procedimiento de la norma UNE EN ISO 140-7, la cual consiste en el desplazamiento de la curva, para la aproximación a la curva obtenida por

medición, para obtener un único valor, para que la suma de sus desviaciones sean lo más cercanas y no mayores a 32 Db

Cuando tenemos la curva desplazada, a la que se le hayan aumentado las desviaciones favorables cercanas a 32, obtenemos un valor único de aislamiento, el cual está designado por el valor que posee la curva en la banda de 500 Hz.

Esta curva de referencia que se encuentra en la norma UNE-EN ISO 717-2, está determinada con los valores que se encuentran en la Tabla 3 indicada a continuación.

Tabla 3

Valores de referencia para aislamiento a ruido de impactos

FRECUENCIAS	CURVA REFERENCIA
100 HZ	62 dB
125 HZ	62 dB
160 HZ	62 dB
200 HZ	62 dB
250 HZ	62 dB
315 HZ	62 dB
400 HZ	61 dB
500 HZ	60 dB
630 HZ	59 dB
800 HZ	58 dB
1 KHZ	57 dB
1,25 KHZ	54 dB
1,6 KHZ	51 dB
2 KHZ	48 dB
2,5 KHZ	45 dB
3,15 KHZ	42 dB

Tomado de: AENOR, 1996.

En la figura 22 que se presenta a continuación, se puede ver la curva de referencia necesaria para la obtención del valor único de aislamiento a ruido de impactos, analizando con los valores que se obtuvieron en el ensayo en el cual se aplicó la norma UNE-EN ISO 140-7, en un rango de frecuencias de 100 Hz a 3250 Hz.

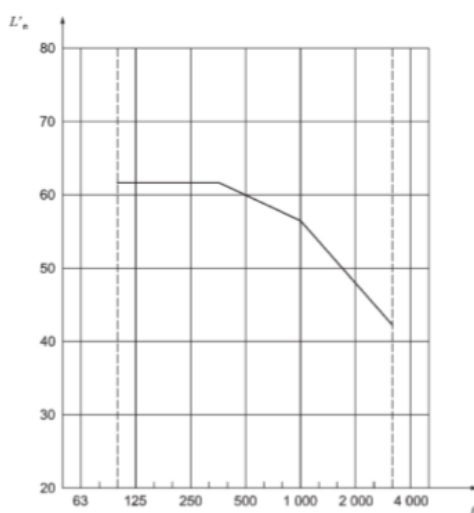


Figura 22. Curva de referencia.

Tomado de: AENOR, 1996.

3.6 Procedimiento para evaluación del valor único en el proyecto

En esta instancia para el cumplimiento del objetivo general del proyecto se determinó un cálculo del valor único de ruido de impacto para cada una de las mediciones que han seguido los procedimientos de cada una de las normativas que se encuentran en comparación, las cuales detallan el procedimiento para realizar las mediciones *in situ* del aislamiento acústico de suelos al ruido de impacto.

Para cada medición se determinó un aislamiento global, mediante un cálculo propuesto por la normativa UNE-EN ISO 717-1, las cuales son usadas de acuerdo con las normativas utilizadas para la medición *in situ* de aislamiento a

ruido de impacto, con las normativas UNE-EN ISO 140-7 y la normativa UNE-EN ISO 16293-2.

3.7 Procedimiento para la evaluación de magnitudes globales de aislamiento acústico.

En este proyecto se establecieron objetivos claros para el análisis y comparación de las dos normativas mencionadas a lo largo del mismo por lo cual es necesario el cálculo de un valor global mediante la norma UNE EN ISO 717-2, con las mediciones que fueron recolectadas mediante la utilización de las normas UNE EN ISO 140-7 y UNE EN ISO 16283-2 para el aislamiento a ruido de impactos.

Es decir que para ambos procedimientos se evaluará con la misma norma para la obtención de un valor global con el fin de cumplir los objetivos comparativos que se ha planteado en el proyecto.

3.7.1 Parámetros Acústicos

Los parámetros que se van a evaluar en esta sección es el nivel de presión sonora en el recinto emisor Lnt estandarizado y normalizado, el mismo que se designó para evaluar la diferencia entre los valores calculados en cada una de las normativas.

La evaluación se realiza en bandas de tercio de octava en el rango de 50 a 5000 Hz, para ambas normativas.

3.7.2 Corrección por ruido de fondo

Estas muestras obtenidas, tienen como objetivo detectar que los niveles de presión sonora medidos no se vean afectados por ruidos ajenos a los emitidos por las fuentes sonoras, como por ejemplo ruido de maquinaria, electrodomésticos, o tránsito vehicular, entre otros.

Esto incorpora una corrección a los cálculos, los mismos que se dan en los siguientes casos:

- Si esta diferencia ya mencionada es menor que 10 dB, y mayor a 6 dB, estará dada por la ecuación siguiente:

$$L'_2 = 10 \log(10^{\frac{L_2}{10}} - 10^{\frac{L_F}{10}}) \quad \text{Ecuación 28}$$

Donde:

L_2 = Nivel de presión acústica en el recinto receptor.

L_F = Nivel de ruido de fondo.

Si por el contrario esta diferencia es menor a 6 dB, se debe aplicar una corrección de 1,3 dB.

Con estas correcciones aplicadas se puede continuar con la obtención de los parámetros acústicos establecidos anteriormente para cada una de las normativas.

3.8 Procedimiento del cálculo de incertidumbre en ensayos acústicos

De acuerdo con la norma la Guía para la expresión de la Incertidumbre de Medida GUM, las principales fuentes de contribución de la incertidumbre se pueden dividir en dos casos:

- Incertidumbres debido al estado y calibración de los equipos de medición.
- Incertidumbre por repetición de las mediciones obtenidas.

Para el cálculo de este procedimiento de incertidumbre, debe determinarse continuamente en cada medición realizada individualmente, debido a que corresponde con factores intrínsecos de cada una de las mediciones y también de los certificados de calibración de los equipos de medición que se van a utilizar.

3.8.1 Incertidumbre por equipos de medición

La incertidumbre determinada por lo equipos de medición que se utilizarán en el ensayo según cada una de las normativas a ser analizadas viene dada por la siguiente ecuación:

$$\delta_i(L) = \delta_{PFE} + \delta_{PFA} + \delta_{LS} + \delta_{RMS} + \delta_{PT} + \delta_{CA} + \delta_{CC} + \delta_{ES} + \delta_{TS} \quad \text{Ecuación 29}$$

3.8.1.1 Corrección de calibración eléctrica del nivel de presión sonora con ponderación A (δ_{PFE})

Este parámetro se obtiene del certificado de calibración del equipo, en donde el valor de la incertidumbre está dado por un factor de cobertura $k=2$, que es el

valor respectivo al intervalo de confianza del 95,45%, obtenido en la Guía para incertidumbres de medida, por consiguiente, se define mediante la siguiente ecuación:

$$u(\delta_{PFE}) = \frac{U_E}{K_n} \quad \text{Ecuación 30}$$

Donde:

U_E = Incertidumbre de calibración eléctrica, que viene dada por el certificado de calibración del sonómetro.

K_n = Factor de cobertura igual a 2

3.8.1.2 Corrección de la calibración acústica el nivel de presión del sonómetro con ponderación A(δ_{PFA})

Se refiere a la respuesta del equipo que comprende el micrófono y el sonómetro, en donde con ayuda del calibrador se comprueba su respuesta en el rango de frecuencias de 31,5 Hz a 16 KHz en bandas de tercio de octavas. El factor de cobertura y el valor de la incertidumbre vienen dados por el certificado que otorga un laboratorio acreditado.

$$u(\delta_{PFA}) = \frac{U_A}{K_n} \quad \text{Ecuación 31}$$

U_A = Incertidumbre de calibración acústica, que viene dada por el certificado de calibración del sonómetro.

$K_n =$ Factor de cobertura igual a 2.

3.8.1.3 Corrección asociada a la linealidad del sonómetro (δ_{LS})

Esta corrección se verifica utilizando una onda de forma senoidal la cual es generada en un rango de frecuencia entre 31,5 Hz y 12,5 KHz en diferencias entre 1 dB y 10 dB. Es decir, la linealidad será ponderada a todas las desviaciones existentes con respecto a la linealidad de referencia (ideal) con un valor de incertidumbre igual a las desviaciones típicas que se obtienen.

$$u(\delta_{LS}) = \sigma_L \quad \text{Ecuación 32}$$

Donde:

$\sigma_L =$ Desviaciones en relación con la ponderación de las desviaciones con respecto a la linealidad ideal.

3.8.1.4 Corrección asociada a la ponderación temporal (δ_{PT})

Esta verificación de la ponderación *slow* se realiza con una ráfaga sinusoidal en la frecuencia de 2 KHz en un intervalo de 500 ms a una amplitud igual a 4 dB menos del límite superior del indicador primario, y la verificación *fast* se realiza de igual manera, pero con una duración menor igual a 200 ms. De este modo se obtiene la corrección, la cual es igual a la media aritmética de cada una de las desviaciones obtenidas con respecto a su característica ideal, así la incertidumbre será igual a la máxima desviación calculada.

$$u(\delta_{PT})|_{fast/slow} = \frac{\Delta_{PT}}{\sqrt{3}} \quad \text{Ecuación 33}$$

Donde:

Δ_{PT} = *Desviación Máxima.*

3.8.1.5 Corrección asociada al ajuste inicial del sonómetro empleando un calibrador (δ_{CA})

Esta verificación se realiza justo en el momento anterior a empezar los ensayos de aislamiento, con el cual mediante un calibrador se debe realizar la comprobación y ajuste del sonómetro. La corrección será igual a cero, pero por otro lado la incertidumbre será de acuerdo con la resolución obtenida del sonómetro, en su ficha técnica.

$$u(\delta_{CA}) = \frac{E_s}{2\sqrt{3}} \quad \text{Ecuación 34}$$

Donde:

E_s = *Resolución del equipo obtenida mediante su ficha técnica.*

3.8.1.6 Corrección del empleo de un calibrado sobre su valor certificado (δ_{CC})

Esta corrección modela la acción en donde el empleo del calibrador acústico no tiene las mismas condiciones ambientales ahora, que cuando fue certificado y toma en cuenta el tiempo que lleva de uso el mismo.

$$u(\delta_{CA}) = \frac{U_C}{K_n} \quad \text{Ecuación 35}$$

Donde:

$U_C =$ Incertidumbre por el uso del calibrador, obtenida del certificado de este.

$K_n =$ Factor de cobertura igual a 2.

3.8.1.7 Corrección incorporada a la resolución finita del valor de indicación del sonómetro (δ_{ES})

Esta corrección se refiere a la resolución digital del sonómetro, así la misma resolución del sonómetro sea igual a cero.

$$u(\delta_{CA}) = \frac{E_S}{2\sqrt{3}} \quad \text{Ecuación 36}$$

Donde:

$E_s =$ Resolución del sonómetro, obtenida de la hoja técnica.

3.8.1.8 Corrección incorporada a las variaciones de temperatura (δ_{TS})

Los equipos son calibrados en laboratorios, es decir que su calibración es en ambientes controlados, es decir a una temperatura controlada, por lo cual al utilizar los mismos equipos en diferentes ambientes a estas condiciones se presenta una corrección en su toma de muestras igual a δ_{TS} . Su rango de frecuencias de trabajo del equipo tiene una ligera variación en su espectro de acuerdo con la temperatura a la cual se trabaja por lo cual se debe calcular el coeficiente de variación de temperatura α_M que se lo debe multiplicar por la

diferencia entre T_M y la temperatura referencial de calibración en este caso 23°C para el sonómetro y su micrófono.

$$\delta_{TS} = \alpha_M(23 - T_M) \quad \text{Ecuación 37}$$

Entonces la incertidumbre viene definida por la distribución de probabilidad rectangular en el intervalo mencionado y queda definida en la siguiente ecuación:

$$u(\delta_{TS}) = \frac{\alpha_M \Delta T}{\sqrt{3}} \quad \text{Ecuación 38}$$

Donde:

ΔT = Diferencia de temperaturas en donde se ejecutó la toma de muestras y la temperatura de referencia de calibración 23°C .

α_M = Coeficiente de variación de temperatura igual a 0,015.

3.8.2 Incertidumbres por repetición de medidas

El operador, al realizar varias mediciones también incorporan una incertidumbre que debe sumar a la incertidumbre de medida. Para determinar la incertidumbre en la medición por repetición existen 2 métodos de cálculo, primero la incertidumbre establecida por niveles sonoros y segundo por la incertidumbre establecida por el aislamiento acústico, como se realizó en el trabajo de titulación "Medición y evaluación de la incertidumbre de auditorias en el aislamiento acústico" de Vicente Verdú.

3.8.2.1 Cálculo de incertidumbre para ensayos de niveles de presión sonora

La incertidumbre final para el ensayo de aislamiento acústico está determinada por:

$$U_{TOT} = KU_{COM} \quad \text{Ecuación 39}$$

Donde:

K = al factor de cobertura igual a 2.

U_{COM} = Incertidumbre debida al equipamiento y a los ensayos de nivel sonoro, y corresponde a la siguiente ecuación:

$$U_{COM} = \sqrt{\delta_i(L)^2 + Z^2} \quad \text{Ecuación 40}$$

Donde:

$\delta_i(L)^2$ = Incertidumbre debida a los equipos de medida.

Z = Incertidumbre calculada por repeticiones, que corresponde a la siguiente ecuación:

$$Z = \sqrt{Cu} \quad \text{Ecuación 41}$$

Donde:

c = Coeficiente de sensibilidad, determinada por:

$$C = \frac{10^{\frac{L_p}{10}}}{10^{\frac{L'}{10}} - 10^{\frac{L_p}{10}}} \quad \text{Ecuación 42}$$

Donde:

L' = Nivel de presión del ensayo.

L_p = Nivel promedio del ruido de fondo.

u = Tiene relación al número de muestras de nivel de presión sonora, en la cual se aplica la corrección por ruido de fondo dependiendo cada caso, en donde la incertidumbre correspondiente a las muestras del nivel de presión sonora en el recinto emisor están dadas por las condiciones en las cuales se aplica o no la corrección por ruido de fondo, que expresa la siguiente ecuación:

$$u = \sqrt{u_{rec}^2 - u_{rec}^2} \quad \text{Ecuación 43}$$

Donde:

u_{rec}^2 = desviación de las medidas del ruido de fondo corregido; y se determina por la ecuación:

$$u'_{rec} = \frac{s(q'k)}{\sqrt{n}} \quad \text{Ecuación 44}$$

Donde:

n = número de muestras tomadas.

$s(q'k)$ = Desviación estándar de las muestras, a las que se les aplica la corrección por ruido de fondo, que se representa por la ecuación siguiente:

$$s(q'_k) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{k=1}^N (q'_k - \overline{q'_k})^2} \quad \text{Ecuación 45}$$

Donde:

$\overline{q'_k}$ = Promedio de las muestras aplicadas la corrección por ruido de fondo, la cual viene determinada por la siguiente ecuación:

$$\overline{q'_k} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n q'_k \quad \text{Ecuación 46}$$

q'_k = Es cada muestra con su corrección por ruido de fondo.

u_{rec} = Valor de la incertidumbre por las mediciones sin corrección por ruido de fondo, de los niveles de presión en el recinto receptor, y está dada por la siguiente ecuación:

$$u_{rec} = \frac{s(q_k)}{\sqrt{n}} \quad \text{Ecuación 47}$$

Donde:

$n = \text{Número de muestras}$

$s(q_k) = \text{Desviación estándar de las muestras, sin aplicar la corrección por ruido de fondo que viene dada por la siguiente ecuación:}$

$$s(q_k) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{k=1}^N (q_k - \bar{q}_k)^2} \quad \text{Ecuación 48}$$

Donde:

$\bar{q}_k = \text{Promedio de las muestras sin corrección por el ruido de fondo, determinada por:}$

$$\bar{q}_k = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n q_k \quad \text{Ecuación 49}$$

Donde:

$q_k = \text{Es cada muestra sin corrección por ruido de fondo.}$

La incertidumbre que se relaciona con la medición del tiempo de reverberación podemos está definida por la siguiente ecuación, que corresponde al T20.

$$u_{rep}(T) = 0,88 * T_{20} * \sqrt{\frac{1 + (\frac{1,9}{n})}{NBT_{20j}}} [S] \quad \text{Ecuación 50}$$

Donde:

$B[\text{Hz}]$ = Ancho de banda, la cual se calcula para cada banda de tercio de octava mediante la ecuación:

$$B = 0.23 * f$$

Ecuación 51

Donde:

f = frecuencia en Hz

N = Número de combinación de posición de micrófono y fuente

n = Número de tomas de ensayo en cada posición

3.8.2.2 Cálculo de incertidumbre para ensayos de aislamiento

Se debe determinar el cálculo de la incertidumbre de medida para ensayos de aislamiento acústico a ruido de impacto, exactamente la incertidumbre para el parámetro L_{NT} . La incertidumbre final se calculará, mediante la Ecuación 38 mencionada con anterioridad.

Se debe calcular la incertidumbre para el parámetro L_{NT} , mediante los factores que influyen en su obtención mediante la siguiente ecuación:

$$L_{nT} = L'_2 - 10 \log\left(\frac{T_R}{0.5}\right)$$

Ecuación 52

Donde:

T_R = *Tiempo de reverberación en el recinto receptor.*

L'_2 = *Nivel de presión sonora aplicada la corrección por ruido de fondo del recinto receptor determinada por:*

$$6 \text{ dB(A)} \leq L_2 - L_F \leq 10 \text{ dB(A)} \rightarrow L'_2 = (10^{\frac{L_2}{10}} - 10^{\frac{L_F}{10}}) \quad \text{Ecuación 53}$$

L_2 = *Nivel de presión sonora de recepción.*

L_F = *Nivel de presión sonora de ruido de fondo.*

La incertidumbre combinada y sus magnitudes de introducción serán el nivel de presión sonora de emisión L_1 , el nivel de presión sonora de recepción y su respectiva corrección por ruido de fondo L'_2 , además del tiempo de reverberación T_R , dada por la ecuación:

$$U_{COM} = \sqrt{\delta_i(L)^2 + (C_2 \overline{L'_2})^2 + (C_3 \overline{T_R})^2} \quad \text{Ecuación 54}$$

Donde:

$\delta_i(L)$ = *Incertidumbre debida al equipamiento.*

$\overline{L'_2}$ = *Desviación del nivel de presión sonora de recepción.*

C_2 = Coeficiente de sensibilidad del nivel de presión sonora en el recinto receptor, que sigue la ecuación:

$$C_2 = \frac{dD_{mT}(f)}{dL_1} \quad \text{Ecuación 55}$$

$$C_2 = \frac{d(L_1 - (L'_2 + 10 \log(\frac{T_R}{0.5})))}{dL_1} = 1 \quad \text{Ecuación 56}$$

Desarrollando la ecuación para la expresión de la incertidumbre combinada incorporando la corrección por ruido de fondo, se originan otros coeficientes de sensibilidad, en donde la nueva ecuación de incertidumbre combinada es expresada de la siguiente manera.

$$U_{COM} = \sqrt{\delta_i(L)^2 + (C_{22}\bar{L}_F)^2 + (C_{21}\bar{L}'_2)^2 + (U(T))^2} \quad \text{Ecuación 57}$$

En donde los coeficientes de sensibilidad se encuentran definidos de la siguiente manera:

C_{21} = Coeficiente de sensibilidad del nivel de presión sonora en recepción, definida por las siguientes ecuaciones:

Para el caso en donde cumpla con el siguiente apartado:

$$L_2 - L_f < 6\text{dB(A)} \text{ o } L_2 - L_f \geq 10 \text{ dB(A)} \quad \text{Ecuación 58}$$

El coeficiente de sensibilidad está dado por:

$$C_{21} = \frac{dL'_2}{dL_2} = 1$$

Ecuación 59

Para el siguiente caso en el cual cumpla la siguiente ecuación:

$$6\text{dB} \leq L_2 - L_F < 10 \text{ dB}$$

Ecuación 60

El coeficiente de sensibilidad está dado:

$$C_{21} = \frac{10^{\frac{L_2}{10}}}{10^{\frac{L_2}{10}} - 10^{\frac{L_F}{10}}}$$

Ecuación 61

C_{22} = Coeficiente de sensibilidad del nivel de presión sonora de ruido de fondo definida por las siguientes ecuaciones:

- Para el caso en el cual cumpla la siguiente condición:

$$L_2 - L_f < 6\text{dB} \text{ o } L_2 - L_F \geq 10 \text{ dB}$$

Ecuación 62

El coeficiente de sensibilidad está definido por:

$$C_{22} = \frac{dL'_2}{dL_F} = 0$$

Ecuación 63

- Para el caso en el cual cumpla la siguiente condición:

$$6\text{dB} \leq L_2 - L_F < 10 \text{ dB}$$

Ecuación 64

El coeficiente de sensibilidad está definido por:

$$C_{22} = \frac{\frac{L_F}{10^{10}}}{\frac{L_2}{10^{10}} - \frac{L_F}{10^{10}}} \quad \text{Ecuación 65}$$

Para el cálculo de la incertidumbre en el tiempo de reverberación T_R , la misma que se debe por la repetibilidad de la recolección de muestras.

Donde:

$u(T_{1/3})$ = *Desviación media obtenida por tercio de octavas del tiempo de reverberación que sigue la ecuación siguiente:*

$$u(T_{1/3}) = \frac{s(T_j)}{\sqrt{n}} \quad \text{Ecuación 66}$$

$s(T_j)$ = *a la desviación media de las muestras recogidas del tiempo de reverberación*

n = *número de mediciones realizadas*

Y como el tiempo de reverberación es la media de todas las bandas de frecuencia en tercio de octavas, se determina su incertidumbre mediante la siguiente fórmula:

$$u(T) = \frac{1}{n} \sqrt{\sum_{i=1}^n u(T_{1/3})} \quad \text{Ecuación 67}$$

3.8.3 Cálculo de incertidumbre asociada a valores únicos

La normativa UNE EN ISO 12999-1, indica el procedimiento para evaluar la incertidumbre asociada al valor único en los cálculos de aislamiento a ruido de impacto viene dado por la corrección mediante una curva de referencia, donde se desplaza dicha curva hasta que la suma de sus desviaciones favorables sea lo más cercano a 32.0 procedimiento que viene determinado por la UNE EN ISO 717-2, que fue explicado anteriormente, por consiguiente, el cálculo de la incertidumbre del valor global viene determinado por la siguiente ecuación:

$$u(L_{nt}, w) = \sqrt{\sum_i \left(\frac{10^{\frac{L_i - L_{2i}}{10dB}}}{\sum_i 10^{\frac{L_i - L_{2i}}{10dB}}} \right)^2} u^2(L_2) \quad \text{Ecuación 68}$$

Donde:

L_i = espectro de referencia definido en la ISO 717-2.

L_2 = nivel de presión sonora del receptor.

$u(L_2)$ = Incertidumbre asociada al L_{nt} en banda de tercios de octava.

Como se determina una correlación positiva total entre los aislamientos a ruido de impacto por bandas en tercio de octava, por lo cual el valor único se determina dos veces. En los cuales se debe sumar y restar a los aislamientos acústicos medidos en las bandas de un tercio de octavas, para obtener un valor único de aislamiento.

Se debe recordar que, para la obtención de incertidumbres realistas, el desplazamiento de la curva se debe dar en pasos de 0,1 dB, y no de 1 dB como dice en la norma.

El cálculo para la obtención de cada una de las incertidumbres aplicadas a la instrumentación y a la repetibilidad para ensayos de aislamiento que se utilizó para el presente trabajo está descrito en el Anexo 3.

3.9 Marco Legal

En el Ecuador el NEC (Norma ecuatoriana de la construcción y el TULSMA (Texto Unificado de legislación secundaria y medio ambiente) son dos normativas vigentes que señalan límites permisibles o recomendados para el confort acústico en interiores, dependiendo el tipo de recinto y la zona de residencia. Si bien el NEC tiene un apartado donde establece el grosor mínimo para ventanas de fachada dependiendo de la clase del recinto, en ninguna de las dos normativas establece niveles máximos para aislamiento a ruido de impacto.

El Documento Básico HR (DBHR) es el único documento oficial vigente en Europa que indica valores límite para nivel de presión sonora a ruido de impactos con el parámetro $L_{nt, W}$, por lo cual se utilizará este documento como directriz a ver si los recintos donde se realizaron las mediciones cumplen con lo planteado en este documento.

3.9.1 Documento Básico HR – Protección frente al ruido 2009

Este documento vigente en Europa tiene por objetivo fijar reglas y procedimientos para que se cumpla las exigencias básicas de protección al ruido.

En su apartado 2. Caracterización y cuantificación de las exigencias existe un subapartado que hace referencia a los Valores límite de aislamiento tanto a ruido aéreo como a ruido de impacto.

Éste documento subdivide los recintos en recintos protegidos y recintos habitables.

3.9.1.1 Recintos Protegidos

Son los recintos donde se requiere un mayor grado de concentración o de descanso donde es necesario obtener menos nivel de transmisión sonora como por ejemplo dormitorios, comedor o estudio. Para esta clase de recintos el DBHR plantea dos subdivisiones,

- Recintos protegidos colindantes vertical, horizontalmente o que tengan alguna arista en común con otro recinto habitable o protegido el nivel global de presión sonora a ruido de impactos $L_{nt, W}$ no será mayor a 65 decibelios.
- El nivel global de presión sonora a ruido de impactos en recintos protegidos colindantes con recintos de maquinarias o recintos en actividades no tiene que ser mayor a 60 decibelios.

3.9.1.2 Recintos Habitables

Los recintos habitables son aquellos donde no se necesita altos niveles de concentración ni tampoco zonas de descanso, como por ejemplo cuartos de baño, áreas sociales, etc. En esta clase de recintos el nivel global de presión

sonora no tiene que ser mayor a 60 decibelios.

El DBHR es el único documento oficial que indica valores límite para nivel de presión sonora a ruido de impactos con el parámetro L_{nt} , W , por lo cual se utilizará este documento como directriz a ver si los recintos cumplen con lo planteado en este documento.

4. Capítulo IV. Resultados

4.1 Resultado de la comparación textual de normativas.

Primeramente, se presentarán los resultados principales de la comparación textual entre las normativas de aislamiento acústico a ruido de impacto, UNE-EN ISO 140-7 y UNE-EN ISO 16283-2, que fueron definidas al inicio del caso de estudio.

4.1.1 Objeto principal de las normativas.

La principal diferencia entre las dos normativas ya mencionadas es su campo de aplicación, ya que para la normativa UNE-EN ISO 140-7 se realiza las mediciones en recintos cuyo campo sonoro se asemeja o puede considerarse difuso en todos sus casos de ensayo y no explica si los técnicos que realizan la medición pueden o no estar presentes durante la misma.

Mientras que la normativa UNE-EN ISO 16283-2, la cual considera que el campo sonoro puede ser o no puede ser difuso, por lo tanto determina lineamientos a seguir para los diferentes recintos de acuerdo a su volumen, de igual manera aumenta las condiciones a seguirse de acuerdo a la forma del recinto emisor y

receptor, considerando por separado cada una de los recintos para la colocación de los puntos de medición, tanto el sonómetro como el número de posiciones de la máquina de impactos e incluye directrices complementarias a las que se especifican en la normativa UNE-EN-ISO 140-14.

4.1.2 Objeto y campo de aplicación.

Tabla 4.

Objeto y Campo de aplicación

		UNE-EN-ISO 140-7	UNE-EN-ISO 16283-2
Rango de frecuencias	de	50 Hz-5000 Hz	50 Hz-5000 Hz
Volumenes de recintos	de	No especifica	10 m ³ – 250 m ³ – 250m ³
Fuentes de impacto	de	Máquina impactos	de Máquina de impactos y pelota de caucho
Impactos evaluar	a	No especifica	Leves o fuertes y pesados o suaves que difiere con cada fuente

En la tabla 4 anterior se puede notar que en la norma actual UNE-EN-ISO 16283-2 tiene en cuenta si el campo sonoro puede o no aproximarse a un campo difuso

4.1.3 Definiciones.

Tabla 5

Definiciones en las normativas

	UNE-EN-ISO 140-7	UNE-EN-ISO 16283-2
Nivel de presión acústica de ruido de impactos promediado energéticamente	Toma en cuenta el promedio espacial sobre todo el recinto sin contar los lugares donde la radiación directa o campo cercano influya significativamente. Donde la fuente de impactos es la máquina de impactos.	Considera el promedio espacial en la zona central del recinto donde el campo cercano no influye significativamente. Donde la fuente de impactos es la máquina de impactos
Nivel de presión acústica de ruido de impactos de esquina de un recinto	No especifica	Se promedia temporalmente el conjunto de mediciones en las esquinas, para el rango de baja frecuencia (50 Hz, 63Hz, y 80 Hz)
Nivel de presión acústica de baja frecuencia promediado energéticamente en un recinto	No especifica	Promedio espacial y temporal en el rango de baja frecuencia, promedio ponderado donde se calcula utilizando las esquinas que es el lugar en el cual los niveles de presión acústica son más altos y también con la zona central del recinto.

<p>Nivel de presión acústica máximo del ruido de impactos promediado energéticamente en un recinto</p>	<p>No especifica</p>	<p>Considera el promedio espacial en la zona central del recinto donde el campo cercano no influye significativamente. Donde la fuente de impactos es la pelota de caucho.</p>
<p>Tiempo de reverberación</p>	<p>No especifica</p>	<p>Tiempo necesario para que el nivel de presión acústica en un recinto decaiga en 60 dB, en el momento que la fuente deje de irradiar sonoramente.</p>
<p>Nivel de ruido de fondo</p>	<p>No especifica</p>	<p>Nivel de presión que se mide en el recinto receptor, que proviene de las fuentes externas o internas excepto de la máquina de impactos.</p>
<p>Micrófono fijo</p>	<p>No especifica</p>	<p>Micrófono que se encuentra fijado por un trípode en un espacio previamente delimitado.</p>
<p>Micrófono de movimiento continuo mecanizado</p>	<p>No especifica</p>	<p>Micrófono que se mueve con cierta forma y mecánicamente con una velocidad constante a manera circular y su ángulo de rotación va desde 270° a 360°</p>

Micrófono de barrido manual	No especifica	Micrófono junto a un sonómetro de mano o a una varilla de prolongación, que es operada por una persona en un trayecto delimitado.
Micrófono de mano	No especifica	Micrófono junto a un sonómetro de mano o a una varilla colocada en una sola posición estable por una persona a una distancia de un brazo desde el cuerpo de la persona.
Separación	No especifica	Superficie total entre el recinto emisor y receptor.
Separación común	No especifica	Parte del elemento de separación que se encuentra en ambos recintos.
Nivel de presión acústica estandarizado de ruido de impactos	Nivel de presión acústica de ruido de impactos corregido por el tiempo de reverberación medido con respecto al tiempo de referencia expresado en decibelios.	Igual que en la UNE-EN-ISO 140-7, pero especifica cuando la fuente es la máquina de impactos.

<p>Nivel de presión acústica normalizado de ruido de impactos</p>	<p>Nivel de presión acústica a ruido de impactos corregido por un término dado en decibelios, que considera el área de absorción equivalente del recinto receptor con respecto a un área de referencia.</p>	<p>Igual que en la UNE-EN-ISO 140-7, pero especifica cuando la fuente es la máquina de impactos.</p>
<p>Nivel de presión acústica máximo estandarizado de ruido de impactos</p>	<p>No especifica</p>	<p>Nivel de presión acústica máximo de ruido de impacto, corregida para el volumen del recinto y para el tiempo de reverberación, cuando la fuente es la pelota de caucho.</p>
<p>Área de absorción equivalente</p>	<p>No especifica</p>	<p>Área equivalente a que fuese el único objeto de absorción acústica en el interior de la sala receptora.</p>
<p>Reducción del nivel de ruido de impactos</p>	<p>Diferencia entre los niveles que se han medido antes y después de la instalación de una solución acústica al problema encontrado</p>	<p>No especifica</p>

4.1.4 Equipo e Instrumentación.

Tabla 6

Equipo e Instrumentación.

	UNE-EN-ISO 140-7	UNE-EN-ISO 16283-2
Sonómetro	De clase 0 a 1	Instrumentación de clase 1
Filtros	Requisitos de la Norma CEI 61260	De clase 0 a 1, son requisitos de la Norma CEI 61260
Verificación	No está definida	Se debe verificar la respuesta de incidencia aleatoria del micrófono mediante algún procedimiento de la norma IEC 61183
Maquina de impactos	Requisitos mencionados en anexos	Requisitos mencionados en anexos
Calibración	El calibrador debe cumplir los requisitos de precisión clase 1	Al principio y la final de cada sesión y al menos al principio y final de cada jornada, en una o más frecuencias por medio de un calibrador que cumpla con los requisitos de clase 1
Fuente para medición de tiempo de reberveración	Requisitos en la norma ISO 354	Requisitos en la norma ISO 3382-2

4.1.5 Rango de frecuencias.

Las magnitudes medidas deben realizarse en tercios de octavas entre 100 Hz y 3150 Hz, en sus frecuencias centrales, como son:

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

También se establece que si se requiere información a baja frecuencia se debe tomar en cuenta las bandas de tercio de octava de 50, 65, y 80 [Hz], y si se requiere información en altas frecuencias se debe tomar en cuenta las bandas en tercio de octava de 4000 y 5000 [Hz].

En la norma 16283-2 se especifica el rango para la utilización de una pelota de caucho como fuente de impacto, entre 50 y 630 [Hz].

4.1.6 Generación de campo sonoro.

Tabla 7

Generación del campo sonoro

	UNE-EN-ISO 140-7	UNE-EN-ISO 16283-2
La fuente de impactos	La máquina de impactos debe ser colocada en 4 posiciones como mínimo de manera aleatoria. Si se tiene suelos anisotrópicos puede ser necesaria más posiciones y las cabezas de los martillos deben estar a 45° en dirección a las vigas o nervaduras.	Igual que en la norma 140-7, agregando indicaciones para cuando la fuente es una pelota de caucho la cual se lanza verticalmente desde una altura de 1m, en caída libre sobre el suelo a ensayar. Esto se debe realizar al menos en 4 posiciones diferentes.

Mediciones

Las medidas no deben comenzar hasta que el nivel de ruido sea estacionario, si esto no se logra en 5 minutos se debe definir un tiempo determinado para todas las mediciones.

Igual que en la norma 140-7, especificando que esto suele darse en superficies blandas donde los martillos de la máquina hacen variar la rigidez de la superficie. Las mediciones deben ser en posiciones de micrófono diferente para cada posición de máquina de impactos.

4.1.7 Posiciones de micrófono.

Tabla 8

Posiciones de micrófono

		UNE-EN-ISO 140-7	UNE-EN-ISO 16283-2
Distancia operador	del	No especifica.	El operador puede estar presente o no, en cualquier caso, el tronco del operador debe estar a una distancia mínima de un brazo desde el micrófono.
Posiciones		Debe ser un mínimo de 4 posiciones fijas, repartidas en todo el espacio del recinto.	No debe haber dos posiciones situadas el mismo plano, y el número es igual a número de posiciones de la máquina de impactos o múltiplos enteros de la misma.

Mediciones	Utilizando un micrófono fijo debe ser al menos 6 mediciones, y debe utilizarse una combinación de 4 posiciones de micrófono con las 4 posiciones de máquina de impactos.	Si son 4 o 5 posiciones de máquina de impactos las mediciones deben ser al menos 2 en cada posición, y si se utiliza 6 o más posiciones de máquina de impactos, las mediciones deben ser al menos una en cada posición.
-------------------	--	---

Comparten las mismas directrices de distancias de posiciones de micrófono, los mismos que son las distancias mínimas que se deben cumplir, donde se debe procurar siempre superar estos límites si el recinto lo permite.

- Separación mínima de 0.7 m entre posiciones de micrófono.
- Separación mínima de 0.5 m entre las posiciones de micrófono y bordes del recinto.
- Separación mínima de 1.0 m entre la posición del micrófono y el suelo superior que se encuentra siendo irradiado.

4.1.8 Medición de tiempo de Reverberación

En la actual normativa la 16283-2, describe una forma más sencilla y práctica, el resto se compara la siguiente tabla.

Tabla 9

Tiempo de reverberación

UNE-EN-ISO 140-7

UNE-EN-ISO 16283-2

Normativa referencia	de	Norma ISO 354	Norma ISO 3382-2 e ISO 18233
Evaluación tiempo	en	Calcular el tiempo de reverberación a partir de 0,1 s después de que la fuente haya dejado de irradiar.	Calcular el tiempo de reverberación con el decaimiento de la curva por 5 dB por debajo del valor inicial.
Operador		No especifica.	Las personas que se encuentren en el interior del recinto en el momento de la medición de la acústica también deben encontrarse al momento de medir el TR.
Procedimiento por defecto		No especifica.	Utilizar el método de ruido interrumpido o de respuesta de impulso integrada.
Procedimiento para bajas frecuencias		No especifica.	Para volúmenes inferiores a 25 metros cúbicos, el valor que se obtenga en la banda de 63 Hz, puede ser tomada para las bandas de 50, 63 y 80 [Hz], ya que en este rango es difícil que se logre un resultado confiable, debido al tamaño de la sala.
Número mediciones	de	Mínimo 6 mediciones en total en todo el rango de frecuencias.	Realizar 6 mediciones en total, al menos una posición del altavoz con 3 posiciones fijas de micrófono, realizando de este modo 2 mediciones en cada una de ellas, o en su caso 6 posiciones y 1 medición en cada una.

4.1.9 Tiempos de promediado.

Tabla 10

Tiempos de promediado

	UNE-EN-ISO 140-7	UNE-EN-ISO 16283-2
Posiciones de micrófono fija	Al menos 6 para inferiores 400 [Hz] y para el rango de 500 a 5000 [Hz] se permite reducir a 4s.	Al menos 6 segundos entre 100 y 400 [Hz] y para el rango de 500 a 5000 [Hz] se permite reducir a 4s. Para el rango de 50 a 80 [Hz] debe ser al menos 15s.
Posiciones de barrido manual	El tiempo debe ser un número entero al menos de 30s para el rango de 100 a 5000 [Hz]	El tiempo debe ser un número entero al menos de 30s para el rango de 100 a 5000 [Hz] y de mínimo 60s para el rango de 50 a 80 [Hz]
Posiciones de micrófono movimiento mecanizado	No especifica.	El tiempo debe ser un número entero al menos de 30s para el rango de 100 a 5000 [Hz] y de mínimo 60s para el rango de 50 a 80 [Hz]

En la tabla anterior se observa que en la norma anterior los tiempos de muestra son menores a la nueva normativa, además de que no consideran las bajas frecuencias en donde el tiempo de promediado es mayor para todos los casos de posiciones fijas, o móviles.

En este estudio se realizó la recolección de muestras en el rango de 50 a 5000 [Hz], en posiciones fijas de micrófono con un tiempo de promediado de 15 segundos para en la nueva normativa y de 10 segundos en la 140-7 con el fin de compararlas.

4.1.10 Registro de resultados.

Se debe dar el nivel de ruido de impactos normalizado o estandarizado en el rango de frecuencias medidas, con un decimal a manera de tabla y gráfica en una curva.

Las gráficas deben ser en decibelios (dB) vs Frecuencia (Hz), en escala logarítmica, siguiendo los parámetros establecidos:

- 5mm entre bandas de tercio de octavas.
- 20 mm entre cada 10 dB.

También se debe proporcionar toda la información necesaria de acuerdo a los formatos establecidos, donde se establezca el objeto de ensayo, procedimiento y resultados.

4.1.11 Directrices adicionales.

Como podemos observar en la tabla anterior la nueva normativa es más específica con el tipo de recintos, tamaño, área común, en cuanto a posiciones de micrófono y fuente, además aplica una corrección por influencia de la máquina de impactos en ruido aéreo, algo que la normativa derogada no aplica.

Tabla 11

Directrices adicionales

Generales	Volumen de sala no definida, un solo método de ensayo.	Para salas mayores a 25 metros cúbicos se realiza la medición por defecto y para inferiores se debe determinar el nivel de presión acústica en las esquinas, el procedimiento de baja frecuencia
Principios	No especificada.	Si se utilizan diferentes revestimientos de suelo, las mediciones deben ser separadas por cada tipo de revestimiento. Para revestimientos blandos se puede colocar una muestra sobre el suelo en cada posición de máquina de impactos. Se debe incluir en el informe materiales que cambien su rigidez de acuerdo con la temperatura.
Cálculo volúmenes de	No especificada.	No se deben considerar objetos con superficie cerrada, como armarios, roperos entre otros, para el cálculo del volumen total de la sala.

Cálculo area de separación	No especificada.	No debe ser reducida por objetos fijos sobre la misma como armarios o roperos, que cubren la separación
Número de posiciones de micrófono y fuente	No especificada.	Los números mínimos de posiciones de ambos elementos se fijan mediante una tabla que establece la diferencia entre recintos mayores o menores a 50 metros cuadrados en recinto receptor, y menores a 20 y mayores a 50 metros cuadrados en el recinto emisor, de acuerdo al tipo de separación como indica la tabla en el anexo D.
Mediciones horizontales	No especificada.	En el anexo E, se especifican las posiciones de micrófono y fuente adecuadas para estas mediciones. Además, si el área es inferior a 20 metros cuadrados se puede utilizar la tabla del anexo D, y si es mayor considerar un área limitada a 20 metros cuadrados.
Mediciones horizontales	No especificada.	En el anexo F, se especifican las posiciones de micrófono y fuente adecuadas para estas mediciones. Además, se especifican recintos parcialmente divididos, recintos no escalonados, escalonados, y finalmente pasillos y escaleras.

Contribución de la máquina de impactos

No especificada.

Considera la contribución de la máquina al ruido aéreo, que se debe determinar con la diferencia del nivel de presión acústica del recinto emisor con el receptor enviando un ruido rosa en el recinto emisor. También se mide el nivel de presión acústica en el recinto emisor procedente de la máquina de impactos y de igual manera en el recinto receptor.

Si existe una diferencia mayor a 10 dB entre el nivel del recinto emisor por máquina de impactos y el nivel medido por el ruido rosa, por debajo del nivel generado por la máquina de impactos en el recinto receptor, se puede considerar despreciable.

4.1.12 Tipos de recintos específicos

Aquí se describen los tipos de recintos mencionados en el apartado anterior, de manera más específica los recintos comunes en los cuales se va a medir, los cuales solo se describen en la norma UNE-EN-ISO 16283-2.

Recintos parcialmente divididos

Son recintos divididos en dos grupos, edificios como cocina-comedor-sala divididos parcialmente por una pared o edificios no terminados es decir en construcción.

En el primer caso se puede considerar como dos recintos individuales si el área de la abertura es igual o inferior a un tercio del área total de la sección vertical. Y en un edificio no terminado, donde ambos recintos se encuentran unidos por una abertura grande esta debe ser tapada por algún material como un tablero contrachapado o placa de yeso, para realizar las mediciones.

Recintos no escalonados

Estos son aquellos en donde el contorno horizontal de uno de los recintos está totalmente contenido en el contorno horizontal del otro. Estos mismos pueden ser con un área de suelo del recinto emisor inferior o igual al del recinto receptor y viceversa.

En el primer caso las posiciones de la máquina y micrófono se escogen del Anexo D y distribuirse en toda el área, y para el segundo caso si el recinto emisor es igual a 20 metros cuadrados se utiliza la tabla del anexo D, y si excede este valor y el área de separación común es inferior al mismo valor se debe utilizar sólo esta área para colocar la fuente y si la excede de igual manera se debe distribuir sobre esta área común.

Recintos escalonados

Si su separación común es superior a 20 metros cuadrados e inferiores se debe seguir lo mismo que en recintos no escalonados, y si no poseen área común se debe utilizar un área limitada a 20 metros cuadrados.

Escaleras y pasillos

Para mediciones de ruido de impacto desde un pasillo a un recinto ubicado en la misma planta o en la planta inferior, se debe colocar la máquina de impactos

sobre un área limitada del pasillo adyacente al pasillo receptor, esta misma debe tener la anchura total del pasillo y una longitud cercana a 10 metros cuadrados. Se deben utilizar 4 posiciones de máquina de impactos y el número de posiciones de micrófono que se deben ubicar está dada por la tabla del Anexo D.

4.1.13 Tipos de forjados.

La norma UNE-EN-ISO 16283-2 establece una diferencia entre suelos blandos con revestimientos y sin ellos. Donde las mediciones se pueden realizar sobre una pequeña muestra, por ejemplo, de 1 metro cuadrado, que se coloque en cada una de las posiciones de máquina de impactos. También establece, que se debe considerar el usar si el revestimiento usa necesariamente adhesivos para fijarse, si se los realiza sin ellos la medición puede ser errónea.

En caso de revestimientos blandos, se debe indicar si los materiales presentan un aislamiento al ruido de impacto que se vea afectado con respecto a la temperatura del lugar, y se debería evaluar dicha dependencia.

4.1.14 Ejemplos de posiciones según la medición horizontal o vertical.

Mediciones Horizontales

Se muestran ejemplos de las posiciones de la máquina de impactos, para distintas particiones.

Donde:

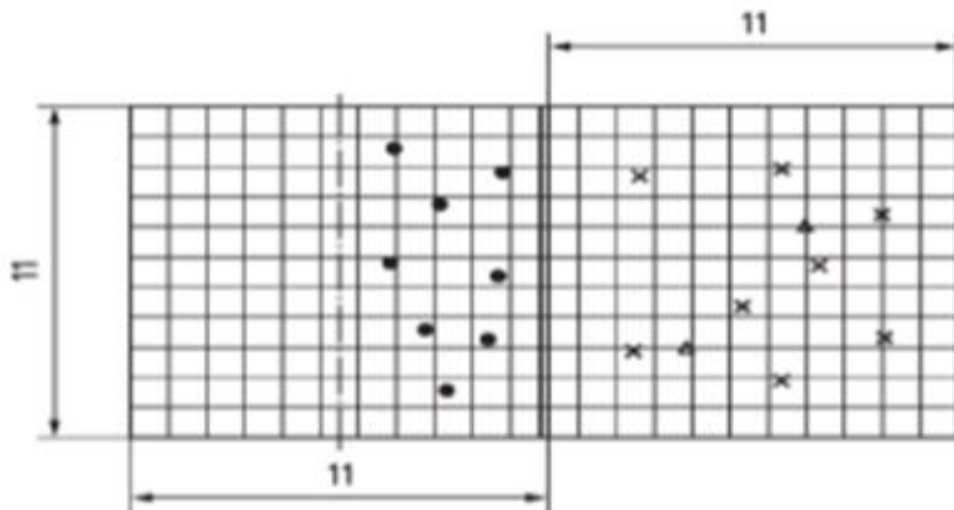
x = Posiciones de micrófono fijas

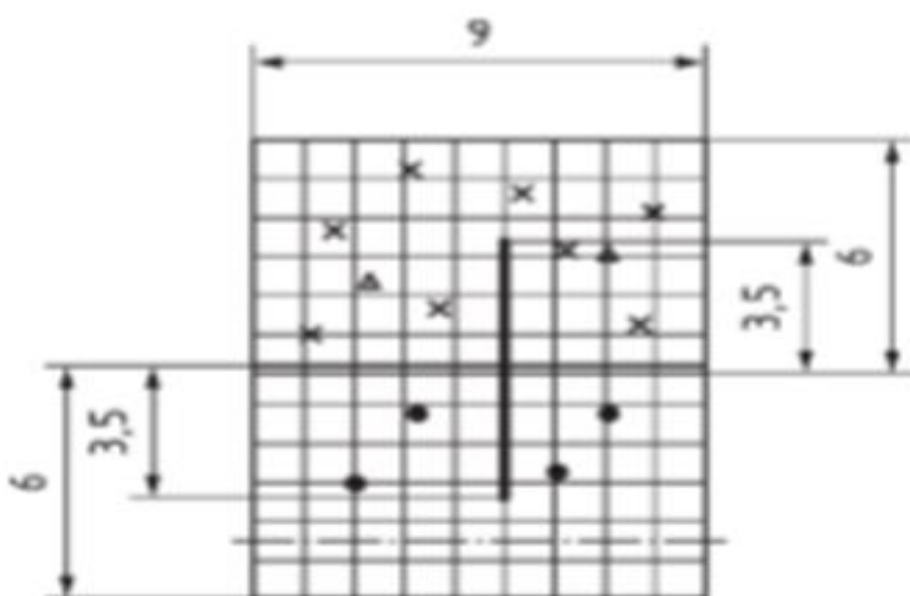
• = Posiciones de la máquina de impactos

▲ = Punto fijo donde se desplaza el micrófono con un movimiento mecanizado y continuo

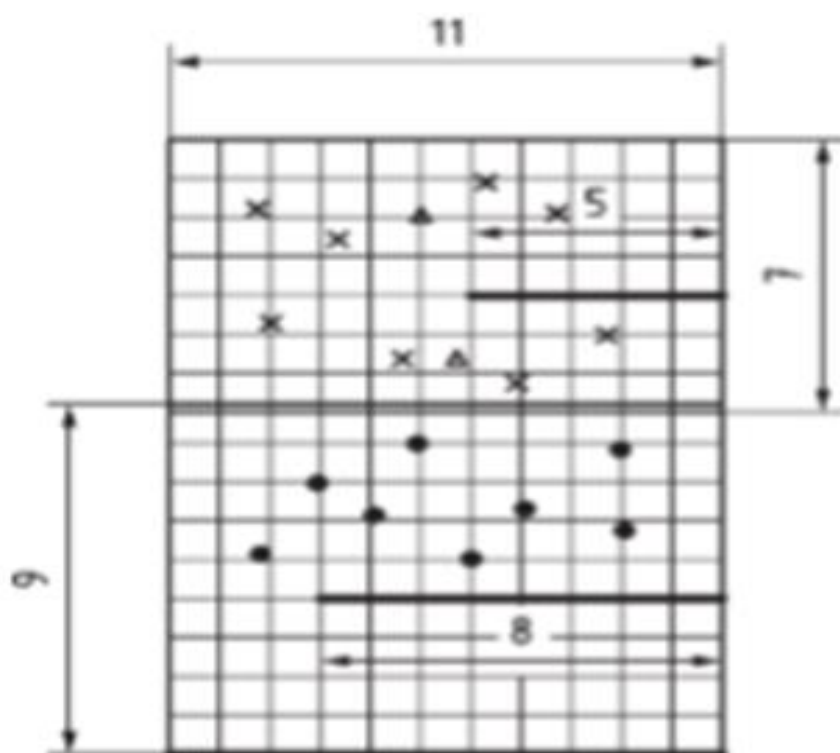
_ = Límites de cada recinto

= = Separación común





h) Ejemplo 8



i) Ejemplo 9

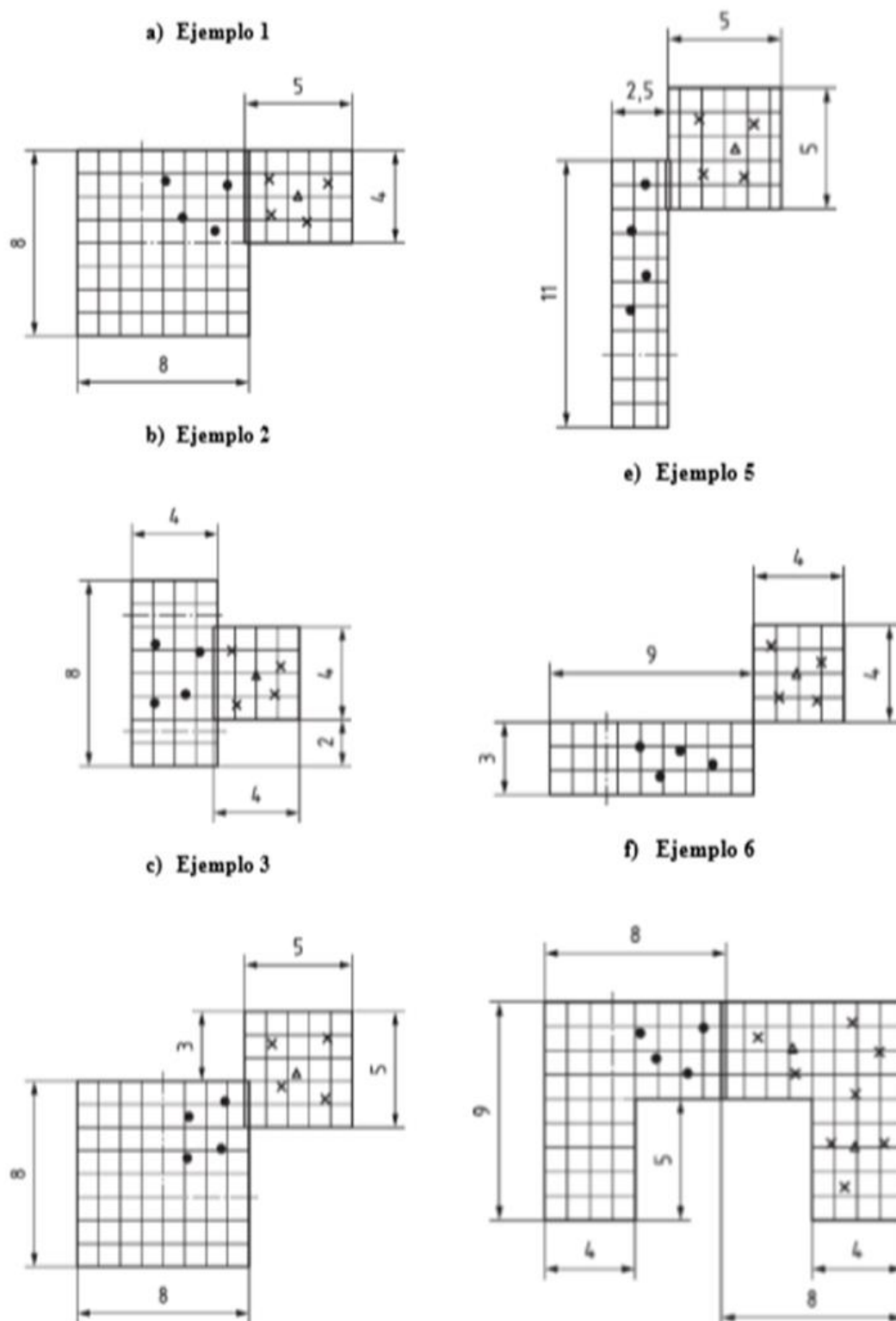


Figura 23. Ejemplos de mediciones horizontales. Escala 1:200

Tomado de: AENOR, 2016.

Mediciones Verticales

Se muestran ejemplos de las posiciones de la máquina de impactos, para distintas particiones.

Donde:

x = Posiciones de micrófono fijas.

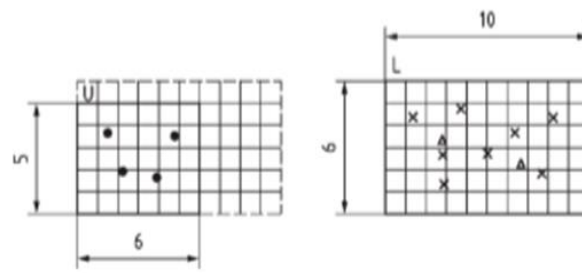
• = Posiciones de la máquina de impactos.

▲ = Punto fijo donde se desplaza el micrófono con un movimiento mecanizado y continuo.

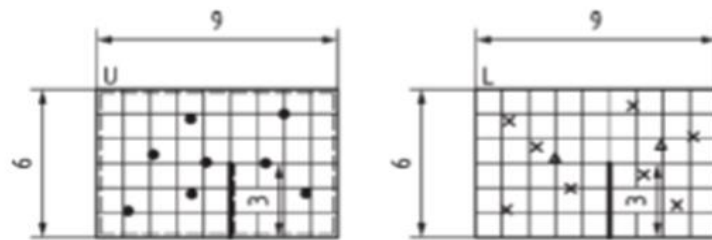
_ = Límites de cada recinto.

= = Separación común.

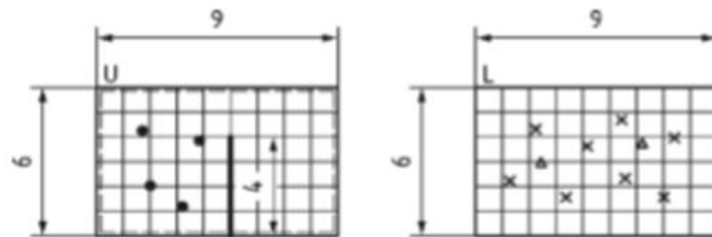
____ . ____ = Limitación del área del suelo.



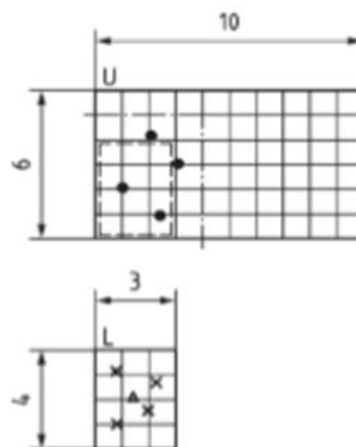
a) Ejemplo 11



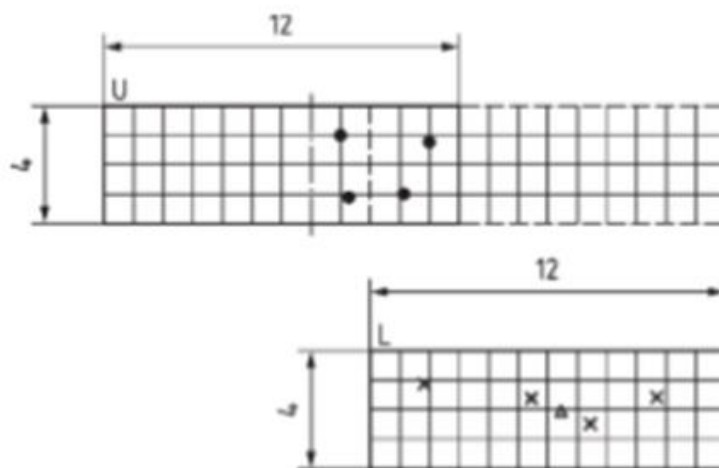
b) Ejemplo 12



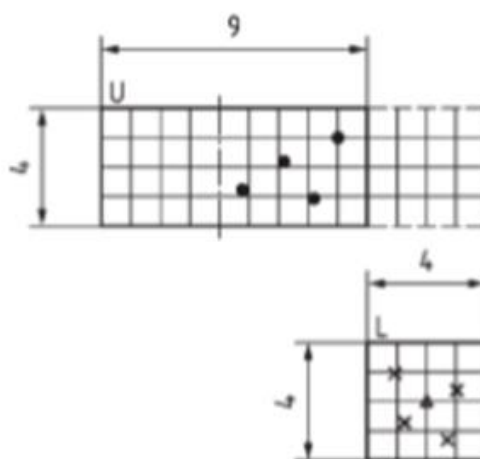
c) Ejemplo 13



d) Ejemplo 14



e) Ejemplo 15



f) Ejemplo 16

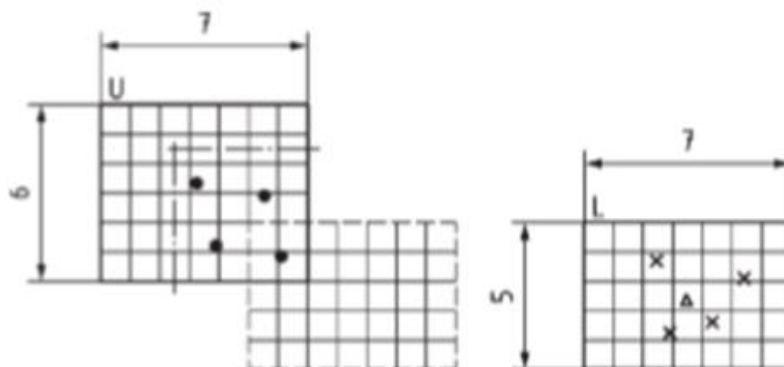


Figura 24: Ejemplos de mediciones horizontales. Escala 1:200

Tomado de: AENOR, 2016.

4.1.15 Procedimiento a baja frecuencia

Tabla 13

Procedimiento a baja frecuencia

		UNE-EN-ISO 140-7	UNE-EN-ISO 16283-2
Principios		La medición en bajas frecuencias no espera condiciones de campo difuso en recintos inferiores a 50 metros cúbicos.	Se utiliza las bandas de 50, 65 y 80 [Hz], para salas inferiores a 25 metros cúbicos.
Posiciones fuente	de	No especifica.	Se deben utilizar las mismas posiciones que se utilizan para el procedimiento por defecto.
Posiciones micrófono	de	Las distancias mínimas se deben ampliar linealmente, duplicándose para las mediciones a 50 Hz.	Se deben colocar micrófonos fijos en al menos 4 esquinas, dos superiores y dos inferiores, a una distancia de 0,3 a 0,4 m de cada superficie de las esquinas.
Tiempo promediado	de	Deben tener un tiempo mínimo de 15s para medidas en la banda de 50 Hz.	No debe ser reducida por objetos fijos sobre la misma como armarios o roperos, que cubren la separación

Como podemos observar, la nueva normativa incluye un procedimiento para la medición de bajas frecuencias en salas pequeñas, y la anterior limita a que en este tipo de salas no se puede hacer una medición de baja frecuencia debido a los problemas de no asemejarse a un campo difuso.

4.2 Diferencias de tipos de forjados.

En este apartado del trabajo de investigación, se dará a conocer al lector una breve descripción de cada tipo de forjado en total se evaluaron 8 recintos cada uno con un forjado diferente dando un total de 8 forjados. Hay que tener en cuenta que no fue posible conseguir los planos constructivos oficiales de cada una de las edificaciones a estudio, por lo que la definición de tipo de sistema constructivo para cada forjado se lo realizó mediante inspección visual y táctil.

Para posteriormente dibujarla en el software de diseño Sketch up. Véase ANEXO

Tabla 14

Descripción de los elementos constructivos de cada forjado.

NÚMERO DE FORJADO	DESCRIPCIÓN
Forjado 1	Alfombra de Lana 1cm de espesor, parquet 1,5cm de espesor y losa de concreto 30cm de espesor
Forjado 2	Piso flotante, losa de concreto, vigas metálicas, espacio de aire de 30 cm y una plancha de gypsum
Forjado 3	Duela de madera 1cm de espesor, vigas cilíndricas de madera 10cm de diámetro.
Forjado 4	Cinta asfáltica impermeabilizante autoadhesiva, losa de concreto de 10cm de espesor.
Forjado 5	Baldosa, losa de concreto, cavidad de aire y lámina de gypsum.
Forjado 6	Piso Flotante, losa de concreto y vigas de madera
Forjado 7	Baldosa de 1cm de espesor y losa de concreto.

Forjado 8	Piso flotante, losa de concreto, cavidad de aire y plancha de madera.
------------------	---

4.3 Resultados de los ensayos de aislamiento.

En este apartado se indican los resultados totales obtenidos en los ensayos para calcular el valor de aislamiento de ruido de impacto según procedimientos descritos en las normativas a estudio en su rango de frecuencia

Para el cálculo de aislamiento global se utilizó la curva de referencia mostrada en la normativa 171-2 tanto para la normativa vigente 16283-2 y la derogada 140-7

4.3.1 Resultados totales con el parámetro $L_{nt,W}$

En la tabla 15 se muestra de manera tabulada mediante estadística descriptiva, todos los resultados de aislamiento global para los ensayos de medición obtenidos en todos los recintos sin ninguna clasificación. De donde se tomaron un total de 8 mediciones.

Para la interpretación de estos valores hay que tener en cuenta que lo que se está evaluando con el parámetro $L_{nt,W}$ es el nivel de presión de ruido de impactos estandarizado, es decir, mientras el valor del $L_{nt,W}$ sea más alto el aislamiento del elemento constructivo de ese forjado será menor.

Para el cálculo de los valores de nivel de presión de ruido de impactos ($L_{nt,W}$) se ha utilizado la ECUACIÓN 10.

Tabla15

Promedios totales de mediciones con el parámetro Lnt,W

Resultados totales con el parámetro Lnt,w		
Promedios totales de mediciones con el parámetro Lnt, w		
	140-7	16283-2
RECINTO 1	51,7 dB	51,9 dB
RECINTO 2	53,2 dB	55,5 dB
RECINTO 3	93,5 dB	93,5 dB
RECINTO 4	76,8 Db	76,5 dB
RECINTO 5	69 dB	69,2 dB
RECINTO 6	60,4 dB	60,8 dB
RECINTO 7	64,5 dB	65,1 dB
RECINTO 8	65,5 dB	61,5 dB
PROMEDIO	66,8 dB	66,8 dB
MEDIANA	65 dB	63,3 dB
DESV. ESTA	13,5 dB	13,3 dB
MAXIMO	93,5 dB	93,5 dB
MÍNIMO	51,7 dB	51,9 dB

El forjado del recinto 3 tiene el máximo valor de Lnt,W para las dos normativas, tanto para la UNE EN ISO 16283-2 y UNE EN ISO 140-7 con un valor de 93,5 dB. No se nota un cambio de valores globales de Lnt,W para ninguna normativa

El resultado promedio de los Lnt, W con la normativa UNE EN ISO140-7 es igual resultado promedio de los Lnt,W con la normativa UNE EN ISO16283-2.

En el caso del recinto 2 y el recinto 8 se tiene una diferencia más significativa entre las dos normativas. Esto se pudo deber a factores externos ajenos a la medición como la temperatura, el ruido exterior que había al momento de la medición, etc.

El resultado de la desviación estándar es ligeramente distinto con una diferencia de 0,2dB, por lo que se puede intuir que los datos están ligeramente dispersos para ambas normativas.

El valor alrededor de 13 en la desviación estándar tiene que ver con las diferencias físicas entre los forjados que producen que los valores de aislamiento $L_{nt,W}$ estén dispersos principalmente con el forjado 3 y 4 que posee un valor muy por encima del promedio con las dos normativas.

Se puede ver como la mediana obtenida con los resultados de los datos $L_{nt,W}$ con la normativa UNE EN ISO 140-7, supera con 1,7 dB a la media de los $L_{nt,W}$ con la normativa UNE EN ISO16283-2.

Por último, el rango entre nivel máximo y nivel mínimo es 0,6 dB mayor en la normativa UNE EN ISO140-7 que en la normativa UNE EN ISO16283-2, este valor no se refleja en la desviación estándar ya que es la misma para los dos casos.

4.3.1.1 Resultados totales con el parámetro $L_{nt,W}$ en recintos menores a $25m^3$

La tabla 16 muestra la información tabulada con estadística descriptiva los resultados obtenidos para mediciones en recintos cuyo volumen es menor a $25m^3$ en donde se recogieron un total de 4 mediciones

Tabla 16

Promedios totales de mediciones con el parámetro Lnt, W en mediciones menores a 25m³

Resultados totales con el parámetro Lnt,w en mediciones menores a 25m³

Promedios totales de mediciones con el parámetro Lnt, w en mediciones menores a 25m³		
	140-7	16283-2
RECINTO 3	93,5 dB	93,5 dB
RECINTO 5	69 dB	69,2 dB
RECINTO 7	64,5 dB	65,1 dB
RECINTO 8	65,5 dB	61,5 dB
PROMEDIO	73,1 dB	72,3 dB
MEDIANA	67,25 dB	67,15 dB
DESV. ESTA	13,7 dB	14,5 dB
MAXIMO	93,5 dB	93,5 dB
MÍNIMO	64,5 dB	61,5 dB

De la tabla 16 se puede observar que:

El forjado del recinto 3 tiene el máximo valor de Lnt, W para las dos normativas, tanto para la UNE EN ISO 16283-2 con un valor similar de 93,5 dB.

Eso quiere decir que el que el forjado de este recinto es el que menos aísla debido a que se está transmitiendo más nivel de presión de ruido de impacto.

El resultado promedio de los Lnt, W con la normativa UNE EN ISO 140-7 es mayor con 0,8 dB que al resultado promedio de los Lnt, W con la normativa UNE EN ISO 16283-2.

El resultado de la desviación estándar con la normativa UNE EN ISO 16283-2 es mayor con 0,8 dB al de la normativa UNE EN ISO UNE EN ISO 140-7, lo que significa que los datos están más dispersos en la normativa UNE EN ISO16283-2.

El valor de la desviación estándar alrededor de 14dB tiene que ver con las diferencias físicas entre los forjados que producen que los valores de aislamiento $L_{nt,W}$ estén dispersos principalmente con el forjado 3 que posee un valor muy por encima del promedio con las dos normativas.

Se puede ver como la mediana obtenida con los resultados de los datos $L_{nt,w}$ con la normativa UNE EN ISO 140-7, supera con 0,1 dB a la media de los $L_{nt,W}$ con la normativa UNE EN ISO 16283-2.

Por último, el rango entre nivel máximo y nivel mínimo es 3 dB mayor en la normativa UNE EN ISO 16283-2 que en la normativa UNE EN ISO 1407, este valor si se refleja en la desviación estándar ya que la desviación estándar es mayor en la normativa UNE EN ISO 16283-2.

4.3.1.2 Resultados totales con el parámetro $L_{nt,W}$ en recintos mayores a $25m^3$

La tabla 17 muestra la información tabulada con estadística descriptiva los resultados obtenidos para mediciones en recintos cuyo volumen es mayor a $25m^3$ en donde se recogieron un total de 4 mediciones.

Tabla 17

Promedios totales de mediciones con el parámetro $L_{nt,W}$ en mediciones mayores a $25 m^3$

Resultados totales con el parámetro $L_{nt,w}$ en mediciones mayores a $25m^3$		
Promedios totales de mediciones con el parámetro $L_{nt,w}$ en mediciones mayores a $25m^3$		
	140-7	16283-2
RECINTO 1	51,7 dB	51,9 dB
RECINTO 2	53,2 dB	55,5 dB

RECINTO 4	76,8 dB	76,5 dB
RECINTO 6	60,4 dB	60,8 dB
PROMEDIO	60,5 dB	61,2 dB
MEDIANA	56,8 dB	58,1 dB
DESV. ESTA	11,5 dB	10,9 dB
MAXIMO	76,8 dB	76,5 dB
MÍNIMO	51,7 dB	51,9 dB

De la tabla 17 se puede observar que:

El forjado del recinto 4 tiene el máximo valor de Lnt, W para las dos normativas, tanto para la UNE EN ISO 16283-2 con un valor de 76,5 dB como para la UNE EN ISO 140-7 con un valor de 76,8 dB, la diferencia aritmética de las dos normativas que presenta este recinto es de 0,3 dB siendo mayor la medida de la normativa UNE EN ISO 16283-2.

El resultado promedio de los Lnt, W con la normativa UNE EN ISO 140-7 es menor con 0,7 dB que al resultado promedio de los Lnt, W con la normativa UNE EN ISO 16283-2.

El resultado de la desviación estándar es 0,6 dB mayor en la normativa UNE EN ISO 140-7. Al no ser este un valor tan significativo, se puede intuir que los datos están casi igual de dispersos en ambas normativas.

Si bien la desviación estándar no es tan alta como en casos anteriores, se puede decir que los datos están medianamente disparos con valores por encima y por debajo del promedio.

Se puede ver como la mediana obtenida con los resultados de los datos Lnt, W con la normativa UNE EN ISO 16283-2, supera con 1,3 dB a la media de los Lnt, W con la normativa UNE EN ISO 140-7.

Por último, el rango entre nivel máximo y nivel mínimo es 0,5 dB menor en la normativa UNE EN ISO 16283-2 que en la normativa UNE EN ISO 140-7, este valor se refleja muy poco en la desviación estándar ya que es muy similar para los dos casos.

4.3.2 Resultados totales con el Parámetro Ln, W

En la tabla 18 se muestra de manera tabulada mediante estadística descriptiva, todos los resultados de aislamiento global Ln, W para los ensayos de medición obtenidos en todos los recintos sin ninguna clasificación. De donde se tomaron un total de 8 mediciones.

Tabla 18

Promedios totales de mediciones con el parámetro Ln, W

Resultados totales con el parámetro Ln,w		
Promedios totales de mediciones con el parámetro Ln, w		
	140-7	16283-2
RECINTO 1	53,4 dB	51,8 dB
RECINTO 2	54,5 dB	57 dB
RECINTO 3	92,3 dB	92,4 dB
RECINTO 4	77,7 dB	76,5 dB
RECINTO 5	67,9 dB	68 dB
RECINTO 6	62,9 dB	63,3 dB
RECINTO 7	62,7 dB	63,3 dB
RECINTO 8	64,5 dB	60,4 dB
PROMEDIO	67,0 dB	66,6 dB
MEDIANA	63,7 dB	63,3 dB
DESV. ESTA	12,8 dB	12,7 dB
MAXIMO	92,3 dB	92,4 dB
MÍNIMO	53,4 dB	51,8 dB

De la tabla 18 se puede realizar varias observaciones como son:

El forjado del recinto 3 tiene el máximo valor de L_n, W para las dos normativas, tanto para la UNE EN ISO 16283-2 con un valor de 92,4 dB como para la UNE EN ISO 140-7 con un valor de 92,3dB la diferencia aritmética de las dos normativas que presenta este recinto es de 0,1 dB

El resultado promedio de los L_{nt}, W con la normativa UNE EN ISO 140-7 es mayor con 0,4 dB que al resultado promedio de los L_{nt}, W con la normativa UNE EN ISO 16283-2.

El resultado de la desviación estándar con la normativa UNE EN ISO16283-2 es menor con 0,1 dB al de la normativa UNE EN ISO 140-7, lo que significa que los datos están más dispersos en la normativa UNE EN ISO140-7.

El valor de la desviación estándar alrededor de 13 dB tiene que ver con las diferencias físicas entre los forjados que producen que los valores de aislamiento L_{nt}, W estén dispersos principalmente con el forjado 3 que posee un valor muy por encima del promedio con las dos normativas.

Se puede ver como la mediana obtenida con los resultados de los datos L_{nt}, W con la normativa UNE EN ISO 140-7, supera con 0,4 decibelios a la media de los L_{nt}, W con la normativa UNE EN ISO 16283-2.

Por último, el rango entre nivel máximo y nivel mínimo es 1,7 dB menor en la normativa UNE EN ISO 140-7 que en la normativa UNE EN ISO 16283-2, este valor si se refleja en la desviación estándar.

4.3.2.1 Resultados totales con el parámetro Ln,W en recintos menores a 25m³

La tabla 19 muestra la información tabulada con estadística descriptiva de los resultados obtenidos para mediciones en recintos cuyo volumen es menor a 25m³ en donde se recogieron un total de 4 mediciones.

Tabla 19

Promedios totales de mediciones con el parámetro Ln, w en mediciones menores a 25m³

Resultados totales con el parámetro Ln,w en mediciones menores a 25m³

Promedios totales de mediciones con el parámetro Ln, w en mediciones menores a 25m ³		
	140-7	16283-2
RECINTO 3	92,3 dB	92,4 dB
RECINTO 5	67,9 dB	68 dB
RECINTO 7	62,7 dB	63,3 dB
RECINTO 8	64,5 dB	60,4 dB
PROMEDIO	71,9 dB	71,0 dB
MEDIANA	66,2 dB	65,6 dB
DESV. ESTA	13,8 dB	14,6 dB
MAXIMO	92,3 dB	92,4 dB
MÍNIMO	62,7 dB	60,4 dB

De la tabla 19 se puede observar que:

El forjado del recinto 3 tiene el máximo valor de Lnt, W para las dos normativas, tanto para la UNE EN ISO 16283-2 con un valor de 92,4dB como para la UNE EN ISO 140-7 con un valor de 92,3 dB la diferencia aritmética de las dos normativas que presenta este recinto es de 0,1 dB.

El resultado promedio de los Lnt, W con la normativa UNE EN ISO 140-7 es mayor con 0,9 dB que al resultado promedio de los Lnt, W con la normativa UNE EN ISO 16283-2.

El resultado de la desviación estándar con la normativa UNE EN ISO 16283-2 es mayor con 0,8 dB al de la normativa UNE EN ISO 140-7, lo que significa que los datos están más dispersos en la normativa 16283-2

El valor de la desviación estándar alrededor de 14 dB tiene que ver con las diferencias físicas entre los forjados que producen que los valores de aislamiento Lnt, W estén dispersos principalmente con el forjado 3 que posee un valor muy por encima del promedio con las dos normativas.

Se puede ver como la mediana obtenida con los resultados de los datos Lnt, W con la normativa UNE EN ISO 140-7, supera con 0,6 dB a la mediana de los Lnt, W con la normativa UNE EN ISO 16283-2.

Por último, el rango entre nivel máximo y nivel mínimo es 2,4 dB mayor en la normativa UNE EN ISO 16283-2 que en la normativa UNE EN ISO 1407, este valor si se refleja en la desviación estándar.

4.3.2.2 Resultados totales con el parámetro Ln, W en recintos mayores a $25m^3$

La tabla 20 muestra la información tabulada con estadística descriptiva de los resultados obtenidos para mediciones en recintos cuyo volumen es mayor a $25m^3$ en donde se recogieron un total de 4 mediciones.

Tabla 20

Promedios totales de mediciones con el parámetro Ln, w en mediciones mayores a 25m³

Resultados totales con el parámetro Int,w en mediciones mayores a 25m³

Promedios totales de mediciones con el parámetro Int,w en mediciones mayores a 25m³		
	140-7	16283-2
RECINTO 1	51,7 dB	51,9 dB
RECINTO 2	53,2 dB	55,5 dB
RECINTO 4	76,8 dB	76,5 dB
RECINTO 6	60,4 dB	60,8 dB
PROMEDIO	60,5 dB	61,2 dB
MEDIANA	56,8 dB	58,1 dB
DESV. ESTA	11,5 dB	10,9 dB
MAXIMO	76,8 dB	76,5 dB
MÍNIMO	51,7 dB	51,9 dB

De la tabla 20 se puede observar que:

El forjado del recinto 4 tiene el máximo valor de Ln,W para las dos normativas, tanto para la UNE EN ISO 16283-2 con un valor de 76,5 dB como para la UNE EN ISO 140-7 con un valor de 76,8 dB la diferencia aritmética de las dos normativas que presenta este recinto es de 0,3 dB siendo menor la medida de la normativa UNE EN ISO 16283-2.

El resultado promedio de los Ln,W con la normativa UNE EN ISO 140-7 es menor con 0,7 dB que al resultado promedio de los Ln,W con la normativa UNE EN ISO 16283-2.

El resultado de la desviación estándar con la normativa UNE EN ISO 140-7 es mayor 0,6 dB que al de la normativa UNE EN ISO 16283-2 lo que significa que los valores de Ln,W están más dispersos en esa normativa.

Si bien la desviación estándar no es tan alta como en casos anteriores, se puede decir que los datos están medianamente dispersos con valores por encima y por debajo del promedio.

Si se analiza recinto a recinto se puede ver que existe muy poca diferencia entre ambas normativas

Se puede ver como la mediana obtenida con los resultados de los datos L_n, W con la normativa UNE EN ISO 16283-2, supera con 1,3 dB a la media de los L_n, W con la normativa UNE EN ISO 140-7.

Por último, el rango entre nivel máximo y nivel mínimo es 0,4 dB menor en la normativa UNE EN ISO 140-7 que en la normativa UNE EN ISO 16283-2, este valor se refleja en la desviación estándar al ser mayor para esta normativa.

4.3.3 Resultados frecuenciales con el parámetro L_{nt}

En este apartado se dará a conocer al lector los resultados frecuenciales obtenidos mediante la normativa UNE EN ISO 16283-2 y UNE EN ISO 140-7.

Si bien el procedimiento de medición es muy similar para las dos normativas, en la normativa UNE EN ISO 16283-2 se tiene más puntos de medición y también se considera una corrección a baja frecuencia.

4.3.3.1 Resultados parciales con el parámetro Lnt para cada forjado

La curva de aislamiento Lnt va a variar dependiendo del forjado del recinto en que se esté llevando a cabo la medición. En la muestra que se tomó se tiene que son 8 forjados a evaluarse descritos a continuación:

4.3.3.1.1 Resultados de la curva Lnt para forjado 1

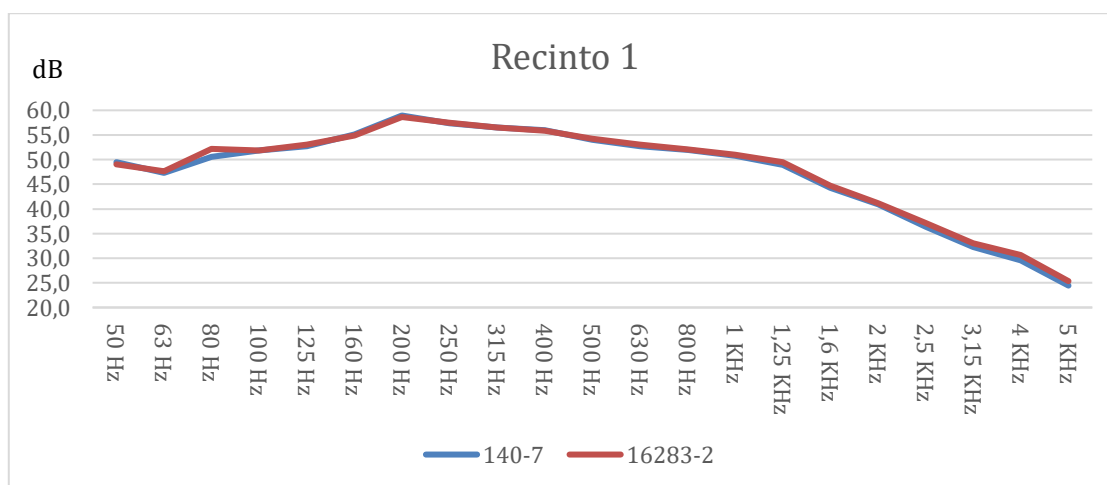


Figura 25. Lnt forjado recinto 1 con normativa UNE EN ISO 162832 y UNE EN ISO 1407

En la figura 25 se puede observar que las dos curvas de aislamiento Lnt son muy similares, sin embargo, también se observa una pequeña diferencia en el rango de bajas frecuencias. El Lnt con una normativa UNE EN ISO 140-7 está ligeramente por debajo de la curva Lnt UNE EN ISO 16283-2.

Se puede observar también que la curva Lnt llega a su punto máximo alrededor de los 60 decibelios en el rango de frecuencias de 200Hz a 250Hz, de este punto en adelante la curva Lnt baja progresivamente hasta llegar a su punto mínimo alrededor de 25 decibelios en el rango de 4Khz a 5 KHz.

4.3.3.1.2 Resultados de la curva Lnt para forjado 2

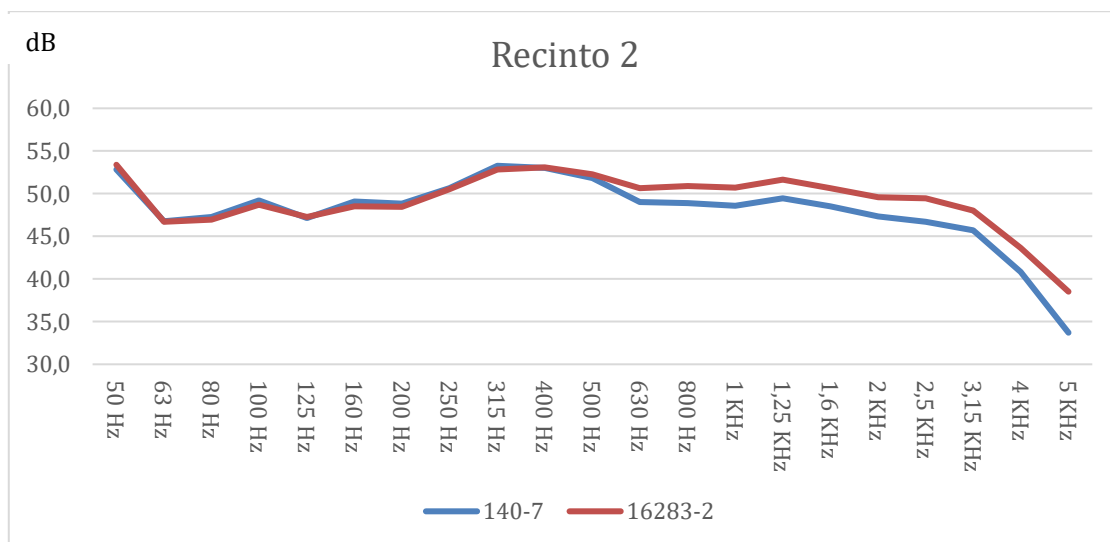


Figura 26. Lnt forjado recinto 2 con normativa UNE EN ISO 162832 y UNE EN ISO 1407

En figura 26 se puede observar como en el rango de 50 a 500Hz las diferencias son de décimas de decibel, mientras que en el rango de 500Hz a 5kHz las diferencias son de 1 a 2 dB en cada tercio de octava.

Mientras la frecuencia se vuelve mayor, podemos observar que la diferencia del parámetro Lnt entre las dos normativas sigue aumentando.

Por otro lado, el Lnt no cambia el aislamiento global, con las dos normativas es 52dB, esto indica que si se quiere hacer una comparación entre estas dos normas en cuanto a resultados se debería analizar por bandas de tercio de octava y no de manera global.

4.3.3.1.3 Resultados de la curva Lnt para forjado 3

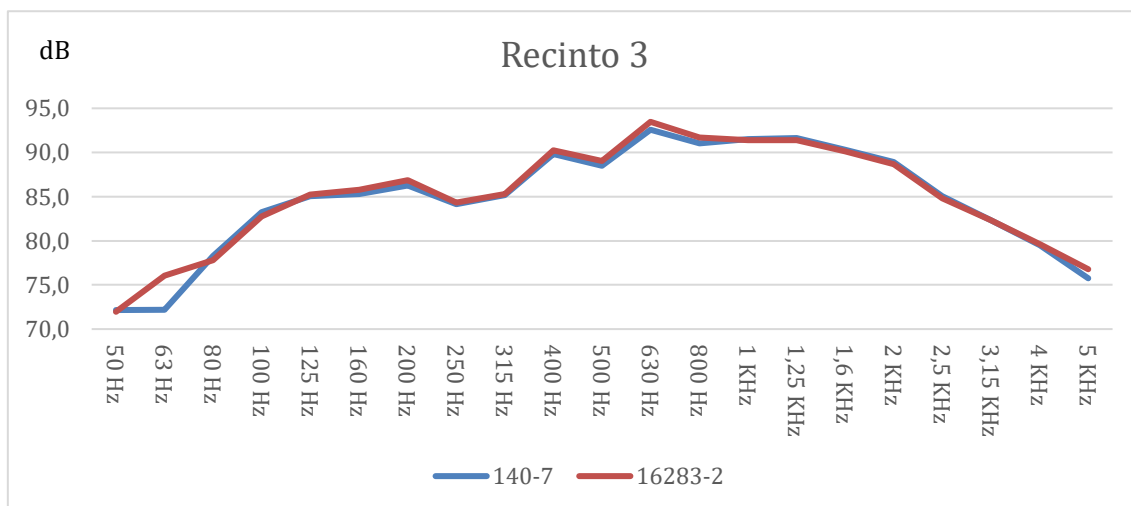


Figura 27. Lnt forjado recinto 3 con normativa UNE EN ISO 162832 y UNE EN ISO 1407

En la figura 27 se puede observar como la envolvente de la curva Lnt son muy similares, sin embargo, en bajas frecuencias la curva Lnt UNE EN ISO 16283-2 está por encima del aislamiento Lnt UNE EN ISO 140-7.

En las frecuencias medias el comportamiento de las dos curvas es muy parecido e irregular con puntos máximos y valles; el último punto máximo se encuentra en el rango de 500Hz a 1KHz.

A partir de ese punto la curva comienza a declinarse hasta llegar a un punto mínimo en el rango de las frecuencias altas.

4.3.3.1.4 Resultados de la curva Lnt para forjado 4

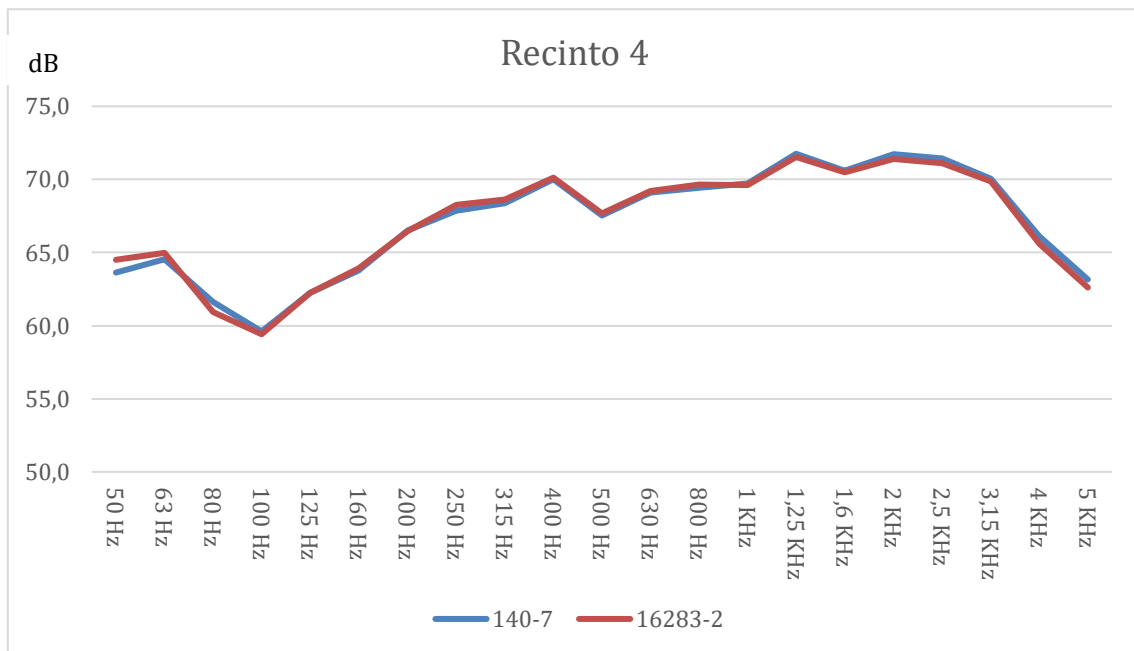


Figura 28. Lnt forjado recinto 4 con normativa UNE EN ISO 162832 y UNE EN ISO 140-7

En la figura 28 se pueda observar que la curva Lnt es muy similar en las dos normativas tanto para la UNE EN ISO 16283-2 y la UNE EN ISO 140-7.

Se puede ver como la curva tiene un comportamiento uniforme en todo el rango frecuencial. Con un punto mínimo alrededor de los 60 decibeles en el rango de 100Hz a 125 Hz partir de esta frecuencia a curva Lnt se mantiene relativamente estable.

4.3.3.1.5 Resultados de la curva Lnt para forjado 5

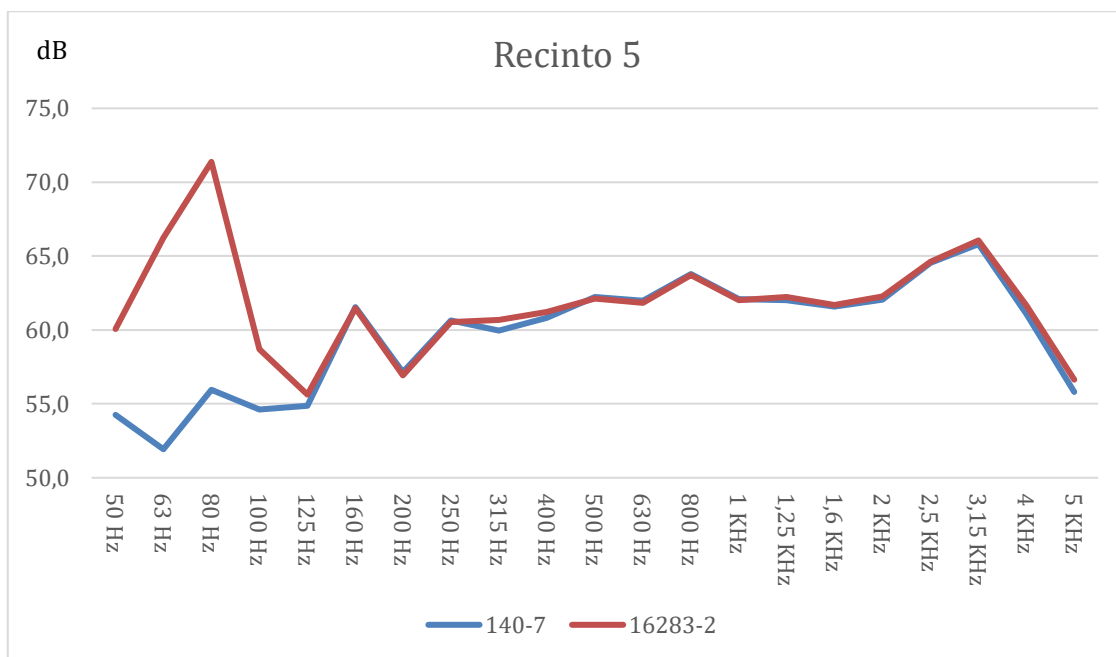


Figura 29. Lnt forjado recinto 5 con normativa UNE EN ISO 162832 y UNE EN ISO 140-7

En la figura 29 se puede observar como la curva Lnt medida con la normativa UNE EN ISO 16283-2 penaliza más las bajas frecuencias produciendo un mayor nivel de Lnt en este rango frecuencial.

Según los resultados mostrados en la curva Lnt con la normativa UNE EN ISO 140-7 las bajas frecuencias no presentan mayor problema, sin embargo, la curva Lnt obtenida mediante la normativa UNE EN ISO 16283-2 muestra que existe un pico muy alto sobre el nivel promedio en el rango de 60Hz a 100Hz.

Esto implica según la normativa UNE EN ISO 16283-2, que un gran nivel de energía sonora en el rango de frecuencias conflictivo se transmite al recinto receptor.

Esto se debe a que la normativa UNE EN ISO 16283-2 tiene un apartado exclusivo para bajas frecuencias en recintos con un volumen menor a 25m³, donde se realiza una corrección para las mismas, por el contrario, la normativa UNE EN ISO 140-7 no plantea esta corrección como se puede notar en la gráfica.

4.3.3.1.6 Resultados de la curva Lnt para forjado 6

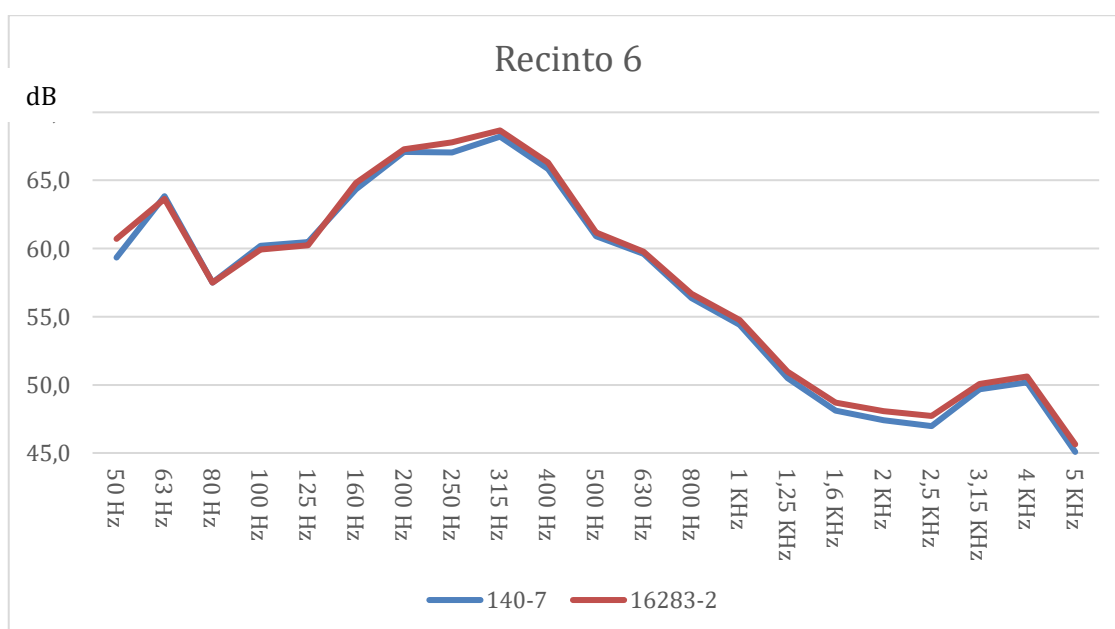


Figura 30. Lnt forjado recinto 6 con normativa UNE EN ISO 162832 y UNE EN ISO 140-7

En la figura 30 se puede observar como a curva Lnt calculada con las dos normativas no muestra cambios relevantes.

La curva Lnt tiene valores máximos en el rango de frecuencias desde 160 Hz a 400Hz. A partir de esta frecuencia la curva Lnt para las 2 normativas va decayendo llegando al mínimo en el rango de 5Khz

4.3.3.1.7 Resultados de la curva Lnt para forjado7

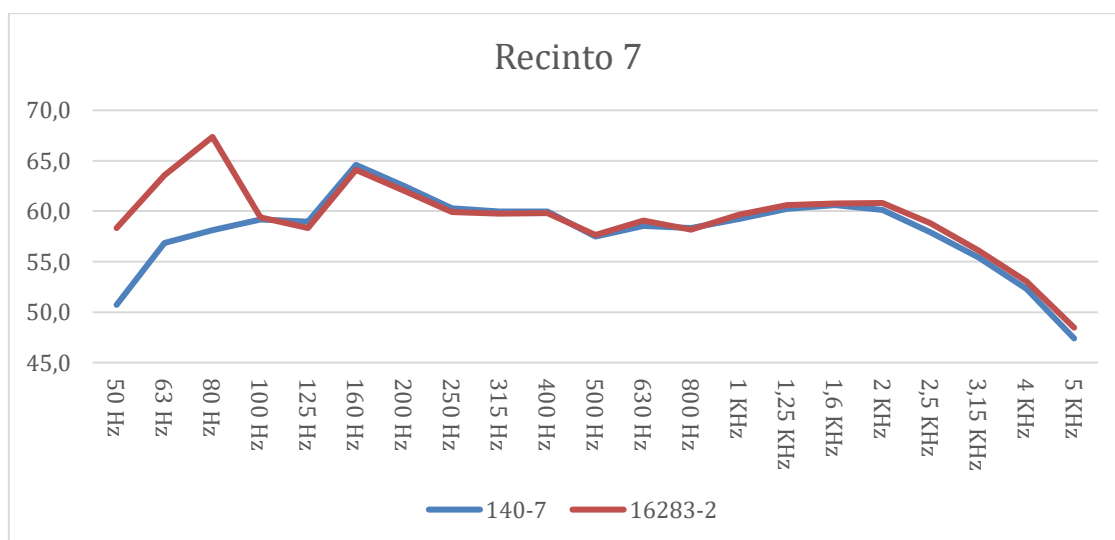


Figura 31. Lnt forjado recinto 7 con normativa UNE EN ISO 162832 y UNE EN ISO 140-7

En la figura 31 de igual manera como en la figura 49 se puede observar como existen variaciones muy notorias en el rango de frecuencias bajas.

En la curva Lnt medida con la normativa UNE EN ISO 140-7 las bajas frecuencias no presentan mayor problema de aislamiento.

Sin embargo, con la curva Lnt con la normativa UNE EN ISO 16283-2 presenta un pico en bajas frecuencias en el rango de 63Hz-80Hz.

Esto de igual manera se traduce en energía sonora e se transmite al recinto receptor en este rango de frecuencias.

4.3.3.1.8 Resultados de la curva Lnt para forjado 8

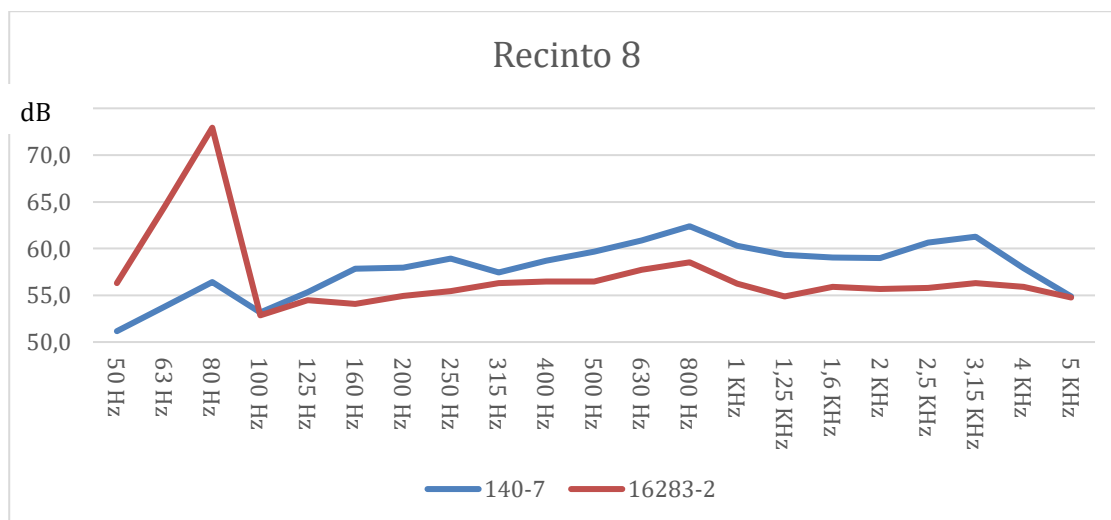


Figura 32. Lnt forjado recinto 8 con normativa UNE EN ISO 162832 y UNE EN ISO 140-7

En la figura 32 de igual manera como en las figuras 49 y 51 se puede observar como existen variaciones muy notorias en el rango de frecuencias bajas.

En la curva Lnt medida con la normativa UNE EN ISO 140-7 las bajas frecuencias no presentan mayor problema de aislamiento.

Sin embargo, con la curva Lnt con la normativa UNE EN ISO 16283-2 presenta un pico en bajas frecuencias en el rango de 63Hz-80Hz.

Esto de igual manera se traduce en energía sonora se transmite al recinto receptor en este rango de frecuencias.

4.4 Resultados totales con el parámetro Lnt para cada normativa.

En este apartado se analiza la curva Lnt con cada tipo de forjado para cada normativa, como influye la construcción física de cada forjado en el valor de la curva Lnt tanto para la normativa UNE EN ISO16283-2, como para la normativa UNE EN ISO 140-7.

4.4.1 Resultados totales con el parámetro Lnt para la normativa 16283-2

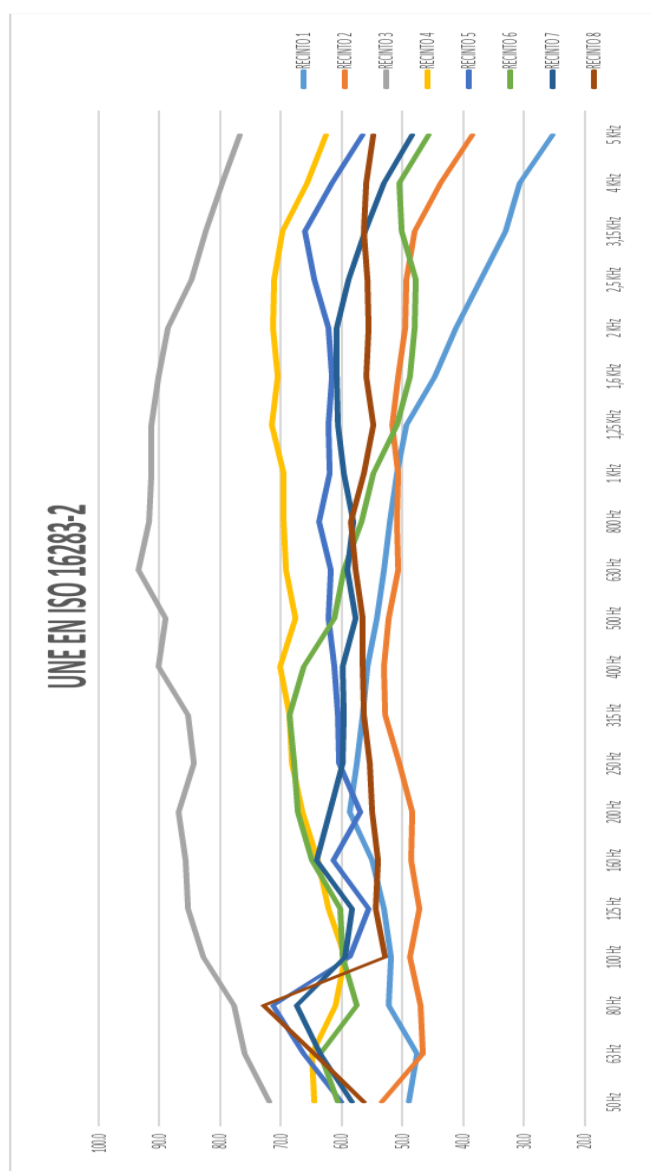


Figura 33. Lnt de todos los forjados con la normativa UNE EN ISO 16283-2

En la figura 33 se puede observar la curva Lnt medida con la normativa UNE EN ISO 16283-2 para cada uno de los forjados.

La curva Lnt con el forjado del recinto 3 es la que tiene un menor aislamiento debido como se puede ver en la figura 53 la curva Lnt para este forjado está por encima de todas las curvas Lnt de todos los recintos evaluados.

Como se puede observar en la figura del ANEXO 6 el forjado del recinto tres es duela de madera de 1 cm de espesor con vigas de madera cilíndricas de diámetro 10cm. Para edificaciones con este tipo de forjado se va a tener que un gran nivel de ruido de impacto producido en el emisor se transmite estructuralmente al receptor.

Por otro lado, el forjado que presenta una menor transmisión a ruido de impactos es el del recinto 2 cuyos materiales constructivos son piso flotante de 10 mm de espesor, una losa de concreto de 10cm de espesor, una capa de aire de 30 cm y una placa de Gypsum de 10mm de espesor.

El recinto 1 cuyo forjado tienen los componentes estructurales de alfombra, parquet, losa de 20 cm, tiene el mayor aislamiento en altas frecuencias a partir del rango de 1250Hz.

Todos los recintos cuyo volumen es menor a 25m³ presentan un pico en el rango de bajas frecuencias ya que debido a su naturalidad estas se van a transmitir al recinto receptor con mayor facilidad y por la pequeña dimensión de los recintos son más susceptibles a los modos propios.

4.4.2 Resultados totales con el parámetro Lnt para la normativa 140-7

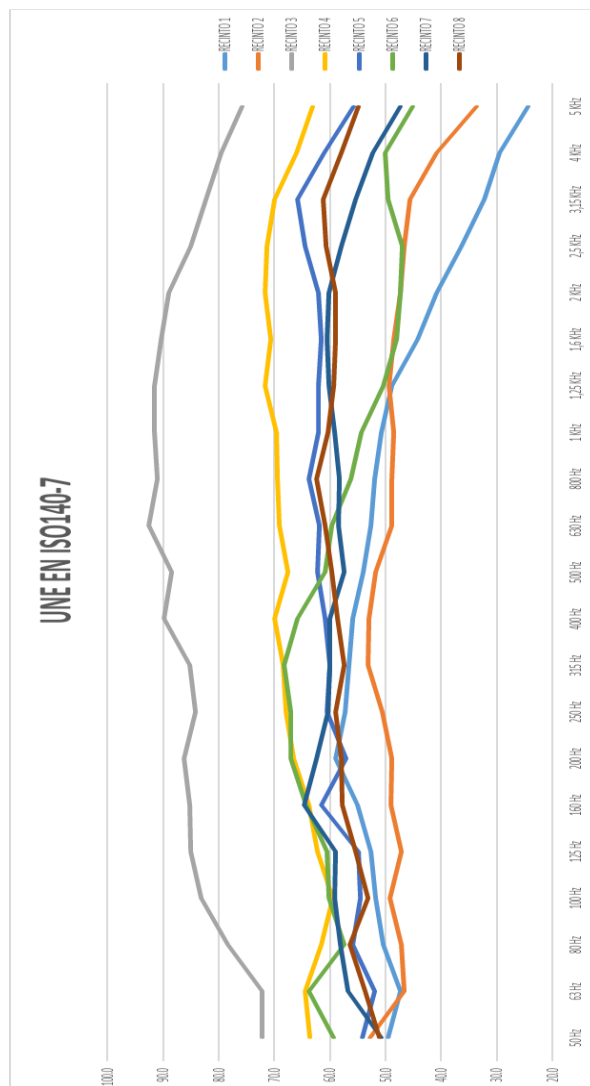


Figura 34. Lnt de todos los forjados con la normativa UNE EN ISO 140-7

En la figura 47 se puede observar que las curvas Lnt para cada recinto son muy similares a las curvas Lnt obtenidas con la normativa UNE EN ISO 16283-2 debido a que los forjados evaluados son los mismos.

La diferencia está en el rango de bajas frecuencias ya que a diferencia de la normativa UNE EN ISO 16283-2, en la UNE EN ISO 140-7 no se presentan picos.

4.5 Resultados del cálculo de incertidumbre medida

4.5.1 Resultados totales del cálculo de incertidumbre medida

Esta sección lleva los resultados de la aplicación de las ecuaciones para el cálculo de incertidumbre definidas por la Guía de Incertidumbre de Medida (GUM9) y la normativa UNE EN ISO 12999-1 “Determinación y aplicación de las incertidumbres de medición en la acústica de edificios”, con las cuales se contemplaron tanto la incertidumbre debida al equipamiento y la incertidumbre debida a la toma de muestras.

Tabla 21

Promedio total para la incertidumbre de medida

DESCRIPTOR	U(LNT,W) ISO 140-7	u(LNT,W) ISO 16283-3	U(LNT,W) ISO 140-7	U(LNT,W) ISO 16283-2
Media	0,96	0,84	1,58	1,38
Mediana	0,92	0,87	1,52	1,44
Desviación estándar	0,37	0,32	0,61	0,53
Mínimo	0,63	0,55	1,04	0,91
Máximo	1,85	1,57	3,05	2,59

Donde podemos observar en los datos de la tabla 24, los promedios aritméticos totales de todas los resultados de los ensayos de mediciones in situ que se realizaron, este cálculo fue realizado mediante el procedimiento que se mencionó anteriormente y se ha descrito el parámetro Lnt,w, que es el aislamiento global, siguiendo la norma UNE EN ISO 12999-2 para el cálculo de la incertidumbre asociada a valores globales.

Dicha información se presenta una incertidumbre obtenida por el cálculo del parámetro uLnt, para posteriormente calcula la incertidumbre expandida U, y realizar la comparación para cada una de las normativas.

Por lo cual con los valores indicados se puede determinar que la normativa UNE EN ISO 16283-2, tiene un valor menor de incertidumbre expandida $U(Lnt,W)$, con los resultados obtenidos de incertidumbre expandida para la norma UNE EN ISO 140-7, esta diferencia corresponde al valor de 0,2 dB.

De igual manera con los valores indicados se puede determinar que la normativa UNE EN ISO 16283-2, tiene un valor menor de incertidumbre $u(Lnt,W)$ con los resultados obtenidos de incertidumbre para la norma UNE EN ISO 140-7, esta diferencia corresponde al valor de 0,12 dB.

Y la desviación estándar para la normativa UNE EN ISO 16283-2 es menor en comparación con la normativa derogada, esto demuestra claramente que el grado de incertidumbre es aceptable en la nueva normativa, debido a que la misma posee mayor número de directrices y correcciones que se deben tomar en cuenta para el proceso de medición, como lo son mayor número de mediciones, correcciones a bajas frecuencias dependiendo el tamaño del recinto receptor, tanto para la medición de ruido de impacto como para la medición de tiempo de reverberación.

Finalmente, el descriptor máximo para esta incertidumbre en la normativa UNE EN ISO 16283-2 tuvo el menor valor respecto a la normativa anterior lo cual corrobora lo antes mencionado y como se puede observar posteriormente este mismo es menor por la corrección a baja frecuencia que la norma dispone.

4.5.2 Resultados parciales del cálculo de incertidumbre medida

En este apartado se presentará de manera individual, cual fue la incertidumbre recogida para cada una de las mediciones según sus normativas aplicadas y el

recinto en el cual se aplicó el procedimiento del cálculo de aislamiento a ruido de impacto.

Tabla 22

Resultados por recintos del cálculo de incertidumbre

INCERTIDUMBRE					
	Lugar	140-7 (dB)		16283-2 (dB)	
1	Recinto 1	51,7 ±	1,0	51,9 ±	1,0
2	Recinto 2	53,2 ±	1,5	55,5 ±	1,5
3	Recinto 3	93,5 ±	2,1	93,5 ±	1,8
4	Recinto 4	76,8 ±	1,8	76,5 ±	1,7
5	Recinto 5	69 ±	3,0	69,2 ±	2,6
6	Recinto 6	60,4 ±	1,4	60,8 ±	1,3
7	Recinto 7	64,5 ±	1,5	65,1 ±	1,4
8	Recinto 8	65,5 ±	1,5	61,5 ±	0,9

De igual forma que en el apartado anterior estos cálculos fueron obtenidos mediante la obtención de la incertidumbre de medida y la incertidumbre debida a la instrumentación, procedimientos los cuales ya fueron descritos con anterioridad en este proyecto.

En la tabla 22, se puede observar siempre que los valores recogidos de incertidumbre expandida para la normativa UNE EN ISO 16283-2 siempre son menores respecto a los valores de incertidumbre expandida de la normativa UNE EN ISO 140-7, lo cual verifica los resultados obtenidos en el apartado anterior donde se compararon los valores totales.

En la tabla 22 también se puede observar que el recinto 5 es donde la incertidumbre tiene un máximo valor tanto para la normativa UNE EN ISO 16283-2 como para la normativa UNE EN ISO 140-7, sin embargo, la diferencia entre las dos es considerable. Esto puede corresponder a que dicha edificación tiene un

volumen menor a $25 m^3$, por lo cual existirá una gran variación de nivel de recepción especialmente en en bajas frecuencias.

Esta variación en frecuencias bajas produce que el valor de la incertidumbre aumente. También existen otras características como la superficie separadora que no esta bien definida por la existencia de aberturas entre otros recintos donde la incertidumbre tiene un valor considerable, sin embargo, el procedimiento de medición de la nueva normativa UNE EN ISO 16283-2 hace que esta incertidumbre sea menor que la que se obtiene con la normativa derogada UNE EN ISO 140-7

5. Conclusiones y Recomendaciones

5.1 Conclusiones

Con los datos obtenidos de incertidumbre podemos concluir que la nueva normativa UNE EN ISO 16283-2, tiene un menor margen de error, debido a las correcciones que la misma presenta y a las directrices adicionales que establece para recintos inferiores a $25 m^3$. En estos recintos, se presentan problemas en bajas frecuencias por las dimensiones de la sala, por lo cual las correcciones implementadas hacen que estos valores sean menos dispersos y más reales, sin refuerzo a dichas frecuencias. Entonces se puede decir que esta nueva normativa es la más adecuada a implementar para las mediciones de aislamiento “in situ” de medición de aislamiento a ruido de impacto.

En cuanto a los resultados de incertidumbre obtenidos para ruido de impacto, la media de la incertidumbre calculada para las normativas es de 1,59 para la ISO 140-7 y de 1,38 para la ISO 16283-2, valores que de acuerdo a la tabla 24, donde muestra que la incertidumbre típica para valores globales es igual a 1,1 dB, valor el cual no es lejano al los obtenidos, y de igual manera es cercano al obtenido con la norma actual. Esto quiere decir que las pequeñas diferencias que pueden existir pueden deberse a irregularidades de las áreas separadores de los recintos, pero aun así se puede considerar como un valor de incertidumbre aceptable.

Tabla 24

Incertidumbres típicas para valores únicos de acuerdo con la normativa 717-2.

Descriptor	Caso A dB
ΔL_w	1,1

Tomado de: AENOR, 2014.

En cuanto a la normativa ISO 717-2 se pudo concluir que el valor de aislamiento para un material o de un forjado es más realista si se lo analiza frecuencialmente, es decir, los valores L_{nt} o L_n , debido a que cada material tiene un comportamiento diferente para cada banda de frecuencia especialmente para las bajas frecuencias.

Al finalizar este trabajo de investigación se puede concluir que si bien los documentos vigentes de control de ruido en el Ecuador tanto el NEC (Norma Ecuatoriana de la Construcción) y el TULSMA (Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente) presentan niveles máximos permisibles en cuanto emisión de ruido por zonas, no disponen en ninguna parte de su descripción niveles límites permisibles de aislamiento en las edificaciones para fuentes de emisión internas. Por otro lado, el DB-HR vigente en la mayor parte del continente europeo a más de presentar niveles máximos permisibles de emisión de ruido, también describe niveles límites de aislamiento tanto a ruido aéreo como a ruido de impactos por lo que esta normativa es la única que sirve para comprobar el cumplimiento de los valores límites para aislamiento a ruido de impactos.

5.2 Recomendaciones

Para proyectos similares donde se desee realizar una comparativa entre normativas, se recomienda tomar en cuenta que las posiciones de fuente no deben ser las mínimas permitidas, sino establecer las máximas permitidas que se puedan realizar según las dimensiones de la sala, para tener un mayor número de mediciones y optimizar los resultados que se obtengan según cada normativa.

De igual para el cálculo de incertidumbre, la ayuda de un estudio estadístico a profundidad es necesario para obtener resultados más específicos y realizar un trabajo de investigación más real, tomando en cuenta además para este cálculo

los diferentes tipos de fuente de impacto, y los diferentes movimientos mecanizados que establece cada norma para su medición.

En cuanto a las construcción y edificaciones que se analizaron, se verifico que las mismas se enfocan más en la culminación de la obra e instalación de los distintos sistemas, para su pronta entrega y no ven aspectos como aislamiento y confort acústico, por lo cual se recomienda que exista un literal específico sobre el aislamiento a ruido de impacto en la norma de la construcción ecuatoriana, para que estos problemas no existan después de culminada la obra.

Ya que en el país se ha realizado una investigación similar a este proyecto en cuanto a normativas enfocadas a aislamiento de ruido aéreo, se recomienda realizar otra comparativa o estudio sobre el aislamiento a ruido de fachada para cumplir con el análisis de todos los tipos de ruido que pueden molestar el confort de una vivienda y sean tomados en cuenta para la normativa de la construcción ecuatoriana.

Finalmente, es imperioso realizar este tipo de comparativas con enfoques en métodos de repetibilidad y reproducibilidad en cada uno de los procedimientos acústicos de mediciones, ya que estos son los más habituales para procesos de validación de procedimientos.

REFERENCIAS

- AENOR. (1996). UNE-EN ISO 717-2 Evaluación del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 2: Aislamiento acústico a ruido de impacto. *Madrid España: AENOR*
- AENOR. (1998). UNE-EN ISO 140-7 Medición del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción Parte 7: Medición "in-situ" del aislamiento acústico de suelos a ruido de impactos. *Madrid España: AENOR*
- AENOR. (2014). UNE-EN ISO 1299-1 Determinación y aplicación de las incertidumbres de medición en la parte acústica de edificios. Parte 1: Aislamiento Acústico. *Madrid España: AENOR*
- AENOR. (2008). UNE-EN ISO 3382-2 Medición de parámetros acústicos en recintos Parte 2: Tiempo de reverberación en recintos ordinarios. *Madrid, España: AENOR*
- AENOR. (2016). UNE-EN ISO 16283-2, Medición in situ del aislamiento acústico en los edificios y en los elementos de construcción. Parte 2: Aislamiento a ruido de impactos *Madrid España: AENOR*
- Álvarez, M. (2013). Valores únicos de aislamiento acústico: Evolución, desarrollo, expectativas y propuestas de cambio para un futuro cercano. Recuperado el 02 de junio del 2018, de <https://uvadoc.uva.es/bitstream/10324/4691/1/TFM-A-001.pdf>

- Barrera, C. (2008). Analisis Aislamiento acústico Ruido de Impacto. *Ingeniería Verde*, 38-49. Recuperado el 02 de Junio de 2018 de: <http://www.ingenieriaverde.cl/wp-content/uploads/2010/04/acustica3.pdf>
- Caniato, M., Bettarello, F., Fausti, P., Ferluga, A., Marsich, L., & Schmid, C. (2017). Impact sound of timber floors in sustainable buildings. *In Building and Environment*, 110-122. Recuperado el 02 de Junio de 2018 de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061815301835>
- Cámara de Construcción de Quito y Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (2013). Norma Ecuatoriana de la Construcción. Recuperado el 02 de Junio de 2018 de: <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/documentos-normativos-nec-norma-ecuatoriana-de-la-construccion/>
- Kim, H.-S., Kim, B.-K., Cha, S.-I., & Kim, Y.-S. (2006). Floor impact noise reduction in ship cabins by means of a floating floor. *Noise Control Engineering Journal*, 406-413. Recuperado el 04 de Junio de 2018 de: <http://www.sea-acustica.es/fileadmin/Oporto16/25.pdf>
- Kim, T.-M., Kim, K.-T., & Kim, J.-S. (2017). SEA-FEM hybrid analysis for predicting Inter-floor impact noise. *Applied Acoustics*, 397-407. Recuperado el 02 de Junio de 2018 de: <http://internoise2017.org/upload/fckupload/file/170821121823149469tfw3pt34dgn5.pdf>

- Martinez Sandoval, A. (2005). Ruido por tráfico Urbano conceptos, medidas descriptivas y valoración económica. *Revista de Economía y Administración, Universidad de Occidente*, 23-38. Recuperado el 01 de Junio de 2018 de: http://www.uao.edu.co/sites/default/files/RUIDO_0.PDF
- Park, J.-H., Ryu, D.-J., & Haan, C.-H. (2015). Development of Floor Structures with Crumb Rubber Efficient for Floor Impact Noise. *Annual International Conference on Architecture & Civil Engineering*, (págs. 331-335). Cheongin. 10.5176/2301-394X_ACE15.149
- JCGM (2008). International Organization for Standardization: Guide to the expression of Uncertainty in Measurements. (GUM) Recuperado el 02 de Junio de 2018 de: https://www.bipm.org/utils/common/documents/jcgm/JCGM_100_2008_E.pdf
- Pérez Hernández, M. (2012). Estimación de incertidumbres. Guía GUM. *Revista Española de Metrología*. Recuperado el 02 de Junio de 2018 de: https://www.uv.es/meliajl/Docencia/WebComplementarios/GuiaGUM_e_medida.pdf
- Sotalín, G. (2016). Comparación de las normativas UNE-EN ISO 140-4 y UNE-EN ISO 16383-1 mediante mediciones in situ en edificaciones de Quito y el cálculo de la incertidumbre. *Ingeniería en Sonido y Acústica*. Universidad de las Américas. Recuperado el 05 de Junio de 2018 de: <http://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/7360>
- Rose J. L. (1999). "Ultrasonic waves in solid media". Cambridge University Press, United Kingdom. Recuperado el 02 de Junio de 2018 de:

http://assets.cambridge.org/97811070/48959/frontmatter/9781107048959_frontmatter.pdf

Vicente Verdú Gonzales (2010) "Medición y evaluación de la incertidumbre de auditorías en el aislamiento acústico." Trabajo Final de Carrera, Universidad Politécnica de Valencia Recuperado el 06 de Junio de 2018

de:
<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/9982/memoria.pdf>

ANEXOS

ANEXO 1
HOJA DE CAMPO

HOJA DE CAMPO – AISLAMIENTO A RUIDO DE IMPACTO

NOMBRE DEL TÉCNICO: Ricardo Corda, Christian Guarni

FECHA: 21/04/2018 HORA: (14:00)

DIRECCIÓN: Alejandro Calisto 5534 y Guel (Loloncoto)

MEDICIÓN: Vertical

FACTORES DEL CALCULO DE INCERTIDUMBRE	INICILA	FINAL
Variaciones de temperatura:	1P	19
Variaciones de humedad relativa:	X	X

DETALLES SOBRE EL EQUIPO DE MEDICIÓN (TIPO DE SONÓMETRO)			
CESVA	X	NTI	

VERIFICACIÓN DE LA CALIBRACIÓN DEL SONOMETRO			
Calibración Inicial	94	Calibración final	94,1

Nivel de Ruido Rosa (dB)	0
--------------------------	---

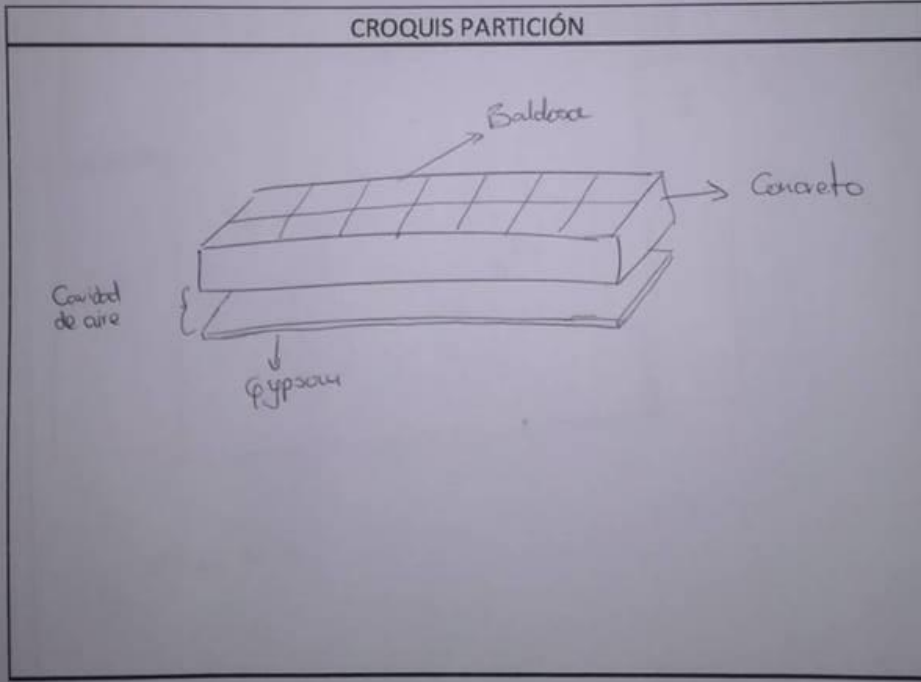
RECINTO RECEPTOR UNE-EN-ISO 16283-2				
POSICIONES DE MICRÓFONO FIJA				
REGISTRO	DETALLES	UBICACIÓN		
		X	Y	Z
97	EMISOR 1 POSICIÓN 1	1,03	2,7	1,15
96	RUIDO DE FONDO			
95	EMISOR 1 POSICIÓN 3	1,34	3	1,22
98	RUIDO DE FONDO			
95	EMISOR 2 POSICIÓN 2	1,5	0,97	1,03
94	RUIDO DE FONDO			
103	EMISOR 2 POSICIÓN 4	0,55	0,55	1,21
102	RUIDO DE FONDO			
93	EMISOR 3 POSICIÓN 2	1,5	0,97	1,03
91	RUIDO DE FONDO			
90	EMISOR 3 POSICIÓN 3	1,34	3	1,22
93	RUIDO DE FONDO			
98	EMISOR 4 POSICIÓN 4	0,55	0,55	1,21
101	RUIDO DE FONDO			
100	EMISOR 4 POSICIÓN 1	1,03	2,7	1,15
100	RUIDO DE FONDO			

RECINTO RECEPTOR UNE-EN-ISO 140-7				
POSICIONES DE MICRÓFONO FIJA				
REGISTRO	DETALLES	UBICACIÓN		
		X	Y	Z
76	EMISOR <u>1</u> POSICIÓN <u>3</u>	1,34	3	1,22
75	RUIDO DE FONDO			
78	EMISOR <u>1</u> POSICIÓN <u>2</u>	1,5	0,97	1,03
77	RUIDO DE FONDO			
81	EMISOR <u>3</u> POSICIÓN <u>1</u>	1,03	2,7	1,15
79	RUIDO DE FONDO			
83	EMISOR <u>3</u> POSICIÓN <u>3</u>	1,34	3	1,22
82	RUIDO DE FONDO			
87	EMISOR <u>4</u> POSICIÓN <u>3</u>	1,5	0,97	1,03
86	RUIDO DE FONDO			
89	EMISOR <u>2</u> POSICIÓN <u>4</u>	0,55	0,55	1,21
88	RUIDO DE FONDO			
MEDICIÓN DEL TIEMPO DE REBERVERACIÓN				
IMPLUSIVA		RUIDO INTERRUMPIDO		
REGISTRO	DETALLES	UBICACIÓN		
		X	Y	Z
69	MEDICIÓN <u>1</u> POSICIÓN <u>1</u>	1,03	2,7	1,15
70	MEDICIÓN <u>2</u> POSICIÓN <u>1</u>	1,03	2,7	1,15
71	MEDICIÓN <u>3</u> POSICIÓN <u>2</u>	1,5	0,97	1,03
72	MEDICIÓN <u>4</u> POSICIÓN <u>2</u>	1,5	0,97	1,03
73	MEDICIÓN <u>5</u> POSICIÓN <u>3</u>	1,34	3	1,22
74	MEDICIÓN <u>6</u> POSICIÓN <u>3</u>	1,34	3	1,22

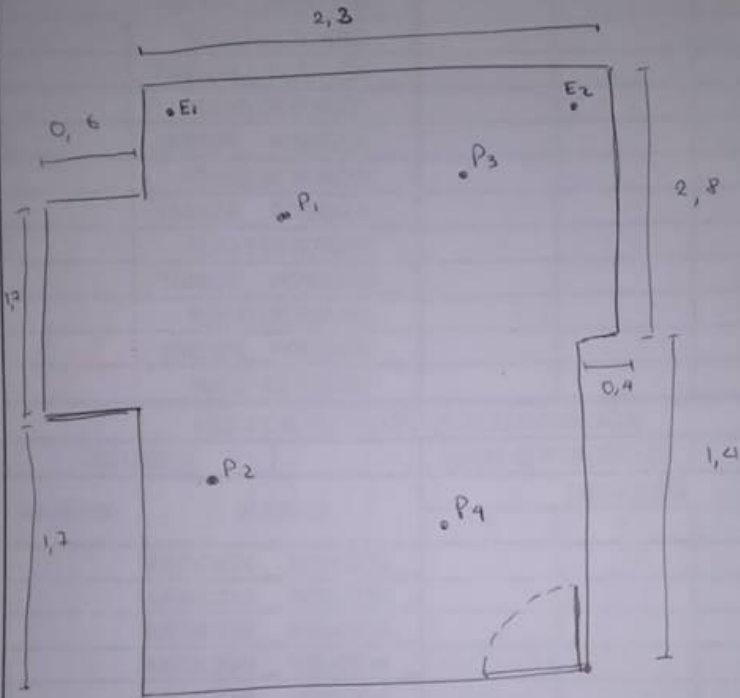
PROCEDIMIENTO DE BAJA FRECUENCIA				
REGISTRO	DETALLES	UBICACIÓN		
		X	Y	Z
104	ESQUINA <u>1</u> POSICIÓN <u>F1</u>	2,00	3,5	1,9
103	RUIDO DE FONDO			
106	ESQUINA <u>2</u> POSICIÓN <u>F1</u>	2,00	3,5	0,3
105	RUIDO DE FONDO			
108	ESQUINA <u>3</u> POSICIÓN <u>F1</u>	0,3	0,3	0,3
107	RUIDO DE FONDO			
110	ESQUINA <u>4</u> POSICIÓN <u>F1</u>	0,3	0,3	1,9
109	RUIDO DE FONDO			
112	ESQUINA <u>1</u> POSICIÓN <u>F2</u>	2	3,5	1,9
111	RUIDO DE FONDO			
114	ESQUINA <u>2</u> POSICIÓN <u>F2</u>	2	5,5	0,3
113	RUIDO DE FONDO			
116	ESQUINA <u>3</u> POSICIÓN <u>F2</u>	0,3	0,3	0,3
115	RUIDO DE FONDO			
118	ESQUINA <u>4</u> POSICIÓN <u>F2</u>	0,3	0,3	1,9
117	RUIDO DE FONDO			
120	ESQUINA <u>1</u> POSICIÓN <u>F3</u>	2	3,5	1,9
119	RUIDO DE FONDO			
122	ESQUINA <u>2</u> POSICIÓN <u>F3</u>	2	3,5	0,3
121	RUIDO DE FONDO			
124	ESQUINA <u>3</u> POSICIÓN <u>F3</u>	0,3	0,3	0,3
123	RUIDO DE FONDO			
126	ESQUINA <u>4</u> POSICIÓN <u>F3</u>	0,3	0,3	1,9
125	RUIDO DE FONDO			
128	ESQUINA <u>1</u> POSICIÓN <u>F4</u>	2	3,5	1,9
127	RUIDO DE FONDO			
130	ESQUINA <u>2</u> POSICIÓN <u>F4</u>	2	3,5	0,3
129	RUIDO DE FONDO			
132	ESQUINA <u>3</u> POSICIÓN <u>F4</u>	0,3	0,3	0,3
131	RUIDO DE FONDO			
134	ESQUINA <u>4</u> POSICIÓN <u>F4</u>	0,3	0,3	1,9
133	RUIDO DE FONDO			

AREA COMÚN DE PARTICIÓN (m2)	11,21	ANCHO (m2)
Materiales de construcción piso:	Baldosa Losa de concreto Cavidad de aire Gypsum	

CARACTERISTICAS DE LOS RECINTOS Y OBSERVACIONES
 Vivienda inhabilitada, habitación dormitorio



CORQUIS DE RECINTOS



altura $h=2,1$

ANEXO 2

**EJEMPLO DE PROCESAMIENTO DE DATOS DE
MEDICIÓN**

HOJA DE CAMPO - AISLAMIENTO A RUIDO DE IMPACTO			
FECHA:	21/4/2018	MEDICIÓN:	Vertical
DIRECCIÓN:	ALEJANDRO CALISTO E534 Y GUEL		
HORA:	14:00 horas		
DESCRIPCIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN:			
Vivienda habitada, construcción de 3 pisos, recinto receptor menor a 25m3			
FACTORES DEL CALCULO DE INCERTIDUMBRE		INICIAL	FINAL
Variaciones de temperatura:		18	19
DETALLES SOBRE EL EQUIPO DE MEDICIÓN (TIPO DE SONÓMETRO)			
CESVA	X	NTI	
VERIFICACIÓN DE LA CALIBRACIÓN DEL SONOMETRO			
Calibración Inicial	94	Calibración final	94,1
Nivel de Ruido Rosa (dB)	0dB		

Normativa UNE EN ISO 140-7

Mediciones Aislamiento y Ruido de Fondo (Recinto Receptor)

FRECUCENCIAS	FUENTE 1		FUENTE 1		FUENTE 3		FUENTE 3		FUENTE 4		FUENTE 2	
	REGISTRO 76	REGISTRO FONDO 3 75	REGISTRO 78	REGISTRO FONDO 2 77	REGISTRO 81	REGISTRO FONDO 1 79	REGISTRO 83	REGISTRO FONDO 2 82	REGISTRO 87	REGISTRO FONDO 3 86	REGISTRO 89	REGISTRO FONDO 4 88
50 Hz	56	51,4	55,2	49	58,1	47,4	60,9	59,1	52,2	45,5	58,5	49,4
63 Hz	53,2	36,8	55,8	41,8	56,7	30,7	62,6	59,1	55,7	29	56	32,5
80 Hz	57,7	30,3	55,1	36,3	65,8	40,2	60	59,1	60,5	38,4	66,4	40,2
100 Hz	57,7	30	51,7	28,6	63,3	25,8	64,3	59,1	53,1	24,2	61,1	32,8
125 Hz	53,8	21,5	65	35,2	57,4	23,4	59,9	59,1	58,5	26,4	54,5	26
160 Hz	65,7	30,8	67,7	35,6	62,8	30,2	70,5	59,1	63,7	31,8	63,5	31,3
200 Hz	60,5	27,6	66,1	35,4	64,4	25	65	59,1	63,3	29,5	59,5	22,5
250 Hz	66,8	29,1	66	35,2	67,3	25	65,1	59,1	64,3	30,2	61,6	19,5
315 Hz	63,3	30,5	63,6	31	67,5	24,6	62,9	59,1	60,9	33,1	64,4	22,5
400 Hz	62,6	25,2	64,6	30,1	61,7	22,4	63,3	59,1	63,5	27,6	64,4	21,4
500 Hz	67,5	31,1	65,8	29,9	63,6	22,5	63,9	59,1	65,2	28,4	66,5	22,3
630 Hz	67,4	28,9	66,1	28,8	64	23,6	66,4	59,1	66,4	37	65,9	21,8
800 Hz	69,2	25,4	67,7	27,4	66,9	23,9	68,2	59,1	68,2	36,7	69,2	21,1
1 KHz	66,9	25,2	66,2	28,7	66,5	26	68,2	59,1	66,6	32,4	65,7	22,1
1,25 KHz	66,6	22,3	64,9	27,2	67,2	25,5	68,6	59,1	65,8	31,7	65,4	18,8
1,6 KHz	65,3	21	65	23,5	64,3	24,7	68,3	59,1	64,6	33,1	66,5	17,3
2 KHz	65,5	19	65,4	22,7	63,5	24,1	68	59,1	64,4	33,8	67,3	16,1
2,5 KHz	66,5	17,7	66,8	20,2	64,9	21,4	70,1	59,1	66,2	30,2	69	13,4
3,15 KHz	67,4	14,6	68,2	18,2	63,2	19,7	71,6	59,1	66,5	27,3	70,7	10,9
4 KHz	62,4	12,6	63,6	16,5	59	18,9	67,2	59,1	60,8	22,7	64,6	10,6
5 KHz	54,9	11,2	58,4	14,7	58,4	18,4	61,3	59,1	53,1	19,3	58,5	10,9

FUENTE OMNIDIRECCIONAL

TIEMPO DE REVERBERACIÓN

REGISTRO	REGISTRO	REGISTRO	REGISTRO	REGISTRO	REGISTRO	REGISTRO	REGISTRO	REGISTRO	REGISTRO	REGISTRO	REGISTRO	REGISTRO	REGISTRO	REGISTRO	REGISTRO	REGISTRO
69	69	70	70	71	71	72	72	73	73	74	74	74	74	74	74	74
T20	T30	T20	T30	T20	T30	T20	T30	T20	T30	T20	T30	T20	T30	T20	T30	T30
2,08		0,9		0,23	1,24	0,53		1,36		0,27						
1,51		1,4		1,85		3,07		1,47		0,88						
1,77	3,3	1,47	2,27	3,59	2,05	3,48	1,62	1,53	1,97	2,04	1,62	1,97	2,04	1,62	1,97	2,04
1,41	1,31	1,47	1,77	1,34	2,14	3,18	1,15	1,55	1,19	1,99	1,19	1,99	1,55	1,97	1,25	1,25
1,61	1,81	1,61	1,8	1,39	1,73	1,55	1,8	1,53	1,69	1,55	1,69	1,55	1,55	1,97	1,97	1,97
1,54	2,72	1,68	2,25	1,13	2,13	1,72	2,05	1,68	2,26	1,84	2,26	1,84	2,26	2,14	2,14	2,14
1,38	3,17	1,57	2,75	2,48	2,49	2,68	2,37	2,43	2,68	2,3	2,68	2,3	2,68	2,63	2,63	2,63
2,39	2,13	1,41	2,83	0,29	2,21	0,65	2	2,14	1,93	2,05	1,93	2,05	1,63	1,63	1,63	1,63
1,4	2,27	1,44	2,25	1,21	2,57	1,37	2,06	1,09	2,12	1,31	2,12	1,31	2,59	2,59	2,59	2,59
1,13	2,13	0,85	2,21	0,69	2	0,67	1,82	1	2,05	0,92	2,05	0,92	2,08	2,08	2,08	2,08
1,24	1,78	1,06	1,89	0,93	1,62	1,64	1,66	0,76	1,95	0,75	1,95	0,75	1,78	1,78	1,78	1,78
1,15	1,63	1,22	1,89	1,42	1,82	1,47	1,78	1,12	1,69	1,2	1,69	1,2	1,76	1,76	1,76	1,76
1,37	1,91	1,37	1,77	1,34	1,65	1,31	1,51	1,46	1,43	1,47	1,43	1,47	1,64	1,64	1,64	1,64
1,4	1,71	1,47	1,73	1,35	1,81	1,18	1,66	1,74	1,67	1,39	1,67	1,39	1,58	1,58	1,58	1,58
1,39	1,51	1,41	1,46	1,34	1,79	1,33	1,58	1,45	1,54	1,45	1,54	1,45	1,53	1,53	1,53	1,53
1,59	1,37	1,43	1,44	1,29	1,58	1,03	1,62	1,2	1,47	1,3	1,47	1,3	1,49	1,49	1,49	1,49
1,38	1,39	1,18	1,4	1,09	1,49	1,18	1,53	1,2	1,38	1,11	1,38	1,11	1,46	1,46	1,46	1,46
1,09	1,39	0,97	1,28	1,05	1,3	1	1,33	1	1,33	0,98	1,33	0,98	1,3	1,3	1,3	1,3
1,02	1,24	0,99	1,23	0,9	1,19	0,93	1,28	1	1,37	1,05	1,37	1,05	1,19	1,19	1,19	1,19
0,85	1,21	0,87	1,14	0,79	1,22	0,85	1,18	0,87	1,23	0,97	1,23	0,97	1,15	1,15	1,15	1,15
0,85	1,05	0,78	1,06	0,79	1,09	0,77	1,13	0,74	1,17	0,81	1,17	0,81	1,09	1,09	1,09	1,09

CORRECCIÓN DE RUIDO DE FONDO

L2'

FRECUENCIA	PUNTO 1 CORREGIDO	L2'	PUNTO 2 CORREGIDO	L2'	PUNTO 3 CORREGIDO	L2'	PUNTO 4 CORREGIDO	L2'	PUNTO 5 CORREGIDO	L2'	PUNTO 6 CORREGIDO	L2'	L2' TOTAL
50 Hz	4,6	54,7	6,2	54,0088	10,7	58,1	1,8	59,6	6,7	51,15535	9,1	57,92986	56,8
63 Hz	16,4	53,2	14	55,8	26	56,7	3,5	61,3	26,7	55,7	23,5	56,0	57,2
80 Hz	27,4	57,7	18,8	55,1	25,6	65,8	0,9	58,7	22,1	60,5	26,2	66,4	62,6
100 Hz	27,7	57,7	23,1	51,7	37,5	63,3	5,2	63,0	28,9	53,1	28,3	61,1	60,3
125 Hz	32,3	53,8	29,8	65	34	57,4	0,8	58,6	32,1	58,5	28,5	54,5	59,8
160 Hz	34,9	65,7	32,1	67,7	32,6	62,8	11,4	70,5	31,9	63,7	32,2	63,5	66,6
200 Hz	32,9	60,5	30,7	66,1	39,4	64,4	5,9	63,7	33,8	63,3	37	59,5	63,5
250 Hz	37,7	66,8	30,8	66	42,3	67,3	6	63,8	34,1	64,3	42,1	61,6	65,4
315 Hz	32,8	63,3	32,6	63,6	42,9	67,5	3,8	61,6	27,8	60,9	41,9	64,4	64,1
400 Hz	37,4	62,6	34,5	64,6	39,3	61,7	4,2	62	35,9	63,5	43	64,4	63,3
500 Hz	36,4	67,5	35,9	65,8	41,1	63,6	4,8	62,6	36,8	65,2	44,2	66,5	65,5
630 Hz	38,5	67,4	37,3	66,1	40,4	64	7,3	65,50513	29,4	66,4	44,1	65,9	66,0
800 Hz	43,8	69,2	40,3	67,7	43	66,9	9	67,51565	31,5	68,2	48,1	69,2	68,2
1 KHz	41,7	66,9	37,5	66,2	40,5	66,5	9,1	67,62986	34,2	66,6	43,6	65,7	66,6
1,25 KHz	44,3	66,6	37,7	64,9	41,7	67,2	9,5	68,08314	34,1	65,8	46,6	65,4	66,5
1,6 KHz	44,3	65,3	41,5	65	39,6	64,3	9,2	67,74371	31,5	64,6	49,2	66,5	65,7
2 KHz	46,5	65,5	42,7	65,4	39,4	63,5	8,9	67,40105	30,6	64,4	51,2	67,3	65,8
2,5 KHz	48,8	66,5	46,6	66,8	43,5	64,9	11	70,1	36	66,2	55,6	69	67,6
3,15 KHz	52,8	67,4	50	68,2	43,5	63,2	12,5	71,6	39,2	66,5	59,8	70,7	68,7
4 KHz	49,8	62,4	47,1	63,6	40,1	59	8,1	66,46918	38,1	60,8	54	64,6	63,5
5 KHz	43,7	54,9	43,7	58,4	40	58,4	2,2	60	33,8	53,1	47,6	58,5	57,8

Cálculo Aislamiento a ruido de impacto estandarizado (140-7)

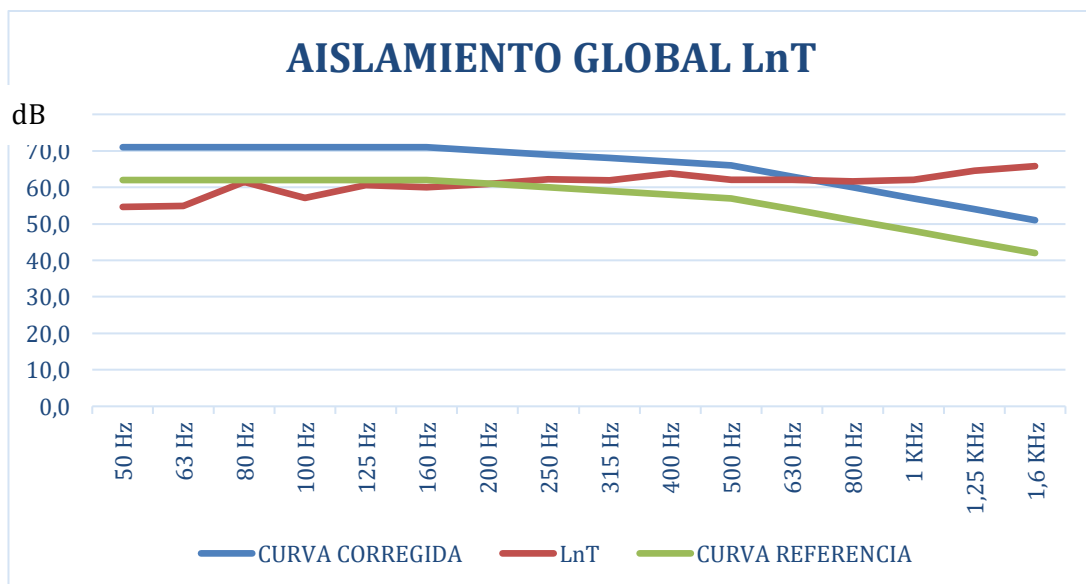
RESULTADOS DE AISLAMIENTO A RUIDO DE IMPACTO			
FRECUENCIAS	L2' TOTAL	TIEMPO DE REVERBERACIÓN	LnT
50 Hz	56,8	0,90	54,2
63 Hz	57,2	1,70	51,9
80 Hz	62,6	2,31	56,0
100 Hz	60,3	1,82	54,6
125 Hz	59,8	1,54	54,9
160 Hz	66,6	1,60	61,5
200 Hz	63,5	2,14	57,2
250 Hz	65,4	1,49	60,6
315 Hz	64,1	1,30	60,0
400 Hz	63,3	0,88	60,8
500 Hz	65,5	1,06	62,2
630 Hz	66,0	1,26	62,0
800 Hz	68,2	1,39	63,8
1 KHz	66,6	1,42	62,1
1,25 KHz	66,5	1,40	62,0
1,6 KHz	65,7	1,31	61,6
2 KHz	65,8	1,19	62,0
2,5 KHz	67,6	1,02	64,5
3,15 KHz	68,7	0,98	65,8
4 KHz	63,5	0,87	61,1
5 KHz	57,8	0,79	55,8

AISLAMIENTO GLOBAL

FRECUENCIA AS	CURVA REFERENCIA	CURVA CORREGIDA	LnT	CURVA DE CORRERCIÓN	DESVIACIÓN DESFAVORABLE	
50 Hz				9,00		
63 Hz						
80 Hz						
100 Hz	62	71,0	54,6	9,00	-16,36	0,00
125 Hz	62	71,0	54,9	9,00	-16,13	0,00
160 Hz	62	71,0	61,5	9,00	-9,46	0,00
200 Hz	62	71,0	57,2	9,00	-13,85	0,00
250 Hz	62	71,0	60,6	9,00	-10,36	0,00
315 Hz	62	71,0	60,0	9,00	-11,04	0,00
400 Hz	61	70,0	60,8	9,00	-9,16	0,00
500 Hz	60	69,0	62,2	9,00	-6,77	0,00
630 Hz	59	68,0	62,0	9,00	-6,03	0,00
800 Hz	58	67,0	63,8	9,00	-3,23	0,00
1 KHz	57	66,0	62,1	9,00	-3,91	0,00
1,25 KHz	54	63,0	62,0	9,00	-0,99	0,00
1,6 KHz	51	60,0	61,6	9,00	1,58	1,58
2 KHz	48	57,0	62,0	9,00	5,05	5,05
2,5 KHz	45	54,0	64,5	9,00	10,55	10,55
3,15 KHz	42	51,0	65,8	9,00	14,81	14,81

TOTAL DIFERENCIA 31,98 dB

LnTW 69,0 dB



Cálculo Aislamiento a ruido de impacto normalizado (140-7)

RESULTADOS DE AISLAMIENTO A RUIDO DE IMPACTO				
FRECUENCIAS	L2' TOTAL	TIEMPO DE REVERBERACIÓN	Area Absorción Equivalente	Ln
50 Hz	56,8	0,90	4,28	53,1
63 Hz	57,2	1,70	2,26	50,8
80 Hz	62,6	2,31	1,66	54,8
100 Hz	60,3	1,82	2,10	53,5
125 Hz	59,8	1,54	2,49	53,7
160 Hz	66,6	1,60	2,40	60,4
200 Hz	63,5	2,14	1,79	56,0
250 Hz	65,4	1,49	2,57	59,5
315 Hz	64,1	1,30	2,94	58,8
400 Hz	63,3	0,88	4,37	59,7
500 Hz	65,5	1,06	3,60	61,1
630 Hz	66,0	1,26	3,03	60,8
800 Hz	68,2	1,39	2,76	62,6
1 KHz	66,6	1,42	2,69	60,9
1,25 KHz	66,5	1,40	2,75	60,9
1,6 KHz	65,7	1,31	2,93	60,4
2 KHz	65,8	1,19	3,22	60,9
2,5 KHz	67,6	1,02	3,77	63,4
3,15 KHz	68,7	0,98	3,90	64,7
4 KHz	63,5	0,87	4,42	59,9
5 KHz	57,8	0,79	4,85	54,6
			Volumen	23,65

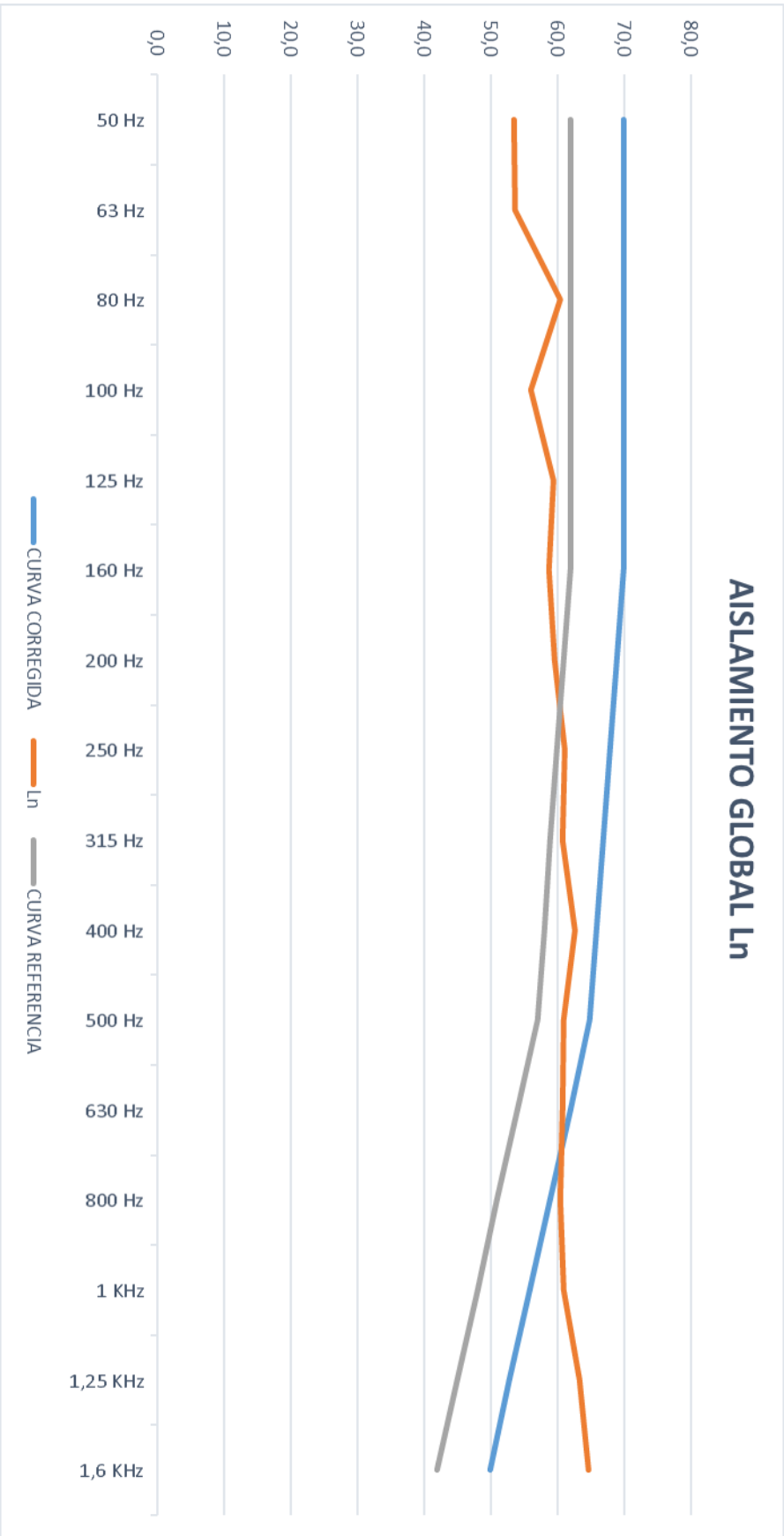
AISLAMIENTO GLOBAL

FRECUENCIA AS	CURVA REFERENCIA	CURVA CORREGIDA	Ln	CURVA DE CORRERCIÓN	DESVIACIÓN DESFAVORABLE	
50 Hz				-7,90		
63 Hz						
80 Hz						
100 Hz	62	69,9	53,5	7,90	-16,42	0,00
125 Hz	62	69,9	53,7	7,90	-16,19	0,00
160 Hz	62	69,9	60,4	7,90	-9,52	0,00
200 Hz	62	69,9	56,0	7,90	-13,91	0,00
250 Hz	62	69,9	59,5	7,90	-10,42	0,00
315 Hz	62	69,9	58,8	7,90	-11,10	0,00
400 Hz	61	68,9	59,7	7,90	-9,22	0,00
500 Hz	60	67,9	61,1	7,90	-6,83	0,00
630 Hz	59	66,9	60,8	7,90	-6,08	0,00
800 Hz	58	65,9	62,6	7,90	-3,28	0,00
1 KHz	57	64,9	60,9	7,90	-3,96	0,00
1,25 KHz	54	61,9	60,9	7,90	-1,04	0,00
1,6 KHz	51	58,9	60,4	7,90	1,52	1,52
2 KHz	48	55,9	60,9	7,90	4,99	4,99
2,5 KHz	45	52,9	63,4	7,90	10,49	10,49
3,15 KHz	42	49,9	64,7	7,90	14,75	14,75

TOTAL DIFERENCIA	31,75	dB
-------------------------	-------	----

LnW	67,9	dB
------------	------	----

ASLAMIENTO GLOBAL Ln



Normativa UNE EN ISO 16283-2

Mediciones Aislamiento y Ruido de Fondo (Recinto Receptor)

FRECUENCIAS	FUENTE 1				FUENTE 2				FUENTE 3				FUENTE 4			
	REGISTRO 97	REGISTRO 96	REGISTRO 89	REGISTRO 88	REGISTRO 95	REGISTRO 94	REGISTRO 103	REGISTRO 102	REGISTRO 93	REGISTRO 92	REGISTRO 91	REGISTRO 90	REGISTRO 99	REGISTRO 98	REGISTRO 101	REGISTRO 100
50 Hz	PUNTO 1 52,2	RUIDO FONDO 1 45,5	PUNTO 3 56	RUIDO FONDO 3 51,4	PUNTO 2 58,5	RUIDO FONDO 2 49,4	PUNTO 4 55,2	RUIDO FONDO 4 49	PUNTO 2 56,7	RUIDO FONDO 2 52,6	PUNTO 3 58,1	RUIDO FONDO 3 47,4	PUNTO 4 57,2	RUIDO FONDO 4 52,8	PUNTO 1 60,9	RUIDO FONDO 1 59,1
63 Hz	55,7	29	53,2	36,8	56	32,5	55,8	41,8	61,9	42,4	56,7	30,7	59,2	41,8	62,6	47,1
80 Hz	60,5	38,4	57,7	30,3	66,4	40,2	55,1	36,3	67,6	45	65,8	40,2	56,3	45,7	60	46
100 Hz	53,1	24,2	57,7	30	61,1	32,8	51,7	28,6	71,4	37,7	63,3	25,8	58,6	46,4	64,3	53,4
125 Hz	58,5	26,4	53,8	21,5	54,5	26	65	35,2	56,6	36	57,4	23,4	64,2	46,2	59,9	39,5
160 Hz	63,7	31,8	65,7	30,8	63,5	31,3	67,7	35,6	61,7	40,6	62,8	30,2	68,6	45,7	70,5	45,6
200 Hz	63,3	29,5	60,5	27,6	59,5	22,5	66,1	35,4	58,2	34,6	64,4	25	63,3	45,6	65	43,4
250 Hz	64,3	30,2	66,8	29,1	61,6	19,5	66	35,2	63,6	33,3	67,3	25	64,9	46,8	65,1	44,7
315 Hz	60,9	33,1	63,3	30,5	64,4	22,5	66	31	67	31,1	67,5	24,6	63,3	37,2	62,9	43,7
400 Hz	63,5	27,6	62,6	25,2	64,4	21,4	64,6	30,1	63,5	30,8	61,7	22,4	64,9	35,6	63,3	41,8
500 Hz	65,2	28,4	67,5	31,1	66,5	22,3	65,8	29,9	64,2	29,8	63,6	22,5	65,1	35,2	63,9	40,1
630 Hz	66,4	37	67,4	28,9	65,9	21,8	66,1	28,8	64,5	29,9	64	23,6	65,1	32,9	66,4	38,7
800 Hz	68,2	36,7	69,2	25,4	69,2	21,1	67,7	27,4	67,3	29,5	66,9	23,9	68,1	30,8	68,1	39,8
1 KHz	66,6	32,4	66,9	25,2	65,7	22,1	66,2	28,7	64,2	28,4	66,5	26	67,1	30,9	68,2	39,8
1,25 KHz	65,8	31,7	66,6	22,3	65,4	18,8	64,9	27,2	64,8	28	67,2	25,5	68,3	30,7	68,6	40,9
1,6 KHz	64,6	33,1	65,3	21	66,5	17,3	65	23,5	62,8	27,1	64,3	24,7	67,5	28,3	68,3	40
2 KHz	64,4	33,8	65,5	19	67,3	16,1	65,4	22,7	61,8	23,6	63,5	24,1	68,4	25,2	68	36,9
2,5 KHz	66,2	30,2	66,5	17,7	69	13,4	66,8	20,2	61,8	21,8	64,9	21,4	70,3	21,7	70,1	32,9
3,15 KHz	66,5	27,3	67,4	14,6	70,7	10,9	68,2	18,2	62,7	18,6	63,2	19,7	72,2	16,4	71,6	29,1
4 KHz	60,8	22,7	62,4	12,6	64,6	10,6	63,6	16,5	58,6	16,7	59	18,9	67,4	13,9	67,2	25,1
5 KHz	53,1	19,3	54,9	11,2	58,5	10,9	58,4	14,7	57,4	15	58,4	18,4	61,3	13,8	61,3	22,1

FUENTE OMNIDIRECCIONAL

TIEMPO DE REVERBERACIÓN

REGISTRO	REGISTRO	REGISTRO	REGISTRO	REGISTRO	REGISTRO	REGISTRO	REGISTRO	REGISTRO	REGISTRO	REGISTRO	REGISTRO	REGISTRO	REGISTRO	REGISTRO		
69	69	70	70	71	71	72	72	73	73	73	74	74	74	74		
T20	T30	T20	T30	T20	T30	T20	T30	T20	T30	T20	T30	T20	T30	T20	T30	
2,08		0,9		0,23	1,24	0,53		1,36		0,27						
1,51		1,4		1,85		3,07		1,47		0,88						
1,77	3,3	1,47	2,27	3,59	2,05	3,48	1,62	1,53	1,97	2,04	1,97	2,04	1,97	1,62	1,62	1,62
1,41	1,31	1,47	1,77	1,34	2,14	3,18	1,15	1,55	1,19	1,99	1,19	1,99	1,19	1,25	1,25	1,25
1,61	1,81	1,61	1,8	1,39	1,73	1,55	1,8	1,53	1,69	1,55	1,69	1,55	1,69	1,97	1,97	1,97
1,54	2,72	1,68	2,25	1,13	2,13	1,72	2,05	1,68	2,26	1,84	2,26	1,84	2,26	2,14	2,14	2,14
1,38	3,17	1,57	2,75	2,48	2,49	2,68	2,37	2,43	2,68	2,3	2,68	2,3	2,68	2,63	2,63	2,63
2,39	2,13	1,41	2,83	0,29	2,21	0,65	2	2,14	1,93	2,05	1,93	2,05	1,93	1,63	1,63	1,63
1,4	2,27	1,44	2,25	1,21	2,57	1,37	2,06	1,09	2,12	1,31	2,12	1,31	2,12	2,59	2,59	2,59
1,13	2,13	0,85	2,21	0,69	2	0,67	1,82	1	2,05	0,92	2,05	0,92	2,05	2,08	2,08	2,08
1,24	1,78	1,06	1,89	0,93	1,62	1,64	1,66	0,76	1,95	0,75	1,95	0,75	1,95	1,78	1,78	1,78
1,15	1,63	1,22	1,89	1,42	1,82	1,47	1,78	1,12	1,69	1,2	1,69	1,2	1,69	1,76	1,76	1,76
1,37	1,91	1,37	1,77	1,34	1,65	1,31	1,51	1,46	1,43	1,47	1,43	1,47	1,43	1,64	1,64	1,64
1,4	1,71	1,47	1,73	1,35	1,81	1,18	1,66	1,74	1,67	1,39	1,67	1,39	1,67	1,58	1,58	1,58
1,39	1,51	1,41	1,46	1,34	1,79	1,33	1,58	1,45	1,54	1,45	1,54	1,45	1,54	1,53	1,53	1,53
1,59	1,37	1,43	1,44	1,29	1,58	1,03	1,62	1,2	1,47	1,3	1,47	1,3	1,47	1,49	1,49	1,49
1,38	1,39	1,18	1,4	1,09	1,49	1,18	1,53	1,2	1,38	1,11	1,38	1,11	1,38	1,46	1,46	1,46
1,09	1,39	0,97	1,28	1,05	1,3	1	1,33	1	1,33	0,98	1,33	0,98	1,33	1,3	1,3	1,3
1,02	1,24	0,99	1,23	0,9	1,19	0,93	1,28	1	1,37	1,05	1,37	1,05	1,37	1,19	1,19	1,19
0,85	1,21	0,87	1,14	0,79	1,22	0,85	1,18	0,87	1,23	0,97	1,23	0,97	1,23	1,15	1,15	1,15
0,85	1,05	0,78	1,06	0,79	1,09	0,77	1,13	0,74	1,17	0,81	1,17	0,81	1,17	1,09	1,09	1,09

CORRECCIÓN DE RUIDO DE FONDO

L2'

FRECUENCIA	PUNTO 1 CORREGIDO	L2'	PUNTO 2 CORREGIDO	L2'	PUNTO 3 CORREGIDO	L2'	PUNTO 4 CORREGIDO	L2'	PUNTO 5 CORREGIDO	L2'	PUNTO 6 CORREGIDO	L2'	PUNTO 7 CORREGIDO	L2'	PUNTO 8 CORREGIDO	L2'	L2' TOTAL
AS																	
50 Hz	6,7	51,15535	4,6	54,7	9,1	57,92986	6,2	54,0088	4,1	55,4	10,7	58,1	4,4	55,9	1,8	59,6	56,5
63 Hz	26,7	55,7	16,4	53,2	23,5	56	14	55,8	19,5	61,9	26	56,7	17,4	59,2	15,5	62,6	58,8
80 Hz	22,1	60,5	27,4	57,7	26,2	66,4	18,8	55,1	22,6	67,6	25,6	65,8	10,6	56,3	14	60	63,4
100 Hz	28,9	53,1	27,7	57,7	28,3	61,1	23,1	51,7	33,7	71,4	37,5	63,3	12,2	58,6	10,9	64,3	64,3
125 Hz	32,1	58,5	32,3	53,8	28,5	54,5	29,8	65	20,6	56,6	34	57,4	18	64,2	20,4	59,9	60,5
160 Hz	31,9	63,7	34,9	65,7	32,2	63,5	32,1	67,7	21,1	61,7	32,6	62,8	22,9	68,6	24,9	70,5	66,5
200 Hz	33,8	63,3	32,9	60,5	37	59,5	30,7	66,1	23,6	58,2	39,4	64,4	17,7	63,3	21,6	65	63,3
250 Hz	34,1	64,3	37,7	66,8	42,1	61,6	30,8	66	30,3	63,6	42,3	67,3	18,1	64,9	20,4	65,1	65,3
315 Hz	27,8	60,9	32,8	63,3	41,9	64,4	32,6	63,6	35,9	67	42,9	67,5	28,1	65,3	19,2	62,9	64,8
400 Hz	35,9	63,5	37,4	62,6	43	64,4	34,5	64,6	32,7	63,5	39,3	61,7	29,3	64,9	21,5	63,3	63,7
500 Hz	36,8	65,2	36,4	67,5	44,2	66,5	35,9	65,8	34,4	64,2	41,1	63,6	29,9	65,1	23,8	63,9	65,4
630 Hz	29,4	66,4	38,5	67,4	44,1	65,9	37,3	66,1	34,6	64,5	40,4	64	32,2	65,1	27,7	66,4	65,8
800 Hz	31,5	68,2	43,8	69,2	48,1	69,2	40,3	67,7	37,8	67,3	43	66,9	37,3	68,1	28,3	68,1	68,2
1 KHz	34,2	66,6	41,7	66,9	43,6	65,7	37,5	66,2	35,8	64,2	40,5	66,5	36,2	67,1	28,4	68,2	66,6
1,25 KHz	34,1	65,8	44,3	66,6	46,6	65,4	37,7	64,9	36,8	64,8	41,7	67,2	37,6	68,3	27,7	68,6	66,7
1,6 KHz	31,5	64,6	44,3	65,3	49,2	66,5	41,5	66	35,7	62,8	39,6	64,3	39,2	67,5	28,3	68,3	65,9
2 KHz	30,6	64,4	46,5	65,5	51,2	67,3	42,7	65,4	38,2	61,8	39,4	63,5	43,2	68,4	31,1	68	66,0
2,5 KHz	36	66,2	48,8	66,5	55,6	69	46,6	66,8	40	61,8	43,5	64,9	48,6	70,3	37,2	70,1	67,7
3,15 KHz	39,2	66,5	52,8	67,4	59,8	70,7	50	68,2	44,1	62,7	43,5	63,2	55,8	72,2	42,5	71,6	69,0
4 KHz	38,1	60,8	49,8	62,4	54	64,6	47,1	63,6	41,9	58,6	40,1	59	53,5	67,4	42,1	67,2	64,1
5 KHz	33,8	53,1	43,7	54,9	47,6	58,5	43,7	58,4	42,4	57,4	40	58,4	47,5	61,3	39,2	61,3	58,6

	PRESIÓN F1	PRESIÓN F2	PRESIÓN F3	PRESIÓN F4	suma	Li esquina	Li	Li f
50 Hz	0,0004	0,0003	0,0012	0,0008	1639679,4	62,1		54,10
63 Hz	0,0032	0,0053	0,0063	0,0068	13489304,5	71,3		60,69
80 Hz	0,0156	0,0105	0,0340	0,0400	62580249,6	78,0		61,48

PROCEDIMIENTO A BAJA FRECUENCIA

FUENTE 1												
	Esquina Superior 1			Esquina Inferior 1			Esquina Superior 2			Esquina Inferior 2		
Frecuencia	Impacto	Ruido de fondo	Impacto	Ruido de fondo	Impacto	Ruido de fondo	Impacto	Ruido de fondo	Impacto	Ruido de fondo	Impacto	Ruido de fondo
50 Hz	59,6	52,7	56,4	53,7	57,6	48,9	58,5	53,2	57,1	52,2	59,1	57,6
63 Hz	69	42,5	67,2	47,3	67,6	37,9	69	37,4	67,1	39,4	74,2	38,9
80 Hz	75,6	52,4	73,5	56,2	74,5	51,1	75,9	51,6	73,6	47,2	74,2	49,4
FUENTE 2												
	Esquina Superior 1			Esquina Inferior 1			Esquina Superior 2			Esquina Inferior 2		
Frecuencia	Impacto	Ruido de fondo	Impacto	Ruido de fondo	Impacto	Ruido de fondo	Impacto	Ruido de fondo	Impacto	Ruido de fondo	Impacto	Ruido de fondo
50 Hz	61,5	49,8	63,5	64	64,5	58,4	64,6	63,5	60,9	52,4	62,8	52,7
63 Hz	71,4	48,1	72	43,5	71,5	45,4	70,7	46,7	71,5	41,1	72,3	42,9
80 Hz	77,8	48,6	79,3	51	78	46,6	78	52	78,9	49,1	80	48,2
FUENTE 3												
	Esquina Superior 1			Esquina Inferior 1			Esquina Superior 2			Esquina Inferior 2		
Frecuencia	Impacto	Ruido de fondo	Impacto	Ruido de fondo	Impacto	Ruido de fondo	Impacto	Ruido de fondo	Impacto	Ruido de fondo	Impacto	Ruido de fondo
50 Hz	59,6	52,7	56,4	53,7	57,6	48,9	58,5	53,2	57,1	52,2	59,1	57,6
63 Hz	69	42,5	67,2	47,3	67,6	37,9	69	37,4	67,1	39,4	74,2	38,9
80 Hz	75,6	52,4	73,5	56,2	74,5	51,1	75,9	51,6	73,6	47,2	74,2	49,4
FUENTE 4												
	Esquina Superior 1			Esquina Inferior 1			Esquina Superior 2			Esquina Inferior 2		
Frecuencia	Impacto	Ruido de fondo	Impacto	Ruido de fondo	Impacto	Ruido de fondo	Impacto	Ruido de fondo	Impacto	Ruido de fondo	Impacto	Ruido de fondo
50 Hz	61,5	49,8	63,5	64	64,5	58,4	64,6	63,5	60,9	52,4	62,8	52,7
63 Hz	71,4	48,1	72	43,5	71,5	45,4	70,7	46,7	71,5	41,1	72,3	42,9
80 Hz	77,8	48,6	79,3	51	78	46,6	78	52	78,9	49,1	80	48,2

	LA max F1	L max F2	L max F3	L max F4
50 Hz	59,6	59,1	64,6	62,9
63 Hz	69	71,2	72	72,3
80 Hz	75,9	74,2	79,3	80

Cálculo Aislamiento a ruido de impacto estandarizado (16283-2)

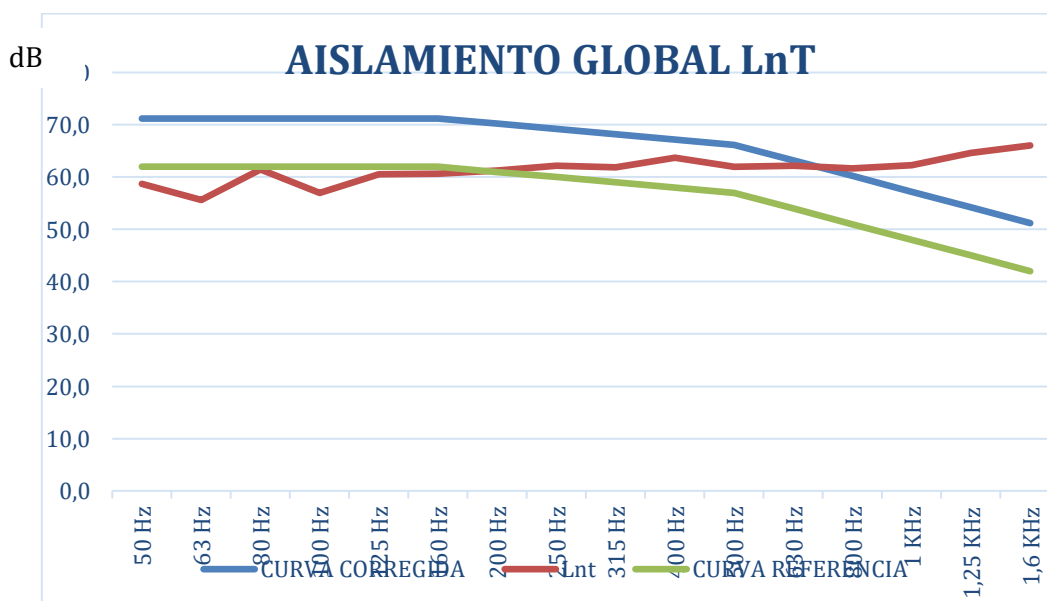
RESULTADOS DE AISLAMIENTO A RUIDO DE IMPACTO			
FRECUENCIAS	L2' TOTAL LF	TIEMPO DE REVERBERACIÓN	LnT
50 Hz	62,6	0,90	60,1
63 Hz	71,5	1,70	66,2
80 Hz	78,0	2,31	71,4
100 Hz	64,3	1,82	58,7
125 Hz	60,5	1,54	55,6
160 Hz	66,5	1,60	61,5
200 Hz	63,3	2,14	56,9
250 Hz	65,3	1,49	60,5
315 Hz	64,8	1,30	60,7
400 Hz	63,7	0,88	61,2
500 Hz	65,4	1,06	62,1
630 Hz	65,8	1,26	61,8
800 Hz	68,2	1,39	63,7
1 KHz	66,6	1,42	62,0
1,25 KHz	66,7	1,40	62,2
1,6 KHz	65,9	1,31	61,7
2 KHz	66,0	1,19	62,3
2,5 KHz	67,7	1,02	64,6
3,15 KHz	69,0	0,98	66,1
4 KHz	64,1	0,87	61,7
5 KHz	58,6	0,79	56,7

AISLAMIENTO GLOBAL

FRECUENCIAS	CURVA REFERENCIA	CURVA CORREGIDA	LnT	CURVA DE CORRECCIÓN	DESVIACIÓN DESFAVORABLE	
50 Hz				9,20		
63 Hz						
80 Hz						
100 Hz	62	71,2	58,69	9,20	-12,51	0,00
125 Hz	62	71,2	55,63	9,20	-15,57	0,00
160 Hz	62	71,2	61,49	9,20	-9,71	0,00
200 Hz	62	71,2	56,94	9,20	-14,26	0,00
250 Hz	62	71,2	60,53	9,20	-10,67	0,00
315 Hz	62	71,2	60,68	9,20	-10,52	0,00
400 Hz	61	70,2	61,24	9,20	-8,96	0,00
500 Hz	60	69,2	62,13	9,20	-7,07	0,00
630 Hz	59	68,2	61,82	9,20	-6,38	0,00
800 Hz	58	67,2	63,73	9,20	-3,47	0,00
1 KHz	57	66,2	62,02	9,20	-4,18	0,00
1,25 KHz	54	63,2	62,22	9,20	-0,98	0,00
1,6 KHz	51	60,2	61,69	9,20	1,49	1,49
2 KHz	48	57,2	62,27	9,20	5,07	5,07
2,5 KHz	45	54,2	64,61	9,20	10,41	10,41
3,15 KHz	42	51,2	66,05	9,20	14,85	14,85

TOTAL DIFERENCIA	31,83	dB
-------------------------	-------	----

LnTW	69,2	dB
-------------	------	----



Cálculo Aislamiento a ruido de impacto normalizado (140-7)

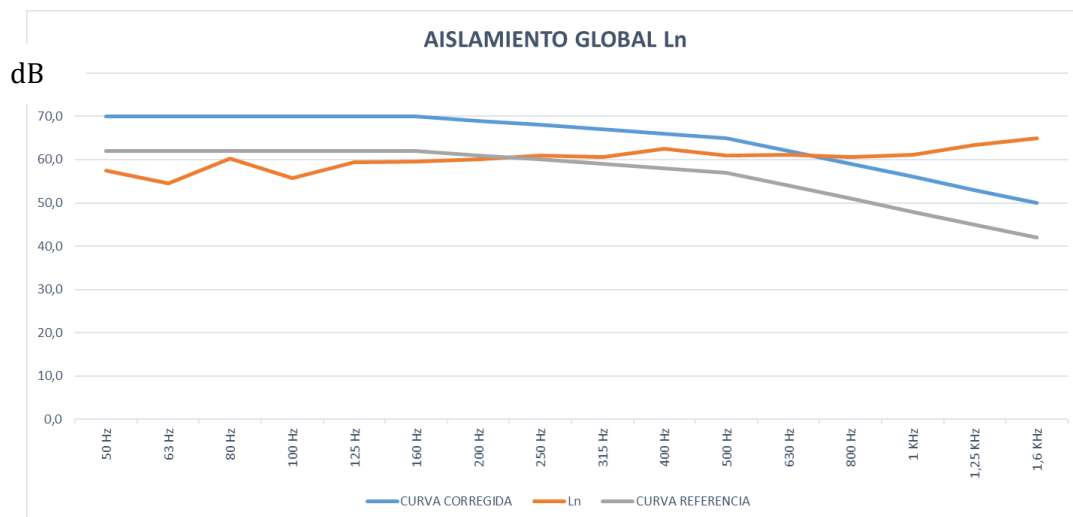
RESULTADOS DE AISLAMIENTO A RUIDO DE IMPACTO				
FRECUENCIA AS	L2' TOTAL LF	TIEMPO DE REVERBERACIÓN	Area Absorción Equivalente	LnT
50 Hz	62,6	0,90	4,28	58,9
63 Hz	71,5	1,70	2,26	65,1
80 Hz	78,0	2,31	1,66	70,2
100 Hz	64,3	1,82	2,10	57,5
125 Hz	60,5	1,54	2,49	54,5
160 Hz	66,5	1,60	2,40	60,3
200 Hz	63,3	2,14	1,79	55,8
250 Hz	65,3	1,49	2,57	59,4
315 Hz	64,8	1,30	2,94	59,5
400 Hz	63,7	0,88	4,37	60,1
500 Hz	65,4	1,06	3,60	61,0
630 Hz	65,8	1,26	3,03	60,7
800 Hz	68,2	1,39	2,76	62,6
1 KHz	66,6	1,42	2,69	60,9
1,25 KHz	66,7	1,40	2,75	61,1
1,6 KHz	65,9	1,31	2,93	60,5
2 KHz	66,0	1,19	3,22	61,1
2,5 KHz	67,7	1,02	3,77	63,5
3,15 KHz	69,0	0,98	3,90	64,9
4 KHz	64,1	0,87	4,42	60,5
5 KHz	58,6	0,79	4,85	55,5
			Volumen	23,65

AISLAMIENTO GLOBAL

FRECUENCIAS	CURVA REFERENCIA	CURVA CORREGIDA	Ln	CURVA DE CORRECCIÓN	DESVIACIÓN DESFAVORABLE	
50 Hz				8,00		
63 Hz						
80 Hz						
100 Hz	62	70,0	57,54	8,00	-12,46	0,00
125 Hz	62	70,0	54,47	8,00	-15,53	0,00
160 Hz	62	70,0	60,33	8,00	-9,67	0,00
200 Hz	62	70,0	55,79	8,00	-14,21	0,00
250 Hz	62	70,0	59,37	8,00	-10,63	0,00
315 Hz	62	70,0	59,52	8,00	-10,48	0,00
400 Hz	61	69,0	60,08	8,00	-8,92	0,00
500 Hz	60	68,0	60,98	8,00	-7,02	0,00
630 Hz	59	67,0	60,67	8,00	-6,33	0,00
800 Hz	58	66,0	62,57	8,00	-3,43	0,00
1 KHz	57	65,0	60,86	8,00	-4,14	0,00
1,25 KHz	54	62,0	61,06	8,00	-0,94	0,00
1,6 KHz	51	59,0	60,54	8,00	1,54	1,54
2 KHz	48	56,0	61,11	8,00	5,11	5,11
2,5 KHz	45	53,0	63,45	8,00	10,45	10,45
3,15 KHz	42	50,0	64,90	8,00	14,90	14,90

TOTAL DIFERENCIA	32,00	dB
-------------------------	-------	----

LnW	68,0	dB
------------	------	----



ANEXO 3

Cálculo de Incertidumbre

POR REPETICIÓN DE MEDIDAS										
FRECUENCIAS	Desviación presión sonora recepción	C21	u(receptor)	Desviación de presión sonora a ruido de fondo	C22	u(Ruido de fondo)	Desviación T20	u(T)	u(Lnt)	
50 Hz	3,024841594	1	3,024841594	4,745524207	0	0	0,71924	0	0,27	3,244725331
63 Hz	3,141761714	1	3,141761714	11,18059331	0	0	0,74172	0	0,27	3,353989039
80 Hz	4,452153037	1	4,452153037	9,714473738	0	0	0,96806	0	0,27	4,604372104
100 Hz	5,281540179	1	5,281540179	12,94487028	0	0	0,70318	0	0,27	5,410475254
125 Hz	4,072059266	1	4,072059266	14,11519276	0	0	0,08075	0	0,27	4,237952628
160 Hz	2,975735203	1	2,975735203	11,25054073	0	0	0,24871	0	0,27	3,198996062
200 Hz	2,609725401	1	2,609725401	13,4344954	0	0	0,5328	0	0,27	2,861685251
250 Hz	2,06825208	1	2,06825208	13,82279518	0	0	0,86001	0	0,27	2,378285617
315 Hz	2,170407028	1	2,170407028	13,19828272	0	0	0,13171	0	0,27	2,467639048
400 Hz	1,093160555	1	1,093160555	14,15438683	0	0	0,17862	0	0,27	1,60423683
500 Hz	1,503883861	1	1,503883861	13,68684283	0	0	0,33815	0	0,27	1,907941947
630 Hz	1,121903145	1	1,121903145	13,74932726	0	0	0,14597	0	0,27	1,623958889
800 Hz	0,888631907	1	0,888631907	14,17895154	0	0	0,0647	0	0,27	1,472495322
1 KHz	0,847152092	1	0,847152092	13,60393325	0	0	0,18368	0	0,27	1,447840624
1,25 KHz	1,35117233	1	1,35117233	14,55330432	0	0	0,05206	0	0,27	1,790039797
1,6 KHz	1,497553561	1	1,497553561	15,28900476	0	0	0,19169	0	0,27	1,902956246
2 KHz	1,703427916	1	1,703427916	15,86854331	0	0	0,10276	0	0,27	2,068874688
2,5 KHz	1,927433527	1	1,927433527	16,67153262	0	0	0,04593	0	0,27	2,25689517
3,15 KHz	3,030291515	1	3,030291515	17,6037089	0	0	0,05636	0	0,27	3,249806529
4 KHz	2,889059824	1	2,889059824	18,018435	0	0	0,05854	0	0,27	3,118532102
5 KHz	2,93779963	1	2,93779963	18,38136738	0	0	0,03742	0	0,27	3,163738686

u(Lnt,w)	1,845746
Facto de cobertura	1,65
U(Lnt,W)	3,0
Lnt, W	69,00

140-7 (dB)	69,0 ± 1,85
------------	-------------

CALCULO DE INCERTIDUMBRE 16283-2

EQUIPAMIENTO Y CONDICIONES AMBIENTALES

Instrumentación									
Uism=	1		Resolución	0,1	Calibración	0,886956522			
Cslm=	1		Ures(dB)	0,028867513	Ucalib(dB)	0,443478261			
Ue=	1								
Uequipo=	0,60240964								
Variación de Temperatura									
alpha	0,015	Tinicial	18		Resolución	0,1	Sinicial	94	
Tc	23	Tfinal	19		Uca	0,02886751	Sfinal	94,1	
Uts	0,038971	Promedio	18,5				Promedio	94,05	
Ajuste del sonómetro									
					Total	1,142594070			

POR REPETICIÓN DE MEDIDAS

FRECUENCIAS	Desviación presión sonora recepción	C21	u(receptor)	Desviación de presión sonora a ruido de fondo	C22	u(Ruido de fondo)	Desviación T20	$u \left(\frac{u}{T} \right)$	u(Lnt)
50 Hz	2,560691871		1 2,560691871	4,162073659	0	0	0,71924	0,27	2,817040764
63 Hz	3,286742851		1 3,286742851	6,509100772	0	0	0,74172	0,27	3,490165338
80 Hz	4,848490192		1 4,848490192	5,38992115	0	0	0,96806	0,27	4,988630368
100 Hz	6,370916059		1 6,370916059	10,3353675	0	0	0,70318	0,27	6,478205557
125 Hz	4,12585489		1 4,12585489	8,744753529	0	0	0,08075	0,27	4,28966833
160 Hz	3,12718495		1 3,12718495	6,615566059	0	0	0,24871	0,27	3,340338534
200 Hz	2,817768874		1 2,817768874	8,374109761	0	0	0,5328	0,27	3,052604992
250 Hz	1,833809462		1 1,833809462	9,27019032	0	0	0,86001	0,27	2,177483169
315 Hz	2,188239671		1 2,188239671	6,692733266	0	0	0,13171	0,27	2,48333821
400 Hz	1,071630933		1 1,071630933	6,850638656	0	0	0,17862	0,27	1,589644194
500 Hz	1,341374562		1 1,341374562	5,956374137	0	0	0,33815	0,27	1,78265575
630 Hz	1,118353381		1 1,118353381	5,899636793	0	0	0,14597	0,27	1,621508585
800 Hz	0,816678814		1 0,816678814	6,352895853	0	0	0,0647	0,27	1,430223791
1 KHz	1,158508894		1 1,158508894	5,385546132	0	0	0,18368	0,27	1,649460113
1,25 KHz	1,47744954		1 1,47744954	6,668248324	0	0	0,05206	0,27	1,887175919
1,6 KHz	1,799156548		1 1,799156548	7,125557622	0	0	0,19169	0,27	2,148380807
2 KHz	2,292807076		1 2,292807076	6,990963555	0	0	0,10276	0,27	2,57595421
2,5 KHz	2,850062656		1 2,850062656	6,334359253	0	0	0,04593	0,27	3,082439448
3,15 KHz	3,613244486		1 3,613244486	6,128854472	0	0	0,05636	0,27	3,799225121
4 KHz	3,390322361		1 3,390322361	4,954867736	0	0	0,05854	0,27	3,587877021
5 KHz	2,835205964		1 2,835205964	3,956820513	0	0	0,03742	0,27	3,06870798

u(Lnt,w)	1,571411
Facto de cobertura	1,65
U(Lnt,W)	2,6
Lnt, W	69,20

16283-2 (dB) $69,2 \pm 1,57$

ANEXO 4
ESTRUCTURA DE CADA FORJADO

Forjado recinto 1

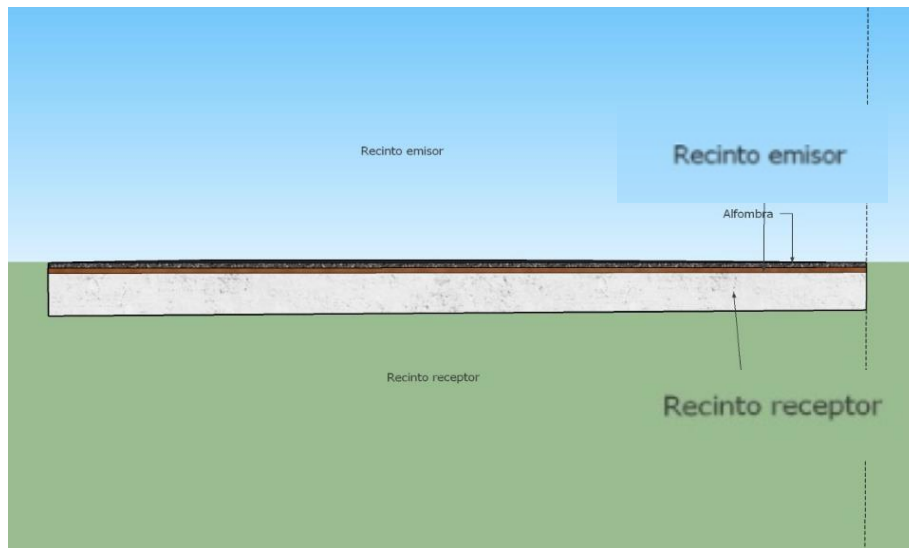


Figura 25 Forjado Recinto 1

En la figura 25 se puede ver como el forjado que corresponde al recinto 1 está compuesto por tres capas; en primer lugar, está alfombra de lana de 1 cm de espesor, por debajo de la alfombra está la segunda capa formada de parquet de madera de 1.5 cm de espesor, y finalmente una capa de baldosa de concreto

Forjado recinto 2

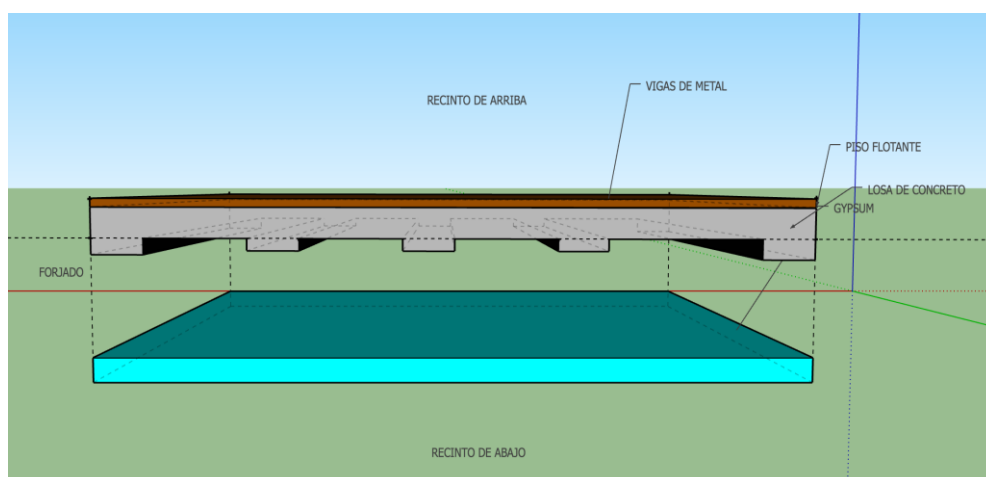


Figura 26 Forjado Recinto 2

En la figura 26 se puede apreciar una ilustración de cómo está formado el entrepiso que divide el recinto de arriba con el recinto de abajo. En la figura 26, también se observa que el forjado del recinto 2 está formado en primer lugar de piso flotante de 10 mm de espesor. Éste es un material que se coloca en el revestimiento de los pisos sin necesidad de clavarlo, pegarlo o atornillado, en segundo lugar, se encuentra una losa de concreto de 10 cm de espesor que está sostenida por vigas metálicas de 15 cm de ancho y 5 cm de altura. Posteriormente se tiene un espacio de aire de 30 cm que es por donde circulan las tuberías de agua y en cableado eléctrico y por último se presenta una lámina de gypsum de 10 mm de espesor que actúa como techo falso en el recinto situado en la parte abajo.

Forjado recinto 3

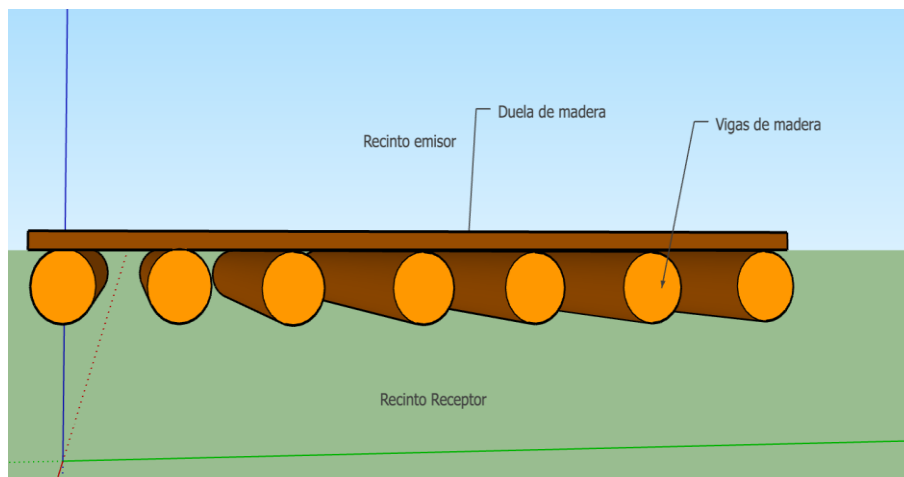


Figura 27. Forjado recinto 3

En la Figura 27 se puede observar la ilustración que corresponde al forjado del recinto 3. Este entrepiso simplemente está formado por duela de madera de 1 cm de espesor sostenida por vigas de madera en forma de cilindro con un diámetro de 10 cm.

Forjado recinto 4

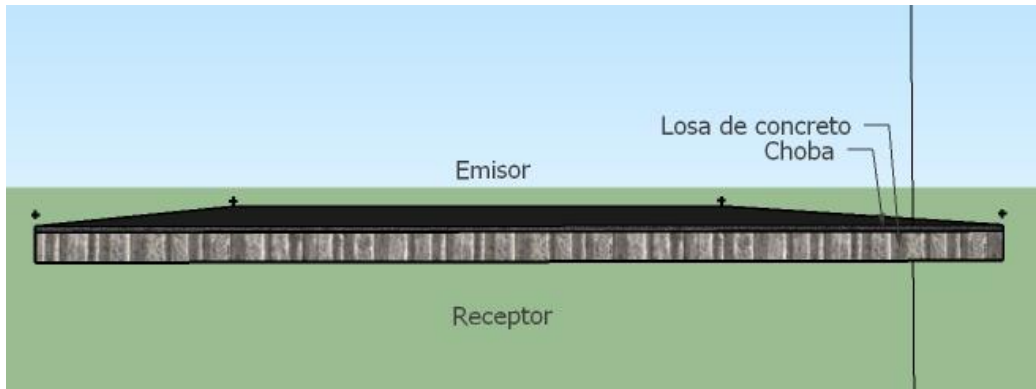


Figura 28. Forjado Recinto 4

En la figura 28 se puede observar la ilustración que corresponde al forjado del recinto 4. En primer lugar y como primera capa el forjado de este recinto corresponde a una capa de cinta asfáltica impermeabilizante autoadhesiva que es un material muy utilizado para el aislamiento acústico e impermeabilización de forjados, como segundo componente del forjado se tiene una losa de concreto de 10 cm de espesor que es el principal componente de este forjado.

Forjado recinto 5

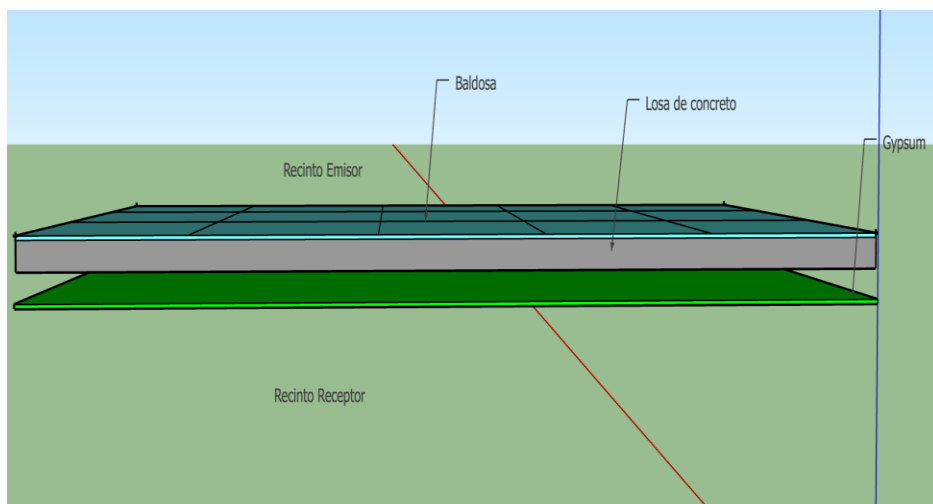


Figura 29 Forjado Recinto 5

En la Figura 29 se puede observar la ilustración que corresponde al forjado del recinto 5. Este entrepiso está formado en primer lugar por una capa de material hecho de baldosa de 1 cm de espesor, la otra capa es una losa de concreto de 15cm de espesor, posteriormente se encuentra una capa de aire de 5 cm por esta cavidad no circula nada simplemente es el espacio que se obtiene para al último colocar una lámina de Gypsum de 10mm como techo falso.

Forjado recinto 6

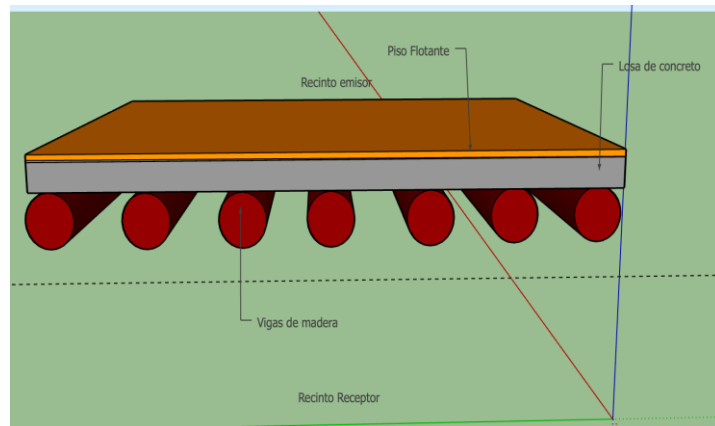


Figura 30 Forjado Recinto 6

En la Figura 30 se puede observar la ilustración que corresponde al forjado del recinto 6. Este entrepiso está formado en primer lugar por una capa de material hecho de piso flotante de 1 cm de espesor, la otra capa es una losa de concreto de 15cm de espesor, que descansa sobre vigas de madera de forma cilíndrica con un diámetro de 10 cm. Las mismas que aportan con un acabado rústico al techo de la casa.

Forjado recinto 7

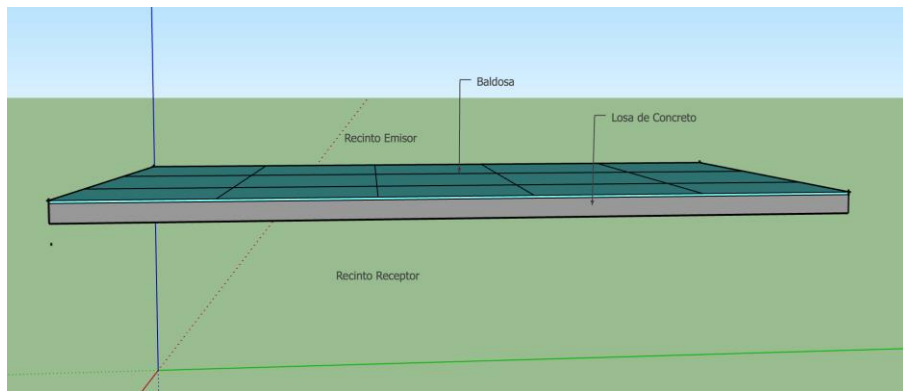


Figura 31 Forjado recinto 7

En la Figura 31 se puede observar la ilustración que corresponde al forjado del recinto 7. Este entrepiso está formado en primer lugar por una capa de material hecho de baldosa de 1 cm de espesor, la otra capa es una losa de concreto de 15cm de espesor. La losa de concreto actúa como único elemento separador entre el recinto emisor y el receptor.

Forjado recinto 8

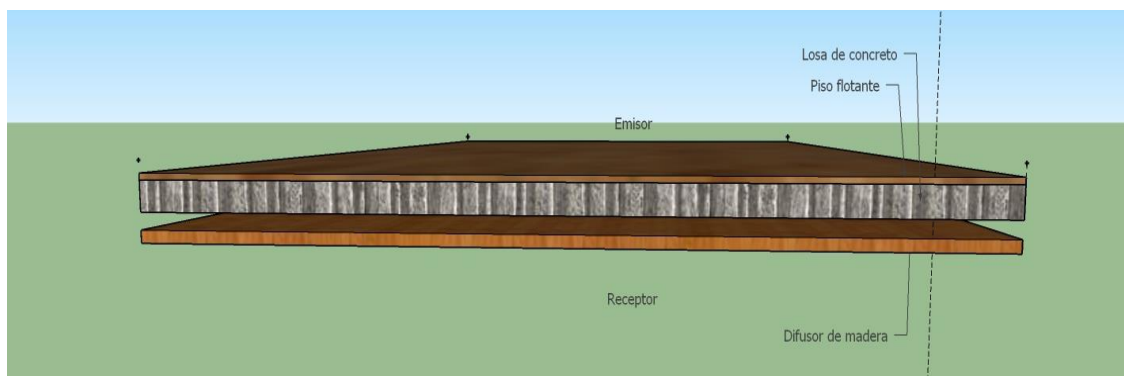


Figura 32. Forjado recinto 8

En la figura número 32 se puede apreciar la ilustración que corresponde al forjado número 8. La primera capa del forjado numero 8 es de piso flotante con un espesor de 10mm de espesor, posteriormente a esta capa se tiene una losa

de concreto de 15cm de espesor que es el componente principal de este forjado. Después se tiene una abertura de aire de 5cm y por último una plancha de madera de 3cm de espesor.

Anexo 5
Registro Fotográfico













