Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Ingeniería
Maestría en Ciencias (Construcción)

Mejoramiento Del Confort Acústico A Través De La Implementación De Nuevos Procesos Y Formas Constructivas.

TESIS

Que como parte de los requisitos para obtener el grado de

Maestro en Ciencias (Construcción)

Presenta:
Enrique Montoya Morado

Dirigido por:
Dr. Juan Bosco Hernández Zaragoza

SINODALES

Dr. Juan Bosco Hernández Zaragoza _____ _____
Presidente Firma

Dra. Teresa López Lara _____ _____
Secretario Firma

Dr. Jaime Moisés Horta Rangel _____ _____
Vocal Firma

Dr. Francisco Javier García Robles _____ _____
Suplente Firma

Dr. Mario Trejo Perea _____ _____
Suplente Firma

_____
Dr. Aurelio Domínguez González
Director de la Facultad

_____
Dra. Ma. Guadalupe Flavia Loarca Piña
Directora de Investigación y Posgrado

Centro Universitario
Querétaro, Qro.
Mayo de 2015

REPOSITORIO INSTITUCIONAL DGBSDI-UAQ

La presente obra está bajo la licencia:
https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es

CC BY-NC-ND 4.0 DEED

Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional

Usted es libre de:

Compartir — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato

La licenciante no puede revocar estas libertades en tanto usted siga los términos de la licencia

Bajo los siguientes términos:

Atribución — Usted debe dar crédito de manera adecuada , brindar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios . Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licenciante.

NoComercial — Usted no puede hacer uso del material con propósitos comerciales .

SinDerivadas — Si remezcla, transforma o crea a partir del material, no podrá distribuir el material modificado.

No hay restricciones adicionales — No puede aplicar términos legales ni medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otras a hacer cualquier uso permitido por la licencia.

Avisos:

No tiene que cumplir con la licencia para elementos del material en el dominio público o cuando su uso esté permitido por una excepción o limitación aplicable.

No se dan garantías. La licencia podría no darle todos los permisos que necesita para el uso que tenga previsto. Por ejemplo, otros derechos como publicidad, privacidad, o derechos morales pueden limitar la forma en que utilice el material.

México

RESUMEN

El presente trabajo forma parte de una propuesta de mejora acústica para construcciones ya realizadas, mediante el uso de un panel acústico hecho con materiales reciclados capaz de disminuir el sonido excedente, los materiales usados para la construcción del panel es cartón. Realizando tres casos diferentes pero en condiciones iguales, midiendo el sonido excedente que logra filtrarse a través de los muros propuestos sin la utilización del panel y con el panel colocado. Con esta información comparamos las diferencias que existen entre cada muro sin el panel, y después comparamos los resultados obtenidos que se midieron sin el panel y también con el panel para ver en qué medida logro disminuir el sonido excedente y también si es que se lograron los niveles de confort acústico.

Palabras Clave: Panel acústico, confort acústico, materiales reciclados, sonido excedente.

SUMMARY

This work is part of a proposal for acoustical improvements already made constructions , using an acoustic panel made from recycled able to decrease the excess sound materials materials used for the construction of the panel is cardboard. Performing three different cases but under the same conditions by measuring the sound over that leaks through the walls proposed without using the panel and the panel placed . With this information we compared the differences between each wall without the panel , and then compare the results to be measured without the panel and the panel to see the extent to achieving sound and decrease the surplus also achieved if the levels of acoustic comfort.

Keywords: acoustic panel, acoustic comfort, recycled materials, excess sound.

ÍNDICE

I. INTRODUCCION 7

I.1. Hipótesis 11

Hipótesis General: **¡Error! Marcador no definido.**

I.2. Objetivos 11

I.2.1 Objetivo general 11

I.2.2 Objetivos específicos 11

II. REVISION DE LITERATURA 12

II.1 Absorción acústica 12

II.2 Aislación 14

II.3 Sonómetro 15

II.4 Micrófono 16

II.5 Amplificador 16

II.5 Redes de Ponderación 16

II.6 Reverberación 17

II.6.1 Sonido 17

II.7 Mejoramiento acústico. 18

III. METODOLOGIA 19

III.1 Construcción de paneles acústicos 20

III.2 Selección del recinto. 22

III.3 Recolección de mediciones 22

III.4 Codificación de muestras 24

III.5 Interpretación de resultados 25

IV. RESULTADOS 26

IV.1 Muro 1 27

IV.2 Muro 2 31

IV.3 Muro 3 36

V. CONCLUSIONES 47

VI. BIBLIOGRAFIA 48

VII. ANEXO 50

VI.1 Tabla de mediciones muro 1 sin panel 50

VI.2 Tabla de mediciones muro 1 con panel 53

VI.3 Tabla de mediciones muro 2 sin panel 56

VI.4 Tabla de mediciones muro 2 con panel 59
VI.5 Tabla de mediciones muro 3 sin panel 62
VI.6 Tabla de mediciones muro 3 con panel 65

I. INTRODUCCION

La caracterización acústica de materiales porosos saturados de aire tales como espumas plásticas, fibrosas, o materiales granulares son de gran interés para productos de la industria (Fellah, 2007), en especial en el acondicionamiento acústico, ya que un material poroso tiene excelentes propiedades de absorción acústica. Es de gran interés la implementación de formas convexas en la construcción por ejemplo las cúpulas o bóvedas ya que la difusión de sonido en este tipo de recintos es variable comparada con formas rectangulares, es por eso que la forma en que está construido un sitio juega un papel muy importante en cuanto a propiedades acústicas. El primer paso para llevar a cabo la investigación es buscar las técnicas que existen en el mercado para el aislamiento acústico, ya sea por uso de nuevos materiales, recubrimientos, o variación de formas de construcción (bóvedas). Después seleccionar los espacios donde se tomaran las medidas, tomando en cuenta dos variables el volumen del recinto y los materiales con los que fue construido. Ya teniendo los espacios seleccionados, se procederá a tomar las medidas con un sonómetro donde la emisión sonora puede ser cualquier medio que proporcione ruido hacia el espacio a evaluar. Teniendo las medidas, y en base al análisis de resultados podemos dar soluciones a problemas acústicos mediante las técnicas existentes en el mercado de la manera más optima tomando en cuenta la relación costo beneficio.

En la actualidad el problema de la basura es tan grave que genera contaminación del aire, agua y suelo. Es fuente de muchas enfermedades, representa desperdicios de recursos naturales y ruptura de los ciclos ecológicos en el medio ambiente (Cruz, 2003). La implementación de materiales reciclados en la industria de la construcción debe ser tomada muy en cuenta ya que de esta manera se puede reducir en una gran cantidad lo volúmenes que llegan a los tiraderos municipales, materiales como vidrio, metales, fibras sintéticas, y en este caso el poliestireno. Cabe mencionar también que la degradación del poliestireno tarda muchos años.

En la actualidad el uso de materiales poliméricos ha aumentado significativamente y de igual forma sus residuos. La estimación de su tiempo de vida resulta práctico por dos razones: el mejoramiento de las propiedades para las diversas aplicaciones y la sensibilización de la sociedad hacia los procesos de su reciclaje (Prieto, 2006).

La aplicación de aislamiento acústico es utilizado en la construcción moderna, sin embargo en las técnicas constructivas no era aplicada ni se interesaban por las características acústicas de los materiales utilizados, es por ello que la investigación va enfocada a construcciones elaboradas sin estas aplicaciones acústicas, o hechas de forma rudimentaria donde solo se le ha dado énfasis a la seguridad estructural y confort. Por ejemplo las aulas son espacios amplios donde son diseñadas con una seguridad estructural para ser utilizados o acondicionados como resguardo en caso de un siniestro, sin embargo el principal uso de un aula de escuela es que el estudiante tenga un sitio agradable donde pueda realizar sus actividades sin que el entorno le genera distracciones tales como el ruido externo.

En un artículo publicado en china (S.K Lau, 2009) propone una nueva fórmula que incorpore los efectos de la teoría de difracción y la teoría de refracción de sonido en la superficie de una habitación. Se concluye con una mejora a las teorías de Musa y Moreland, ya que al utilizar más variables para determinar la refracción y difracción de sonido podemos tener resultados más exactos al medir la difracción y refracción de sonido dentro de una habitación.

El problema que tenemos actualmente de la contaminación auditiva es de una consideración muy amplia, existen en el mercado diferente maneras de mitigar dicho problema, una de las cosas más útiles son las barreras aislantes que existen en el mercado. En 2009 en Corea (Sungho Mun, Yoon-Ho Cho) presentan un modelo para diseñar barreras de sonido utilizando un análisis de optimización, el método enfatiza en reducir las dimensiones de la barrera cosa que se ve reflejada

en el costo de la misma, ya que al usar menos material es obvio que se optimiza todo, la geometría del recinto, de la barrera incluso el costo. El método satisface las especificaciones ambientales en los puntos que se proponga.

Las propiedades acústicas de los materiales son sumamente importantes para el diseño de espacios arquitectónicos. Aunque al ser materiales también tienen otras propiedades no acústicas como viscosidad, resistencia eléctrica, corriente, características terminas y otras. En Canadá, (Olivier Doudres, et al., 2010) proponen un método indirecto para medir estas propiedades no acústicas en un material poroso absorbente de sonido a través de un tubo de impedancia. Con este método indirecto se obtuvieron resultados similares al medir las propiedades no acústicas de un material absorbente de sonido, los resultados del estudio demuestra que se asemejan a métodos inversos para determinar las propiedades.

Las normas que existen para medir las propiedades acústicas, así como los estándares internacionales para el confort acústico están dados mediante las propiedades de los materiales para aislar el sonido, esto en unos materiales es más o menos dependiendo de las características que tengan, puede ser un material poroso que son los que absorben más fácil la energía de la presión sonora, o materiales que reflejen el sonido, con base a eso, dependiendo de las propiedades que tengan los materiales podemos usarlos para el uso adecuado que queramos si quieres aislar sonido o reflejarlo, en Brasil (Paulo Henrique Trombetta Zannin, 2006) en su estudio publica las propiedades acústicas de los materiales usados en la construcción brasileña comúnmente. Zanin se basa en las normas ISO-140-14, 150-5 y 150-717-1 para medir in situ las propiedades de los materiales. Al comparar sus resultados con los estándares alemanes de acuerdo al DIN 4109 concluye que las residencias brasileñas se encuentran por debajo de lo que marca el estándar mencionado.

(M. Arana et al., 2007) evaluaron el nivel de aislamiento acústico a ruido aéreo y ruido de impacto en viviendas de pamplona, España. Mediante el uso de la norma

UNE-EN-ISO-140-7 que especifica métodos de campo para medir el aislamiento acústico a ruido de impacto, y la norma UNE-ISO717 para expresar numéricamente el nivel de aislamiento acústico a ruido aéreo. El estudio correlaciona los diferentes métodos para medir el nivel de asilamiento acústico para expresarlo de una sola manera.

En Alicante España, (Yebra M, et al., 2007) llevaron a cabo un estudio en la universidad de Alicante, y plantean lo siguiente: debe existir una normativa arquitectónica escolar para aumentar índices de confort. En el estudio se tomaron medidas de aislamiento acústico en la totalidad de los edificios de la universidad, y al menos en dos tipo de aulas distintas en cada recinto propone un tiempo de reverberación de 0.3-0.6 segundos en un aula con alumnos y realiza variaciones en las condiciones del aula. Y concluye que para tener las mejores condiciones el tiempo de reverberación debe acercarse lo más posible a 0.6 segundos.

I.1. Hipótesis

La acústica de un recinto es proporcional al tipo de material y volumen del elemento construido.

I.2. Objetivos

I.2.1 Objetivo general

Construir un panel acústico con materiales reciclados que tenga ciertas condiciones que puedan aislar el ruido aéreo, para poder alcanzar los niveles más cercanos al confort.

I.2.2 Objetivos específicos

1. Comparar las diferentes condiciones de aislamiento acústico que cuenta cada uno de los muros del recinto elegido para llevar a cabo la investigación, ya que cada uno cuenta con particularidades diferentes.

2. Medir la cantidad de sonido excedente que logra filtrarse a través del muro con un sonómetro clase II en dB sin el panel propuesto, y también con el panel.

3. Comparar las diferentes condiciones entre sí que se tienen en los 3 casos elegidos a evaluar, tomando en cuenta las tres variables, el tipo de muro, el material con el que está construido y el espesor, para proponer cual de todos los casos es el que tiene los niveles más cercanos al confort.

4. Comparar los resultados de cada muro, con las mediciones tomadas del sonido excedente con el panel y sin el panel, y ver en qué cantidad fue aislado el sonido propuesto.

II. REVISION DE LITERATURA

II.1 Absorción acústica

Consiste en aprovechar las propiedades de algunos materiales, sistemas o montajes de forma tal que transformen parte de la energía sonora que se genera en un determinado lugar, en otra forma no acústica de energía, generalmente térmica en forma de calor, cuyos valores son prácticamente despreciables.

Si bien éstas técnicas se desarrollaron originalmente para controlar la calidad acústica de salas destinadas a la buena reproducción de la palabra hablada o la música, tienen una intervención muy interesante en lo que a control de ruido se refiere. También se las aplica como complemento de los sistemas aislantes aumentando su eficiencia. Para entender este fenómeno veamos el siguiente ejemplo: si a una esponja le echamos agua, parte la absorbe y parte la deja pasar debido a su porosidad. Lo mismo sucede con una onda sonora frente a una esponja, parte es absorbida y parte pasa, como se puede observar en la figura 1. Cuanto más grande sea la esponja mayor cantidad de agua o de sonido va a absorber.

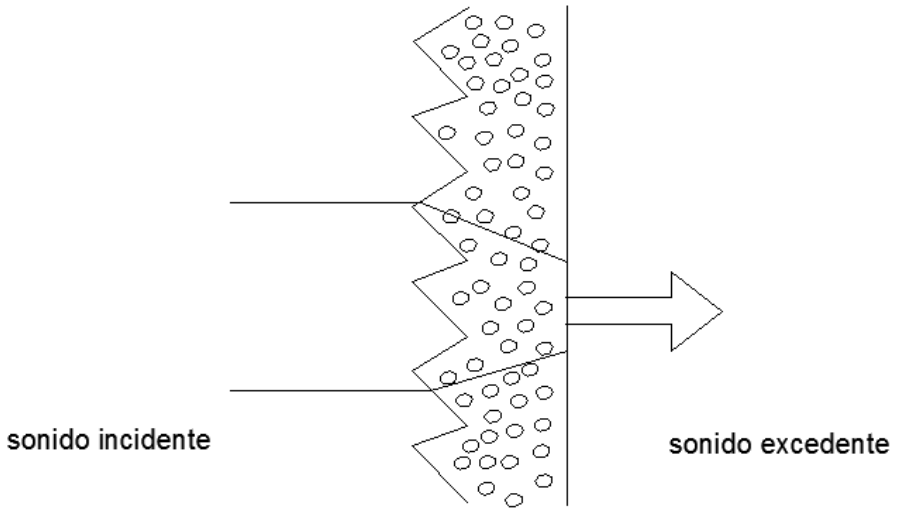


Figura 1. Esquema de incidencia de una onda acústica sobre un cuerpo de baja densidad (Boschi, 2005).

Son materiales absorbentes, aquellos cuya composición celular de celdas abiertas intercomunicadas, permiten el paso de un flujo de aire, por lo tanto son acústicamente permeables.

La densidad, la porosidad y el grado de permeabilidad se regulan dentro de ciertos parámetros para obtener un factor de absorción elevado, de modo que no cualquier espuma es apta sino que las que se utilizan están desarrolladas específicamente para fines acústicos. Siendo un material permeable aquel que disipa el sonido al ser atravesada su estructura celular, cuanto mayor recorrido deba éste transitar, mayor será también el porcentaje transformado en calor. Como regla práctica general hay que tener en cuenta que los mayores espesores abarcan un rango de frecuencias más amplio (desde los sonidos agudos hasta los graves) y los espesores menores actúan más eficientemente hacia los agudos, cayendo su rendimiento en los graves.

Los materiales fonoabsorbentes son particularmente útiles para controlar el tiempo de reverberación de los recintos. Si bien esto puede no ser lo más importante en ambientes industriales, constituye uno de los objetivos esenciales de la acústica de salas.

II.2 Aislación

La aislación sonora, es la técnica característica en la práctica del control del ruido. Consiste básicamente en dividir mediante barreras físicas, preferentemente con cierres totales, el sector que contiene a la o las fuentes sonoras del que se desea proteger, de tal manera que constituyan recintos estancos. Intuitivamente se puede concluir que las características que debe reunir un aislante acústico no solo no coinciden con las de los fonoabsorbentes, sino que son incompatibles.

En efecto, los materiales porosos al permitir el paso del aire permiten también el paso del sonido y en consecuencia no pueden tener propiedades aislantes. En general, puede decirse que un material o combinación de materiales tienen buen comportamiento acústico, cuando son pesados e impermeables al paso del aire. Es positivo que sean poco rígidos y deben conformar cierres herméticos.

Siguiendo con el ejemplo del agua, si interponemos en cambio una membrana impermeable el agua no pasa. Cuanto más pesada sea la membrana impermeable mayor resistencia tendrá al paso del agua. Lo mismo sucede con el ruido frente a una membrana impermeable y pesada, no pasa, como se puede observar en la figura 2.

Figura 2. Esquema de incidencia de una onda acústica sobre un cuerpo de elevada densidad (Boschi, 2005).

II.3 Sonómetro

Un sonómetro es un instrumento utilizado para medir el nivel de presión sonora (NPS). Existen diferentes tipos de sonómetros los cuales se clasifican según su grado de precisión en clase 0, 1, 2 y 3 siendo la clase 0 los de mayor precisión utilizados como patrones, los de la clase 1 son usados como los de precisión, los de clase 2 son de precisión y uso general y los de clase 3 son solo de inspección.

Para esto existen varios parámetros y componentes con los que debe contar dicho sonómetro dependiendo el tipo de mediciones que se vaya a hacer. A continuación se explicara cada uno de los componentes y parámetros con los que debe contar un sonómetro.

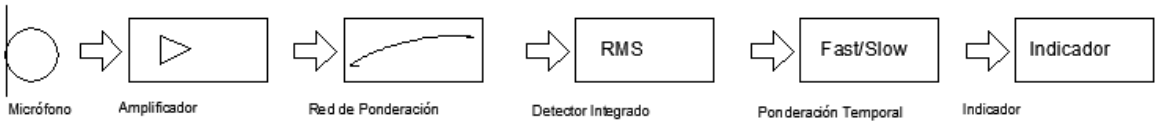


Figura 3. Diagrama a bloques básico de un sonómetro (García-Ibarra, 2011).

II.4 Micrófono

Un micrófono es un transductor que lo que hace es convertir la señal analógica percibida en una señal eléctrica. Su principio de funcionamiento es el mismo que el de un altavoz pero varía dependiendo del tipo de micrófono que se esté utilizando. En este caso el mejor micrófono para medir ruido es el del condensador el cual varía la distancia entre las placas, previamente polarizadas, cuando le incide una onda sonora.

II.5 Amplificador

La señal entregada por el micrófono es tan pequeña que es necesario amplificarla para poderla procesar por medio de la red de ponderación. Va colocado inmediatamente detrás del micrófono para reducir la alta impedancia y así poder utilizar cables alargadores para conectarlo al resto de la cadena de medida con una impedancia de entrada relativamente baja. El preamplificador debe tener un ruido eléctrico muy bajo y una dinámica y rango de frecuencia mayor que las del micrófono que se le conecte

II.5 Redes de Ponderación

Los sonómetros disponen de determinadas redes de ponderación que hacen que la respuesta en frecuencia del sonómetro, sea equivalente o igual a la del oído humano haciendo que uno de los propósitos de un sonómetro es determinar de una forma objetiva, los niveles de presión sonora que soporta el ser humano. Una ponderación A asigna a cada frecuencia un valor ponderado que se relaciona con la sensibilidad del oído a esa frecuencia. La característica de dBA fueron diseñadas a espejo de las curvas isofónicas de igual sonoridad a 40 phons.

II.6 Reverberación

El tiempo de reverberación es el lapso de tiempo necesario para que las ondas se anulen luego de reflejarse en los bordes de la sala estudiada. Según Sabine, el tiempo de reverberación es:

$$T = 0{,}16\ V / A \qquad (1)$$

Siendo V el volumen en m3 y A la absorción en m2.

La importancia de elegir un tiempo de reverberación adecuado viene dada por el destino de la sala. Se ha encontrado que para satisfacer las mejores condiciones acústicas el tiempo de reverberación no debe superar los 2 segundos. Como los coeficientes de absorción dependen de la frecuencia, el tiempo de reverberación dependerá de la frecuencia. Por lo tanto, es necesario especificar el tiempo de reverberación para las frecuencias más representativas que usualmente son 125, 250, 500, 1000, 2000 y 4000 Hz. El trabajo inicial de Sabine sobre el tiempo de reverberación se limitaba a una frecuencia de 500 Hz., por lo que la costumbre ha establecido que cuando se habla de tiempo de reverberación sin especificar alguna nos refiramos a la frecuencia de 500 Hz

II.6.1 Sonido

Los sonidos son los efectos de las vibraciones rápidas de los cuerpos, que se propagan en los medios materiales y excitan el órgano de la audición. El tímpano capta las vibraciones del aire y las lleva al cerebro como información que allí, en el cerebro, se transforma en la sensación “sonido”.

Los sonidos se distinguen en tres características: la altura, cualidad que distingue un sonido grave de otro agudo y que depende de la frecuencia de las vibraciones de la fuente sonora; la intensidad, cualidad que distingue un sonido débil de uno fuerte y que depende de la amplitud de las vibraciones; y el timbre, cualidad que distingue dos sonidos emitidos por dos instrumentos diferentes y que depende de la complejidad de las vibraciones. Todos los medios materiales pueden transmitir el sonido, pero no puede hacerlo el vacío. En el aire, a 0°C, la velocidad de propagación es de 340 m/seg. , esta velocidad aumenta con la temperatura, y es

mayor en los líquidos y sólidos. Los sonidos percibidos por el hombre tienen una frecuencia comprendida entre 16 y 20000 Hz.

Materiales acústicos.

En general, se puede decir que hay dos formas de deshacerse de las reflexiones indeseadas en un recinto:

La primera de ellas es la absorción, mediante la cual se usan materiales que reducen la energía de las reflexiones, haciéndolas menos dañinas.

El segundo método es la difusión, consiste en romper las ondas para que se reflejen en distintas direcciones y evitar así focalizaciones de sonido.

Cada uno de ellos resuelve problemas en específicos, y generalmente son usados en combinación para tener un sistema homogéneo.

II.7 Mejoramiento acústico.

El objetivo del mejoramiento acústico de un recinto es conseguir un grado de difusión acústica uniforme en todos los puntos del mismo. Con ello se pretende mejorar las condiciones acústicas de sonoridad aumentando el confort acústico interno de la sala. Fue emprendido por primera vez, por el profesor W. C. Sabine en 1895 y su aportación puede resumirse en:

Las propiedades acústicas de una sala están determinadas por la proporción de energía sonora absorbida por paredes, techos, suelos y objetos.

La proporción de sonido absorbido está ligado al tiempo que un sonido emitido en la sala desaparezca después de suprimir el foco sonoro.

III. METODOLOGIA

Está demostrado que cuando una fuente de ruido es aplicada a un muro en particular, de acuerdo a la densidad del material puede haber dos condiciones una es que el ruido simplemente rebote y cambie de dirección, o la otra es cuando logra filtrarse en el muro, al sonido que entra se llama incidente, y al que logra filtrarse se le llama sonido excedente, es ahí donde entra nuestra investigación, ver en qué medida logra un sonido filtrarse a través de 3 tipos de muros, cada uno cuenta con diferentes particularidades, el espesor, el tipo de materiales con el que fueron construidos.

El instrumento para medir el sonido, será un Sonómetro clase dos marca esteren el cual nos permite tomar dos por cada segundo, y las mediciones serán tomadas en un rango de 30-130 dB. Como el que se muestra en la figura 4.

Figura 4. Sonómetro marca STEREN clase II.

Con el afán de calibrar los datos, las mediciones iniciales que fueron tomadas, pueden desecharse, ya que en el momento en que el Sonómetro comienza a

tomar mediciones hay un lapso aproximadamente de 3 segundos cuando todo queda listo para tomar la medida, y esto hace que exista algunas variaciones considerables entre los primeros 3 segundos y el resto de la medición.

En este trabajo el objetivo particular más buscado es que el panel propuesto pueda tener un grado de aislación que nos permita llegar lo más cercano a la zona de confort.

III.1 Construcción de paneles acústicos

Se procede primero a recolectar los materiales para construir los paneles acústicos con dimensiones de 0.9x1.5 metros y de 0.9x0.9 metros, para en total cubrir una superficie de 15 metros cuadrado. En este caso los materiales reciclados para construir los paneles son cartón, cajas y los casilleros donde se colocan los huevos de gallina. El panel construido es como el que se muestra en la figura 5.

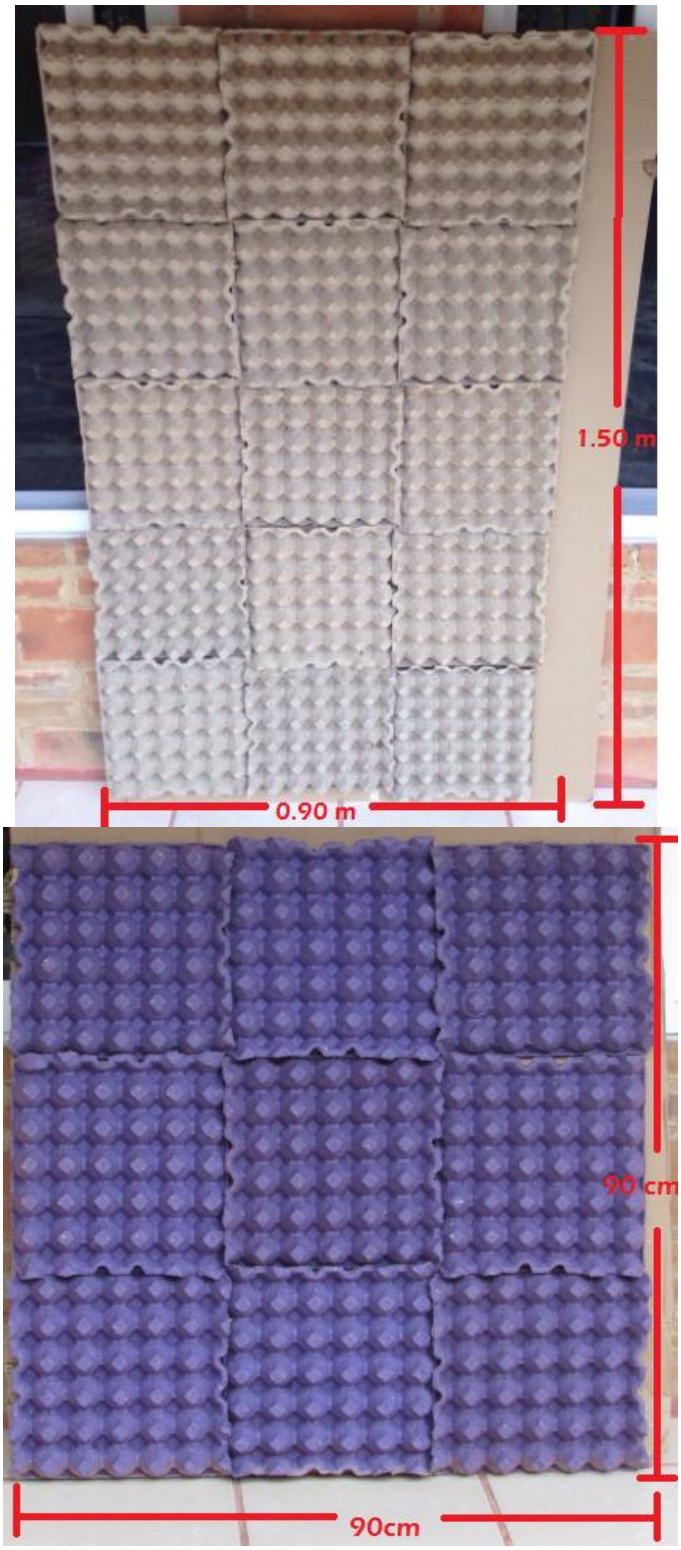


Figura 5. Vista Panel acústico.

III.2 Selección del recinto.

Se selecciono el sitio para llevar a cabo las mediciones de acurdo a las siguientes situaciones, el lugar es un sitio aislado que no afecta con ruido aéreo de una comunidad en general, y además en el recinto cada muro está construido de una manera particular, esto nos permitirá comparar los resultados no solo con las mediciones que hagamos sin el panel y con el panel, también nos permite comparar el aislamiento acústico con el que cuenta cada uno de los muros. La Figura 6 muestra un panorama de las características del recinto.

Figura 6. Vista interior del recinto que se evaluará.

III.3 Recolección de mediciones

Se toman las muestras de cada muro medido sin panel se toman de la siguiente manera:

1.- Se coloca la fuente de ruido en la parte exterior del recinto a 0.5 metros de distancia del muro.

2.- Se coloca el sonómetro en la parte interior del recinto a 0.5 metros de distancia.

3.-Se configura el sonómetro para proceder a tomar la medida en un rango de 30-130 dB.

4.-Se activa el sonómetro para guardar en la memoria los resultados de la medida.

5.-Se activa la fuente de ruido constante (pista de 100 segundos) para que el sonómetro tome las medidas de referencia.

La figura 7 muestra una imagen representativa de cómo se toman las mediciones.

Para la recolección de medidas con el panel instalado el procedimiento es similar sin embargo la diferencia es que el panel se coloca en la parte interior del recinto y se procede a tomar la medida del mismo modo que como se realizó sin el panel instalado, como se indica en la figura 8.

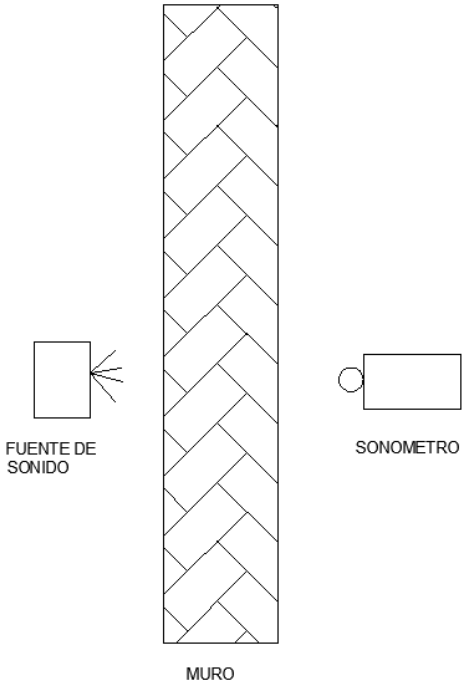


Figura 7. Imagen representativa de la ubicación de la fuente de sonido, muro, y sonómetro, para llevar a cabo la medición, el espesor es variable.

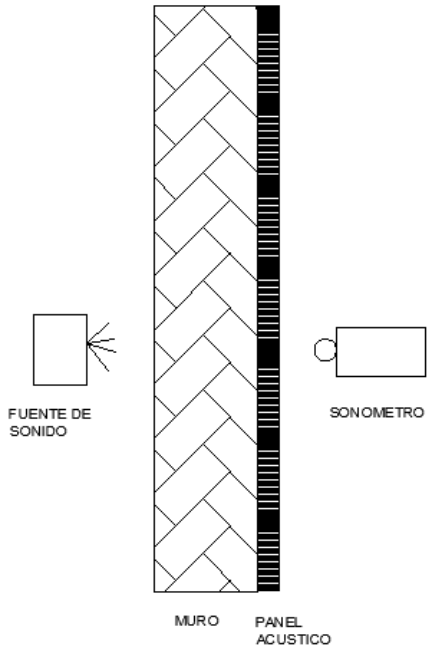


Figura 8. Imagen representativa de la ubicación de la fuente de sonido, muro, panel acústico y sonómetro, para llevar a cabo la medición

III.4 Codificación de muestras

Utilizando el software soundlevelmeter 2.1 Se procede a codificar las muestras tomadas en cada medición para cada uno de los muros, con el panel y sin el panel. Se construye una grafica para poder comparar los resultados de manera visual. El software soundlevelmeter 2.1 viene incluido con la compra del sonómetro de STEREN y se utiliza para codificar las mediciones en un archivo de Excel. La figura 9 muestra una imagen de la pantalla del programa.

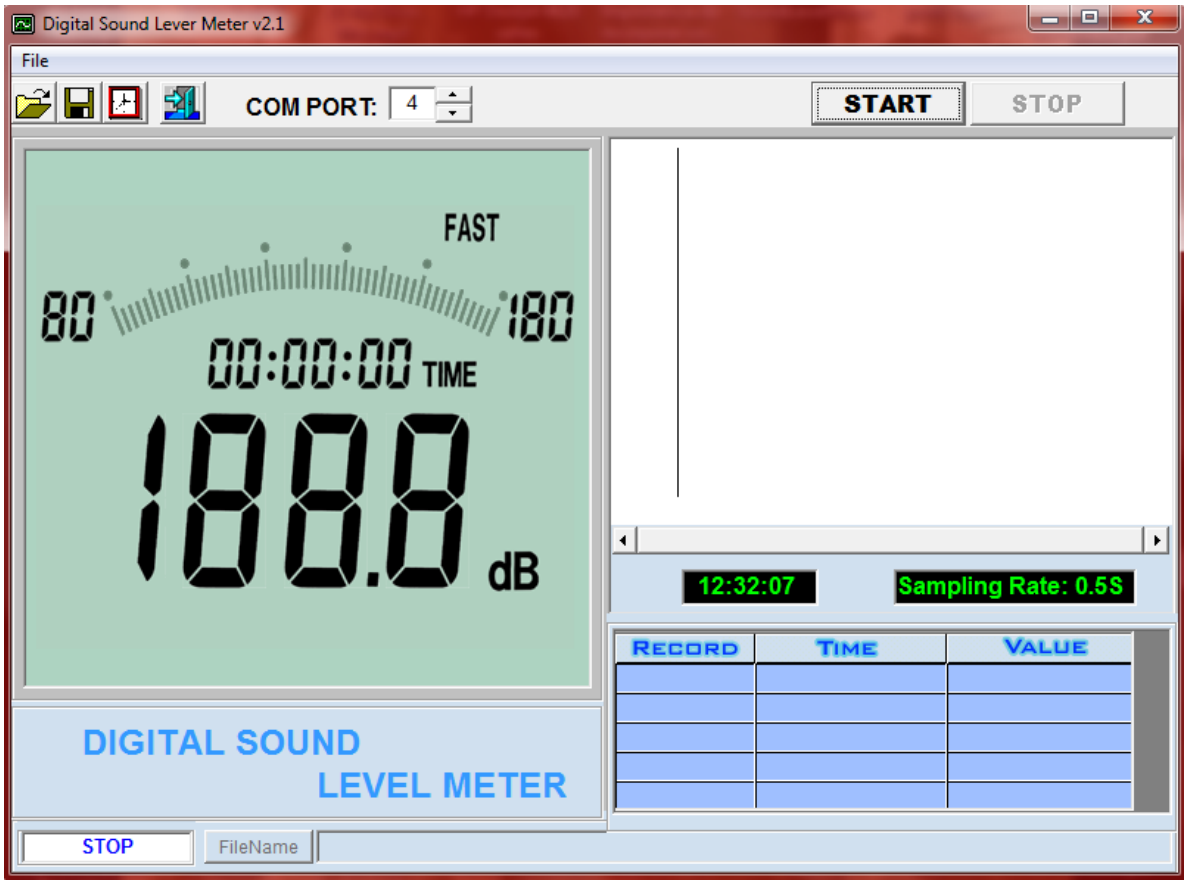


Figura 9. Pantalla del programa utilizado para codificar las mediciones tomadas con el sonómetro. Sound level meter v2.1

III.5 Interpretación de resultados

De acuerdo a los resultados que las mediciones podemos hacer una tabla comparativa entre las mediciones realizadas sin el panel y con panel, y así poder concluir con nuestros objetivos de la investigación.

IV. RESULTADOS

La elección del sitio para llevar a cabo la investigación es una construcción que de arquitectura un poco rustica, con muros de ladrillo, block de concreto mide en total 60 metros cuadrados, y se encuentra en un predio rural donde está totalmente aislado de ruido excesivo (esto para que no afecte los resultados que arroje las mediciones con el sonómetro). En la figura 10 se puede ver las características del sitio.

Figura 10. Vista frontal del sitio donde se llevo a cabo el proyecto.

IV.1 Muro 1

Muro de Tabique rojo recocido con acabado colocado como se muestra en la figura 11. Tiene un acabado rustico con un recubrimiento de laca como el que se utiliza en muebles de carpintería, la junta mide 1 cm el espesor del muro es de 14 cm y tiene una superficie de 11 metros cuadrados. La figura 12 muestra un esquema representativo del muro y del perfil del mismo. La figura 11 b muestra el muro a evaluar con el panel instalado.

Figura 11. Fotografía del muro a evaluar.

Figura 11b. Muro 1 con el panel instalado.

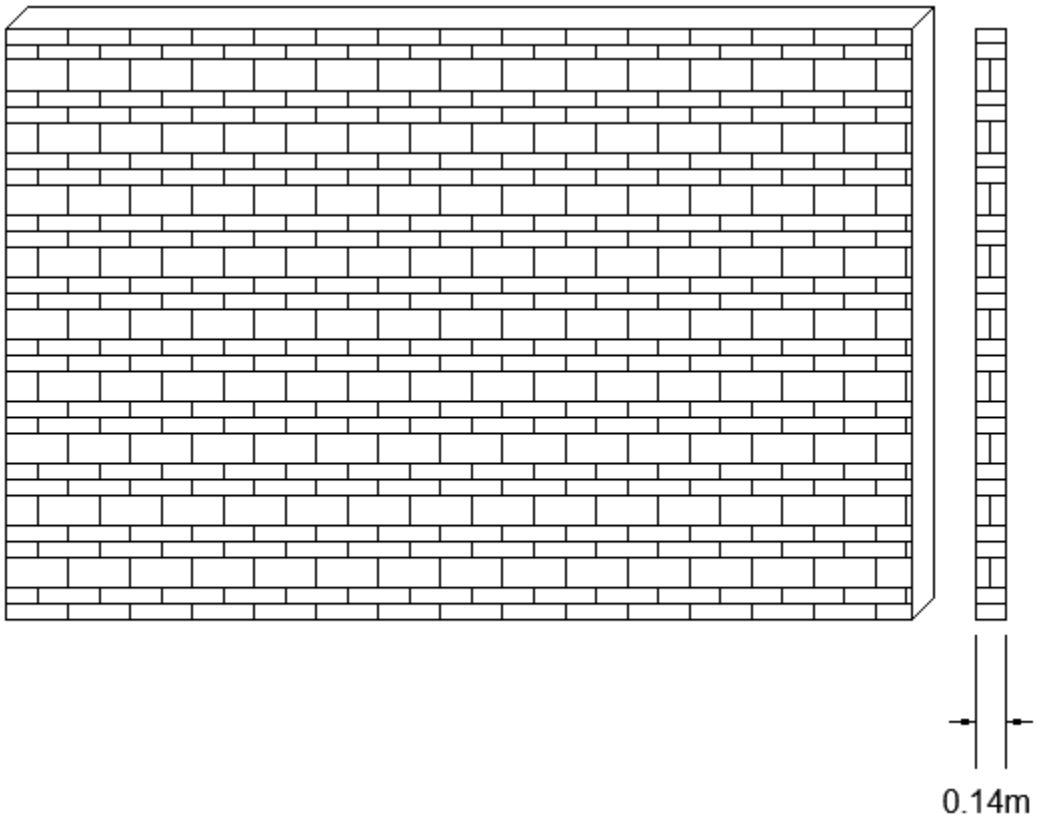
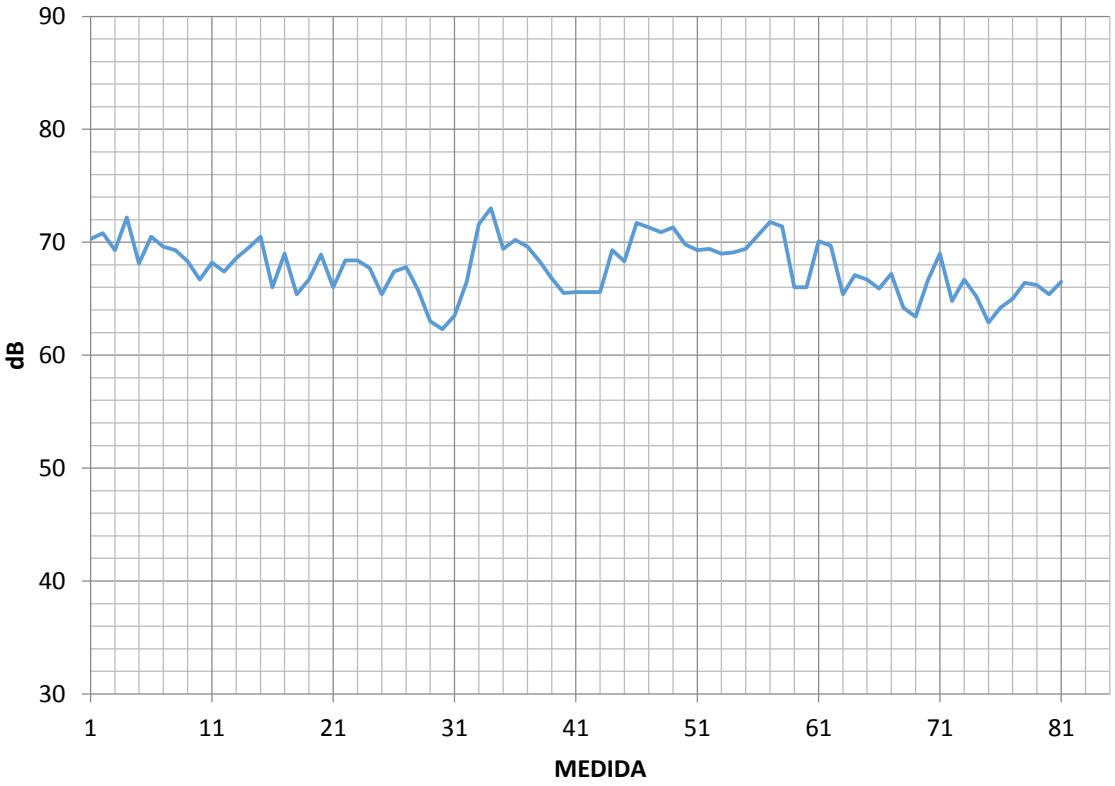


Figura 12. Esquema representativo de muro de tabique rojo con espesor de 14 centímetros.

Los resultados de la medición que se realizo en el muro 1 sin el panel puede observarse como se indica en la grafica 1.

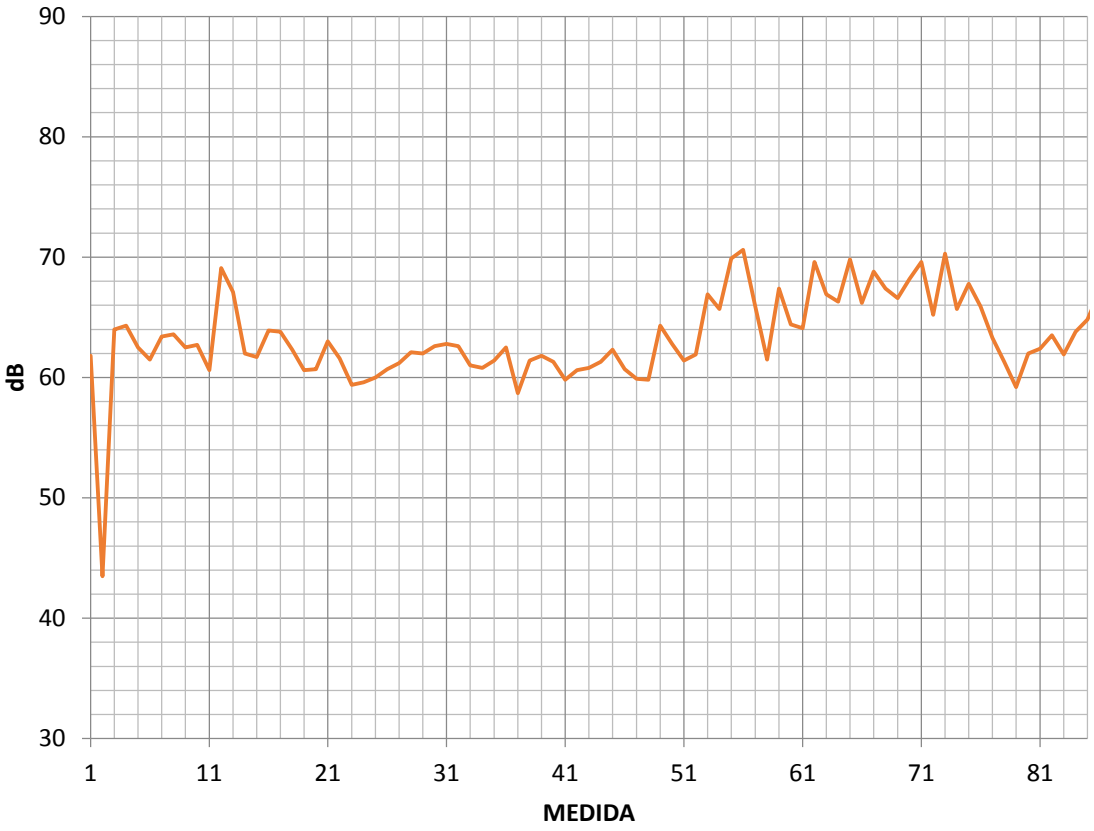


Grafica 1. Medición del muro 1 sin el panel

A lo largo de la grafica se observa que la medición oscila entre los 62 dB hasta los 72 dB como mediciones mínimas y máximas respectivamente. La medida mínima es 62.2 dB y la máxima registrada fue de 73 dB.

Tenemos resultados que están fuera del confort ya que los valores están muy por encima de este estándar, lo ideal sería que con el panel acústico al aplicarlo poder disminuir el sonido para poder alcanzar niveles de 55dB.

Al realizar la medida con el panel instalado y considerando un espesor de 5 centímetros para el panel acústico. Los resultados de la medición que se realizo en el muro 1 con el panel puede observarse como se indica en la grafica 2.



Grafica 2. Medición del muro 1 con el panel

El pico se observa en el inicio de la grafica es porque la fuente de sonido aun no estaba en acción, esa medida podemos ignorarla y partir de ahí a la derecha.
La medida máxima que se observa y la mínima son 70.5 dB y 59.5 dB respectivamente.

IV.2 Muro 2

Este muro esta construido con block de concreto por la parte posterior, y con un acabado rustico dentro del recinto, es decir; cubierto de tabique rojo la junta entre los tabiques es de un centímetro por dentro. Tiene un espesor de 18 centímetros, 12 centímetros corresponden al block de concreto, 1 centímetro de mortero y 5 centímetros del tabique rojo. El acomodo de los tabiques puede verse en la figura13 y la figura 14a y 14b muestran claramente el perfil del muro. La figura 13b muestra el muro 2 con el panel instalado.

Figura 13. Fotografía del muro 2 dentro del recinto con la vista del acabado del tabique.

Figura 13b. Fotografía del muro 2 con el panel instalado

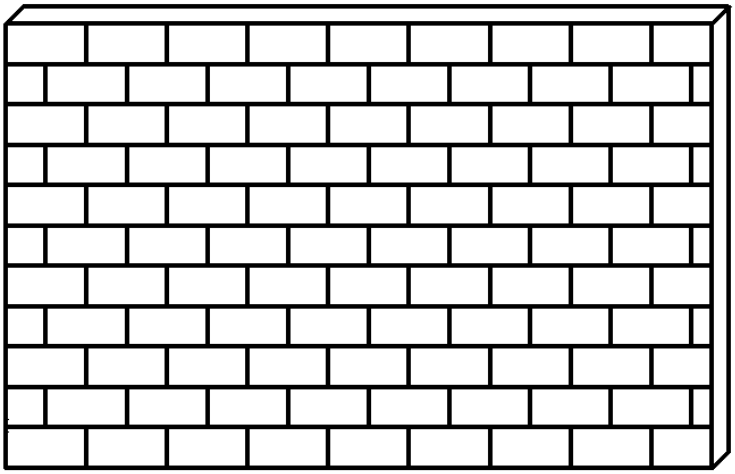


Figura 14a. Imagen representativa del acomodo de los blocks de concreto en la parte posterior

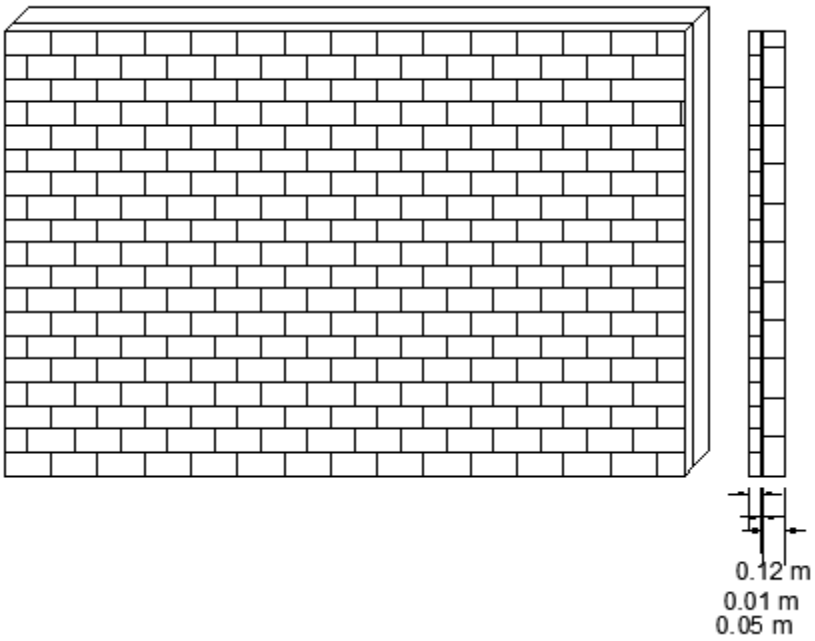
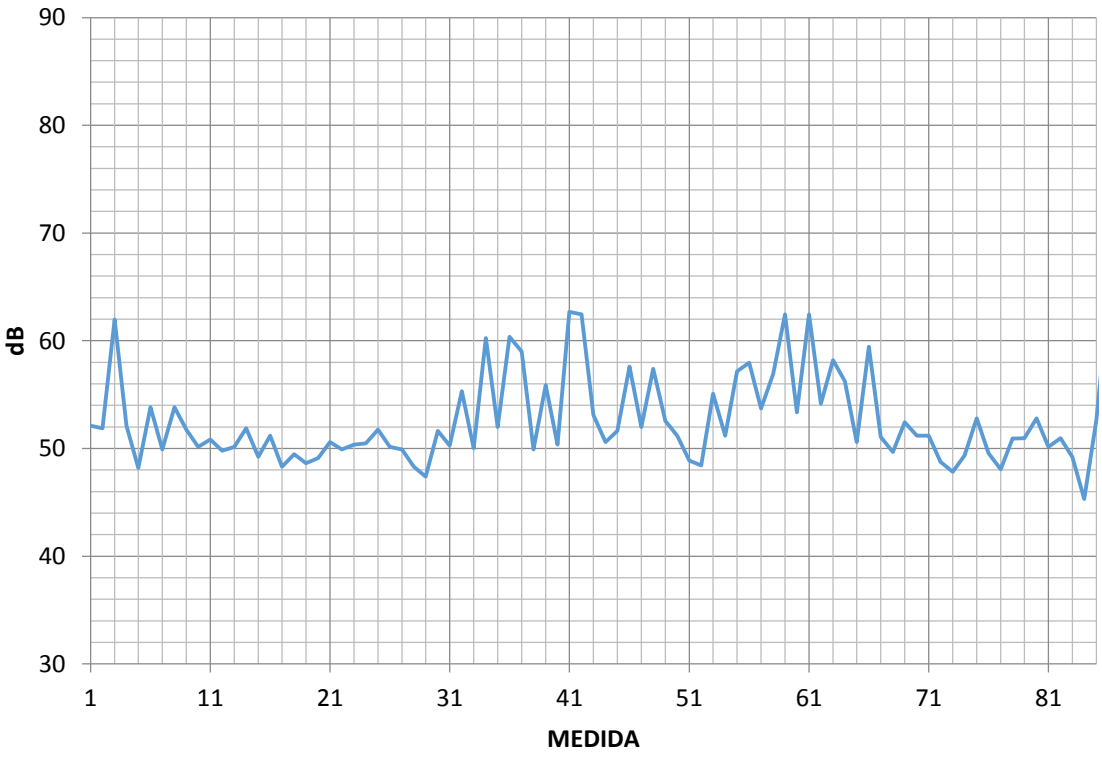


Figura 14b. Imagen ilustrativa del acomodo de los tabiques rojos como acabado dentro del recinto y perfil del muro.

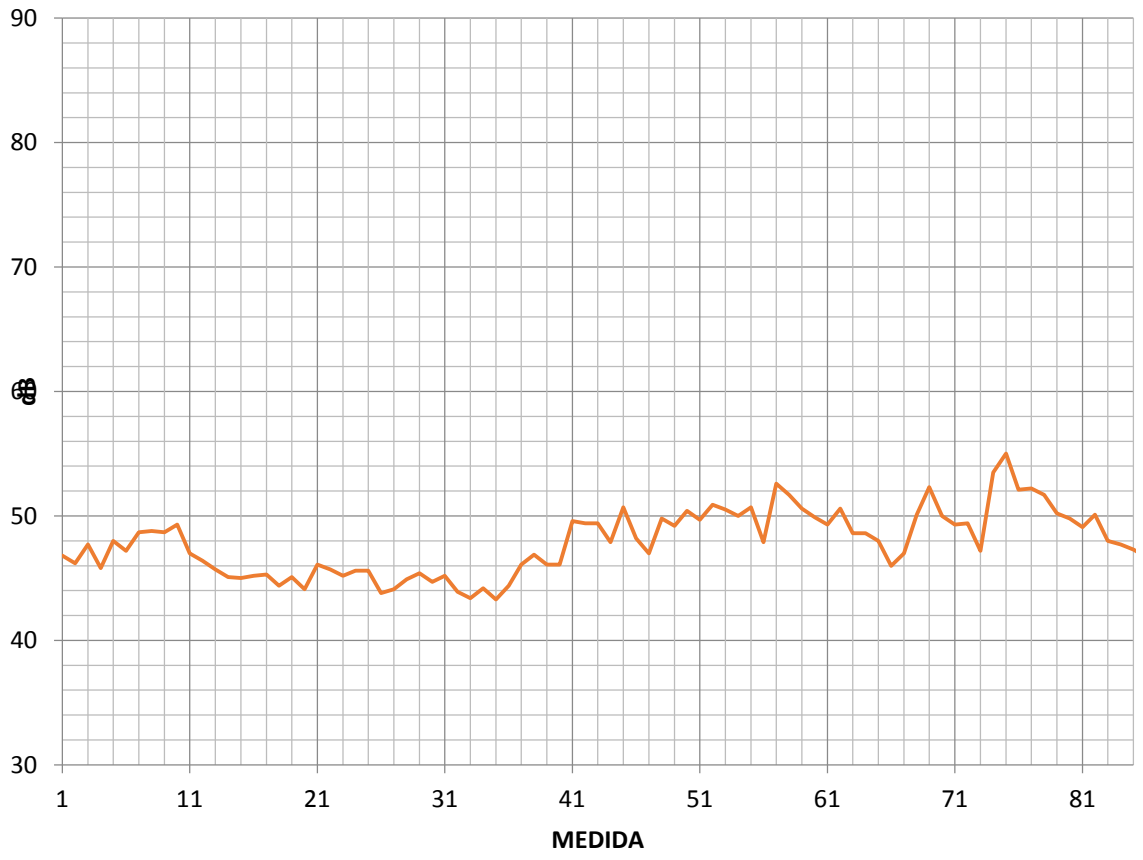
Los resultados de esta medición para el caso del muro 2 sin panel pueden observarse de acuerdo a la grafica 3.



Grafica 3. Medición del muro 2 sin panel.

Las medidas para este caso oscilan entre los 48 dB y 63 dB son valores que casi se ajustan a los niveles de confort acústico, comparado con el caso anterior ahora se tienen niveles favorables aunque es de considerarse los materiales con los que se construyeron este muro, así como también el espesor que es un factor considerable para la aislación del sonido. Con el panel instalado en este muro se esperaría que los niveles se encuentren totalmente dentro del confort acústico.

Para el caso del muro 2 donde se coloca el panel y se realiza la medición de acuerdo a lo anterior, podemos observar los resultados en la siguiente grafica:



Grafica 4. Medición del muro 2 con panel.

La grafica muestra claramente como los valores de la medición se encuentran totalmente dentro del confort, tal y como se había esperado, las medidas bajaron considerablemente en relación a la medida que se realizo en la parte anterior sin el panel instalado. La medida mínima para este caso es de 43.3 dB y la máxima de 55 dB.

IV.3 Muro 3

Este muro está construido con block de concreto y tiene aplanados por ambos lados, la parte posterior y dentro del recinto. Este muro tiene un espesor de 14 centímetros; 12 centímetros del espesor del bloque y 1 centímetro del espesor del repellado por cada lado. La figura 15 muestra una fotografía del muro y la 15b muestra el muro con el panel instalado y la figura 16 muestra el acomodo de los bloques y también el perfil del muro.

Figura 15. Fotografía del muro 3, vista dentro del recinto.

Figura 15b. Fotografía del muro 3 con el panel instalado.

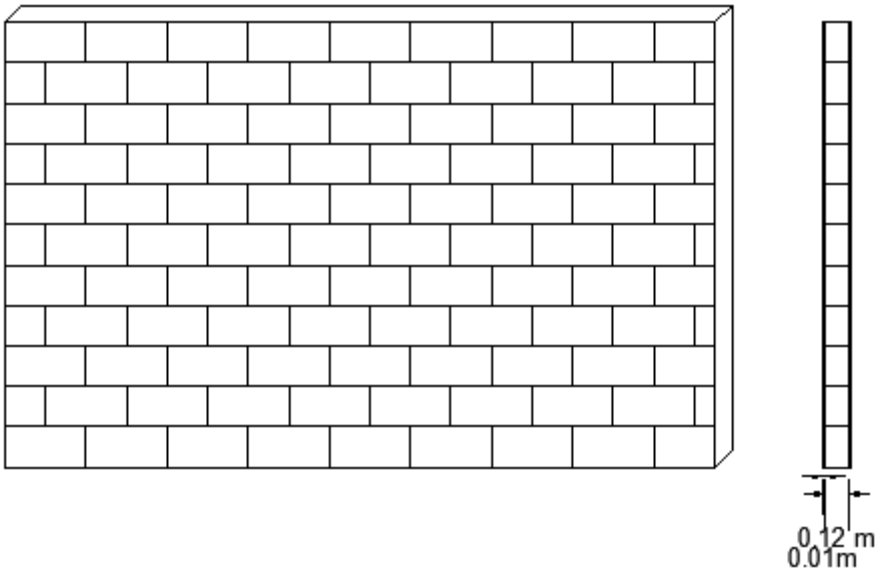
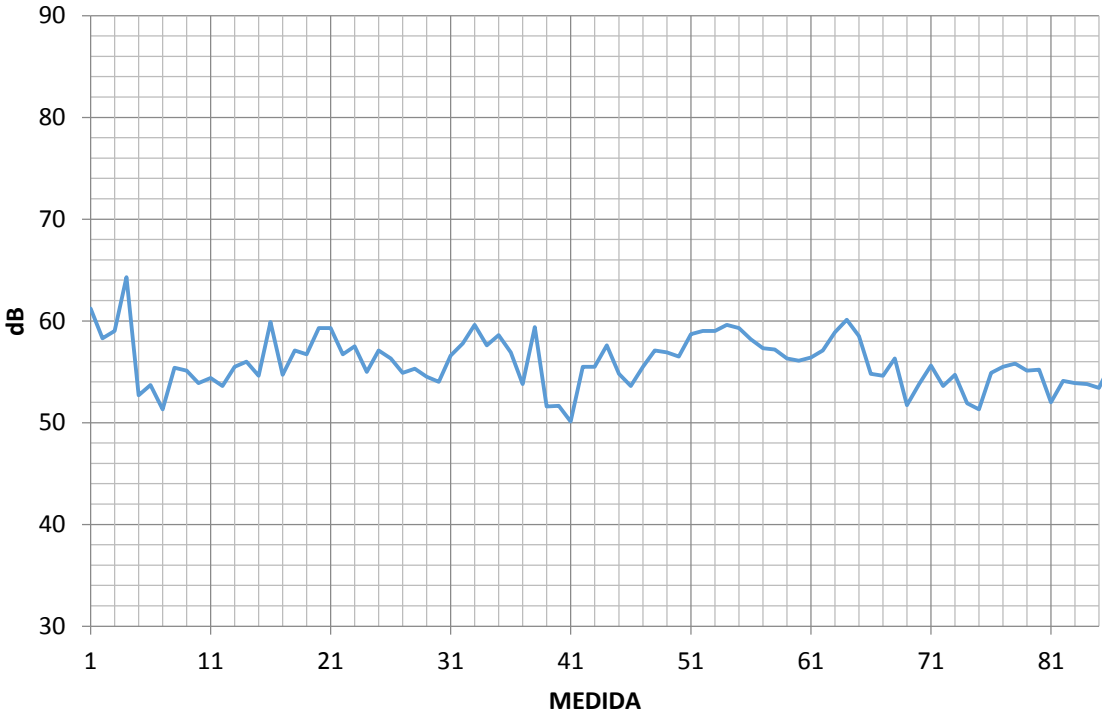


Figura 16. Acomodo de los bloques y vista del perfil del muro. Espesor de 14 centímetros.

En este caso las condiciones del muro son las mismas por ambos lados, ya que se encuentra igual dentro y fuera del recinto, sin embargo para llevar a cabo la medición se hizo de la misma manera, colocando dentro del recinto el sonómetro para la medición con panel y sin panel, y la fuente de sonido se coloco en la parte posterior del muro.

Para el caso del muro 3 donde se realiza la medición sin panel de acuerdo a lo anterior, podemos observar los resultados en la grafica 5.



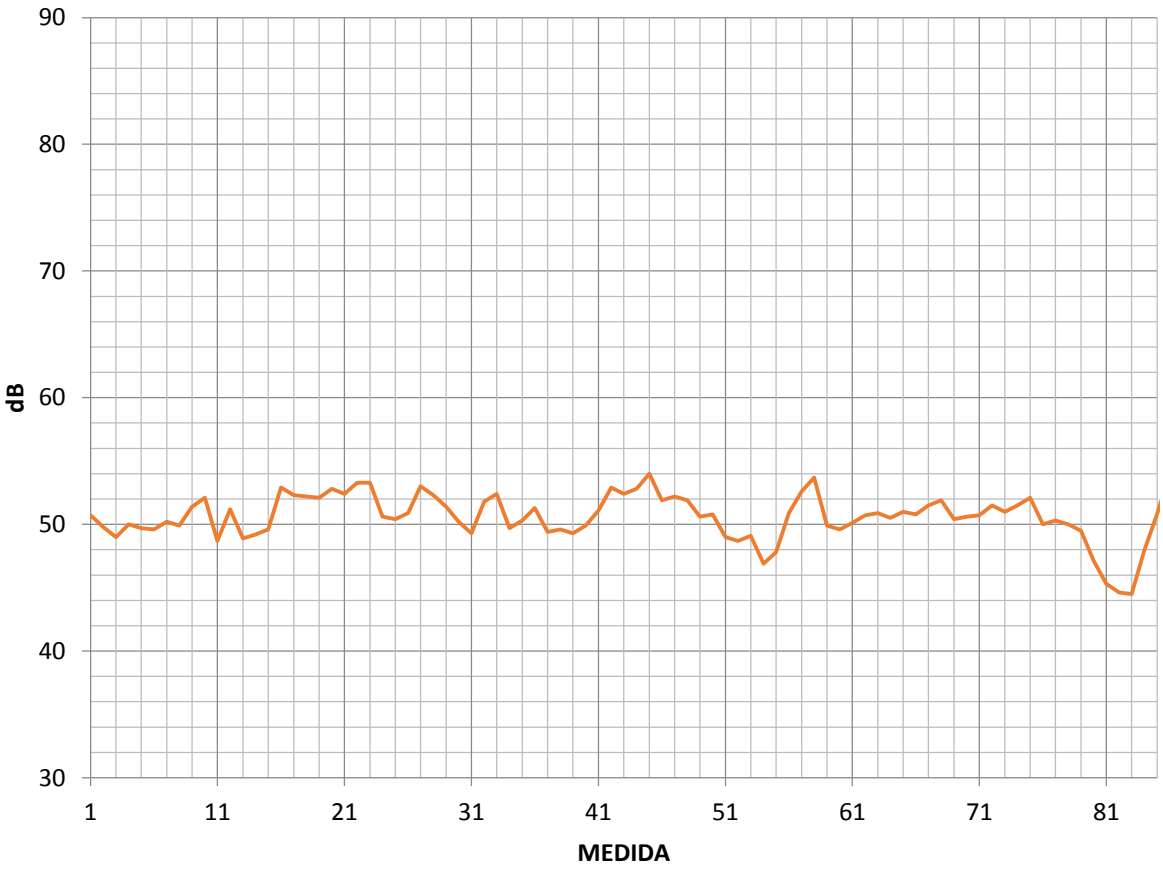
Grafica 5. Medición del muro 3 sin panel.

A los largo de la grafica se observan las oscilaciones que tiene la grafica que van de los 50 dB hasta los 62dB como mediciones mínimas y máximas respectivamente.

El espesor de este muro es similar al del caso del muro 1 sin embargo en este caso con el hecho de tener el muro de block de concreto y repellado por ambos lados el problema se ve solucionado.

En este caso es muy similar al caso anterior ya que la medida es muy similar para con los valores del confort acústico de los 55dB.

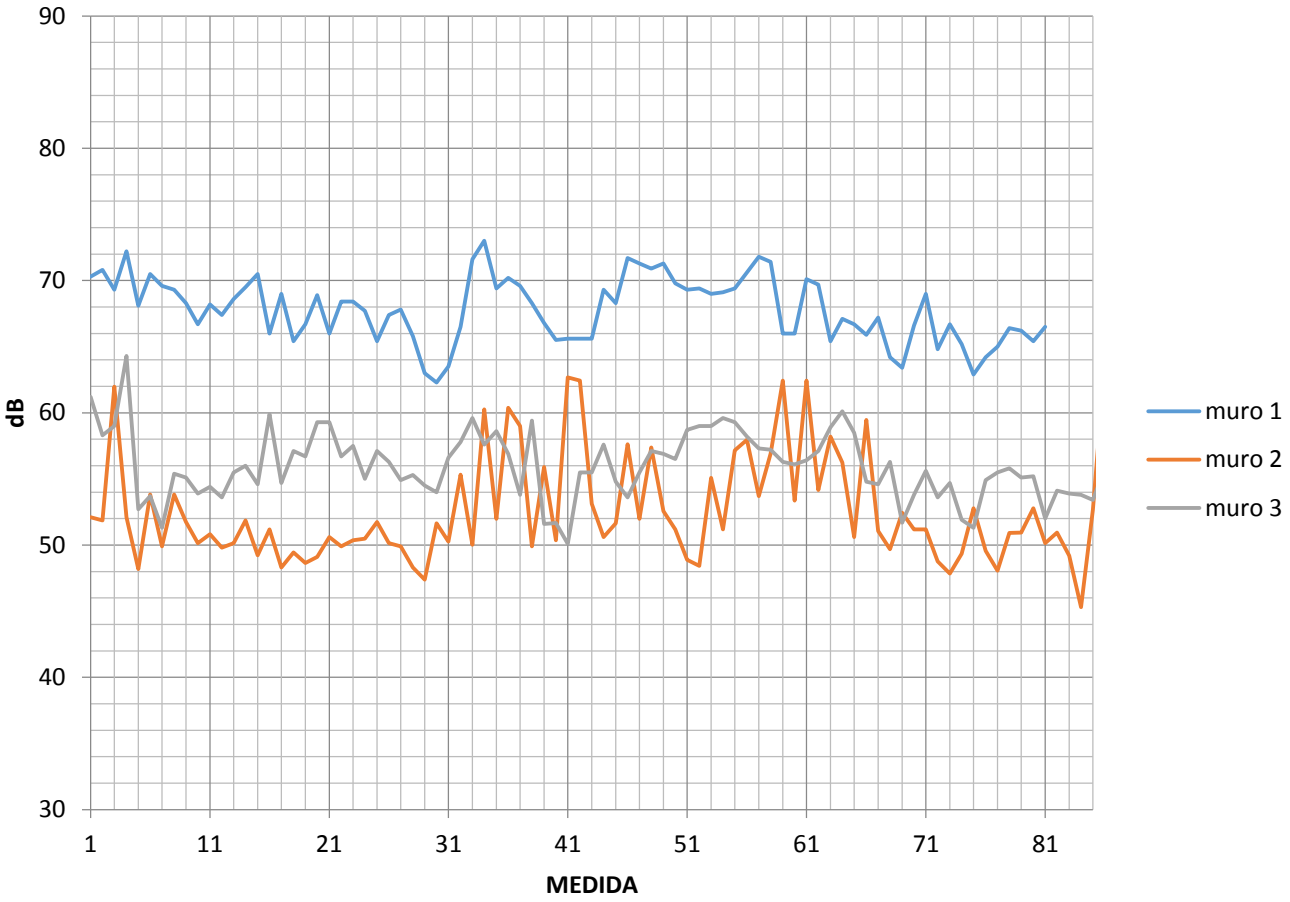
Para el caso del muro 3 donde se coloca el panel y se realiza la medición de acuerdo a lo anterior, podemos observar los resultados en la grafica 6.



Grafica 6. Medición del muro 3 con panel.

Los resultados para este caso fueron del todo favorables, ya que las mediciones están perfectamente en el estado de confort acústico, la medida mínima registrada es de 44.5 dB y la máxima 54.3 dB.

Teniendo en todas las mediciones de los tres muros evaluados, comparando las mediciones que se realizaron entre ellos colocando en una grafica los 3 resultados para la medición que se hizo sin el panel, como se muestra en la grafica 7.



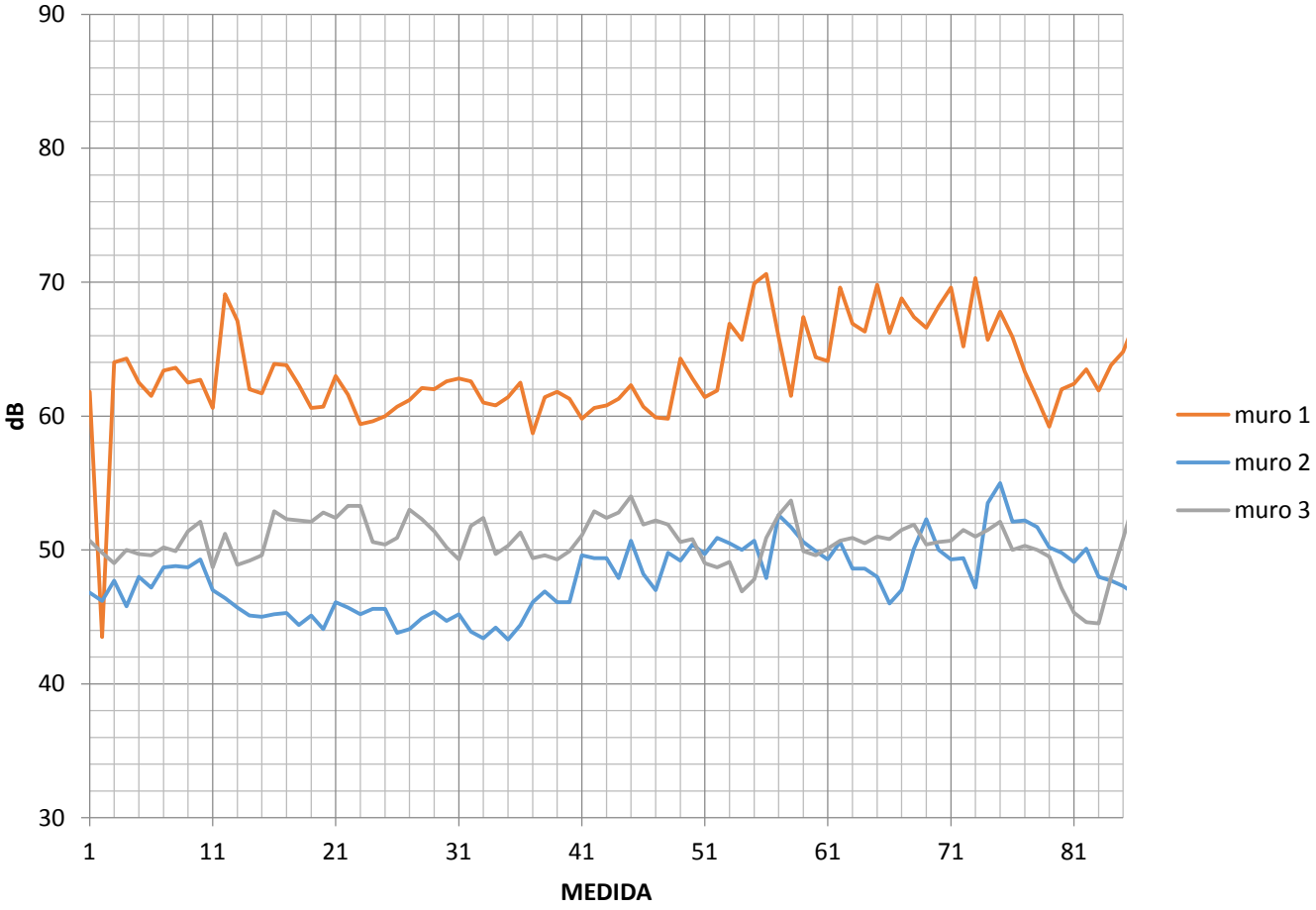
Grafica 7. Medición de los 3 muros sin panel.

Muro 1: Muro de tabique rojo recocido con un espesor de 14 cm.
Muro 2: Muro de block de concreto y tabique rojo recocido con un espesor de 18 cm.
Muro 3: Muro de block de concreto repellado por ambos lados, con espesor de 14cm.

Para este caso podemos hacer una comparativa directa entre las características de los muros y los valores que arrojan las mediciones. El Muro 1 es el menos

favorable ya que tiene los niveles muy por encima del nivel de confort, el muro 3 está casi al límite pero tampoco logra alcanzar la zona de confort acústico y el muro 2 es el que tiene los niveles más bajos, por lo tanto es por donde menos sonido logro filtrarse. Es evidente que el tipo de muro y el espesor juega un factor muy importante en el caso de aislación acústica, ya que entre más espesor tenga el muro las condiciones de aislación acústica serán más favorables.

De la misma manera, poniendo los resultados de las tres mediciones utilizando el panel acústico y colocándolos en una sola grafica, como muestra la grafica 8.



Grafica 8. Medición de los 3 muros con panel.

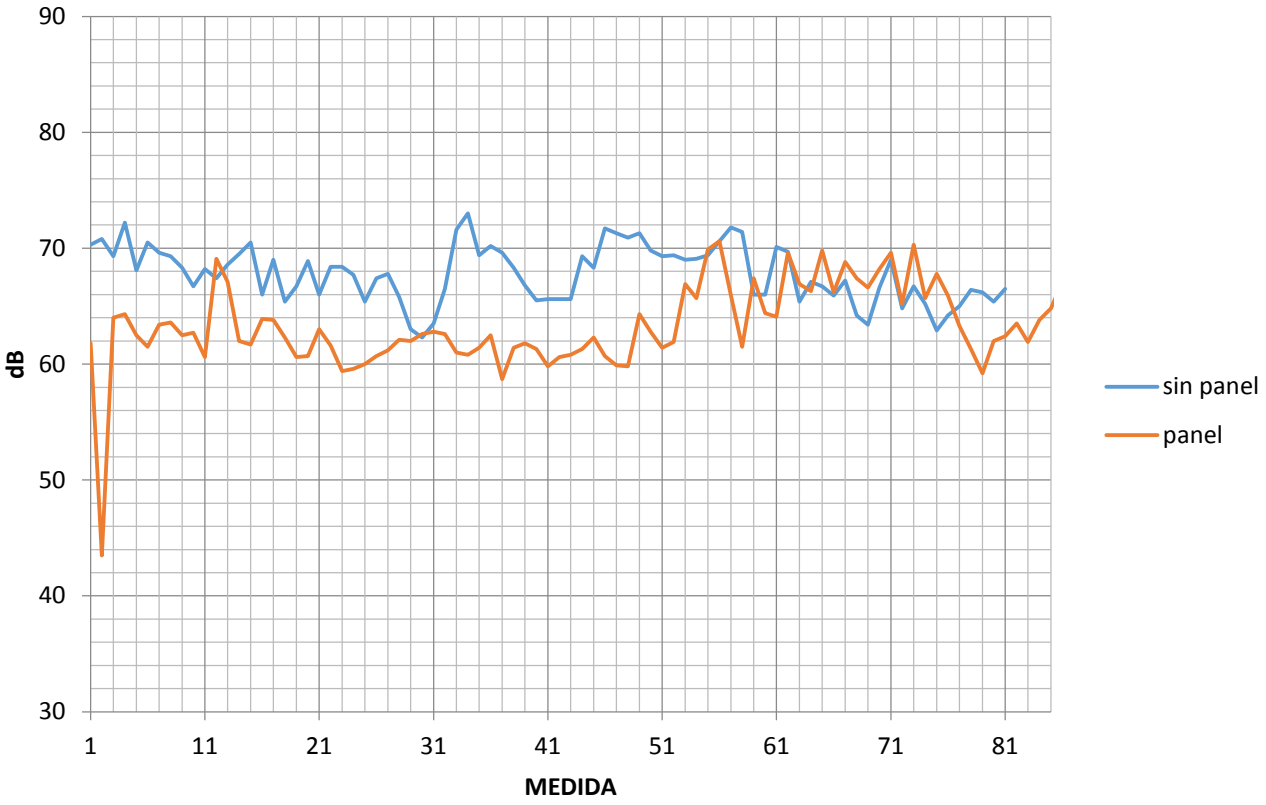
La figura 17 muestra los niveles de confort acústico de acuerdo a la actividad a realizar en un recinto.

Operaciones industriales	85 dB
Gente reunida conversando	65/70 dB
Tareas en oficina generales	55/60 dB
Sala de estar	50 dB
Actividad dormir	45 dB
Lectura	40 dB

Figura 17. Niveles de confort acústico según las actividades (SONOFLEX,2005)

La comparativa para este caso se realiza de la misma manera que en la parte anterior, sin embargo en esta situación se coloco el panel acústico para tomar la medida, El muro 1 aun instalando el panel acústico no logro llegar a los niveles de confort e incluso está muy por encima de los otros dos casos, el muro 3 está en los niveles de confort ya con el panel instalado, pero el muro 2 esta incluso en una mejor posición.

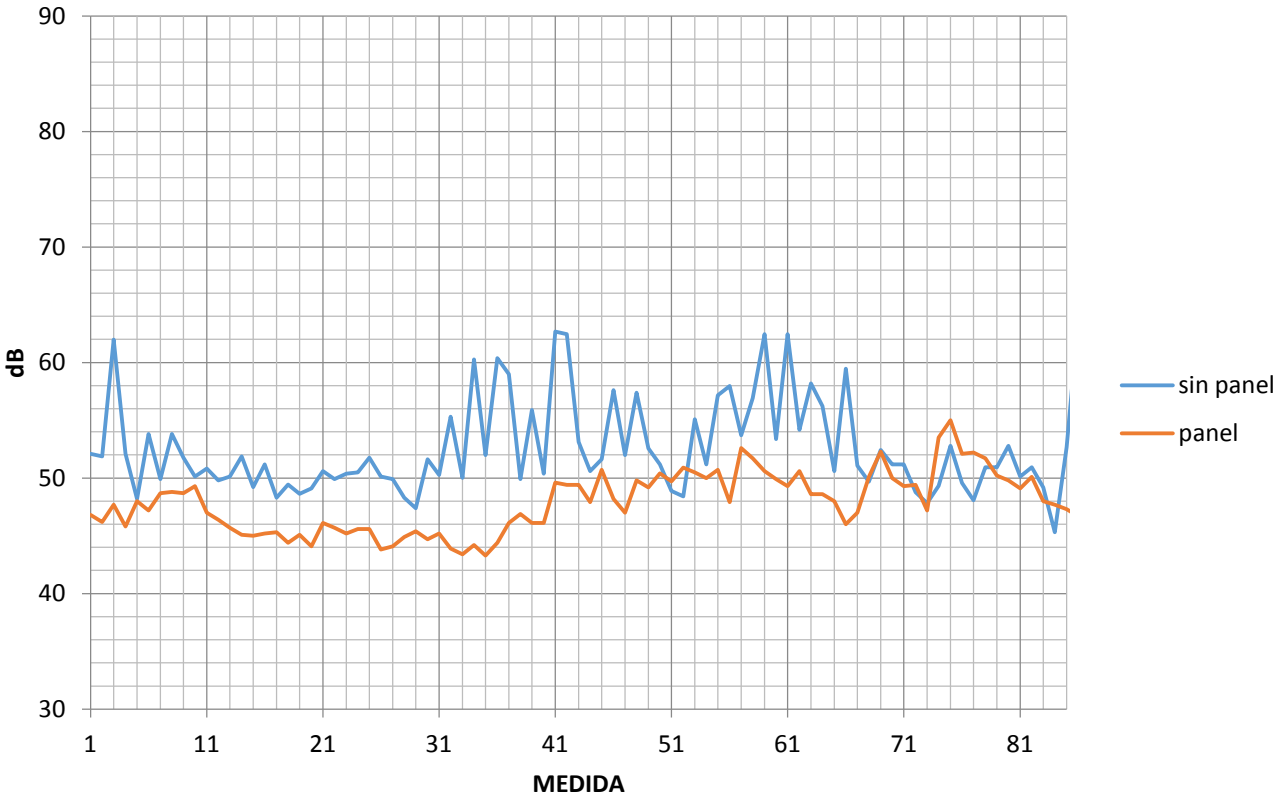
La grafica 9 es una comparación de los resultados de las mediciones en el muro 1 donde se muestra la medición realizada sin el panel y con el panel.



Grafica 9. Comparativa entre las medidas realizadas en el muro 1 con el panel y sin el panel.

Los niveles de sonido realmente bajaron en una medida considerable, sin embargo no se logro llegar a los estados de confort acústico con el panel instalado. En la parte media de la grafica se observa que el valor de medida tomada con el panel instalado está por encima de la otra, este se debe a que el sonómetro capto alguna otra fuente de sonido externa, sin embargo con los resultados de cero a 50 segundos puede notarse claramente que los niveles bajaron de manera considerable.

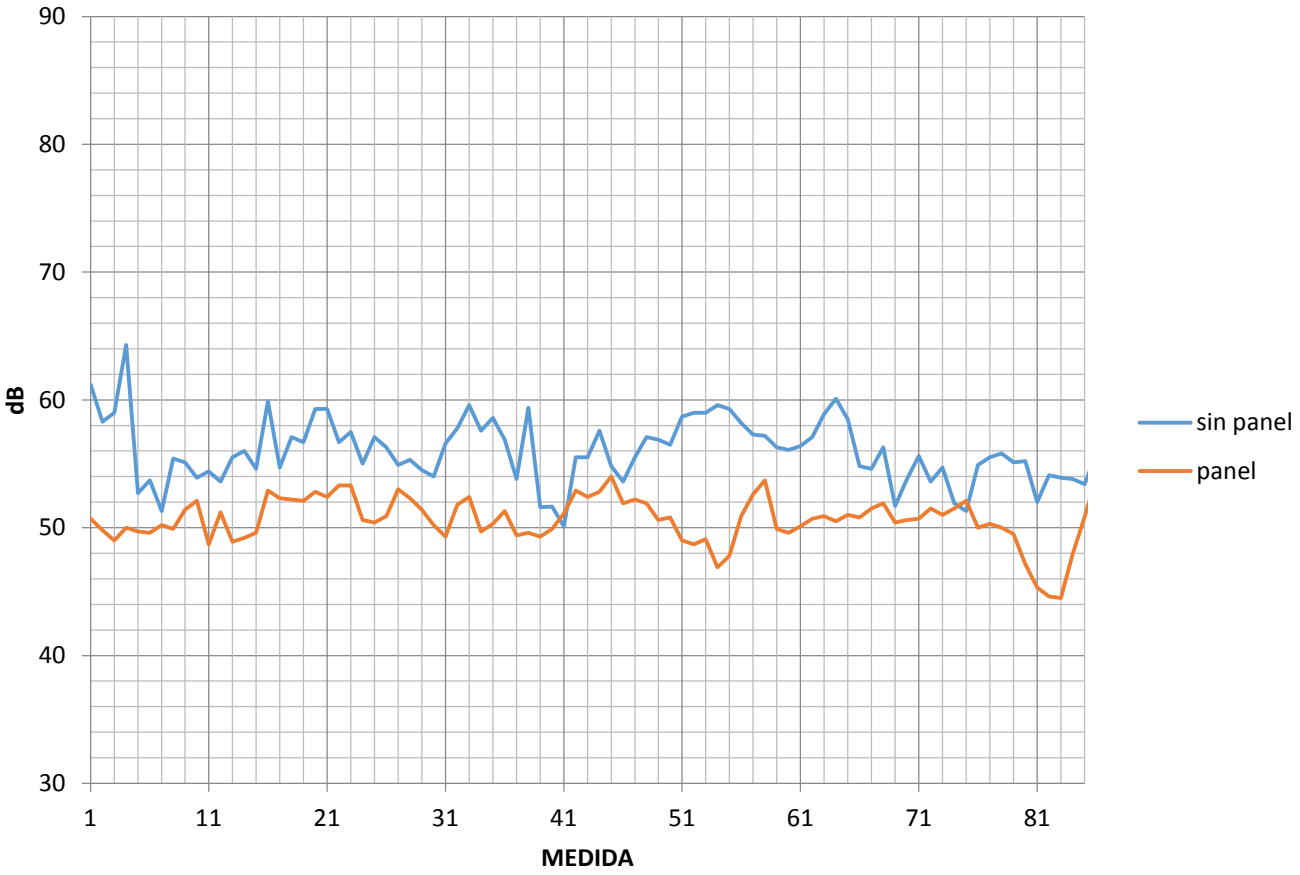
La grafica 10 es una comparación de los resultados de las mediciones en el muro 2 donde se muestra la medición realizada sin el panel y con el panel.



Grafica 10. Comparativa entre las medidas realizadas en el muro 2 con el panel y sin el panel.

De acuerdo a la tabla de confort acústica de SONOFLEX los resultados obtenidos en este caso nos son muy favorables, ya que en ambos casos tenemos zona de confort acústico, sin embargo con el panel instalado logramos bajar un poco los niveles que se tienen sin el panel.

La grafica 11 es una comparación de los resultados de las mediciones en el muro 3 donde se muestra la medición realizada sin el panel y con el panel.



Grafica 11. Comparativa entre las medidas realizadas en el muro 3 con el panel y sin el panel.

Este caso la medición sin el panel está por encima del nivel de confort, con el panel instalado logramos por completo llegar a ese nivel los resultados se bajan aproximadamente en un 9% con relación a la medición sin panel y con panel.

V. CONCLUSIONES

Al comparar los resultados obtenidos y las diferencias entre las condiciones de las características de cada uno de los muros tenemos lo siguiente.

Se comprobó que las condiciones de aislamiento acústico es variable dependiendo el tipo de material con el que se construye un elemento de un recinto.

El espesor de muro toma un factor muy importante para aumentar el aislamiento acústico de un recinto, ya que entre mayor sea la longitud del espesor de un muro tendrá mejores condiciones aislantes, como en el caso del muro dos el espesor es superior a el primero y al tercero, y vemos gráficamente que los niveles obtenidos en esa muestra son más bajos comparados con los otros.

Al comparar los muros 1 y 3 el espesor es similar en este caso el tipo de material es el que condiciona las características para aislamiento acústico ya que con el muro con block de concreto y repellado por ambos lados tenemos mejores resultados que con el muro de tabique rojo recocido.

Comparando los resultados en cada uno de los casos el muro, y el muro con el panel acústico, tenemos una razón favorable al muro con el panel ya que aumenta el aislamiento acústico por que disminuye el sonido el sonido excedente que logra filtrarse atreves el muro con el panel acústico. Hay que destacar que es un pnel hecho con materiales totalmente reciclados y resulta muy económico construirlo.

Solamente en el Muro 1 no se alcanzaron niveles de confort acústico, aunque los niveles se lograron disminuir en gran medida, utilizando doble panel, pudiera ser que se alcanzaran los niveles de confort.

En todos los casos tenemos una situación favorable de acuerdo a los niveles de sonido que logran filtrarse en general tenemos una mejora del **8.87%** de aislamiento acústico de acuerdo a los valores obtenidos comparando cuando se realizo con el panel y sin el panel.

El panel es móvil y se puede mejorar y usar según las necesidades del usuario

VI. BIBLIOGRAFIA

Allard JF, Atalla N. 2009. Propagation of sound in porous media: modeling sound absorbing materials. 2nd ed. New York: Elsevier Applied Science.

Allard JF, Champoux Y. 1992. New empirical equations for sound absorption in rigid frame fibrous materials. J Acoust Soc Am;91:3346–53.

Álvarez-Casado, E. 2008. Análisis y evaluación de la percepción del confort acústico en bibliotecas. Universidad politécnica de Cataluña.

Atalla Y, Panneton R. 2005. Inverse acoustical characterization of open cell porous media using impedance tube measurements. Can Acoust;33:11–24.

Del Rey R, Alba J, Ramis J, Sanchís VJ. 2011. New absorbent acoustic materials from plastic bottle remnants. Mater Constr;61:547–58.

Delany ME, Bazley EN. 1970. Acoustical properties of fibrous materials. Appl Acoust;3:105–16.

Dunn IP, Davern WA. 1986. Calculation of acoustic impedance of multi-layer absorbers. Appl Acoust;19:321–34.

EN 12354. 2003. Building acoustics – estimation of acoustic performance of buildings from the performance of elements – Part 6: sound absorption inenclosed spaces. European Committee for Standardization.

Espada, L. 1996. Determinación de los niveles de ruido ambiental del ayuntamientode Ourense. Ed. Diputación de Ourense.

Fellah, Z. E. 2007. Measuring permeability of porous materials at low frequency range via acoustic transmitted waves. The Review of scientific instruments 78: 114902.

Filippi,P , M .1996. Methods and tools for comfort design. Proceedings of the International Conference on Energy and Environment Towards de year 2000, pp 1107-1118

Fuchs HV, Zha X, Pommerer M. 2000. Qualifying freefield and reverberation rooms for frequencies below 100 Hz. Appl Acoust;59:303–22.

Fuchs, H. V., and J. Lamprecht. 2013. Covered broadband absorbers improving functional acoustics in communication rooms. Applied Acoustics 74: 18-27.

Garai M, Pompoli F. 2005. A simple empirical model of polyester fibre materials for acoustical applications. Appl Acoust;66:1383–98.

Gover BN, Ryan JG, Stinson MR. 2004. Measurements of directional properties of reverberant sound fields in rooms using a spherical microphone array.J Acoust Soc Am;116(4):2138–48

Harris, M. C. 1995. Manual de Medidas Acústicas y Control del Ruido. Ed. McGraw-Hill.

Hongisto V, Keränen J, Larm P. 2004. Simple model for the acoustical design of openplan offices. Acustica;90:481–95.

KS F 2864:2002. Measurement of the reverberation time of rooms with reference to the other acoustical parameters.

Mehta M, Johnson J, Rocafort J. 1999. Architectural acoustics – principles and design. Prentice-Hall. p. 407.

Navacerrada MA, Diaz C, Pedrero A, Garcia LE. 2008. Acoustic properties of aluminium foams. Mater Constr 58:85–98.

NORMA Oficial Mexicana NOM-161-SEMARNAT-2011

Pierce AD. 2009. Diffraction of sound around corners and over wide barriers. J Acoust Soc Am 1974;55(5):941–55.

Pompoli R, Prodi N. 2000 Guidelines for acoustical measurements inside historical opera houses: procedures and validation. J Sound Vib;232(1):281–301.

Prieto, C. P. 2006. Estimación del tiempo de vida para el poliestireno por la técnicas de análisis termo gravimétrico estándar y modulado. Revista colombiana de física, Vol. 38, No. 2.

Ramis J, Alba J, del Rey R, Escuder E, Sanchis VJ. 2010. New absorbent materialacoustic based on kenaf's fibre. Mater Constr;60:133–43.
Rey, R. d., J. Alba, J. P. Arenas, and V. J. Sanchis. 2012. An empirical modelling of porous sound absorbing materials made of recycled foam. Applied Acoustics 73: 604-609.

Voronina N. 1997. An empirical model for rigid frame porous materials with high porosity. Appl Acoust;51:181–98.

Zannin, P. H. T., and J. A. C. Ferreira. 2007. In situ acoustic performance of materials used in Brazilian building construction. Construction and Building Materials 21: 1820-1824.

VII. ANEXO

VI.1 Tabla de mediciones muro 1 sin panel

MEDIDA	FECHA	(dB)
1	05-sep-14	70.3
2	05-sep-14	70.8
3	05-sep-14	69.3
4	05-sep-14	72.2
5	05-sep-14	68.1
6	05-sep-14	70.5
7	05-sep-14	69.6
8	05-sep-14	69.3
9	05-sep-14	68.3
10	05-sep-14	66.7
11	05-sep-14	68.2
12	05-sep-14	67.4
13	05-sep-14	68.6
14	05-sep-14	69.5
15	05-sep-14	70.5
16	05-sep-14	66
17	05-sep-14	69
18	05-sep-14	65.4
19	05-sep-14	66.7
20	05-sep-14	68.9
21	05-sep-14	66
22	05-sep-14	68.4
23	05-sep-14	68.4
24	05-sep-14	67.7
25	05-sep-14	65.4
26	05-sep-14	67.4
27	05-sep-14	67.8
28	05-sep-14	65.8
29	05-sep-14	63
30	05-sep-14	62.3
31	05-sep-14	63.5
32	05-sep-14	66.5
33	05-sep-14	71.6
34	05-sep-14	73
35	05-sep-14	69.4
36	05-sep-14	70.2
37	05-sep-14	69.6

MEDIDA	FECHA	(dB)
38	05-sep-14	68.3
39	05-sep-14	66.8
40	05-sep-14	65.5
41	05-sep-14	65.6
42	05-sep-14	65.6
43	05-sep-14	65.6
44	05-sep-14	69.3
45	05-sep-14	68.3
46	05-sep-14	71.7
47	05-sep-14	71.3
48	05-sep-14	70.9
49	05-sep-14	71.3
50	05-sep-14	69.8
51	05-sep-14	69.3
52	05-sep-14	69.4
53	05-sep-14	69
54	05-sep-14	69.1
55	05-sep-14	69.4
56	05-sep-14	70.6
57	05-sep-14	71.8
58	05-sep-14	71.4
59	05-sep-14	66
60	05-sep-14	66
61	05-sep-14	70.1
62	05-sep-14	69.7
63	05-sep-14	65.4
64	05-sep-14	67.1
65	05-sep-14	66.7
66	05-sep-14	65.9
67	05-sep-14	67.2
68	05-sep-14	64.2
69	05-sep-14	63.4
70	05-sep-14	66.6
71	05-sep-14	69
72	05-sep-14	64.8
73	05-sep-14	66.7
74	05-sep-14	65.2
75	05-sep-14	62.9
76	05-sep-14	64.2
77	05-sep-14	65
78	05-sep-14	66.4
79	05-sep-14	66.2

MEDIDA	FECHA	(dB)
80	05-sep-14	65.4
81	05-sep-14	66.5

VI.2 Tabla de mediciones muro 1 con panel

MEDIDA	FECHA	(dB)
1	03-dic-14	61.8
2	03-dic-14	43.5
3	03-dic-14	64
4	03-dic-14	64.3
5	03-dic-14	62.5
6	03-dic-14	61.5
7	03-dic-14	63.4
8	03-dic-14	63.6
9	03-dic-14	62.5
10	03-dic-14	62.7
11	03-dic-14	60.6
12	03-dic-14	69.1
13	03-dic-14	67.1
14	03-dic-14	62
15	03-dic-14	61.7
16	03-dic-14	63.9
17	03-dic-14	63.8
18	03-dic-14	62.3
19	03-dic-14	60.6
20	03-dic-14	60.7
21	03-dic-14	63
22	03-dic-14	61.6
23	03-dic-14	59.4
24	03-dic-14	59.6
25	03-dic-14	60
26	03-dic-14	60.7
27	03-dic-14	61.2
28	03-dic-14	62.1
29	03-dic-14	62
30	03-dic-14	62.6
31	03-dic-14	62.8
32	03-dic-14	62.6
33	03-dic-14	61
34	03-dic-14	60.8
35	03-dic-14	61.4
36	03-dic-14	62.5
37	03-dic-14	58.7
38	03-dic-14	61.4
39	03-dic-14	61.8
40	03-dic-14	61.3

MEDIDA	FECHA	(dB)
41	03-dic-14	59.8
42	03-dic-14	60.6
43	03-dic-14	60.8
44	03-dic-14	61.3
45	03-dic-14	62.3
46	03-dic-14	60.7
47	03-dic-14	59.9
48	03-dic-14	59.8
49	03-dic-14	64.3
50	03-dic-14	62.8
51	03-dic-14	61.4
52	03-dic-14	61.9
53	03-dic-14	66.9
54	03-dic-14	65.7
55	03-dic-14	69.9
56	03-dic-14	70.6
57	03-dic-14	65.9
58	03-dic-14	61.5
59	03-dic-14	67.4
60	03-dic-14	64.4
61	03-dic-14	64.1
62	03-dic-14	69.6
63	03-dic-14	66.9
64	03-dic-14	66.3
65	03-dic-14	69.8
66	03-dic-14	66.2
67	03-dic-14	68.8
68	03-dic-14	67.4
69	03-dic-14	66.6
70	03-dic-14	68.2
71	03-dic-14	69.6
72	03-dic-14	65.2
73	03-dic-14	70.3
74	03-dic-14	65.7
75	03-dic-14	67.8
76	03-dic-14	65.9
77	03-dic-14	63.3
78	03-dic-14	61.3
79	03-dic-14	59.2
80	03-dic-14	62
81	03-dic-14	62.4
82	03-dic-14	63.5

MEDIDA	FECHA	(dB)
83	03-dic-14	61.9
84	03-dic-14	63.8
85	03-dic-14	64.8
86	03-dic-14	67.1
87	03-dic-14	68.8
88	03-dic-14	69.2
89	03-dic-14	68.6
90	03-dic-14	63.8
91	03-dic-14	65.3
92	03-dic-14	65.1
93	03-dic-14	51.7
94	03-dic-14	41.5
95	03-dic-14	38.8

VI.3 Tabla de mediciones muro 2 sin panel

MEDIDA	FECHA	(dB)
1	05-sep-14	52.1
2	05-sep-14	51.9
3	05-sep-14	62.0
4	05-sep-14	52.1
5	05-sep-14	48.2
6	05-sep-14	53.8
7	05-sep-14	49.9
8	05-sep-14	53.8
9	05-sep-14	51.8
10	05-sep-14	50.1
11	05-sep-14	50.8
12	05-sep-14	49.8
13	05-sep-14	50.1
14	05-sep-14	51.9
15	05-sep-14	49.2
16	05-sep-14	51.2
17	05-sep-14	48.3
18	05-sep-14	49.5
19	05-sep-14	48.6
20	05-sep-14	49.1
21	05-sep-14	50.6
22	05-sep-14	49.9
23	05-sep-14	50.4
24	05-sep-14	50.5
25	05-sep-14	51.8
26	05-sep-14	50.1
27	05-sep-14	49.9
28	05-sep-14	48.3
29	05-sep-14	47.4
30	05-sep-14	51.6
31	05-sep-14	50.3
32	05-sep-14	55.3
33	05-sep-14	50.0
34	05-sep-14	60.3
35	05-sep-14	52.0
36	05-sep-14	60.4
37	05-sep-14	59.0

MEDIDA	FECHA	(dB)
38	05-sep-14	49.9
39	05-sep-14	55.9
40	05-sep-14	50.4
41	05-sep-14	62.7
42	05-sep-14	62.4
43	05-sep-14	53.1
44	05-sep-14	50.6
45	05-sep-14	51.6
46	05-sep-14	57.6
47	05-sep-14	52.0
48	05-sep-14	57.4
49	05-sep-14	52.6
50	05-sep-14	51.2
51	05-sep-14	48.9
52	05-sep-14	48.4
53	05-sep-14	55.1
54	05-sep-14	51.2
55	05-sep-14	57.2
56	05-sep-14	58.0
57	05-sep-14	53.7
58	05-sep-14	56.9
59	05-sep-14	62.4
60	05-sep-14	53.4
61	05-sep-14	62.4
62	05-sep-14	54.2
63	05-sep-14	58.2
64	05-sep-14	56.2
65	05-sep-14	50.6
66	05-sep-14	59.5
67	05-sep-14	51.1
68	05-sep-14	49.7
69	05-sep-14	52.4
70	05-sep-14	51.2
71	05-sep-14	51.2
72	05-sep-14	48.8
73	05-sep-14	47.8
74	05-sep-14	49.3
75	05-sep-14	52.8
76	05-sep-14	49.6
77	05-sep-14	48.1
78	05-sep-14	50.9
79	05-sep-14	50.9

MEDIDA	FECHA	(dB)
80	05-sep-14	52.8
81	05-sep-14	50.1
82	05-sep-14	50.9
83	05-sep-14	49.2
84	05-sep-14	45.3
85	05-sep-14	52.7
86	05-sep-14	63.7
87	05-sep-14	56.7
88	05-sep-14	61.5
89	05-sep-14	71.3
90	05-sep-14	72.8
91	05-sep-14	66.6
92	05-sep-14	59.0
93	05-sep-14	70.8
94	05-sep-14	49.8

VI.4 Tabla de mediciones muro 2 con panel

MEDIDA	FECHA	(dB)
1	09-dic-14	46.8
2	09-dic-14	46.2
3	09-dic-14	47.7
4	09-dic-14	45.8
5	09-dic-14	48.0
6	09-dic-14	47.2
7	09-dic-14	48.7
8	09-dic-14	48.8
9	09-dic-14	48.7
10	09-dic-14	49.3
11	09-dic-14	47.0
12	09-dic-14	46.4
13	09-dic-14	45.7
14	09-dic-14	45.1
15	09-dic-14	45.0
16	09-dic-14	45.2
17	09-dic-14	45.3
18	09-dic-14	44.4
19	09-dic-14	45.1
20	09-dic-14	44.1
21	09-dic-14	46.1
22	09-dic-14	45.7
23	09-dic-14	45.2
24	09-dic-14	45.6
25	09-dic-14	45.6
26	09-dic-14	43.8
27	09-dic-14	44.1
28	09-dic-14	44.9
29	09-dic-14	45.4
30	09-dic-14	44.7
31	09-dic-14	45.2
32	09-dic-14	43.9
33	09-dic-14	43.4
34	09-dic-14	44.2
35	09-dic-14	43.3
36	09-dic-14	44.4
37	09-dic-14	46.1
38	09-dic-14	46.9

MEDIDA	FECHA	(dB)
39	09-dic-14	46.1
40	09-dic-14	46.1
41	09-dic-14	49.6
42	09-dic-14	49.4
43	09-dic-14	49.4
44	09-dic-14	47.9
45	09-dic-14	50.7
46	09-dic-14	48.2
47	09-dic-14	47.0
48	09-dic-14	49.8
49	09-dic-14	49.2
50	09-dic-14	50.4
51	09-dic-14	49.7
52	09-dic-14	50.9
53	09-dic-14	50.5
54	09-dic-14	50.0
55	09-dic-14	50.7
56	09-dic-14	47.9
57	09-dic-14	52.6
58	09-dic-14	51.7
59	09-dic-14	50.6
60	09-dic-14	49.9
61	09-dic-14	49.3
62	09-dic-14	50.6
63	09-dic-14	48.6
64	09-dic-14	48.6
65	09-dic-14	48.0
66	09-dic-14	46.0
67	09-dic-14	47.0
68	09-dic-14	50.1
69	09-dic-14	52.3
70	09-dic-14	50.0
71	09-dic-14	49.3
72	09-dic-14	49.4
73	09-dic-14	47.2
74	09-dic-14	53.5
75	09-dic-14	55.0
76	09-dic-14	52.1
77	09-dic-14	52.2
78	09-dic-14	51.7
79	09-dic-14	50.2
80	09-dic-14	49.8

MEDIDA	FECHA	(dB)
81	09-dic-14	49.1
82	09-dic-14	50.1
83	09-dic-14	48.0
84	09-dic-14	47.7
85	09-dic-14	47.3
86	09-dic-14	46.7
87	09-dic-14	46.2
88	09-dic-14	50.3
89	09-dic-14	50.7
90	09-dic-14	49.8
91	09-dic-14	49.0
92	09-dic-14	50.0

VI.5 Tabla de mediciones muro 3 sin panel

MEDIDA	FECHA	(dB)
1	05-sep-14	61.2
2	05-sep-14	58.3
3	05-sep-14	59
4	05-sep-14	64.3
5	05-sep-14	52.7
6	05-sep-14	53.7
7	05-sep-14	51.3
8	05-sep-14	55.4
9	05-sep-14	55.1
10	05-sep-14	53.9
11	05-sep-14	54.4
12	05-sep-14	53.6
13	05-sep-14	55.5
14	05-sep-14	56
15	05-sep-14	54.6
16	05-sep-14	59.9
17	05-sep-14	54.7
18	05-sep-14	57.1
19	05-sep-14	56.7
20	05-sep-14	59.3
21	05-sep-14	59.3
22	05-sep-14	56.7
23	05-sep-14	57.5
24	05-sep-14	55
25	05-sep-14	57.1
26	05-sep-14	56.3
27	05-sep-14	54.9
28	05-sep-14	55.3
29	05-sep-14	54.5
30	05-sep-14	54
31	05-sep-14	56.6
32	05-sep-14	57.8
33	05-sep-14	59.6
34	05-sep-14	57.6
35	05-sep-14	58.6
36	05-sep-14	56.9
37	05-sep-14	53.8

MEDIDA	FECHA	(dB)
38	05-sep-14	59.4
39	05-sep-14	51.6
40	05-sep-14	0
41	05-sep-14	50.1
42	05-sep-14	55.5
43	05-sep-14	55.5
44	05-sep-14	57.6
45	05-sep-14	54.8
46	05-sep-14	53.6
47	05-sep-14	55.5
48	05-sep-14	57.1
49	05-sep-14	56.9
50	05-sep-14	56.5
51	05-sep-14	58.7
52	05-sep-14	59
53	05-sep-14	59
54	05-sep-14	59.6
55	05-sep-14	59.3
56	05-sep-14	58.2
57	05-sep-14	57.3
58	05-sep-14	57.2
59	05-sep-14	56.3
60	05-sep-14	56.1
61	05-sep-14	56.4
62	05-sep-14	57.1
63	05-sep-14	58.9
64	05-sep-14	60.1
65	05-sep-14	58.5
66	05-sep-14	54.8
67	05-sep-14	54.6
68	05-sep-14	56.3
69	05-sep-14	51.7
70	05-sep-14	53.8
71	05-sep-14	55.6
72	05-sep-14	53.6
73	05-sep-14	54.7
74	05-sep-14	51.9
75	05-sep-14	51.3
76	05-sep-14	54.9
77	05-sep-14	55.5
78	05-sep-14	55.8
79	05-sep-14	55.1

MEDIDA	FECHA	(dB)
80	05-sep-14	55.2
81	05-sep-14	52
82	05-sep-14	54.1
83	05-sep-14	53.9
84	05-sep-14	53.8
85	05-sep-14	53.4
86	05-sep-14	55.8
87	05-sep-14	55.9
88	05-sep-14	53.7
89	05-sep-14	41.7
90	05-sep-14	40

VI.6 Tabla de mediciones muro 3 con panel

MEDIDA	FECHA	(dB)
1	18-dic-14	50.7
2	18-dic-14	49.8
3	18-dic-14	49
4	18-dic-14	50
5	18-dic-14	49.7
6	18-dic-14	49.6
7	18-dic-14	50.2
8	18-dic-14	49.9
9	18-dic-14	51.4
10	18-dic-14	52.1
11	18-dic-14	48.7
12	18-dic-14	51.2
13	18-dic-14	48.9
14	18-dic-14	49.2
15	18-dic-14	49.6
16	18-dic-14	52.9
17	18-dic-14	52.3
18	18-dic-14	52.2
19	18-dic-14	52.1
20	18-dic-14	52.8
21	18-dic-14	52.4
22	18-dic-14	53.3
23	18-dic-14	53.3
24	18-dic-14	50.6
25	18-dic-14	50.4
26	18-dic-14	50.9
27	18-dic-14	53
28	18-dic-14	52.3
29	18-dic-14	51.4
30	18-dic-14	50.2
31	18-dic-14	49.3
32	18-dic-14	51.8
33	18-dic-14	52.4
34	18-dic-14	49.7
35	18-dic-14	50.3
36	18-dic-14	51.3
37	18-dic-14	49.4
38	18-dic-14	49.6

MEDIDA	FECHA	(dB)
39	18-dic-14	49.3
40	18-dic-14	49.9
41	18-dic-14	51.1
42	18-dic-14	52.9
43	18-dic-14	52.4
44	18-dic-14	52.8
45	18-dic-14	54
46	18-dic-14	51.9
47	18-dic-14	52.2
48	18-dic-14	51.9
49	18-dic-14	50.6
50	18-dic-14	50.8
51	18-dic-14	49
52	18-dic-14	48.7
53	18-dic-14	49.1
54	18-dic-14	46.9
55	18-dic-14	47.8
56	18-dic-14	50.9
57	18-dic-14	52.6
58	18-dic-14	53.7
59	18-dic-14	49.9
60	18-dic-14	49.6
61	18-dic-14	50.1
62	18-dic-14	50.7
63	18-dic-14	50.9
64	18-dic-14	50.5
65	18-dic-14	51
66	18-dic-14	50.8
67	18-dic-14	51.5
68	18-dic-14	51.9
69	18-dic-14	50.4
70	18-dic-14	50.6
71	18-dic-14	50.7
72	18-dic-14	51.5
73	18-dic-14	51
74	18-dic-14	51.5
75	18-dic-14	52.1
76	18-dic-14	50
77	18-dic-14	50.3
78	18-dic-14	50
79	18-dic-14	49.5
80	18-dic-14	47.1

MEDIDA	FECHA	(dB)
81	18-dic-14	45.3
82	18-dic-14	44.6
83	18-dic-14	44.5
84	18-dic-14	47.9
85	18-dic-14	50.8
86	18-dic-14	54