



UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK

FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y AMBIENTALES

Trabajo de Fin de Carrera Titulado:

“EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DEL USO DE PAPEL Y  
CARTÓN RECICLABLE DE HOGARES DEL DISTRITO METROPOLITANO  
DE QUITO COMO MÉTODO DE INSONORIZACIÓN DE RUIDO  
AMBIENTAL A TRAVÉS DE PRUEBAS EXPERIMENTALES”

Realizado por:

Pamela Nicole Guijarro Rosero

Director del proyecto:

MSc. Katty Coral Carillo

Como requisito para la obtención del título de:

INGENIERA AMBIENTAL

Quito, Agosto de 2020

EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DEL USO DE PAPEL Y CARTÓN RECICLABLE DE HOGARES DEL  
DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO COMO MÉTODO DE INSONORIZACIÓN DE RUIDO AMBIENTAL A  
TRAVÉS DE PRUEBAS EXPERIMENTALES

## DECLARACIÓN JURAMENTADA

Yo, PAMELA NICOLE GUIJARRO ROSERO, con cédula de identidad #172178784-2, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.



Pamela Nicole Guijarro Rosero

1721787842

## **DECLARATORIA**

El presente trabajo de investigación titulado:

“Evaluación técnica y económica del uso de papel y cartón reciclable de hogares del Distrito Metropolitano de Quito como método de insonorización de ruido ambiental a través de pruebas experimentales”

Realizado por:

**PAMELA NICOLE GUIJARRO ROSERO**

Como requisito para la obtención del título de

**INGENIERA AMBIENTAL**

Ha sido dirigido por la profesora

**KATTY CORAL CARRILLO**

Quien considera que constituye un trabajo original de su autor



Msc. Katty Coral Carrillo

1709054058

## **LOS PROFESORES INFORMANTES**

Los Profesores Informantes:

**MIGUEL MARTÍNEZ-FRESNEDA MESTRE**

**ALBERTO AGUIRRE**

Después de revisar el trabajo presentado,  
lo han calificado como apto para su defensa oral ante  
el tribunal examinador

Miguel Martínez-Fresneda

Alberto Aguirre

Quito, Agosto de 2020

## **AGRADECIMIENTO**

A mi familia por su apoyo y confianza dentro de este arduo camino.

A Katty, por el conocimiento compartido, y la formación de grandes profesionales y seres humanos.

A mis amigos, por estar siempre dispuestos a ayudarnos mutuamente.

A todos los docentes de la Facultad de Ciencias Naturales y Ambientales, por su labor de enseñanza.

## **RESUMEN**

La mayoría de residuos urbanos generados en hogares, comercios, oficinas y servicios son reciclables, mediante un correcto proceso de recuperación, que permitiría el aprovechamiento del material. Este es el caso del papel y cartón, cuya recuperación se considera viable, alargando su vida útil. Por otro lado, el ruido como sonido no deseado causa molestias a la sociedad. Este es un contaminante ambiental que puede pasar desapercibido por no tener efectos acumulativos, y no dejar residuos.

En este contexto, se propuso la fabricación de paneles de insonorización de material reciclable (papel y cartón), con el fin de reducir el volumen de desechos reciclables en los rellenos sanitarios, y mitigar la contaminación acústica. Los paneles fueron construidos artesanalmente con base en un diseño geométrico.

Se construyeron cuatro tipos de paneles diferentes, los tres primeros de papel periódico más engrudo, correspondientes a un panel liso, dos con formas geométricas aproximadas a paneles industriales, y un cuarto panel realizado de cubetas de huevos. Estos fueron evaluados como medio insonorizante para una fuente fija, con el fin de verificar su porcentaje de insonorización. Las pruebas de insonorización, permitieron evaluar la utilización de este material, para dar solución a las fuentes fijas de emisión de ruido, que no cumplan con límites máximos permisibles dispuestos en la normativa, o que produzcan discomfort acústico.

Los resultados reflejaron, que el panel liso tuvo mayor densidad por la cantidad de material utilizado; lo que le permitió obtener un mayor porcentaje de insonorización con respecto a los otros tres paneles. Dentro del análisis económico, se obtuvo, que el costo del panel podría llegar

a competir en el mercado, sin embargo, se consideró que no es un producto final por su característica combustible.

El panel liso podría aplicarse en espacios pequeños que requieran insonorización, tal como estudios de grabación, contribuyendo a la economía circular.

Palabras clave: insonorización, ruido, residuos, reciclaje, papel, contaminación.

## **ABSTRACT**

Most of the urban waste generated in homes, businesses, offices and services are recyclable, through a correct recovery process, which would allow the use of the material. This is the case of paper and cardboard, which recovery is considered viable, extending its useful life. On the other hand, noise as unwanted sound causes discomfort to society. This is an environmental pollutant unnoticed because it does not have cumulative effects and does not leave residues.

Indeed, the manufacture of soundproofing panels made of recyclable material (paper and cardboard) was proposed, in order to reduce the volume of recyclable waste in landfills, and mitigate noise pollution. The panels were handcrafted based on a geometric design.

Four different types of panels were built, the first three made of newspaper and glue, corresponding to a smooth panel, two with geometric shapes approximate to industrial panels, and a fourth panel made from egg trays. The panels were evaluated as a soundproofing for a fixed source, in order to verify their soundproofing percentage. The soundproofing tests allowed evaluating the use of this material, to provide a solution to the fixed sources of noise emission, which do not accomplish with the maximum permissible limits in the law, or which produce acoustic discomfort.

The identified results: the smooth panel had a higher density due to the amount of material used; due to obtain a higher percentage of soundproofing compared to the other three panels. Within the economic analysis, the cost of the panel could come to compete in the market, however, it will be considered that it is not an end product due to its fuel characteristic.

The panel can be used in small spaces that require soundproofing, such as recording studios, contributing to the circular economy.

Key words: soundproofing, noise, recycling, waste, paper, contamination.

## **Introducción**

La industrialización ha hecho posible la generación de productos, cuya concepción debe pasar por procesos que traen como consecuencias impactos ambientales en recursos naturales y producción de ruido ambiental (García, 2014).

La generación, recolección, disposición y gestión de desechos siguen siendo un desafío para muchas ciudades como Quito; en donde un correcto sistema de recuperación, permitiría que el reciclaje y el aprovechamiento de materia se convierta en una oportunidad de elaborar nuevos productos a partir de residuos (Cajamarca et al., 2019). Se conoce al reciclaje como la operación capaz de aprovechar los materiales, mediante la transformación de los residuos para elaborar un nuevo producto con un fin útil (Virginie, 2011a). En la ciudad de Quito se producen 2.200 toneladas de desechos al día, de los que solo se recuperan 25,20 toneladas de material reciclable, es decir el 1% del total de la basura producida; cuando el 60% de los desechos de Quito son residuos orgánicos-alimenticios, el 30% material reciclable y el 10% son escombros y chatarra (La Hora, 2018).

La propagación del virus Covid-19 en el mundo, compromete a todos los países a realizar una mejor gestión de sus residuos domésticos; al verse involucrados en un aumento de volumen de estos (Lara & Lescano, 2020). Conociéndose como residuos domésticos, a aquellos generados dentro del hogar; consecuencia de las tareas de casa (Sadhvani, 2015), como el plástico, papel y cartón que son materiales reciclables, que necesitan ser separados en la emergencia sanitaria para un posterior proceso de recuperación (Alarcón, 2020). La composición de los residuos domésticos-urbanos dependerá de factores geográficos, nivel social y económico, hábitos, y variaciones estacionales (Coral & Oviedo, 2019; Vértice Publicaciones, 2008).

El uso del papel y cartón se ha extendido hasta la actualidad, creando una sólida industria papelera, con una explotación masiva de árboles. Entre los impactos ambientales que lleva esta industria se halla el desequilibrio ecológico por el desbroce, la pérdida de biodiversidad, el aumento de dióxido de carbono, y el uso de los recursos de energía y agua (Virginie, 2011b).

El reciclaje se propone como solución, a partir de los años 60, dando valor al material y alargando su vida útil (Virginie, 2011b). El reciclaje de papel y cartón es uno de los procesos más simples y antiguos, que empieza a partir de la recogida selectiva desde la fuente.

Entre el material reciclable del hogar se hallan, entre otros, periódicos y revistas, envases, bolsas y hueveras de cartón (Sadhvani, 2015). Las fibras de papel periódico pueden utilizarse como materia prima para diferentes fines; se usa en la fabricación de material aislante, cartón, y trabajos artesanales, como decoraciones, mampostería, ecoladrillos y papel reciclado (Virginie, 2011b). A pesar de ser un material de baja calidad, cuya recuperación es económicamente insignificante (Virginie, 2011b), según datos del INEC, para el año 2018 la clasificación de papel y cartón en hogares se dio en un 32%, y la clasificación de residuos (orgánicos, papel / cartón, plástico, vidrio, metal, tetrapack) para el mismo año a nivel nacional fue de 52,30% (INEC 2018). Mientras que en Quito, la recuperación de material reciclable para el año 2018 en promedio fueron 247,20 toneladas mensuales de un total de 65.271 toneladas (EMASEO, 2018); esto muestra la posibilidad de aprovechar los materiales en su totalidad, por su potencial reciclaje.

La contaminación acústica es un problema antiguo para el ser humano. Las grandes ciudades, por temas de transporte, industria, y construcción (García, 2014), han desarrollado este inconveniente, al que no se le presta mayor atención, por el hecho de que su peligrosidad no es inmediata. Sin embargo, en los últimos años se ha desarrollado cierta preocupación por

su incidencia en la calidad de vida de las personas, afectando a las funciones del cuerpo humano, causando efectos fisiológicos, psicológicos y sociales no deseados (Coral et al., 2020).

*“El estudio de ruido es complejo en relación a otros contaminantes, porque no presenta efecto acumulativo en el medio, no se traslada a través de los sistemas naturales, e incluso no deja residuos”* (Coral et al., 2020).

Aprovechar el papel y cartón reciclable para atenuar el ruido, es una alternativa sustentable de reutilización de desechos, además de cubrir el tema de contaminación por ruido ambiental. El concepto de ruido es el sonido no deseado, producido por las actividades humanas, o físicamente definido como la combinación de tonos puros desordenados, compuesto de amplitudes y frecuencias (García, 2014; Ochoa & Bolaños, 1990; Pedredo González, 2013). El Acuerdo Ministerial 097-A, en su Anexo 5: Niveles Máximos de Emisión de Ruido y Metodología de Medición para Fuentes Fijas y Fuentes Móviles (Acuerdo Ministerial 097-A, 2015) detalla que, se hallan tres tipos de ruido; específico, total y residual. Dentro del presente trabajo se midió el ruido residual y el ruido total, con ayuda de un sonómetro, compuesto por un micrófono, un procesador de señal y un indicador de resultados (Pedredo González, 2013), en función de encontrar mediante la fórmula de Nivel de Presión Sonora equivalente (NSP<sub>eq</sub>) y el factor de corrección (K); el ruido específico.

Para la medición de ruido, se consideraron criterios en cuanto a espacio y tiempo; refiriéndose a la ubicación del sonómetro y el número y tiempo de las mediciones (Pedredo González, 2013). En este caso, se siguieron los puntos expuestos en el Acuerdo Ministerial 097-A del Ministerio del Ambiente del Ecuador.

Para atenuar la contaminación acústica, se considera como primera opción la reducción de ruido desde la fuente, mediante modificación de procesos, aislamiento de máquinas,

reemplazo de máquinas, y mantenimiento. Cuando no son posibles estas opciones, se atenúa el ruido a partir de la modificación de la distancia o de obstáculos que se encuentren a su paso. El aislamiento acústico impide la propagación de ruido, mediante barreras de materiales de alta densidad, que tienen la propiedad de ser absorbentes sonoros (Innovación y Cualificación & Target Asesores, 2016), mientras que las pantallas acústicas actúan como obstáculo sobre la transmisión del ruido entre el emisor y el receptor; en general estas reducen el ruido en 5 a 10 dB, dependiendo del material (con densidad mayor a 20-25 kg/m<sup>2</sup>) (Sánchez-Pérez, 2013).

Se selecciona el material aislante por su estructura, siendo idóneos los materiales elásticos. Otros puntos a considerar, serán: el factor másico, en donde se cumple que, a mayor masa, mayor atenuación de ruido; el factor multicapa, en donde varias capas con disposición adecuada pueden mejorar el aislamiento acústico; el factor de disipación, cuando entre dos capas se usa un material absorbente de baja densidad (30-70 kg/m<sup>2</sup>) y con cantidad de poros (Del Castillo, 2017).

Dentro de los materiales acústicos más usados se hallan:

- Fibra o lana de roca: fabricada a partir de escorias de altos hornos, más rocas volcánicas seleccionadas (Rougeron, 1977). Se utiliza principalmente como aislamiento térmico, mientras que para la atenuación de ruido su estructura fibrosa-elástica permite frenar el movimiento de partículas de aire y disipar la energía sonora (Ibarra & Ortiz, 2014).
- Fibra o lana de vidrio: esta necesita una fusión de una composición vítrea adaptada al fibrilado (Rougeron, 1977). El espacio libre con aire entre fibras le permite ser un material aislante térmico y acústico eficiente (Ibarra & Ortiz, 2014).
- Acustifibra: tiene forma de lámina, peso liviano y dimensiones estables (Ibarra & Ortiz,

2014).

En la Tabla 1 se comparan los materiales acústico más usados, sus propiedades acústicas y su costo por metro cuadrado.

Tabla 1: Comparación de material acústicos

| Material       | Propiedades acústicas | Costo/ m <sup>2</sup> |
|----------------|-----------------------|-----------------------|
| Lana de roca   | 80%                   | \$9,50                |
| Lana de vidrio | 80%                   | \$4,50                |
| Acustifibra    | 70%                   | \$45,00               |

Fuente: (Ibarra & Ortiz, 2014)

La hipótesis planteada para el siguiente trabajo es que los paneles con mayor densidad tengan mayor porcentaje de insonorización para ruido ambiental. La propuesta se basó en la reutilización de papel periódico y cartón (cubetas de huevo), con el objetivo de evaluar la factibilidad técnica y económica del material como método de insonorización, a través de pruebas experimentales que permitan la reducción de los niveles de ruido. Para su cumplimiento se establecieron como objetivos específicos, analizar los niveles de insonorización de los materiales evaluados, mediante la medición de ruido; aprovechar el papel y cartón reciclable de hogares y comercios; e identificar las condiciones óptimas de construcción de diferentes prototipos de medios insonorizantes.

Así, se abordaron dos frentes de contaminación; la producción de desechos (papel y cartón) y el ruido ambiental generado por fuentes fijas domiciliarias o industriales, aportando a la gestión de residuos, la disminución del volumen de papel y cartón dentro del relleno sanitario, para convertirlo en materia prima, ampliando la vida útil y cerrando su ciclo de producción.

## **Materiales y Métodos**

### *Área de estudio*

El área delimitada para el estudio comprendió la zona de La Delicia, en el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ), de cuyos hogares se obtuvo la materia prima; papel periódico y cubetas de huevos. La experimentación se llevó a cabo dentro de la misma zona, en un hogar, adecuado para realizar las mediciones.

### *Métodos de laboratorio*

El papel periódico se recolectó, para una posterior caracterización de volumen y peso del material, de estos datos se obtuvo la densidad, para el cálculo del volumen de relleno optimizado por masa de papel y cartón aprovechado.

El papel periódico fue cortado de manera mecánica con ayuda de una cizalla, buscando la homogeneidad de partículas del material. Posteriormente, se dejó remojar en agua entre ocho y diez días con el objetivo de ablandar el papel; pasado este tiempo se lo prensó, obteniéndose un material más maleable, y el agua restante fue filtrada y evacuada mediante el sistema de alcantarillado. A la par se realizó el engrudo compuesto de agua y harina.

Se fabricaron dos moldes tipo bandeja en acero para ubicar la mezcla:

- Bandeja 1: 47 x 47 centímetros y 1 centímetro de altura (Ilustración 1).
- Bandeja 2: 47 x 47 centímetros y 1,8 centímetros de altura, con un doblez interno tipo acordeón de 0,9 centímetros, con paso de 2 centímetros (Ilustración 2).



Ilustración 1: Bandeja 1

*(Fotografía: Guijarro P.)*



Ilustración 2: Bandeja 2

*(Fotografía: Guijarro P.)*

Se plantearon tres prototipos de paneles insonorizantes de papel: el primero liso, el segundo con forma geométrica de acordeón, y un tercero con forma geométrica de acordeón dispuesto en tablero de ajedrez (horizontal y vertical, hasta formar la plancha).

Para conformar la unidad se mezcló engrudo más papel trizado e hidratado, y se vertió la mezcla sobre moldes, haciendo presión, hasta conseguir seis planchas por prototipo:

- Dos planchas de 47 x 47 centímetros.
- Dos planchas de 15 x 47 centímetros.
- Dos planchas de 15 x 41 centímetros.

Las planchas se dejaron secar al ambiente durante ocho días, con presión de elementos que no permitieron que se deformen. Cuando estas estuvieron secas se procedió a caracterizarlas en cuanto a volumen y peso, en función de conseguir la densidad de cada prototipo y compararlo con datos de paneles industriales y bibliografía sobre insonorización.

Para el cuarto prototipo de panel, se utilizaron cubetas de huevos como cartón no reciclable. Se las cortó con ayuda de un estilete hasta obtener retazos, que fueron pegados con cola blanca para formar paneles de las siguientes dimensiones:

- Dos planchas de 45 x 45 centímetros.
- Dos planchas de 10 x 45 centímetros.
- Dos planchas de 10 x 40 centímetros.

Se fabricaron dos cajas herméticas de madera MDF 12 de dimensiones internas de 45 centímetros de largo, 45 centímetros de ancho y 18 centímetros de altura (Ilustración 3).

Como blanco, se utilizó una caja hermética, y en la otra caja se acoplaron los paneles insonorizantes en todas sus paredes por medio de tornillos, para posteriores pruebas.



Ilustración 3: Caja de madera MDF

*(Fotografía: Guijarro P.)*

Se aplicó una fuente fija de ruido, proveniente de un parlante con sonidos graves y agudos a un volumen constante. La medición de ruido se llevó a cabo a partir de la Normativa Ecuatoriana, Acuerdo Ministerial 097-A, LIBRO VI ANEXO 5: LIMITES PERMISIBLES DE NIVELES DE RUIDO AMBIENTE PARA FUENTES FIJAS Y FUENTES MÓVILES, Y PARA VIBRACIONES. Las mediciones de presión sonora equivalente NPSeq de fuentes fijas emisoras de ruido, se expresaron en decibeles, en ponderación con escala A (dB A) (Acuerdo Ministerial 097-A, 2015).

El equipo de medición que se utilizó fue un sonómetro integrador tipo 1, respectivamente calibrado, con selectores en el filtro de ponderación A y en respuesta lenta (Slow) (Ilustración 4), más un calibrador de ruido previamente calibrado.

EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DEL USO DE PAPEL Y CARTÓN RECICLABLE DE HOGARES DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO COMO MÉTODO DE INSONORIZACIÓN DE RUIDO AMBIENTAL A TRAVÉS DE PRUEBAS EXPERIMENTALES



Ilustración 4: Sonómetro integrador calibrado

*(Fotografía: Guijarro P.)*

El micrófono del sonómetro se ubicó a una altura de 1,5 metros del suelo, y a una distancia de tres metros de la caja hermética de madera. El micrófono se colocó apuntando a la fuente en un ángulo de 45 grados (Ilustración 5).



Ilustración 5: Ubicación del sonómetro integrador

*(Fotografía: Guijarro P.)*

Se realizaron mediciones con sonidos graves y agudos por parte del emisor acústico, para los siguientes tipos de ruido: residual (fondo); blanco (parlante); caja MDF sin ningún panel insonorizantes; caja MDF con cada uno de los tres paneles insonorizantes de papel periódico; caja MDF con panel insonorizante de cartón. De estos se tomaron diez mediciones de ruido en dB A en intervalos de un minuto por medición durante cinco días.

Se obtuvo el nivel de ruido continuo equivalente ( $L_{eq}$ ) de manera automática en dB A. Para el nivel de presión sonora equivalente se utilizó la Ecuación 1 en función de promediar los datos, en donde  $NPS_i$  corresponde a los datos obtenidos de la medición. Cuando estos estuvieron promediados, se los corrigió mediante la Ecuación 2 de factor de corrección (K), en donde  $\Delta L =$  ruido total promedio – ruido residual promedio.

$$NPSeq = 10 * \log \Sigma (P_i) 10^{\frac{NPS_i}{10}}$$

Ecuación 1: Nivel de Presión Sonora Equivalente (*Acuerdo Ministerial 097-A, 2015*)

$$K = -10 \log(1 - 10^{-0.1\Delta L})$$

Ecuación 2: Factor de corrección (*Acuerdo Ministerial 097-A, 2015*)

Para el análisis económico, se realizó una aproximación del costo del panel con material reciclado; a través de precios de materia prima: papel periódico, cartón, agua, harina y cola blanca, de equipos: bandejas y recipientes, y de mano de obra, además de variables secundarias como arriendo, agua y energía eléctrica, en función de obtener un costo global. Esta información se comparó con el precio ofertado en el mercado, de empresas que ofrecen opciones de paneles de insonorización para fuentes fijas de ruido con características de densidad y geometría similares a los realizados de material reciclable, para definir la mejor opción.

*Análisis estadístico*

Se calculó el porcentaje de insonorización mediante una comparación entre el valor tomado en la caja blanco, con respecto a la caja con los diferentes prototipos.

Se realizó la desviación estándar de los datos corregidos y promediados del Nivel de Presión Sonora equivalente (NPSeq), para representar y comparar el comportamiento de los paneles insonorizantes ante sonidos graves y sonidos agudos.

## Resultados

### 1. Caracterización del material

#### Papel periódico

Dentro del papel periódico obtenido, se hallaron dos medidas de hojas. En la Tabla 2 se definen como Hoja 1 y Hoja 2, correspondientes a los dos tamaños de papel periódico utilizados.

Tabla 2: Caracterización del papel

| Hojas de papel periódico | Masa (g) | Largo (cm) | Ancho (cm) | Altura (cm) | Volumen (cm <sup>3</sup> ) | Densidad (g/cm <sup>3</sup> ) |
|--------------------------|----------|------------|------------|-------------|----------------------------|-------------------------------|
| Hoja 1                   | 14       | 56         | 56         | 0,008       | 25                         | 0,56                          |
| Hoja 2                   | 7        | 56         | 28         | 0,008       | 12,5                       | 0,56                          |

(Realizado por: Guijarro P.)

Se utilizaron 435 hojas de papel periódico correspondientes al tamaño de Hoja 1, equivalente a un peso de 6090 g (6,1 kg).

Para calcular el volumen de uso dentro del relleno sanitario, se realizaron pruebas que determinaron que dependiendo de la forma en que se disponga el material, este incrementa su volumen. Así para 136 hojas medidas experimentalmente, se obtuvo una altura de 2,2 cm, mientras que, en base a los datos teóricos del papel periódico, al multiplicar 136 hojas por una altura de 0,008 cm, se obtiene un valor de 1,09 cm. Se concluye que el volumen incrementa en un 101,83%, cuando este se encuentra en los hogares, luego de haber sido leídos y apilados sin compactación.

Se utiliza la fórmula de densidad, en función de obtener el volumen. La masa total es 6,1 kg, y la densidad es 560 kg/m<sup>3</sup>, obteniéndose un volumen de 0,011 m<sup>3</sup>.

Haciendo la corrección del 101,83% de incremento en volumen, se obtuvo que el volumen final a disponer es mínimo de 0,022 m<sup>3</sup>.

Por tanto, por cada tonelada de papel periódico reutilizado, se lograría reducir la acumulación de este desecho en el relleno sanitario en 3,61 m<sup>3</sup>.

El cartón que se obtuvo se clasificó en tres tipos de cubetas de huevos, de acuerdo con la empresa fabricante; siendo eliminada una de ellas por tener orificios en sus elevaciones, y se trabajó con las otras dos, por tener características similares.

Las características del cartón (Tabla 3) se obtuvieron de la ficha técnica de la bandeja Superior fabricada mediante el proceso de moldeo con pulpa de celulosa proveniente de materiales recuperados. Esta bandeja puede almacenar 30 unidades de huevos grandes definidos en la Norma NTE INEN 1973.

El dato del volumen se obtuvo experimentalmente, por el principio de Arquímedes.

Tabla 3: Caracterización de cartón

| Cubeta | Masa (g) | Largo (cm) | Ancho (cm) | Volumen (cm <sup>3</sup> ) | Densidad (g/cm <sup>3</sup> ) |
|--------|----------|------------|------------|----------------------------|-------------------------------|
| 1      | 64 +/- 2 | 29,5 +/- 2 | 29,5 +/- 2 | 180                        | 0,35                          |

(Realizado por: Guijarro P.)

Con un total de 10 cubetas de huevos se armaron los seis paneles insonorizantes, correspondiendo a un peso de 640 gramos (0,64 kg).

Se utilizó la fórmula de volumen, en donde el largo y ancho fueron 29,5 cm, y el espesor fue 0,12 cm, resultando un volumen de 104,43 cm<sup>3</sup>.

De manera práctica se obtuvo que seis cubetas de huevo dispuestas en orden tuvieron una altura de 6 cm, mientras que, en base a los datos teóricos al multiplicar las 6 bandejas por 0,12 cm de espesor, se obtuvo un valor de 0,72 cm. Se concluyó que el volumen incrementa en un 733,33%.

El peso de la cubeta es 64 g y el volumen que ocupa es 104,43 cm<sup>3</sup>, entonces cada tonelada de desecho de cubeta de huevo podría llegar a ocupar un espacio de 0,16 m<sup>3</sup> en el relleno sanitario. Con un incremento por la forma de disposición de un 733,33%, obteniéndose un valor de 135,97 m<sup>3</sup> por tonelada de cubetas de huevos.

## 2. Caracterización de paneles

Los paneles redujeron sus dimensiones en 4,25%, durante el proceso de secado, y tuvieron tendencia a deformarse. Esto obligó a modificar las dimensiones de la caja de madera, en base a los tamaños finales que se obtuvieron de los paneles.

La densidad fue el promedio de los seis paneles, con diferentes dimensiones y peso; para obtener el espesor se realizaron varias medidas y de estas se calculó un promedio.

La Tabla 4 muestra la caracterización del panel liso, en cuanto a masa, volumen, y la densidad promedio obtenida de los seis paneles insonorizantes. En la Ilustración 6 se observan los paneles lisos terminados.

Tabla 4: Caracterización de panel de papel liso

| Plancha | Masa (g) | Largo (cm) | Ancho (cm) | Altura (cm) | Volumen (cm <sup>3</sup> ) | Densidad (g/cm <sup>3</sup> ) |
|---------|----------|------------|------------|-------------|----------------------------|-------------------------------|
| 1       | 563      | 45         | 44,9       | 0,8         | 1616,40                    | 0,35                          |
| 2       | 765      | 44,9       | 44,9       | 0,9         | 1814,41                    | 0,42                          |
| 3       | 182      | 44,7       | 14,5       | 0,8         | 518,52                     | 0,35                          |
| 4       | 187      | 44,8       | 14,7       | 0,8         | 526,85                     | 0,35                          |
| 5       | 232      | 42,1       | 14,6       | 0,9         | 553,19                     | 0,42                          |
| 6       | 220      | 42,2       | 14,6       | 0,9         | 554,51                     | 0,40                          |

| Plancha           | Masa (g) | Largo (cm) | Ancho (cm) | Altura (cm) | Volumen (cm <sup>3</sup> ) | Densidad (g/cm <sup>3</sup> ) |
|-------------------|----------|------------|------------|-------------|----------------------------|-------------------------------|
| DENSIDAD PROMEDIO |          |            |            |             |                            | 0,38                          |

(Realizado por: Guijarro P.)



Ilustración 6: Panel de papel periódico liso

(Fotografía: Guijarro P.)

En la Tabla 5 se observan las características en cuanto a masa, volumen, y densidad promedio, de los paneles con forma geométrica de acordeón. En la Ilustración 7 se observan los paneles con forma geométrica terminados.

Tabla 5: Caracterización de panel de papel con forma geométrica de acordeón

| Plancha | Masa (g) | Largo (cm) | Ancho (cm) | Altura 1 (cm) | Altura 2 (cm) | Volumen (cm <sup>3</sup> ) | Densidad (g/cm <sup>3</sup> ) |
|---------|----------|------------|------------|---------------|---------------|----------------------------|-------------------------------|
| 1       | 625      | 44,7       | 44,7       | 0,6           | 1,2           | 1798,28                    | 0,35                          |
| 2       | 743      | 44,7       | 44,7       | 0,7           | 1,4           | 2097,99                    | 0,35                          |
| 3       | 240      | 44,6       | 14,1       | 0,7           | 1,4           | 660,30                     | 0,36                          |
| 4       | 254      | 44,6       | 14         | 0,8           | 1,5           | 718,06                     | 0,35                          |

EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DEL USO DE PAPEL Y CARTÓN RECICLABLE DE HOGARES DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO COMO MÉTODO DE INSONORIZACIÓN DE RUIDO AMBIENTAL A TRAVÉS DE PRUEBAS EXPERIMENTALES

| Plancha                  | Masa (g) | Largo (cm) | Ancho (cm) | Altura 1 (cm) | Altura 2 (cm) | Volumen (cm <sup>3</sup> ) | Densidad (g/cm <sup>3</sup> ) |
|--------------------------|----------|------------|------------|---------------|---------------|----------------------------|-------------------------------|
| 5                        | 257      | 41,5       | 14,2       | 0,9           | 1,6           | 736,63                     | 0,35                          |
| 6                        | 217      | 41,9       | 14,3       | 0,7           | 1,5           | 659,09                     | 0,33                          |
| <b>DENSIDAD PROMEDIO</b> |          |            |            |               |               |                            | <b>0,35</b>                   |

(Realizado por: Guijarro P.)

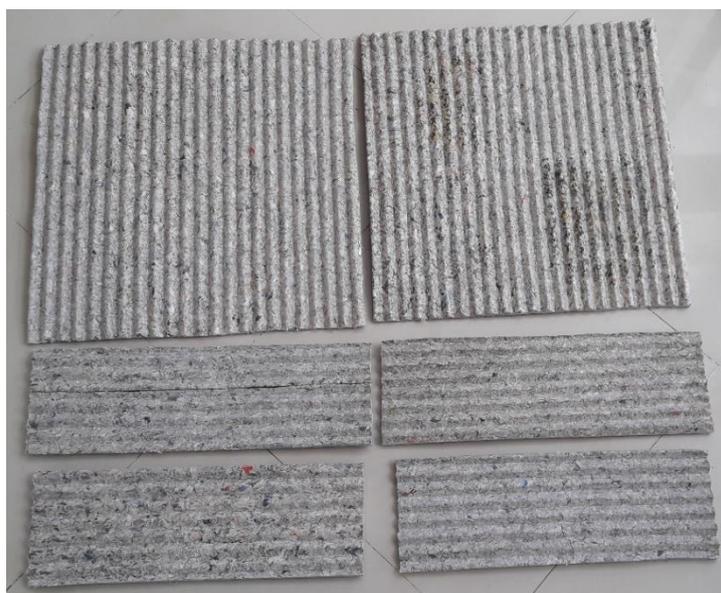


Ilustración 7: Panel de papel periódico con forma geométrica de acordeón

(Fotografía: Guijarro P.)

La Tabla 6 presenta las características en cuanto a masa, volumen, y densidad promedio, de los paneles con forma geométrica de acordeón dispuestos en tablero de ajedrez, como se observa en la Ilustración 8 en donde se muestran los paneles terminados.

Tabla 6: Caracterización de panel de papel con forma geométrica de acordeón dispuesto en tablero de ajedrez

| Plancha | Masa (g) | Largo (cm) | Ancho (cm) | Altura 1 (cm) | Altura 2 (cm) | Volumen (cm <sup>3</sup> ) | Densidad (g/cm <sup>3</sup> ) |
|---------|----------|------------|------------|---------------|---------------|----------------------------|-------------------------------|
| 1       | 514      | 44,7       | 44,5       | 0,5           | 1,3           | 1790,24                    | 0,29                          |

EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DEL USO DE PAPEL Y CARTÓN RECICLABLE DE HOGARES DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO COMO MÉTODO DE INSONORIZACIÓN DE RUIDO AMBIENTAL A TRAVÉS DE PRUEBAS EXPERIMENTALES

| Plancha                  | Masa (g) | Largo (cm) | Ancho (cm) | Altura 1 (cm) | Altura 2 (cm) | Volumen (cm <sup>3</sup> ) | Densidad (g/cm <sup>3</sup> ) |
|--------------------------|----------|------------|------------|---------------|---------------|----------------------------|-------------------------------|
| 2                        | 637      | 44,7       | 44,8       | 0,7           | 1,5           | 2202,82                    | 0,29                          |
| 3                        | 226      | 44,7       | 13,9       | 0,6           | 1,5           | 652,40                     | 0,35                          |
| 4                        | 185      | 44,8       | 14,1       | 0,5           | 1,2           | 536,93                     | 0,34                          |
| 5                        | 203      | 42,2       | 14         | 0,6           | 1,3           | 561,26                     | 0,36                          |
| 6                        | 217      | 41,9       | 14         | 0,7           | 1,5           | 645,26                     | 0,34                          |
| <b>DENSIDAD PROMEDIO</b> |          |            |            |               |               |                            | <b>0,33</b>                   |

(Realizado por: Guijarro P.)



Ilustración 8: Panel de papel periódico con forma geométrica de acordeón dispuesto en tablero de ajedrez

(Fotografía: Guijarro P.)

En la Tabla 7, se expone el resultado de las características de masa, volumen, y densidad promedio, de los paneles de cartón. La Ilustración 9 muestra los paneles terminados.

Tabla 7: Caracterización de panel cartón

| Plancha           | Masa (g) | Largo (cm) | Ancho (cm) | Área (cm <sup>2</sup> ) | Densidad (g/cm <sup>3</sup> ) |
|-------------------|----------|------------|------------|-------------------------|-------------------------------|
| 1                 | 173      | 45         | 45         | 2025                    | 0,41                          |
| 2                 | 174      | 45         | 45         | 2025                    | 0,42                          |
| 3                 | 34       | 45         | 9,5        | 427,5                   | 0,38                          |
| 4                 | 31       | 45         | 9,5        | 427,5                   | 0,35                          |
| 5                 | 27       | 39,5       | 9,2        | 363,4                   | 0,36                          |
| 6                 | 28       | 40         | 9,5        | 380                     | 0,36                          |
| DENSIDAD PROMEDIO |          |            |            |                         | 0,38                          |

(Realizado por: Guijarro P.)



Ilustración 9: Panel cubeta de huevos

(Fotografía: Guijarro P.)

Finalmente, se realizó una tabla resumen (Tabla 8) en donde se condensa la información de densidades obtenidas por panel.

Tabla 8: Densidad de paneles insonorizantes

|                               | Panel liso | Panel acordeón | Panel acordeón ajedrez | Cubetas de huevo |
|-------------------------------|------------|----------------|------------------------|------------------|
| Densidad (kg/m <sup>3</sup> ) | 382,00     | 349,51         | 327,54                 | 379,84           |

(Realizado por: Guijarro P.)

Dentro de la Tabla 8, se puede observar que el panel con mayor densidad es el panel liso, seguido del panel de cubetas de huevo; se esperaría el mayor porcentaje de insonorización en el panel liso por su densidad y espesor.

### 3. Medición de ruido

Por medio de un sonómetro integrador calibrado, se obtuvieron diez mediciones del nivel de ruido continuo equivalente (Leq), expresado en dbA, que mediante la Ecuación 3 se promediaron, en función de conseguir un único dato de presión sonora equivalente, para una posterior corrección de datos.

$$NPSeq = 10 * \log \Sigma (Pi) 10^{\frac{NPSi}{10}}$$

Ecuación 3: Nivel de presión sonora equivalente (*Acuerdo Ministerial 097-A, 2015*)

Los resultados experimentales sin corrección, para sonidos graves se presentan en la Tabla 9 y para sonidos agudos en la Tabla 10.

Tabla 9: Nivel de Presión Sonora equivalente con sonido grave

| Medición de sonido grave (dBA) |          |        |                         |            |                |                        |                  |
|--------------------------------|----------|--------|-------------------------|------------|----------------|------------------------|------------------|
|                                | Residual | Blanco | Sin panel insonorizante | Panel Liso | Panel acordeón | Panel acordeón ajedrez | Cubetas de huevo |
| NPSeq Día 1                    | 34,39    | 67,16  | 51,58                   | 44,91      | 46,84          | 44,89                  | 51,82            |
| NPSeq Día 2                    | 35,03    | 68,56  | 51,59                   | 44,55      | 48,77          | 44,39                  | 45,97            |
| NPSeq Día 3                    | 35,36    | 67,55  | 52,97                   | 44,60      | 46,21          | 46,34                  | 46,01            |
| NPSeq Día 4                    | 35,90    | 66,50  | 50,39                   | 45,09      | 43,42          | 43,84                  | 47,42            |
| NPSeq Día 5                    | 34,46    | 65,49  | 49,89                   | 44,30      | 43,62          | 44,06                  | 48,32            |

(Realizado por: Guijarro P.)

Tabla 10: Nivel de Presión Sonora equivalente con sonido agudo

| Medición de sonido agudo (dBA) |          |        |                         |            |                |                        |                  |
|--------------------------------|----------|--------|-------------------------|------------|----------------|------------------------|------------------|
|                                | Residual | Blanco | Sin panel insonorizante | Panel Liso | Panel acordeón | Panel acordeón ajedrez | Cubetas de huevo |
| NPSeq Día 1                    | 34,39    | 77,90  | 58,95                   | 48,95      | 51,65          | 50,07                  | 50,17            |
| NPSeq Día 2                    | 35,03    | 75,73  | 59,03                   | 48,17      | 52,95          | 50,26                  | 52,51            |
| NPSeq Día 3                    | 35,36    | 76,13  | 59,46                   | 48,67      | 52,28          | 50,00                  | 51,16            |
| NPSeq Día 4                    | 35,90    | 74,73  | 58,04                   | 49,06      | 50,28          | 48,44                  | 50,61            |
| NPSeq Día 5                    | 34,46    | 74,84  | 58,94                   | 48,55      | 51,40          | 50,57                  | 51,41            |

(Realizado por: Guijarro P.)

La corrección de datos, se hace mediante la Ecuación 4, en donde,  
 $\Delta L = \text{ruido total promedio} - \text{ruido residual promedio}$ .

$$K = -10 \log(1 - 10^{-0.1\Delta L})$$

Ecuación 4: Factor de corrección (K) (Acuerdo Ministerial 097-A, 2015)

A continuación, en la Tabla 11 se ejemplifica la corrección de ruido blanco:

Tabla 11: Ruido corregido, mediante el factor K

|                | Residual | Blanco  | $\Delta L$ | $-0,1\Delta L$ | $(1-10^{(-0.1\Delta L)})$ | $\log(1-10^{(-0.1\Delta L)})$ | $-10 \log(1-10^{(-0.1\Delta L)})$ | Blanco corregido |
|----------------|----------|---------|------------|----------------|---------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|------------------|
| NPSeq<br>Día 1 | 34,3883  | 77,9043 | 43,5160    | -4,3516        | 1,0000                    | -0,00002                      | 0,00019                           | 77,9041          |
| NPSeq<br>Día 2 | 35,0321  | 75,7306 | 40,6985    | -4,0698        | 0,9999                    | -0,00004                      | 0,00037                           | 75,7302          |
| NPSeq<br>Día 3 | 35,3618  | 76,1337 | 40,7719    | -4,0772        | 0,9999                    | -0,00004                      | 0,00036                           | 76,1333          |
| NPSeq<br>Día 4 | 35,8959  | 74,7312 | 38,8353    | -3,8835        | 0,9999                    | -0,00006                      | 0,00057                           | 74,7306          |
| NPSeq<br>Día 5 | 34,4570  | 74,8405 | 40,3835    | -4,0383        | 0,9999                    | -0,00004                      | 0,00040                           | 74,8401          |

(Realizado por: Guijarro P.)

Se utilizó el mismo formato Excel con fórmulas para conseguir datos corregidos de los seis tipos de ruido medidos. Dentro de la Tabla 12 se muestra el NPSeq corregido para sonidos graves, mientras que la Tabla 13 expone para sonidos agudos.

Tabla 12: Nivel de Presión Sonora equivalente corregido con sonido grave

| Medición de sonido grave corregido (dBA) |        |           |            |                |                        |                  |
|--|--------|-----------|------------|----------------|------------------------|------------------|
|  | Blanco | Sin panel | Panel liso | Panel acordeón | Panel acordeón ajedrez | Cubetas de huevo |
| NPSeq<br>Día 1                           | 67,16  | 51,50     | 44,51      | 46,58          | 44,48                  | 51,74            |
| NPSeq<br>Día 2                           | 68,56  | 51,50     | 44,03      | 48,58          | 43,85                  | 45,60            |
| NPSeq<br>Día 3                           | 67,55  | 52,89     | 44,05      | 45,83          | 45,98                  | 45,62            |
| NPSeq<br>Día 4                           | 66,50  | 50,23     | 44,53      | 42,58          | 43,08                  | 47,10            |
| NPSeq<br>Día 5                           | 65,48  | 49,76     | 43,83      | 43,06          | 43,56                  | 48,14            |

(Realizado por: Guijarro P.)

Tabla 13: Nivel de Presión Sonora equivalente corregido con sonido agudo

| Medición de sonido agudo corregido (dBA) |        |           |            |                |                        |                  |
|--|--------|-----------|------------|----------------|------------------------|------------------|
|  | Blanco | Sin panel | Panel liso | Panel acordeón | Panel acordeón ajedrez | Cubetas de huevo |
| NPSeq Día 1                              | 77,90  | 58,94     | 48,79      | 51,57          | 49,95                  | 50,05            |
| NPSeq Día 2                              | 75,73  | 59,02     | 47,96      | 52,88          | 50,13                  | 52,43            |
| NPSeq Día 3                              | 76,13  | 59,44     | 48,46      | 52,20          | 49,85                  | 51,04            |
| NPSeq Día 4                              | 74,73  | 58,02     | 48,85      | 50,12          | 48,20                  | 50,46            |
| NPSeq Día 5                              | 74,84  | 58,92     | 48,38      | 51,31          | 50,47                  | 51,32            |

(Realizado por: Guijarro P.)

Finalmente, con los datos corregidos, se calculó el promedio del NPSeq de sonidos graves y agudos con la misma Ecuación 3, como se muestra en la Tabla 14.

Tabla 14: Nivel de Presión Sonora Equivalente en sonidos graves y agudos

| NPSeq (dBA) |        |           |            |                |                        |                  |
|-------------|--------|-----------|------------|----------------|------------------------|------------------|
| Sonido      | Blanco | Sin panel | Panel liso | Panel acordeón | Panel acordeón ajedrez | Cubetas de huevo |
| Grave       | 67,17  | 51,32     | 44,20      | 45,89          | 44,31                  | 48,31            |
| Agudo       | 76,03  | 58,89     | 48,50      | 51,71          | 49,78                  | 51,14            |

(Realizado por: Guijarro P.)

Cuando se utilizó únicamente la caja hermética, se redujo el ruido para sonidos graves en 15,85 dBA, mientras que para sonidos agudos disminuyó en 17,14 dBA.

La reducción de ruido neta de los paneles fueron: para el panel liso en sonidos graves, 7,12 dBA, mientras que en sonidos agudos, 10,39 dBA; para el panel con forma geométrica de acordeón se redujo el ruido en sonidos graves en 5,43 dBA, y en sonidos agudos en 7,18 dBA; mientras que el panel dispuesto en forma de acordeón redujo el ruido en 7,01 dBA en sonidos graves, y en sonidos agudos se redujo en 9,11 dBA; finalmente, las cubetas de huevo redujeron 3,01 dBA en sonidos graves y 7,75 dBA en sonidos agudos.

La mayor reducción de ruido en decibeles para los cuatro tipos de paneles se obtuvo en la prueba con sonidos agudos. El panel liso tuvo mayor disminución de ruido tanto en sonidos graves como agudos.

Los datos promediados se utilizaron para la comparación de paneles de papel periódico y cubetas de huevo, con respecto al blanco (parlante), obteniéndose el porcentaje de insonorización presentado en la Tabla 15.

Tabla 15: Porcentaje de insonorización por panel y tipo de sonido

| Porcentaje de insonorización por panel |          |            |                |                        |                  |
|--|----------|------------|----------------|------------------------|------------------|
| Sonido                                 | Caja MDF | Panel liso | Panel acordeón | Panel acordeón ajedrez | Cubetas de huevo |
| Grave                                  | 23,60%   | 10,60%     | 8,07%          | 10,43%                 | 4,48%            |
| Agudo                                  | 22,54%   | 13,67%     | 9,44%          | 11,98%                 | 10,19%           |

(Realizado por: Guijarro P.)

La Tabla 15, muestra que todos los paneles tienen mayor porcentaje de insonorización en ruidos agudos, que en graves. El panel liso con respecto a los otros tres paneles tiene el porcentaje de insonorización más alto, esto debido a que su densidad es también mayor (Tabla 8). El siguiente panel con mayor insonorización, es el panel con forma geométrica de

acordeón dispuesto en ajedrez; a pesar este panel tiene la menor densidad comparado con los otros tres.

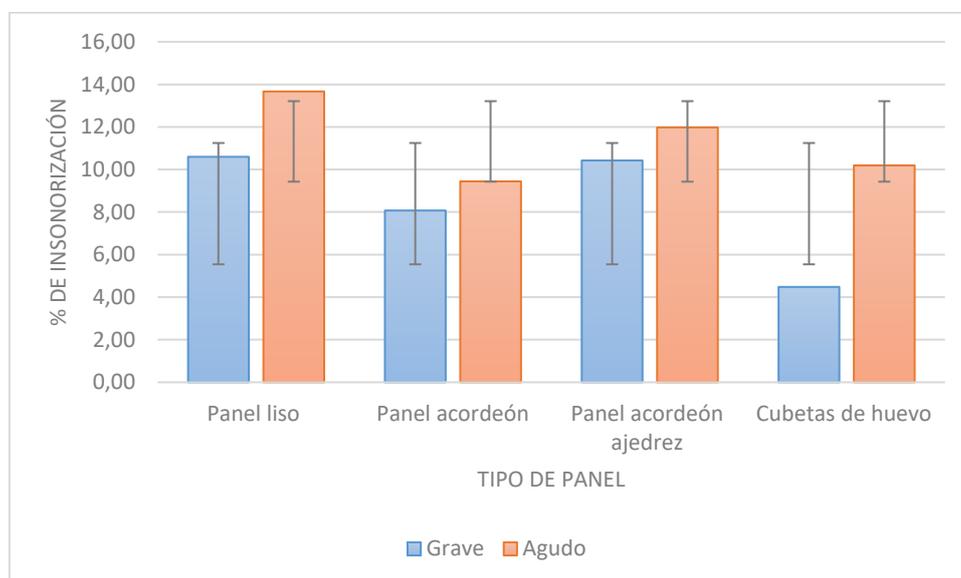


Ilustración 10: Porcentaje de insonorización de acuerdo al tipo de panel, para sonidos graves y agudos

(Realizado por: Guijarro P.)

En la Ilustración 10 se puede observar que tiende a disminuir la insonorización por tipo de panel, siendo mayoritariamente insonorizante el panel liso, mientras que la cubeta de huevo tiene la menor insonorización, tanto para sonidos graves como agudos.

Las barras de desviación estándar, muestran que tan dispersos están los datos en relación a la media, así se puede ver que, en sonidos graves, las cubetas de huevo tienen un porcentaje de insonorización menor a la media, mientras que en sonidos agudos corresponde al panel tipo acordeón.

#### 4. Análisis estadístico

##### Desviación estándar

La Tabla 16 muestra la desviación estándar obtenida por tipo de ruido medido. La Tabla 17 expresa la medición para sonidos agudos y graves, más su desviación estándar.

Tabla 16: Desviación estándar de NPSeq de sonidos grave y agudo

| Sonido | Blanco | Sin panel | Panel liso | Panel acordeón | Panel acordeón ajedrez | Cubetas de huevo |
|--------|--------|-----------|------------|----------------|------------------------|------------------|
| Grave  | 1,15   | 1,23      | 0,32       | 2,51           | 1,12                   | 2,53             |
| Agudo  | 1,28   | 0,52      | 0,36       | 1,03           | 0,88                   | 0,91             |

(Realizado por: Guijarro P.)

Tabla 17: Desviación estándar de NPSeq

| NPSeq  |              |              |             |                |                        |                  |
|--------|--------------|--------------|-------------|----------------|------------------------|------------------|
| Sonido | Blanco       | Sin panel    | Panel liso  | Panel acordeón | Panel acordeón ajedrez | Cubetas de huevo |
| Grave  | 67,17 ± 1,15 | 51,32 ± 1,23 | 44,2 ± 0,32 | 45,89 ± 2,51   | 44,31 ± 1,12           | 48,31 ± 2,53     |
| Agudo  | 76,03 ± 1,28 | 58,89 ± 0,52 | 48,5 ± 0,36 | 51,71 ± 1,03   | 49,78 ± 0,88           | 51,14 ± 0,91     |

(Realizado por: Guijarro P.)

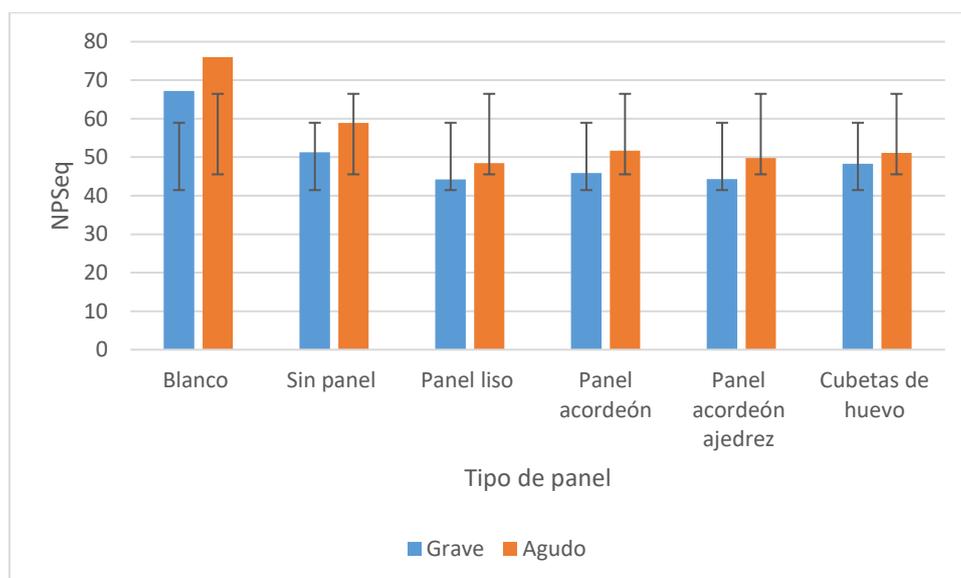


Ilustración 11: Desviación estándar de NPSeq

(Realizado por: Guijarro P.)

Se observó que se obtuvieron desviación de datos en paneles que tienen formas o que siguen patrones geométricos, como es el caso de la cubeta de huevos, o el panel acordeón.

En general, las desviaciones se produjeron por factores externos a los paneles, como la idoneidad del área en donde se experimentó, los diferentes horarios de toma de muestras afectados por el ruido ambiental, la variación en el ajuste de los paneles a la caja para las mediciones.

##### 5. Análisis económico

Para el cálculo del costo del metro cuadrado de panel insonorizante, se consideraron como variables primarias las siguientes:

- Material: Referente al papel o cartón, expresado en kilogramos, además del adherente sea harina para engrudo o cola blanca.

- Equipos: Referente a los moldes de compresión y los recipientes de mezcla.
- Mano de obra: Se consideró el sueldo básico mensual unificado de una persona para el cálculo.

Dentro de las variables secundarias, se consideraron los gastos mensuales que se requerirían por metro cuadrado de panel insonorizante, entre estas se hallaron transporte, agua, y arriendo.

Considerando las variables primarias y secundarias, se obtuvo el siguiente costo total para cada tipo de panel, en donde se incluyó un imprevisto del 10%, para obtener el valor total final.

Tabla 18: Costo de paneles insonorizantes

| COSTO (USD/m <sup>2</sup> ) | Panel Liso   | Panel acordeón | Panel acordeón ajedrez | Cubetas de huevo |
|-----------------------------|--------------|----------------|------------------------|------------------|
| SUBTOTAL                    | 12,96        | 18,63          | 22,76                  | 4,52             |
| Imprevistos                 | 1,30         | 1,86           | 2,28                   | 0,45             |
| <b>TOTAL</b>                | <b>14,26</b> | <b>20,49</b>   | <b>25,03</b>           | <b>4,97</b>      |

(Realizado por: Guijarro P.)

La Tabla 18, muestra que el mayor valor total por metro cuadrado de panel es del panel acordeón dispuesto en ajedrez, esto porque requiere más tiempo de trabajo manual, mientras que los paneles de cubetas de huevo requieren un mínimo de tiempo, y el costo de la materia prima nueva es mínimo.

## Discusión

De acuerdo a la Consultoría para la Realización de un Estudio de Caracterización de RSU para el DMQ, realizada por Castillo, se halló que el papel conforma el 5,62% y el cartón el 2,95% de residuos sólidos urbanos del Distrito Metropolitano de Quito del área urbana y rural para el año 2012. Además de que estos son parte del 24% de residuos potencialmente reciclables, mayoritariamente generados en instituciones y centros educativos (Castillo Pazmiño, 2012). El papel conforma 112,04 toneladas de residuos al día, para el año 2012; el reuso de cada tonelada de papel periódico reduciría la acumulación del desecho en 3,61 m<sup>3</sup> de volumen de relleno sanitario.

El factor másico permitirá que el panel insonorizante absorba un mayor porcentaje de ruido; a mayor masa, mayor es la resistencia que se opone al choque de la onda sonora y mayor es la atenuación de ruido (Ibarra & Ortiz, 2014). Dentro del artículo de revista de Frutos y Olaya (Frutos & Olaya, n.d.), se experimentan diferentes espesores de ladrillos de espuma de poliuretano con una densidad de inicial de 30 kg/m<sup>3</sup>. Cuando se le adhiere uno a dos centímetros de poliuretano, aumenta su espesor con una mejora de aislamiento acústico; consiguiendo aumentar en 7dB el índice de reducción sonora con dos centímetros de proyección de espuma. A pesar de esto no se le contribuye totalmente el aislamiento a la ley de masas, sino al sellado del material.

La reducción de ruido del panel liso, de un centímetro de espesor para sonidos graves fue de 7,12 dBA, mientras que en sonidos agudos fue de 10,39 dBA, comparado con la espuma de poliuretano que con dos centímetros de espesor reduce 7dB el panel liso tendría una mejor reducción de ruido con menor espesor de material.

El coeficiente de reducción de ruido es el valor medio de los coeficientes de absorción para las frecuencias de 250, 500, 1000 y 2000 Hz. Los coeficientes de absorción acústica para los materiales más usados son, para la lana de roca de 5cm de espesor 0,73 y para la misma de 10 cm de espesor 0,85; para la lana de vidrio de 5 cm y 10 cm de espesor 0,85 y 0,95 respectivamente; estos dos materiales tendrían la estructura más cercana a los paneles realizados, ya que están formados por una sola capa del material, de igual manera se observa que el incremento del espesor del material, aumenta el coeficiente de absorción acústica (Del Castillo, 2017).

La propuesta de aprovechamiento del residuo industrial etil vinil acetato (EVA), como material insonorizante (Moscoso, 2020), bajo la misma metodología de la presente tesis, arrojó los porcentajes de insonorización exhibidos en la Tabla 19.

Tabla 19: Porcentaje de insonorización de EVA

| Porcentaje de insonorización por panel |         |       |       |        |
|--|---------|-------|-------|--------|
| Sonido                                 | SIN EVA | EVA1  | EVA 2 | EVA 3  |
| Grave                                  | 12,12%  | 6,06% | 9,28% | 10,90% |
| Agudo                                  | 21,25%  | 5,77% | 6,03% | 8,52%  |

Fuente: (Moscoso, 2020)

El material EVA utilizado, fue capaz de reducir mayormente el ruido en sonidos graves, en comparación de los paneles insonorizantes realizados con papel periódico que redujeron mayormente sonidos agudos. La densidad promedio del EVA 3, fue  $160 \text{ kg/m}^3$ , razón por la que este material tuvo mayor porcentaje de insonorización; se cumplió el mismo principio que en el panel liso hecho de papel periódico.

Al comparar la Tabla 8 y Tabla 15, se verificó que la mayor masa tiene el panel liso con estructura sólida, esto le confirió un mayor porcentaje de insonorización en comparación con los otros tres paneles; debido a la mayor resistencia que se opone al choque de la onda sonora.

Dentro del artículo de Sung Song et al. (Song et al., 2020) sobre la aplicación de materiales insonorizantes para la reducción de ruido en máquinas de fresado dentales, se obtuvo la alfombrilla tripe insonorizante (butilo, aluminio y material insonorizante) como el mejor aislante de ruido, entre otras seis opciones, entre estas la esponja insonorizante. La adhesión de un aislante térmico permitió una mayor absorción de ruido (Ilustración 12).

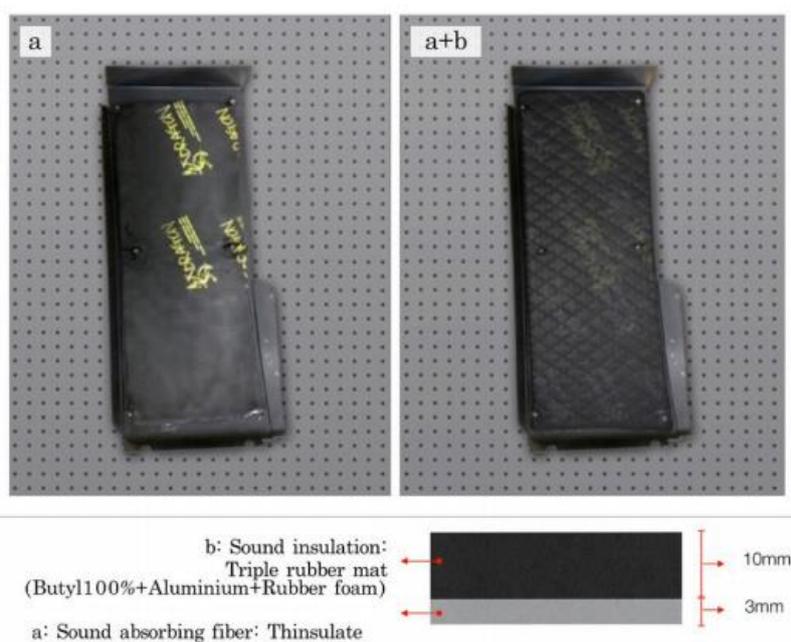


Ilustración 12: Material insonorizante

Fuente: (Song et al., 2020)

Tabla 20: Nivel de reducción de ruido

|                              | Sin material insonorizante | Alfombrilla tripe insonorizante | Aislante térmico + Alfombrilla tripe insonorizante |
|------------------------------|----------------------------|---------------------------------|--|
| Nivel de ruido promedio (dB) | 78,7                       | 73,8                            | 70,4   |

Fuente: (Song et al., 2020)

La alfombrilla tripe insonorizante, con un espesor de un centímetro (Ilustración 12), logró reducir 4,9 dB, mientras que la adhesión de un aislante térmico de 0,3 centímetros redujo el ruido en 8,3 dB, como se muestra en la Tabla 20. El panel liso de espesor de un centímetro disminuyó en sonidos graves 7,12 dBA, y en agudos 10,39 dBA; para los dos casos el nivel de insonorización fue mayor comparado con la alfombrilla tripe insonorizante; se entiende que el material es la variable que determinará el nivel de insonorización.

Por el tipo de sonómetro utilizado, no se pudo cambiar frecuencias para obtener un valor real de coeficiente de absorción acústica, a pesar de esto de acuerdo a la Tabla 15 de porcentajes de insonorización, el panel liso hecho a base de papel periódico tuvo un porcentaje de insonorización de 10,60% para sonidos graves y 13,67% para sonidos agudos. De acuerdo a la Tabla 1 de propiedades acústicas de materiales, se observa que la lana de roca tiene un porcentaje de insonorización de 80%, al igual que la lana de vidrio, y la acustifibra de un 70% (Ibarra & Ortiz, 2014). Los paneles hechos a base de material reciclado, alcanzaron porcentajes de insonorización mínimos con respecto a materiales industrializados, esto se debió netamente al material, su composición y densidad.

La reducción de acumulación de desechos en el relleno sanitario, es mayor para el desecho de EVA, esto debido a que ocupa mayor volumen; una tonelada de EVA 1 usado, equivale a

10 m<sup>3</sup> de volumen de relleno sanitario, mientras que para el EVA 2 serían 4,69 m<sup>3</sup> y para el EVA 3 6,25 m<sup>3</sup> (Moscoso, 2020). Mientras que el volumen de papel es mínimo en comparación, se habla de 3,61 m<sup>3</sup>, por tonelada de papel, y las cubetas por su forma geométrica y disposición ocuparían un volumen de 135,97 m<sup>3</sup>. Así aprovechar el residuo industrial EVA, tendría un mayor impacto en la gestión de este desecho, ya que no es reciclable, mientras que el papel periódico puede tener varios usos en el reciclaje.

La evaluación técnica de los paneles tiene como resultado que el panel liso sería el mejor para insonorización. El costo económico es de 14,26 dólares por metro cuadrado; mediante la experimentación se demuestra que se pueden fabricar tres paneles de un metro cuadrado cada uno, en un día. El valor económico de la materia prima: papel periódico, es insignificante en el mercado.

En relación a la Tabla 1, se encuentra que el metro cuadrado de los materiales industrializados, como son la lana de roca y la lana de vidrio, tienen un costo de 9,50 y 4,50 dólares respectivamente (Ibarra & Ortiz, 2014). Estos materiales presentan un costo menor, al tener procesos de producción que reducen el tiempo de fabricación, o requieren un menor número de operarios, mientras que, para los paneles de papel periódico, se ha experimentado con trabajo manual, requiriéndose mayor cantidad de tiempo, que incrementa su costo.

La espuma de poliuretano de alta densidad es el material más utilizado en el mercado de insonorización; este es un absorbente acústico, cuyo coeficiente de absorción de ruido varía entre 0,6 y 0,65; estos son menores a los coeficientes de absorción de lana de vidrio o lana de roca. En el mercado el valor del metro cuadrado de espuma de poliuretano varía entre 18 y 24 dólares.

El costo de producción del metro cuadrado de panel liso fue 14,26 dólares, este panel no se considera un producto terminado por ser combustible, a diferencia de la espuma de poliuretano que es retardante al fuego. Esto demuestra que a pesar de que el panel puede llegar a competir en el mercado, todavía hay costos que se deberán considerar dentro de la construcción del mismo, así como evaluaciones acústicas que quedan pendientes.

## Conclusiones

En la construcción de paneles, la formación de una masa homogénea, permitió evitar disgregaciones y fisuras, resultando un elemento de mejores características. El espesor, al colocar la masa dentro de los moldes en forma manual, tuvo como resultado diferentes valores en un mismo panel.

En cuanto a las mediciones de ruido, la densidad y el espesor de los paneles fueron las variables determinantes, siendo directamente proporcionales al potencial de insonorización. De acuerdo a los resultados obtenidos, la geometría no se considera una variable decisiva para la insonorización. Los paneles tanto de papel periódico, como de cubetas de huevo, redujeron mayormente las frecuencias altas (sonidos agudos).

Los paneles de insonorización, podrían competir por costo en el mercado, sin embargo, aún se puede optimizar las horas hombre, que son las que encarecen el producto final, mientras que el costo de materia prima es insignificante.

El papel periódico por naturaleza es combustible, por lo que la propuesta se puede considerar útil para usarse como un material absorbente, dispuesto entre dos capas de elementos resistentes al fuego, o como pantalla acústica; otra manera sería adherir una pintura ignífuga, pero esto encarecería el producto final. Mientras que, la evaluación técnica del uso de papel periódico como método de insonorización, no tuvo los mejores resultados, los porcentajes de insonorización son mínimos como para considerarse un material insonorizante.

De acuerdo con la investigación, se encontró que la demanda de materiales insonorizantes es mínima en relación a la oferta existente en el mercado, lo que confirma la poca o nula importancia que las empresas prestan al ruido ambiental.

El panel hecho a base de papel periódico y engrudo, no es un producto terminado por ser propenso a quemarse, tampoco reduce niveles de ruido en forma significativa, por lo que la idea no es viable, y el análisis de mercado sería innecesario al no cumplir con requisitos técnicos y de seguridad.

El aprovechamiento de papel y cartón mediante diversos proyectos, permite reducir el volumen de materiales reciclables y reusables dispuestos en el relleno sanitario.

## Referencias

### REFERENCIAS

Alarcón, I. (2020, April 1). *Reciclar es crucial en la emergencia sanitaria por el covid-19*.

<https://www.elcomercio.com/tendencias/hogares-reciclaje-desechos-emergencia-covid19.html>

Cajamarca, E., Bueno, W., & Jimbo, J. (2019). De cero a dinero: La basura como fuente principal para un negocio inclusivo de reciclaje en Cuenca – Ecuador. *Retos*, 9(17), 71–87. <https://doi.org/10.17163/ret.n17.2019.05>

Castillo Pazmiño, M. (2012). Consultoría para la realización de un estudio de caracterización de residuos sólidos urbanos domésticos y asimilables a domésticos para el distrito metropolitano de Quito. *Ecología*, 3(2), 27. [http://www.emaseo.gob.ec/documentos/pdf/Caracterizacion\\_residuos.pdf](http://www.emaseo.gob.ec/documentos/pdf/Caracterizacion_residuos.pdf)

Coral, K., Moromenacho, T., Moreta, A., Villalba, F., & Oviedo, J. E. (2020). Modelos estadísticos de ruido ambiental para el Distrito Metropolitano de Quito DMQ , mediante datos históricos del 2009 al 2015 , validados al 2019 , como herramienta de calidad ambiental Statistical models of environmental noise for the Metropolitan Dis. *Avances En Ciencias e Ingenierías*, 12(20), 42–65.

Coral, K., & Oviedo, J. (2019). *Tratamiento y Gestión de Residuos Sólidos y Suelos*.

Del Castillo, J. (2017). *Mitigación de los niveles de ruido por aislamiento acústico de la cabina del proceso de granallado en la empresa WEIR MINERALS VULCO PERÚ S.A.* Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.

EMASEO. (2018). *Índices de Gestión.*

[http://www.emaseo.gob.ec/documentos/2018/indices\\_gestion\\_diciembre2018EMASEO.htm](http://www.emaseo.gob.ec/documentos/2018/indices_gestion_diciembre2018EMASEO.htm)

Frutos, B., & Olaya, M. (n.d.). Contribución al aislamiento acústico de proyecciones de espuma rígida de poliuretano. *Resvita de Acústica*, XXXIII, 21–26.

García, A. (2014). *La contaminación acústica* (U. Valencia (ed.)).

Ibarra, D., & Ortiz, A. (2014). *Diseño y simulación de un sistema de insonorización y ventilación para cuartos de máquinas* [Universidad Politécnica Salesiana].  
<http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/5081/1/UPS-CYT00109.pdf>

INEC. (2018). *Boletín técnico N°-01-2019-ESPND.*

Innovación y Cualificación, S. L., & Target Asesores, S. L. (2016). Contaminación acústica. In I. Editorial (Ed.), *Experto en gestión medioambiental* (Segunda ed, pp. 229–279).

La Hora. (2018, September 3). *Quito recicla el 1% del 100% de basura que se genera cada día.*  
[https://www.lahora.com.ec/quito/noticia/1102183105/quito-recicla-el-1\\_-del-100\\_-de-basura-que-se-genera-cada-dia#:~:text=Del 100%25 de la basura,10%25 a escombros y chatarra.](https://www.lahora.com.ec/quito/noticia/1102183105/quito-recicla-el-1_-del-100_-de-basura-que-se-genera-cada-dia#:~:text=Del 100%25 de la basura,10%25 a escombros y chatarra.)

Lara, D., & Lescano, M. B. (2020, May 11). *Quito generó 600 toneladas diarias más de desechos durante la pandemia.* <https://www.planv.com.ec/historias/sociedad/quito-genero-600-toneladas-diarias-mas-desechos-durante-la-pandemia>

Acuerdo Ministerial 097-A, 60 (2015).

Moscoso, K. (2020). *APROVECHAMIENTO DEL RESIDUO INDUSTRIAL ETIL VINIL ACETATO EVA PARA SU USO EFICIENTE COMO MATERIAL INSONORIZANTE DE*

*RUIDO AMBIENTAL Y OCUPACIONAL*. Universidad Internacional SEK.

Ochoa, J., & Bolaños, F. (1990). *Medida y control del ruido* (Marcombo).

Pedredo González, A. (2013). La medición del ruido ambiental. In E. de la U. de C.- La Mancha (Ed.), *Innovación para el control del ruido ambiental* (pp. 99–118).

Rougeron, C. (1977). *Aislamiento acústico y térmico en la construcción* (Editores Técnicos Asociados S.A. (ed.)).

Sadhvani, J. (2015). *Gestión y tratamiento de residuos I*.

Sánchez-Pérez, J. (2013). Actuación en la propagación: pantallas basadas en cristales de sonido. In E. de la U. de C.- La Mancha (Ed.), *Innovación para el control del ruido ambiental* (pp. 253–258).

Song, E. S., Lim, Y. J., Lee, J., Moon, J. B., & Kim, B. (2020). Application of soundproofing materials for noise reduction in dental CAD/CAM milling machines. *Applied Sciences (Switzerland)*, 10(8). <https://doi.org/10.3390/APP10082768>

Vértice Publicaciones. (2008). *Gestión Medioambiental: Manipulación de residuos y productos químicos*.

Virginie, M. (2011a). El reciclaje. In *Los caminos del reciclaje* (N.E.ED edi, pp. 48–54).

Virginie, M. (2011b). Papel y cartón. In *Los caminos del reciclaje* (N.E.ED edi, pp. 165–183).

**Anexos**

**ANEXO A**

**ANEXO A-1. Medición de ruido de fondo (Día 1)**

| <b>Ruido de fondo</b> |               |                    |                |                   |                                 |
|-----------------------|---------------|--------------------|----------------|-------------------|---------------------------------|
| <b>Leq</b>            | <b>Pi (s)</b> | <b>Pi Fracción</b> | <b>NPSi/10</b> | <b>10 NPSi/10</b> | <b>Pi Fracción * 10 NPSI/10</b> |
| 35,50                 | 60,00         | 0,10               | 3,55           | 3548,13           | 354,81                          |
| 35,80                 | 60,00         | 0,10               | 3,58           | 3801,89           | 380,19                          |
| 33,40                 | 60,00         | 0,10               | 3,34           | 2187,76           | 218,78                          |
| 33,70                 | 60,00         | 0,10               | 3,37           | 2344,23           | 234,42                          |
| 34,10                 | 60,00         | 0,10               | 3,41           | 2570,40           | 257,04                          |
| 33,90                 | 60,00         | 0,10               | 3,39           | 2454,71           | 245,47                          |
| 34,20                 | 60,00         | 0,10               | 3,42           | 2630,27           | 263,03                          |
| 33,80                 | 60,00         | 0,10               | 3,38           | 2398,83           | 239,88                          |
| 34,80                 | 60,00         | 0,10               | 3,48           | 3019,95           | 302,00                          |
| 34,00                 | 60,00         | 0,10               | 3,40           | 2511,89           | 251,19                          |
| $\Sigma$              | 600,00        |                    |                |                   | 2746,81                         |
|                       |               |                    |                | Log               | 3,44                            |
|                       |               |                    |                | NPSeq             | 34,39                           |

**ANEXO A-2. Medición de ruido de sonidos graves (Día 1)**

| <b>Ruido grave blanco (parlante)</b> |               |                    |                |                   |                                 |
|--------------------------------------|---------------|--------------------|----------------|-------------------|---------------------------------|
| <b>Leq</b>                           | <b>Pi (s)</b> | <b>Pi Fracción</b> | <b>NPSi/10</b> | <b>10 NPSi/10</b> | <b>Pi Fracción * 10 NPSI/10</b> |
| 67,40                                | 60,00         | 0,10               | 6,74           | 5495408,74        | 549540,87                       |
| 67,20                                | 60,00         | 0,10               | 6,72           | 5248074,60        | 524807,46                       |
| 66,80                                | 60,00         | 0,10               | 6,68           | 4786300,92        | 478630,09                       |
| 67,20                                | 60,00         | 0,10               | 6,72           | 5248074,60        | 524807,46                       |
| 67,20                                | 60,00         | 0,10               | 6,72           | 5248074,60        | 524807,46                       |
| 67,10                                | 60,00         | 0,10               | 6,71           | 5128613,84        | 512861,38                       |
| 67,20                                | 60,00         | 0,10               | 6,72           | 5248074,60        | 524807,46                       |
| 67,00                                | 60,00         | 0,10               | 6,70           | 5011872,34        | 501187,23                       |
| 67,10                                | 60,00         | 0,10               | 6,71           | 5128613,84        | 512861,38                       |
| 67,40                                | 60,00         | 0,10               | 6,74           | 5495408,74        | 549540,87                       |
| $\Sigma$                             | 600,00        |                    |                |                   | 5203851,68                      |

|       |       |
|-------|-------|
| Log   | 6,72  |
| NPSeq | 67,16 |

| <b>Ruido grave sin panel insonorizante</b> |        |             |         |            |                          |
|--|--------|-------------|---------|------------|--------------------------|
| Leq  | Pi (s) | Pi Fracción | NPSi/10 | 10 NPSi/10 | Pi Fracción * 10 NPSI/10 |
| 51,30                                      | 60,00  | 0,10        | 5,13    | 134896,29  | 13489,63                 |
| 51,50                                      | 60,00  | 0,10        | 5,15    | 141253,75  | 14125,38                 |
| 51,40                                      | 60,00  | 0,10        | 5,14    | 138038,43  | 13803,84                 |
| 51,70                                      | 60,00  | 0,10        | 5,17    | 147910,84  | 14791,08                 |
| 51,40                                      | 60,00  | 0,10        | 5,14    | 138038,43  | 13803,84                 |
| 51,50                                      | 60,00  | 0,10        | 5,15    | 141253,75  | 14125,38                 |
| 51,60                                      | 60,00  | 0,10        | 5,16    | 144543,98  | 14454,40                 |
| 51,70                                      | 60,00  | 0,10        | 5,17    | 147910,84  | 14791,08                 |
| 51,70                                      | 60,00  | 0,10        | 5,17    | 147910,84  | 14791,08                 |
| 52,00                                      | 60,00  | 0,10        | 5,20    | 158489,32  | 15848,93                 |
| Σ  | 600,00 |             |         |            | 144024,65                |
|  |        |             |         | Log        | 5,16                     |
|  |        |             |         | NPSeq      | 51,58                    |

| <b>Ruido grave Panel liso</b> |        |             |         |            |                          |
|-------------------------------|--------|-------------|---------|------------|--------------------------|
| Leq                           | Pi (s) | Pi Fracción | NPSi/10 | 10 NPSi/10 | Pi Fracción * 10 NPSI/10 |
| 45,10                         | 60,00  | 0,10        | 4,51    | 32359,37   | 3235,94                  |
| 45,10                         | 60,00  | 0,10        | 4,51    | 32359,37   | 3235,94                  |
| 45,10                         | 60,00  | 0,10        | 4,51    | 32359,37   | 3235,94                  |
| 44,70                         | 60,00  | 0,10        | 4,47    | 29512,09   | 2951,21                  |
| 44,90                         | 60,00  | 0,10        | 4,49    | 30902,95   | 3090,30                  |
| 45,20                         | 60,00  | 0,10        | 4,52    | 33113,11   | 3311,31                  |
| 44,80                         | 60,00  | 0,10        | 4,48    | 30199,52   | 3019,95                  |
| 44,70                         | 60,00  | 0,10        | 4,47    | 29512,09   | 2951,21                  |
| 44,70                         | 60,00  | 0,10        | 4,47    | 29512,09   | 2951,21                  |
| 44,80                         | 60,00  | 0,10        | 4,48    | 30199,52   | 3019,95                  |
| Σ                             | 600,00 |             |         |            | 31002,95                 |
|                               |        |             |         | Log        | 4,49                     |
|                               |        |             |         | NPSeq      | 44,91                    |

EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DEL USO DE PAPEL Y CARTÓN RECICLABLE DE HOGARES DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO COMO MÉTODO DE INSONORIZACIÓN DE RUIDO AMBIENTAL A TRAVÉS DE PRUEBAS EXPERIMENTALES

| <b>Ruido grave Panel acordeón</b> |               |                    |                |                   |                                     |
|-----------------------------------|---------------|--------------------|----------------|-------------------|-------------------------------------|
| <b>Leq</b>                        | <b>Pi (s)</b> | <b>Pi Fracción</b> | <b>NPSi/10</b> | <b>10 NPSi/10</b> | <b>Pi Fracción *<br/>10 NPSi/10</b> |
| 47,30                             | 60,00         | 0,10               | 4,73           | 53703,18          | 5370,32                             |
| 47,00                             | 60,00         | 0,10               | 4,70           | 50118,72          | 5011,87                             |
| 46,80                             | 60,00         | 0,10               | 4,68           | 47863,01          | 4786,30                             |
| 46,90                             | 60,00         | 0,10               | 4,69           | 48977,88          | 4897,79                             |
| 46,90                             | 60,00         | 0,10               | 4,69           | 48977,88          | 4897,79                             |
| 46,60                             | 60,00         | 0,10               | 4,66           | 45708,82          | 4570,88                             |
| 47,00                             | 60,00         | 0,10               | 4,70           | 50118,72          | 5011,87                             |
| 46,50                             | 60,00         | 0,10               | 4,65           | 44668,36          | 4466,84                             |
| 46,90                             | 60,00         | 0,10               | 4,69           | 48977,88          | 4897,79                             |
| 46,40                             | 60,00         | 0,10               | 4,64           | 43651,58          | 4365,16                             |
| $\Sigma$                          | 600,00        |                    |                |                   | 48276,60                            |
|                                   |               |                    |                | Log               | 4,68                                |
|                                   |               |                    |                | NPSeq             | 46,84                               |

| <b>Ruido grave Panel acordeón ajedrez</b> |               |                    |                |                   |                                     |
|---|---------------|--------------------|----------------|-------------------|-------------------------------------|
| <b>Leq</b>                                | <b>Pi (s)</b> | <b>Pi Fracción</b> | <b>NPSi/10</b> | <b>10 NPSi/10</b> | <b>Pi Fracción *<br/>10 NPSi/10</b> |
| 45,50                                     | 60,00         | 0,10               | 4,55           | 35481,34          | 3548,13                             |
| 45,20                                     | 60,00         | 0,10               | 4,52           | 33113,11          | 3311,31                             |
| 45,20                                     | 60,00         | 0,10               | 4,52           | 33113,11          | 3311,31                             |
| 45,00                                     | 60,00         | 0,10               | 4,50           | 31622,78          | 3162,28                             |
| 45,10                                     | 60,00         | 0,10               | 4,51           | 32359,37          | 3235,94                             |
| 45,80                                     | 60,00         | 0,10               | 4,58           | 38018,94          | 3801,89                             |
| 44,90                                     | 60,00         | 0,10               | 4,49           | 30902,95          | 3090,30                             |
| 43,90                                     | 60,00         | 0,10               | 4,39           | 24547,09          | 2454,71                             |
| 44,00                                     | 60,00         | 0,10               | 4,40           | 25118,86          | 2511,89                             |
| 43,80                                     | 60,00         | 0,10               | 4,38           | 23988,33          | 2398,83                             |
| $\Sigma$                                  | 600,00        |                    |                |                   | 30826,59                            |
|   |               |                    |                | Log               | 4,49                                |
|   |               |                    |                | NPSeq             | 44,89                               |

| <b>Ruido grave Panel cubetas de huevo</b> |               |                    |                |                   |                                     |
|---|---------------|--------------------|----------------|-------------------|-------------------------------------|
| <b>Leq</b>                                | <b>Pi (s)</b> | <b>Pi Fracción</b> | <b>NPSi/10</b> | <b>10 NPSi/10</b> | <b>Pi Fracción *<br/>10 NPSi/10</b> |
| 50,80                                     | 60,00         | 0,10               | 5,08           | 120226,44         | 12022,64                            |
| 51,00                                     | 60,00         | 0,10               | 5,10           | 125892,54         | 12589,25                            |
| 51,30                                     | 60,00         | 0,10               | 5,13           | 134896,29         | 13489,63                            |
| 51,60                                     | 60,00         | 0,10               | 5,16           | 144543,98         | 14454,40                            |
| 51,60                                     | 60,00         | 0,10               | 5,16           | 144543,98         | 14454,40                            |
| 51,90                                     | 60,00         | 0,10               | 5,19           | 154881,66         | 15488,17                            |
| 52,10                                     | 60,00         | 0,10               | 5,21           | 162181,01         | 16218,10                            |
| 52,40                                     | 60,00         | 0,10               | 5,24           | 173780,08         | 17378,01                            |
| 52,50                                     | 60,00         | 0,10               | 5,25           | 177827,94         | 17782,79                            |
| 52,60                                     | 60,00         | 0,10               | 5,26           | 181970,09         | 18197,01                            |
| $\Sigma$                                  | 600,00        |                    |                |                   | 152074,40                           |
|   |               |                    |                | Log               | 5,18                                |
|   |               |                    |                | <b>NPSeq</b>      | <b>51,82</b>                        |

### ANEXO A-3. Medición de ruido de sonidos agudos (Día 1)

| <b>Ruido agudo blanco (parlante)</b> |               |                    |                |                   |                                     |
|--------------------------------------|---------------|--------------------|----------------|-------------------|-------------------------------------|
| <b>Leq</b>                           | <b>Pi (s)</b> | <b>Pi Fracción</b> | <b>NPSi/10</b> | <b>10 NPSi/10</b> | <b>Pi Fracción *<br/>10 NPSi/10</b> |
| 78,10                                | 60,00         | 0,10               | 7,81           | 64565422,90       | 6456542,29                          |
| 78,10                                | 60,00         | 0,10               | 7,81           | 64565422,90       | 6456542,29                          |
| 78,00                                | 60,00         | 0,10               | 7,80           | 63095734,45       | 6309573,44                          |
| 77,60                                | 60,00         | 0,10               | 7,76           | 57543993,73       | 5754399,37                          |
| 78,00                                | 60,00         | 0,10               | 7,80           | 63095734,45       | 6309573,44                          |
| 77,80                                | 60,00         | 0,10               | 7,78           | 60255958,61       | 6025595,86                          |
| 78,00                                | 60,00         | 0,10               | 7,80           | 63095734,45       | 6309573,44                          |
| 78,00                                | 60,00         | 0,10               | 7,80           | 63095734,45       | 6309573,44                          |
| 77,50                                | 60,00         | 0,10               | 7,75           | 56234132,52       | 5623413,25                          |
| 77,90                                | 60,00         | 0,10               | 7,79           | 61659500,19       | 6165950,02                          |
| $\Sigma$                             | 600,00        |                    |                |                   | 61720736,86                         |
|                                      |               |                    |                | Log               | 7,79                                |
|                                      |               |                    |                | <b>NPSeq</b>      | <b>77,90</b>                        |

EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DEL USO DE PAPEL Y CARTÓN RECICLABLE DE HOGARES DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO COMO MÉTODO DE INSONORIZACIÓN DE RUIDO AMBIENTAL A TRAVÉS DE PRUEBAS EXPERIMENTALES

| <b>Ruido agudo sin panel insonorizante</b> |               |                    |                |                   |                                     |
|--|---------------|--------------------|----------------|-------------------|-------------------------------------|
| <b>Leq</b>                                 | <b>Pi (s)</b> | <b>Pi Fracción</b> | <b>NPSi/10</b> | <b>10 NPSi/10</b> | <b>Pi Fracción *<br/>10 NPSI/10</b> |
| 59,00                                      | 60,00         | 0,10               | 5,90           | 794328,23         | 79432,82                            |
| 58,90                                      | 60,00         | 0,10               | 5,89           | 776247,12         | 77624,71                            |
| 59,20                                      | 60,00         | 0,10               | 5,92           | 831763,77         | 83176,38                            |
| 59,00                                      | 60,00         | 0,10               | 5,90           | 794328,23         | 79432,82                            |
| 58,90                                      | 60,00         | 0,10               | 5,89           | 776247,12         | 77624,71                            |
| 58,80                                      | 60,00         | 0,10               | 5,88           | 758577,58         | 75857,76                            |
| 59,00                                      | 60,00         | 0,10               | 5,90           | 794328,23         | 79432,82                            |
| 58,50                                      | 60,00         | 0,10               | 5,85           | 707945,78         | 70794,58                            |
| 59,00                                      | 60,00         | 0,10               | 5,90           | 794328,23         | 79432,82                            |
| 59,20                                      | 60,00         | 0,10               | 5,92           | 831763,77         | 83176,38                            |
| $\Sigma$                                   | 600,00        |                    |                |                   | 785985,81                           |
|  |               |                    |                | Log               | 5,90                                |
|  |               |                    |                | NPSeq             | 58,95                               |

| <b>Ruido agudo Panel liso</b> |               |                    |                |                   |                                     |
|-------------------------------|---------------|--------------------|----------------|-------------------|-------------------------------------|
| <b>Leq</b>                    | <b>Pi (s)</b> | <b>Pi Fracción</b> | <b>NPSi/10</b> | <b>10 NPSi/10</b> | <b>Pi Fracción *<br/>10 NPSI/10</b> |
| 49,40                         | 60,00         | 0,10               | 4,94           | 87096,36          | 8709,64                             |
| 49,20                         | 60,00         | 0,10               | 4,92           | 83176,38          | 8317,64                             |
| 49,10                         | 60,00         | 0,10               | 4,91           | 81283,05          | 8128,31                             |
| 48,60                         | 60,00         | 0,10               | 4,86           | 72443,60          | 7244,36                             |
| 49,10                         | 60,00         | 0,10               | 4,91           | 81283,05          | 8128,31                             |
| 48,90                         | 60,00         | 0,10               | 4,89           | 77624,71          | 7762,47                             |
| 48,80                         | 60,00         | 0,10               | 4,88           | 75857,76          | 7585,78                             |
| 49,00                         | 60,00         | 0,10               | 4,90           | 79432,82          | 7943,28                             |
| 48,60                         | 60,00         | 0,10               | 4,86           | 72443,60          | 7244,36                             |
| 48,70                         | 60,00         | 0,10               | 4,87           | 74131,02          | 7413,10                             |
| $\Sigma$                      | 600,00        |                    |                |                   | 78477,23                            |
|                               |               |                    |                | Log               | 4,89                                |
|                               |               |                    |                | NPSeq             | 48,95                               |

EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DEL USO DE PAPEL Y CARTÓN RECICLABLE DE HOGARES DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO COMO MÉTODO DE INSONORIZACIÓN DE RUIDO AMBIENTAL A TRAVÉS DE PRUEBAS EXPERIMENTALES

| <b>Ruido agudo Panel acordeón</b> |               |                    |                |                   |                                 |
|-----------------------------------|---------------|--------------------|----------------|-------------------|---------------------------------|
| <b>Leq</b>                        | <b>Pi (s)</b> | <b>Pi Fracción</b> | <b>NPSi/10</b> | <b>10 NPSi/10</b> | <b>Pi Fracción * 10 NPSI/10</b> |
| 51,50                             | 60,00         | 0,10               | 5,15           | 141253,75         | 14125,38                        |
| 51,50                             | 60,00         | 0,10               | 5,15           | 141253,75         | 14125,38                        |
| 51,70                             | 60,00         | 0,10               | 5,17           | 147910,84         | 14791,08                        |
| 51,40                             | 60,00         | 0,10               | 5,14           | 138038,43         | 13803,84                        |
| 51,50                             | 60,00         | 0,10               | 5,15           | 141253,75         | 14125,38                        |
| 51,40                             | 60,00         | 0,10               | 5,14           | 138038,43         | 13803,84                        |
| 51,50                             | 60,00         | 0,10               | 5,15           | 141253,75         | 14125,38                        |
| 51,40                             | 60,00         | 0,10               | 5,14           | 138038,43         | 13803,84                        |
| 52,20                             | 60,00         | 0,10               | 5,22           | 165958,69         | 16595,87                        |
| 52,30                             | 60,00         | 0,10               | 5,23           | 169824,37         | 16982,44                        |
| $\Sigma$                          | 600,00        |                    |                |                   | 146282,42                       |
| Log                               |               |                    |                |                   | 5,17                            |
| NPS <sub>eq</sub>                 |               |                    |                |                   | 51,65                           |

| <b>Ruido agudo Panel acordeón ajedrez</b> |               |                    |                |                   |                                 |
|---|---------------|--------------------|----------------|-------------------|---------------------------------|
| <b>Leq</b>                                | <b>Pi (s)</b> | <b>Pi Fracción</b> | <b>NPSi/10</b> | <b>10 NPSi/10</b> | <b>Pi Fracción * 10 NPSI/10</b> |
| 50,20                                     | 60,00         | 0,10               | 5,02           | 104712,85         | 10471,29                        |
| 50,20                                     | 60,00         | 0,10               | 5,02           | 104712,85         | 10471,29                        |
| 50,00                                     | 60,00         | 0,10               | 5,00           | 100000,00         | 10000,00                        |
| 50,10                                     | 60,00         | 0,10               | 5,01           | 102329,30         | 10232,93                        |
| 49,90                                     | 60,00         | 0,10               | 4,99           | 97723,72          | 9772,37                         |
| 50,10                                     | 60,00         | 0,10               | 5,01           | 102329,30         | 10232,93                        |
| 50,10                                     | 60,00         | 0,10               | 5,01           | 102329,30         | 10232,93                        |
| 50,00                                     | 60,00         | 0,10               | 5,00           | 100000,00         | 10000,00                        |
| 50,00                                     | 60,00         | 0,10               | 5,00           | 100000,00         | 10000,00                        |
| 50,10                                     | 60,00         | 0,10               | 5,01           | 102329,30         | 10232,93                        |
| $\Sigma$                                  | 600,00        |                    |                |                   | 101646,66                       |
| Log                                       |               |                    |                |                   | 5,01                            |
| NPS <sub>eq</sub>                         |               |                    |                |                   | 50,07                           |

EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DEL USO DE PAPEL Y CARTÓN RECICLABLE DE HOGARES DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO COMO MÉTODO DE INSONORIZACIÓN DE RUIDO AMBIENTAL A TRAVÉS DE PRUEBAS EXPERIMENTALES

| <b>Ruido agudo Panel cubetas de huevo</b> |               |                    |                |                   |                                 |
|---|---------------|--------------------|----------------|-------------------|---------------------------------|
| <b>Leq</b>                                | <b>Pi (s)</b> | <b>Pi Fracción</b> | <b>NPSi/10</b> | <b>10 NPSi/10</b> | <b>Pi Fracción * 10 NPSI/10</b> |
| 50,50                                     | 60,00         | 0,10               | 5,05           | 112201,85         | 11220,18                        |
| 50,00                                     | 60,00         | 0,10               | 5,00           | 100000,00         | 10000,00                        |
| 50,40                                     | 60,00         | 0,10               | 5,04           | 109647,82         | 10964,78                        |
| 50,40                                     | 60,00         | 0,10               | 5,04           | 109647,82         | 10964,78                        |
| 50,40                                     | 60,00         | 0,10               | 5,04           | 109647,82         | 10964,78                        |
| 50,10                                     | 60,00         | 0,10               | 5,01           | 102329,30         | 10232,93                        |
| 50,20                                     | 60,00         | 0,10               | 5,02           | 104712,85         | 10471,29                        |
| 50,00                                     | 60,00         | 0,10               | 5,00           | 100000,00         | 10000,00                        |
| 49,60                                     | 60,00         | 0,10               | 4,96           | 91201,08          | 9120,11                         |
| 50,00                                     | 60,00         | 0,10               | 5,00           | 100000,00         | 10000,00                        |
| $\Sigma$                                  | 600,00        |                    |                |                   | 103938,85                       |
|   |               |                    |                | Log               | 5,02                            |
|   |               |                    |                | <b>NPSeq</b>      | <b>50,17</b>                    |

**ANEXO A-4. Medición de ruido de fondo (Día 2)**

| <b>Ruido de fondo</b> |               |                    |                |                   |                                 |
|-----------------------|---------------|--------------------|----------------|-------------------|---------------------------------|
| <b>Leq</b>            | <b>Pi (s)</b> | <b>Pi Fracción</b> | <b>NPSi/10</b> | <b>10 NPSi/10</b> | <b>Pi Fracción * 10 NPSI/10</b> |
| 33,40                 | 60,00         | 0,10               | 3,34           | 2187,76           | 218,78                          |
| 34,30                 | 60,00         | 0,10               | 3,43           | 2691,53           | 269,15                          |
| 35,30                 | 60,00         | 0,10               | 3,53           | 3388,44           | 338,84                          |
| 39,30                 | 60,00         | 0,10               | 3,93           | 8511,38           | 851,14                          |
| 34,70                 | 60,00         | 0,10               | 3,47           | 2951,21           | 295,12                          |
| 32,50                 | 60,00         | 0,10               | 3,25           | 1778,28           | 177,83                          |
| 33,10                 | 60,00         | 0,10               | 3,31           | 2041,74           | 204,17                          |
| 34,80                 | 60,00         | 0,10               | 3,48           | 3019,95           | 302,00                          |
| 35,40                 | 60,00         | 0,10               | 3,54           | 3467,37           | 346,74                          |
| 32,60                 | 60,00         | 0,10               | 3,26           | 1819,70           | 181,97                          |
| $\Sigma$              | 600,00        |                    |                |                   | 3185,74                         |
|                       |               |                    |                | Log               | 3,50                            |
|                       |               |                    |                | <b>NPSeq</b>      | <b>35,03</b>                    |

**ANEXO A-5. Medición de ruido de sonidos graves (Día 2)**

| <b>Ruido grave blanco (parlante)</b> |               |                    |                |                   |                                 |
|--------------------------------------|---------------|--------------------|----------------|-------------------|---------------------------------|
| <b>Leq</b>                           | <b>Pi (s)</b> | <b>Pi Fracción</b> | <b>NPSi/10</b> | <b>10 NPSi/10</b> | <b>Pi Fracción * 10 NPSI/10</b> |
| 68,60                                | 60,00         | 0,10               | 6,86           | 7244359,60        | 724435,96                       |
| 69,00                                | 60,00         | 0,10               | 6,90           | 7943282,35        | 794328,23                       |
| 68,70                                | 60,00         | 0,10               | 6,87           | 7413102,41        | 741310,24                       |
| 68,90                                | 60,00         | 0,10               | 6,89           | 7762471,17        | 776247,12                       |
| 68,50                                | 60,00         | 0,10               | 6,85           | 7079457,84        | 707945,78                       |
| 68,90                                | 60,00         | 0,10               | 6,89           | 7762471,17        | 776247,12                       |
| 68,20                                | 60,00         | 0,10               | 6,82           | 6606934,48        | 660693,45                       |
| 68,20                                | 60,00         | 0,10               | 6,82           | 6606934,48        | 660693,45                       |
| 68,40                                | 60,00         | 0,10               | 6,84           | 6918309,71        | 691830,97                       |
| 68,10                                | 60,00         | 0,10               | 6,81           | 6456542,29        | 645654,23                       |
| Σ                                    | 600,00        |                    |                |                   | 7179386,55                      |
|                                      |               |                    |                | Log               | 6,86                            |
|                                      |               |                    |                | <b>NPSeq</b>      | <b>68,56</b>                    |

| <b>Ruido grave sin panel insonorizante</b> |               |                    |                |                   |                                 |
|--|---------------|--------------------|----------------|-------------------|---------------------------------|
| <b>Leq</b>                                 | <b>Pi (s)</b> | <b>Pi Fracción</b> | <b>NPSi/10</b> | <b>10 NPSi/10</b> | <b>Pi Fracción * 10 NPSI/10</b> |
| 51,70                                      | 60,00         | 0,10               | 5,17           | 147910,84         | 14791,08                        |
| 51,80                                      | 60,00         | 0,10               | 5,18           | 151356,12         | 15135,61                        |
| 51,70                                      | 60,00         | 0,10               | 5,17           | 147910,84         | 14791,08                        |
| 51,70                                      | 60,00         | 0,10               | 5,17           | 147910,84         | 14791,08                        |
| 51,60                                      | 60,00         | 0,10               | 5,16           | 144543,98         | 14454,40                        |
| 51,40                                      | 60,00         | 0,10               | 5,14           | 138038,43         | 13803,84                        |
| 51,60                                      | 60,00         | 0,10               | 5,16           | 144543,98         | 14454,40                        |
| 51,40                                      | 60,00         | 0,10               | 5,14           | 138038,43         | 13803,84                        |
| 51,30                                      | 60,00         | 0,10               | 5,13           | 134896,29         | 13489,63                        |
| 51,70                                      | 60,00         | 0,10               | 5,17           | 147910,84         | 14791,08                        |
| Σ  | 600,00        |                    |                |                   | 144306,06                       |
|  |               |                    |                | Log               | 5,16                            |
|  |               |                    |                | <b>NPSeq</b>      | <b>51,59</b>                    |

EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DEL USO DE PAPEL Y CARTÓN RECICLABLE DE HOGARES DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO COMO MÉTODO DE INSONORIZACIÓN DE RUIDO AMBIENTAL A TRAVÉS DE PRUEBAS EXPERIMENTALES

| <b>Ruido grave Panel liso</b> |               |                    |                |                   |                                 |
|-------------------------------|---------------|--------------------|----------------|-------------------|---------------------------------|
| <b>Leq</b>                    | <b>Pi (s)</b> | <b>Pi Fracción</b> | <b>NPSi/10</b> | <b>10 NPSi/10</b> | <b>Pi Fracción * 10 NPSi/10</b> |
| 44,80                         | 60,00         | 0,10               | 4,48           | 30199,52          | 3019,95                         |
| 44,90                         | 60,00         | 0,10               | 4,49           | 30902,95          | 3090,30                         |
| 45,20                         | 60,00         | 0,10               | 4,52           | 33113,11          | 3311,31                         |
| 44,70                         | 60,00         | 0,10               | 4,47           | 29512,09          | 2951,21                         |
| 44,30                         | 60,00         | 0,10               | 4,43           | 26915,35          | 2691,53                         |
| 44,00                         | 60,00         | 0,10               | 4,40           | 25118,86          | 2511,89                         |
| 44,30                         | 60,00         | 0,10               | 4,43           | 26915,35          | 2691,53                         |
| 44,50                         | 60,00         | 0,10               | 4,45           | 28183,83          | 2818,38                         |
| 44,60                         | 60,00         | 0,10               | 4,46           | 28840,32          | 2884,03                         |
| 44,00                         | 60,00         | 0,10               | 4,40           | 25118,86          | 2511,89                         |
| $\Sigma$                      | 600,00        |                    |                |                   | 28482,02                        |
|                               |               |                    |                | Log               | 4,45                            |
|                               |               |                    |                | <b>NPSeq</b>      | <b>44,55</b>                    |

| <b>Ruido grave Panel acordeón</b> |               |                    |                |                   |                                 |
|-----------------------------------|---------------|--------------------|----------------|-------------------|---------------------------------|
| <b>Leq</b>                        | <b>Pi (s)</b> | <b>Pi Fracción</b> | <b>NPSi/10</b> | <b>10 NPSi/10</b> | <b>Pi Fracción * 10 NPSi/10</b> |
| 48,70                             | 60,00         | 0,10               | 4,87           | 74131,02          | 7413,10                         |
| 49,10                             | 60,00         | 0,10               | 4,91           | 81283,05          | 8128,31                         |
| 49,00                             | 60,00         | 0,10               | 4,90           | 79432,82          | 7943,28                         |
| 48,50                             | 60,00         | 0,10               | 4,85           | 70794,58          | 7079,46                         |
| 49,00                             | 60,00         | 0,10               | 4,90           | 79432,82          | 7943,28                         |
| 48,70                             | 60,00         | 0,10               | 4,87           | 74131,02          | 7413,10                         |
| 48,60                             | 60,00         | 0,10               | 4,86           | 72443,60          | 7244,36                         |
| 48,50                             | 60,00         | 0,10               | 4,85           | 70794,58          | 7079,46                         |
| 49,00                             | 60,00         | 0,10               | 4,90           | 79432,82          | 7943,28                         |
| 48,50                             | 60,00         | 0,10               | 4,85           | 70794,58          | 7079,46                         |
| $\Sigma$                          | 600,00        |                    |                |                   | 75267,09                        |
|                                   |               |                    |                | Log               | 4,88                            |
|                                   |               |                    |                | <b>NPSeq</b>      | <b>48,77</b>                    |

EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DEL USO DE PAPEL Y CARTÓN RECICLABLE DE HOGARES DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO COMO MÉTODO DE INSONORIZACIÓN DE RUIDO AMBIENTAL A TRAVÉS DE PRUEBAS EXPERIMENTALES

| <b>Ruido grave Panel acordeón ajedrez</b> |               |                    |                |                   |                                 |
|---|---------------|--------------------|----------------|-------------------|---------------------------------|
| <b>Leq</b>                                | <b>Pi (s)</b> | <b>Pi Fracción</b> | <b>NPSi/10</b> | <b>10 NPSi/10</b> | <b>Pi Fracción * 10 NPSi/10</b> |
| 44,20                                     | 60,00         | 0,10               | 4,42           | 26302,68          | 2630,27                         |
| 44,70                                     | 60,00         | 0,10               | 4,47           | 29512,09          | 2951,21                         |
| 44,10                                     | 60,00         | 0,10               | 4,41           | 25703,96          | 2570,40                         |
| 43,80                                     | 60,00         | 0,10               | 4,38           | 23988,33          | 2398,83                         |
| 44,40                                     | 60,00         | 0,10               | 4,44           | 27542,29          | 2754,23                         |
| 43,80                                     | 60,00         | 0,10               | 4,38           | 23988,33          | 2398,83                         |
| 45,40                                     | 60,00         | 0,10               | 4,54           | 34673,69          | 3467,37                         |
| 44,80                                     | 60,00         | 0,10               | 4,48           | 30199,52          | 3019,95                         |
| 44,60                                     | 60,00         | 0,10               | 4,46           | 28840,32          | 2884,03                         |
| 43,80                                     | 60,00         | 0,10               | 4,38           | 23988,33          | 2398,83                         |
| $\Sigma$                                  | 600,00        |                    |                |                   | 27473,95                        |
|   |               |                    |                | Log               | 4,44                            |
|   |               |                    |                | <b>NPSeq</b>      | <b>44,39</b>                    |

| <b>Ruido grave Panel cubetas de huevo</b> |               |                    |                |                   |                                 |
|---|---------------|--------------------|----------------|-------------------|---------------------------------|
| <b>Leq</b>                                | <b>Pi (s)</b> | <b>Pi Fracción</b> | <b>NPSi/10</b> | <b>10 NPSi/10</b> | <b>Pi Fracción * 10 NPSi/10</b> |
| 45,60                                     | 60,00         | 0,10               | 4,56           | 36307,81          | 3630,78                         |
| 45,80                                     | 60,00         | 0,10               | 4,58           | 38018,94          | 3801,89                         |
| 46,00                                     | 60,00         | 0,10               | 4,60           | 39810,72          | 3981,07                         |
| 46,00                                     | 60,00         | 0,10               | 4,60           | 39810,72          | 3981,07                         |
| 46,40                                     | 60,00         | 0,10               | 4,64           | 43651,58          | 4365,16                         |
| 45,90                                     | 60,00         | 0,10               | 4,59           | 38904,51          | 3890,45                         |
| 46,00                                     | 60,00         | 0,10               | 4,60           | 39810,72          | 3981,07                         |
| 46,00                                     | 60,00         | 0,10               | 4,60           | 39810,72          | 3981,07                         |
| 45,70                                     | 60,00         | 0,10               | 4,57           | 37153,52          | 3715,35                         |
| 46,20                                     | 60,00         | 0,10               | 4,62           | 41686,94          | 4168,69                         |
| $\Sigma$                                  | 600,00        |                    |                |                   | 39496,62                        |
|   |               |                    |                | Log               | 4,60                            |
|   |               |                    |                | <b>NPSeq</b>      | <b>45,97</b>                    |

**ANEXO A-6. Medición de ruido de sonidos agudos (Día 2)**

| <b>Ruido agudo blanco (parlante)</b> |               |                    |                |                   |                                 |
|--------------------------------------|---------------|--------------------|----------------|-------------------|---------------------------------|
| <b>Leq</b>                           | <b>Pi (s)</b> | <b>Pi Fracción</b> | <b>NPSi/10</b> | <b>10 NPSi/10</b> | <b>Pi Fracción * 10 NPSi/10</b> |
| 76,10                                | 60,00         | 0,10               | 7,61           | 40738027,78       | 4073802,78                      |
| 76,30                                | 60,00         | 0,10               | 7,63           | 42657951,88       | 4265795,19                      |
| 76,10                                | 60,00         | 0,10               | 7,61           | 40738027,78       | 4073802,78                      |
| 76,00                                | 60,00         | 0,10               | 7,60           | 39810717,06       | 3981071,71                      |
| 76,00                                | 60,00         | 0,10               | 7,60           | 39810717,06       | 3981071,71                      |
| 74,90                                | 60,00         | 0,10               | 7,49           | 30902954,33       | 3090295,43                      |
| 75,40                                | 60,00         | 0,10               | 7,54           | 34673685,05       | 3467368,50                      |
| 75,40                                | 60,00         | 0,10               | 7,54           | 34673685,05       | 3467368,50                      |
| 75,50                                | 60,00         | 0,10               | 7,55           | 35481338,92       | 3548133,89                      |
| 75,40                                | 60,00         | 0,10               | 7,54           | 34673685,05       | 3467368,50                      |
| Σ                                    | 600,00        |                    |                |                   | 37416078,99                     |
|                                      |               |                    |                | Log               | 7,57                            |
|                                      |               |                    |                | <b>NPSeq</b>      | <b>75,73</b>                    |

| <b>Ruido agudo sin panel insonorizante</b> |               |                    |                |                   |                                 |
|--|---------------|--------------------|----------------|-------------------|---------------------------------|
| <b>Leq</b>                                 | <b>Pi (s)</b> | <b>Pi Fracción</b> | <b>NPSi/10</b> | <b>10 NPSi/10</b> | <b>Pi Fracción * 10 NPSi/10</b> |
| 58,80                                      | 60,00         | 0,10               | 5,88           | 758577,58         | 75857,76                        |
| 59,10                                      | 60,00         | 0,10               | 5,91           | 812830,52         | 81283,05                        |
| 59,50                                      | 60,00         | 0,10               | 5,95           | 891250,94         | 89125,09                        |
| 58,90                                      | 60,00         | 0,10               | 5,89           | 776247,12         | 77624,71                        |
| 58,90                                      | 60,00         | 0,10               | 5,89           | 776247,12         | 77624,71                        |
| 58,90                                      | 60,00         | 0,10               | 5,89           | 776247,12         | 77624,71                        |
| 58,90                                      | 60,00         | 0,10               | 5,89           | 776247,12         | 77624,71                        |
| 59,10                                      | 60,00         | 0,10               | 5,91           | 812830,52         | 81283,05                        |
| 59,00                                      | 60,00         | 0,10               | 5,90           | 794328,23         | 79432,82                        |
| 59,20                                      | 60,00         | 0,10               | 5,92           | 831763,77         | 83176,38                        |
| Σ  | 600,00        |                    |                |                   | 800657,00                       |
|  |               |                    |                | Log               | 5,90                            |
|  |               |                    |                | <b>NPSeq</b>      | <b>59,03</b>                    |

| <b>Ruido agudo Panel liso</b> |               |                    |                |                   |                                 |
|-------------------------------|---------------|--------------------|----------------|-------------------|---------------------------------|
| <b>Leq</b>                    | <b>Pi (s)</b> | <b>Pi Fracción</b> | <b>NPSi/10</b> | <b>10 NPSi/10</b> | <b>Pi Fracción * 10 NPSi/10</b> |
| 48,30                         | 60,00         | 0,10               | 4,83           | 67608,30          | 6760,83                         |
| 48,10                         | 60,00         | 0,10               | 4,81           | 64565,42          | 6456,54                         |
| 48,10                         | 60,00         | 0,10               | 4,81           | 64565,42          | 6456,54                         |
| 48,00                         | 60,00         | 0,10               | 4,80           | 63095,73          | 6309,57                         |
| 47,90                         | 60,00         | 0,10               | 4,79           | 61659,50          | 6165,95                         |
| 48,20                         | 60,00         | 0,10               | 4,82           | 66069,34          | 6606,93                         |
| 48,20                         | 60,00         | 0,10               | 4,82           | 66069,34          | 6606,93                         |
| 48,40                         | 60,00         | 0,10               | 4,84           | 69183,10          | 6918,31                         |
| 48,40                         | 60,00         | 0,10               | 4,84           | 69183,10          | 6918,31                         |
| 48,10                         | 60,00         | 0,10               | 4,81           | 64565,42          | 6456,54                         |
| $\Sigma$                      | 600,00        |                    |                |                   | 65656,47                        |
|                               |               |                    |                | Log               | 4,82                            |
|                               |               |                    |                | <b>NPSeq</b>      | <b>48,17</b>                    |

| <b>Ruido agudo Panel acordeón</b> |               |                    |                |                   |                                 |
|-----------------------------------|---------------|--------------------|----------------|-------------------|---------------------------------|
| <b>Leq</b>                        | <b>Pi (s)</b> | <b>Pi Fracción</b> | <b>NPSi/10</b> | <b>10 NPSi/10</b> | <b>Pi Fracción * 10 NPSi/10</b> |
| 53,00                             | 60,00         | 0,10               | 5,30           | 199526,23         | 19952,62                        |
| 53,10                             | 60,00         | 0,10               | 5,31           | 204173,79         | 20417,38                        |
| 53,00                             | 60,00         | 0,10               | 5,30           | 199526,23         | 19952,62                        |
| 52,90                             | 60,00         | 0,10               | 5,29           | 194984,46         | 19498,45                        |
| 53,10                             | 60,00         | 0,10               | 5,31           | 204173,79         | 20417,38                        |
| 53,10                             | 60,00         | 0,10               | 5,31           | 204173,79         | 20417,38                        |
| 52,90                             | 60,00         | 0,10               | 5,29           | 194984,46         | 19498,45                        |
| 52,90                             | 60,00         | 0,10               | 5,29           | 194984,46         | 19498,45                        |
| 52,90                             | 60,00         | 0,10               | 5,29           | 194984,46         | 19498,45                        |
| 52,60                             | 60,00         | 0,10               | 5,26           | 181970,09         | 18197,01                        |
| $\Sigma$                          | 600,00        |                    |                |                   | 197348,18                       |
|                                   |               |                    |                | Log               | 5,30                            |
|                                   |               |                    |                | <b>NPSeq</b>      | <b>52,95</b>                    |

EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DEL USO DE PAPEL Y CARTÓN RECICLABLE DE HOGARES DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO COMO MÉTODO DE INSONORIZACIÓN DE RUIDO AMBIENTAL A TRAVÉS DE PRUEBAS EXPERIMENTALES

| <b>Ruido agudo Panel acordeón ajedrez</b> |               |                    |                |                   |                                 |
|---|---------------|--------------------|----------------|-------------------|---------------------------------|
| <b>Leq</b>                                | <b>Pi (s)</b> | <b>Pi Fracción</b> | <b>NPSi/10</b> | <b>10 NPSi/10</b> | <b>Pi Fracción * 10 NPSi/10</b> |
| 50,30                                     | 60,00         | 0,10               | 5,03           | 107151,93         | 10715,19                        |
| 50,20                                     | 60,00         | 0,10               | 5,02           | 104712,85         | 10471,29                        |
| 50,00                                     | 60,00         | 0,10               | 5,00           | 100000,00         | 10000,00                        |
| 49,80                                     | 60,00         | 0,10               | 4,98           | 95499,26          | 9549,93                         |
| 50,20                                     | 60,00         | 0,10               | 5,02           | 104712,85         | 10471,29                        |
| 50,80                                     | 60,00         | 0,10               | 5,08           | 120226,44         | 12022,64                        |
| 50,50                                     | 60,00         | 0,10               | 5,05           | 112201,85         | 11220,18                        |
| 50,30                                     | 60,00         | 0,10               | 5,03           | 107151,93         | 10715,19                        |
| 50,00                                     | 60,00         | 0,10               | 5,00           | 100000,00         | 10000,00                        |
| 50,40                                     | 60,00         | 0,10               | 5,04           | 109647,82         | 10964,78                        |
| $\Sigma$                                  | 600,00        |                    |                |                   | 106130,49                       |
|   |               |                    |                | Log               | 5,03                            |
|   |               |                    |                | <b>NPSeq</b>      | <b>50,26</b>                    |

| <b>Ruido agudo Panel cubetas de huevo</b> |               |                    |                |                   |                                 |
|---|---------------|--------------------|----------------|-------------------|---------------------------------|
| <b>Leq</b>                                | <b>Pi (s)</b> | <b>Pi Fracción</b> | <b>NPSi/10</b> | <b>10 NPSi/10</b> | <b>Pi Fracción * 10 NPSi/10</b> |
| 52,80                                     | 60,00         | 0,10               | 5,28           | 190546,07         | 19054,61                        |
| 52,40                                     | 60,00         | 0,10               | 5,24           | 173780,08         | 17378,01                        |
| 52,20                                     | 60,00         | 0,10               | 5,22           | 165958,69         | 16595,87                        |
| 52,20                                     | 60,00         | 0,10               | 5,22           | 165958,69         | 16595,87                        |
| 52,30                                     | 60,00         | 0,10               | 5,23           | 169824,37         | 16982,44                        |
| 52,20                                     | 60,00         | 0,10               | 5,22           | 165958,69         | 16595,87                        |
| 52,40                                     | 60,00         | 0,10               | 5,24           | 173780,08         | 17378,01                        |
| 52,20                                     | 60,00         | 0,10               | 5,22           | 165958,69         | 16595,87                        |
| 52,30                                     | 60,00         | 0,10               | 5,23           | 169824,37         | 16982,44                        |
| 53,80                                     | 60,00         | 0,10               | 5,38           | 239883,29         | 23988,33                        |
| $\Sigma$                                  | 600,00        |                    |                |                   | 178147,30                       |
|   |               |                    |                | Log               | 5,25                            |
|   |               |                    |                | <b>NPSeq</b>      | <b>52,51</b>                    |

**ANEXO A-7. Medición de ruido de fondo (Día 3)**

| <b>Ruido de fondo</b> |               |                    |                |                   |                                 |
|-----------------------|---------------|--------------------|----------------|-------------------|---------------------------------|
| <b>Leq</b>            | <b>Pi (s)</b> | <b>Pi Fracción</b> | <b>NPSi/10</b> | <b>10 NPSi/10</b> | <b>Pi Fracción * 10 NPSI/10</b> |
| 36,70                 | 60,00         | 0,10               | 3,67           | 4677,35           | 467,74                          |
| 34,00                 | 60,00         | 0,10               | 3,40           | 2511,89           | 251,19                          |
| 32,30                 | 60,00         | 0,10               | 3,23           | 1698,24           | 169,82                          |
| 34,30                 | 60,00         | 0,10               | 3,43           | 2691,53           | 269,15                          |
| 37,50                 | 60,00         | 0,10               | 3,75           | 5623,41           | 562,34                          |
| 34,50                 | 60,00         | 0,10               | 3,45           | 2818,38           | 281,84                          |
| 38,10                 | 60,00         | 0,10               | 3,81           | 6456,54           | 645,65                          |
| 32,50                 | 60,00         | 0,10               | 3,25           | 1778,28           | 177,83                          |
| 33,80                 | 60,00         | 0,10               | 3,38           | 2398,83           | 239,88                          |
| 35,70                 | 60,00         | 0,10               | 3,57           | 3715,35           | 371,54                          |
| Σ                     | 600,00        |                    |                |                   | 3436,98                         |
|                       |               |                    |                | Log               | 3,54                            |
|                       |               |                    |                | NPSeq             | 35,36                           |

**ANEXO A-8. Medición de ruido de sonidos graves (Día 3)**

| <b>Ruido grave blanco (parlante)</b> |               |                    |                |                   |                                 |
|--------------------------------------|---------------|--------------------|----------------|-------------------|---------------------------------|
| <b>Leq</b>                           | <b>Pi (s)</b> | <b>Pi Fracción</b> | <b>NPSi/10</b> | <b>10 NPSi/10</b> | <b>Pi Fracción * 10 NPSI/10</b> |
| 67,50                                | 60,00         | 0,10               | 6,75           | 5623413,25        | 562341,33                       |
| 67,60                                | 60,00         | 0,10               | 6,76           | 5754399,37        | 575439,94                       |
| 67,50                                | 60,00         | 0,10               | 6,75           | 5623413,25        | 562341,33                       |
| 67,60                                | 60,00         | 0,10               | 6,76           | 5754399,37        | 575439,94                       |
| 67,40                                | 60,00         | 0,10               | 6,74           | 5495408,74        | 549540,87                       |
| 67,90                                | 60,00         | 0,10               | 6,79           | 6165950,02        | 616595,00                       |
| 67,70                                | 60,00         | 0,10               | 6,77           | 5888436,55        | 588843,66                       |
| 67,80                                | 60,00         | 0,10               | 6,78           | 6025595,86        | 602559,59                       |
| 67,20                                | 60,00         | 0,10               | 6,72           | 5248074,60        | 524807,46                       |
| 67,30                                | 60,00         | 0,10               | 6,73           | 5370317,96        | 537031,80                       |
| Σ                                    | 600,00        |                    |                |                   | 5694940,90                      |
|                                      |               |                    |                | Log               | 6,76                            |
|                                      |               |                    |                | NPSeq             | 67,55                           |

| <b>Ruido grave sin panel insonorizante</b> |               |                    |                |                   |                                 |
|--|---------------|--------------------|----------------|-------------------|---------------------------------|
| <b>Leq</b>                                 | <b>Pi (s)</b> | <b>Pi Fracción</b> | <b>NPSi/10</b> | <b>10 NPSi/10</b> | <b>Pi Fracción * 10 NPSI/10</b> |
| 52,40                                      | 60,00         | 0,10               | 5,24           | 173780,08         | 17378,01                        |
| 56,50                                      | 60,00         | 0,10               | 5,65           | 446683,59         | 44668,36                        |
| 53,10                                      | 60,00         | 0,10               | 5,31           | 204173,79         | 20417,38                        |
| 52,70                                      | 60,00         | 0,10               | 5,27           | 186208,71         | 18620,87                        |
| 51,90                                      | 60,00         | 0,10               | 5,19           | 154881,66         | 15488,17                        |
| 52,10                                      | 60,00         | 0,10               | 5,21           | 162181,01         | 16218,10                        |
| 52,00                                      | 60,00         | 0,10               | 5,20           | 158489,32         | 15848,93                        |
| 52,20                                      | 60,00         | 0,10               | 5,22           | 165958,69         | 16595,87                        |
| 52,30                                      | 60,00         | 0,10               | 5,23           | 169824,37         | 16982,44                        |
| 52,00                                      | 60,00         | 0,10               | 5,20           | 158489,32         | 15848,93                        |
| $\Sigma$                                   | 600,00        |                    |                |                   | 198067,05                       |
|  |               |                    |                | Log               | 5,30                            |
|  |               |                    |                | <b>NPSeq</b>      | <b>52,97</b>                    |

| <b>Ruido grave Panel liso</b> |               |                    |                |                   |                                 |
|-------------------------------|---------------|--------------------|----------------|-------------------|---------------------------------|
| <b>Leq</b>                    | <b>Pi (s)</b> | <b>Pi Fracción</b> | <b>NPSi/10</b> | <b>10 NPSi/10</b> | <b>Pi Fracción * 10 NPSI/10</b> |
| 44,10                         | 60,00         | 0,10               | 4,41           | 25703,96          | 2570,40                         |
| 44,40                         | 60,00         | 0,10               | 4,44           | 27542,29          | 2754,23                         |
| 43,90                         | 60,00         | 0,10               | 4,39           | 24547,09          | 2454,71                         |
| 44,50                         | 60,00         | 0,10               | 4,45           | 28183,83          | 2818,38                         |
| 44,30                         | 60,00         | 0,10               | 4,43           | 26915,35          | 2691,53                         |
| 44,70                         | 60,00         | 0,10               | 4,47           | 29512,09          | 2951,21                         |
| 44,80                         | 60,00         | 0,10               | 4,48           | 30199,52          | 3019,95                         |
| 45,00                         | 60,00         | 0,10               | 4,50           | 31622,78          | 3162,28                         |
| 45,10                         | 60,00         | 0,10               | 4,51           | 32359,37          | 3235,94                         |
| 45,00                         | 60,00         | 0,10               | 4,50           | 31622,78          | 3162,28                         |
| $\Sigma$                      | 600,00        |                    |                |                   | 28820,90                        |
|                               |               |                    |                | Log               | 4,46                            |
|                               |               |                    |                | <b>NPSeq</b>      | <b>44,60</b>                    |

EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DEL USO DE PAPEL Y CARTÓN RECICLABLE DE HOGARES DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO COMO MÉTODO DE INSONORIZACIÓN DE RUIDO AMBIENTAL A TRAVÉS DE PRUEBAS EXPERIMENTALES

| <b>Ruido grave Panel acordeón</b> |               |                    |                |                   |                                 |
|-----------------------------------|---------------|--------------------|----------------|-------------------|---------------------------------|
| <b>Leq</b>                        | <b>Pi (s)</b> | <b>Pi Fracción</b> | <b>NPSi/10</b> | <b>10 NPSi/10</b> | <b>Pi Fracción * 10 NPSi/10</b> |
| 46,30                             | 60,00         | 0,10               | 4,63           | 42657,95          | 4265,80                         |
| 45,80                             | 60,00         | 0,10               | 4,58           | 38018,94          | 3801,89                         |
| 45,90                             | 60,00         | 0,10               | 4,59           | 38904,51          | 3890,45                         |
| 46,40                             | 60,00         | 0,10               | 4,64           | 43651,58          | 4365,16                         |
| 46,40                             | 60,00         | 0,10               | 4,64           | 43651,58          | 4365,16                         |
| 46,10                             | 60,00         | 0,10               | 4,61           | 40738,03          | 4073,80                         |
| 46,30                             | 60,00         | 0,10               | 4,63           | 42657,95          | 4265,80                         |
| 46,10                             | 60,00         | 0,10               | 4,61           | 40738,03          | 4073,80                         |
| 45,60                             | 60,00         | 0,10               | 4,56           | 36307,81          | 3630,78                         |
| 47,00                             | 60,00         | 0,10               | 4,70           | 50118,72          | 5011,87                         |
| $\Sigma$                          | 600,00        |                    |                |                   | 41744,51                        |
|                                   |               |                    |                | Log               | 4,62                            |
|                                   |               |                    |                | <b>NPSeq</b>      | <b>46,21</b>                    |

| <b>Ruido grave Panel acordeón ajedrez</b> |               |                    |                |                   |                                 |
|---|---------------|--------------------|----------------|-------------------|---------------------------------|
| <b>Leq</b>                                | <b>Pi (s)</b> | <b>Pi Fracción</b> | <b>NPSi/10</b> | <b>10 NPSi/10</b> | <b>Pi Fracción * 10 NPSi/10</b> |
| 46,10                                     | 60,00         | 0,10               | 4,61           | 40738,03          | 4073,80                         |
| 46,70                                     | 60,00         | 0,10               | 4,67           | 46773,51          | 4677,35                         |
| 46,80                                     | 60,00         | 0,10               | 4,68           | 47863,01          | 4786,30                         |
| 46,60                                     | 60,00         | 0,10               | 4,66           | 45708,82          | 4570,88                         |
| 46,00                                     | 60,00         | 0,10               | 4,60           | 39810,72          | 3981,07                         |
| 46,40                                     | 60,00         | 0,10               | 4,64           | 43651,58          | 4365,16                         |
| 46,80                                     | 60,00         | 0,10               | 4,68           | 47863,01          | 4786,30                         |
| 46,00                                     | 60,00         | 0,10               | 4,60           | 39810,72          | 3981,07                         |
| 45,90                                     | 60,00         | 0,10               | 4,59           | 38904,51          | 3890,45                         |
| 46,00                                     | 60,00         | 0,10               | 4,60           | 39810,72          | 3981,07                         |
| $\Sigma$                                  | 600,00        |                    |                |                   | 43093,46                        |
|   |               |                    |                | Log               | 4,63                            |
|   |               |                    |                | <b>NPSeq</b>      | <b>46,34</b>                    |

| <b>Ruido grave Panel cubetas de huevo</b> |               |                    |                |                   |                                     |
|---|---------------|--------------------|----------------|-------------------|-------------------------------------|
| <b>Leq</b>                                | <b>Pi (s)</b> | <b>Pi Fracción</b> | <b>NPSi/10</b> | <b>10 NPSi/10</b> | <b>Pi Fracción *<br/>10 NPSi/10</b> |
| 46,20                                     | 60,00         | 0,10               | 4,62           | 41686,94          | 4168,69                             |
| 45,70                                     | 60,00         | 0,10               | 4,57           | 37153,52          | 3715,35                             |
| 46,60                                     | 60,00         | 0,10               | 4,66           | 45708,82          | 4570,88                             |
| 46,20                                     | 60,00         | 0,10               | 4,62           | 41686,94          | 4168,69                             |
| 46,50                                     | 60,00         | 0,10               | 4,65           | 44668,36          | 4466,84                             |
| 45,60                                     | 60,00         | 0,10               | 4,56           | 36307,81          | 3630,78                             |
| 45,80                                     | 60,00         | 0,10               | 4,58           | 38018,94          | 3801,89                             |
| 45,70                                     | 60,00         | 0,10               | 4,57           | 37153,52          | 3715,35                             |
| 45,90                                     | 60,00         | 0,10               | 4,59           | 38904,51          | 3890,45                             |
| 45,80                                     | 60,00         | 0,10               | 4,58           | 38018,94          | 3801,89                             |
| $\Sigma$                                  | 600,00        |                    |                |                   | 39930,83                            |
|   |               |                    |                | Log               | 4,60                                |
|   |               |                    |                | <b>NPSeq</b>      | <b>46,01</b>                        |

**ANEXO A-9. Medición de ruido de sonidos agudos (Día 3)**

| <b>Ruido agudo blanco (parlante)</b> |               |                    |                |                   |                                     |
|--------------------------------------|---------------|--------------------|----------------|-------------------|-------------------------------------|
| <b>Leq</b>                           | <b>Pi (s)</b> | <b>Pi Fracción</b> | <b>NPSi/10</b> | <b>10 NPSi/10</b> | <b>Pi Fracción *<br/>10 NPSi/10</b> |
| 76,40                                | 60,00         | 0,10               | 7,64           | 43651583,22       | 4365158,32                          |
| 76,10                                | 60,00         | 0,10               | 7,61           | 40738027,78       | 4073802,78                          |
| 76,00                                | 60,00         | 0,10               | 7,60           | 39810717,06       | 3981071,71                          |
| 76,00                                | 60,00         | 0,10               | 7,60           | 39810717,06       | 3981071,71                          |
| 76,30                                | 60,00         | 0,10               | 7,63           | 42657951,88       | 4265795,19                          |
| 76,30                                | 60,00         | 0,10               | 7,63           | 42657951,88       | 4265795,19                          |
| 76,30                                | 60,00         | 0,10               | 7,63           | 42657951,88       | 4265795,19                          |
| 75,80                                | 60,00         | 0,10               | 7,58           | 38018939,63       | 3801893,96                          |
| 76,10                                | 60,00         | 0,10               | 7,61           | 40738027,78       | 4073802,78                          |
| 76,00                                | 60,00         | 0,10               | 7,60           | 39810717,06       | 3981071,71                          |
| $\Sigma$                             | 600,00        |                    |                |                   | 41055258,52                         |
|                                      |               |                    |                | Log               | 7,61                                |
|                                      |               |                    |                | <b>NPSeq</b>      | <b>76,13</b>                        |

| <b>Ruido agudo sin panel insonorizante</b> |               |                    |                |                   |                                 |
|--|---------------|--------------------|----------------|-------------------|---------------------------------|
| <b>Leq</b>                                 | <b>Pi (s)</b> | <b>Pi Fracción</b> | <b>NPSi/10</b> | <b>10 NPSi/10</b> | <b>Pi Fracción * 10 NPSI/10</b> |
| 59,80                                      | 60,00         | 0,10               | 5,98           | 954992,59         | 95499,26                        |
| 59,60                                      | 60,00         | 0,10               | 5,96           | 912010,84         | 91201,08                        |
| 58,70                                      | 60,00         | 0,10               | 5,87           | 741310,24         | 74131,02                        |
| 59,40                                      | 60,00         | 0,10               | 5,94           | 870963,59         | 87096,36                        |
| 59,30                                      | 60,00         | 0,10               | 5,93           | 851138,04         | 85113,80                        |
| 60,60                                      | 60,00         | 0,10               | 6,06           | 1148153,62        | 114815,36                       |
| 59,00                                      | 60,00         | 0,10               | 5,90           | 794328,23         | 79432,82                        |
| 59,00                                      | 60,00         | 0,10               | 5,90           | 794328,23         | 79432,82                        |
| 59,50                                      | 60,00         | 0,10               | 5,95           | 891250,94         | 89125,09                        |
| 59,40                                      | 60,00         | 0,10               | 5,94           | 870963,59         | 87096,36                        |
| Σ  | 600,00        |                    |                |                   | 882943,99                       |
|  |               |                    |                | Log               | 5,95                            |
|  |               |                    |                | NPSeq             | 59,46                           |

| <b>Ruido agudo Panel liso</b> |               |                    |                |                   |                                 |
|-------------------------------|---------------|--------------------|----------------|-------------------|---------------------------------|
| <b>Leq</b>                    | <b>Pi (s)</b> | <b>Pi Fracción</b> | <b>NPSi/10</b> | <b>10 NPSi/10</b> | <b>Pi Fracción * 10 NPSI/10</b> |
| 48,60                         | 60,00         | 0,10               | 4,86           | 72443,60          | 7244,36                         |
| 48,60                         | 60,00         | 0,10               | 4,86           | 72443,60          | 7244,36                         |
| 48,40                         | 60,00         | 0,10               | 4,84           | 69183,10          | 6918,31                         |
| 48,70                         | 60,00         | 0,10               | 4,87           | 74131,02          | 7413,10                         |
| 48,90                         | 60,00         | 0,10               | 4,89           | 77624,71          | 7762,47                         |
| 48,90                         | 60,00         | 0,10               | 4,89           | 77624,71          | 7762,47                         |
| 48,60                         | 60,00         | 0,10               | 4,86           | 72443,60          | 7244,36                         |
| 48,70                         | 60,00         | 0,10               | 4,87           | 74131,02          | 7413,10                         |
| 48,60                         | 60,00         | 0,10               | 4,86           | 72443,60          | 7244,36                         |
| 48,70                         | 60,00         | 0,10               | 4,87           | 74131,02          | 7413,10                         |
| Σ                             | 600,00        |                    |                |                   | 73660,00                        |
|                               |               |                    |                | Log               | 4,87                            |
|                               |               |                    |                | NPSeq             | 48,67                           |

EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DEL USO DE PAPEL Y CARTÓN RECICLABLE DE HOGARES DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO COMO MÉTODO DE INSONORIZACIÓN DE RUIDO AMBIENTAL A TRAVÉS DE PRUEBAS EXPERIMENTALES

| <b>Ruido agudo Panel acordeón</b> |               |                    |                |                   |                                 |
|-----------------------------------|---------------|--------------------|----------------|-------------------|---------------------------------|
| <b>Leq</b>                        | <b>Pi (s)</b> | <b>Pi Fracción</b> | <b>NPSi/10</b> | <b>10 NPSi/10</b> | <b>Pi Fracción * 10 NPSi/10</b> |
| 52,30                             | 60,00         | 0,10               | 5,23           | 169824,37         | 16982,44                        |
| 52,10                             | 60,00         | 0,10               | 5,21           | 162181,01         | 16218,10                        |
| 52,20                             | 60,00         | 0,10               | 5,22           | 165958,69         | 16595,87                        |
| 52,70                             | 60,00         | 0,10               | 5,27           | 186208,71         | 18620,87                        |
| 52,30                             | 60,00         | 0,10               | 5,23           | 169824,37         | 16982,44                        |
| 52,60                             | 60,00         | 0,10               | 5,26           | 181970,09         | 18197,01                        |
| 52,20                             | 60,00         | 0,10               | 5,22           | 165958,69         | 16595,87                        |
| 52,20                             | 60,00         | 0,10               | 5,22           | 165958,69         | 16595,87                        |
| 52,00                             | 60,00         | 0,10               | 5,20           | 158489,32         | 15848,93                        |
| 52,20                             | 60,00         | 0,10               | 5,22           | 165958,69         | 16595,87                        |
| Σ                                 | 600,00        |                    |                |                   | 169233,26                       |
|                                   |               |                    |                | Log               | 5,23                            |
|                                   |               |                    |                | NPSeq             | 52,28                           |

| <b>Ruido agudo Panel acordeón ajedrez</b> |               |                    |                |                   |                                 |
|---|---------------|--------------------|----------------|-------------------|---------------------------------|
| <b>Leq</b>                                | <b>Pi (s)</b> | <b>Pi Fracción</b> | <b>NPSi/10</b> | <b>10 NPSi/10</b> | <b>Pi Fracción * 10 NPSi/10</b> |
| 50,00                                     | 60,00         | 0,10               | 5,00           | 100000,00         | 10000,00                        |
| 50,00                                     | 60,00         | 0,10               | 5,00           | 100000,00         | 10000,00                        |
| 50,00                                     | 60,00         | 0,10               | 5,00           | 100000,00         | 10000,00                        |
| 49,80                                     | 60,00         | 0,10               | 4,98           | 95499,26          | 9549,93                         |
| 50,10                                     | 60,00         | 0,10               | 5,01           | 102329,30         | 10232,93                        |
| 49,90                                     | 60,00         | 0,10               | 4,99           | 97723,72          | 9772,37                         |
| 50,00                                     | 60,00         | 0,10               | 5,00           | 100000,00         | 10000,00                        |
| 50,20                                     | 60,00         | 0,10               | 5,02           | 104712,85         | 10471,29                        |
| 50,20                                     | 60,00         | 0,10               | 5,02           | 104712,85         | 10471,29                        |
| 49,80                                     | 60,00         | 0,10               | 4,98           | 95499,26          | 9549,93                         |
| Σ   | 600,00        |                    |                |                   | 100047,72                       |
|   |               |                    |                | Log               | 5,00                            |
|   |               |                    |                | NPSeq             | 50,00                           |

| <b>Ruido agudo Panel cubetas de huevo</b> |               |                    |                |                   |                                 |
|---|---------------|--------------------|----------------|-------------------|---------------------------------|
| <b>Leq</b>                                | <b>Pi (s)</b> | <b>Pi Fracción</b> | <b>NPSi/10</b> | <b>10 NPSi/10</b> | <b>Pi Fracción * 10 NPSi/10</b> |
| 51,00                                     | 60,00         | 0,10               | 5,10           | 125892,54         | 12589,25                        |
| 51,20                                     | 60,00         | 0,10               | 5,12           | 131825,67         | 13182,57                        |
| 51,00                                     | 60,00         | 0,10               | 5,10           | 125892,54         | 12589,25                        |
| 51,30                                     | 60,00         | 0,10               | 5,13           | 134896,29         | 13489,63                        |
| 51,00                                     | 60,00         | 0,10               | 5,10           | 125892,54         | 12589,25                        |
| 51,50                                     | 60,00         | 0,10               | 5,15           | 141253,75         | 14125,38                        |
| 50,90                                     | 60,00         | 0,10               | 5,09           | 123026,88         | 12302,69                        |
| 51,50                                     | 60,00         | 0,10               | 5,15           | 141253,75         | 14125,38                        |
| 50,80                                     | 60,00         | 0,10               | 5,08           | 120226,44         | 12022,64                        |
| 51,30                                     | 60,00         | 0,10               | 5,13           | 134896,29         | 13489,63                        |
| $\Sigma$                                  | 600,00        |                    |                |                   | 130505,67                       |
|   |               |                    |                | Log               | 5,12                            |
|   |               |                    |                | NPSeq             | 51,16                           |

**ANEXO A-10. Medición de ruido de fondo (Día 4)**

| <b>Ruido de fondo</b> |               |                    |                |                   |                                 |
|-----------------------|---------------|--------------------|----------------|-------------------|---------------------------------|
| <b>Leq</b>            | <b>Pi (s)</b> | <b>Pi Fracción</b> | <b>NPSi/10</b> | <b>10 NPSi/10</b> | <b>Pi Fracción * 10 NPSi/10</b> |
| 36,30                 | 60,00         | 0,10               | 3,63           | 4265,80           | 426,58                          |
| 35,40                 | 60,00         | 0,10               | 3,54           | 3467,37           | 346,74                          |
| 35,50                 | 60,00         | 0,10               | 3,55           | 3548,13           | 354,81                          |
| 35,30                 | 60,00         | 0,10               | 3,53           | 3388,44           | 338,84                          |
| 36,80                 | 60,00         | 0,10               | 3,68           | 4786,30           | 478,63                          |
| 38,80                 | 60,00         | 0,10               | 3,88           | 7585,78           | 758,58                          |
| 37,20                 | 60,00         | 0,10               | 3,72           | 5248,07           | 524,81                          |
| 33,10                 | 60,00         | 0,10               | 3,31           | 2041,74           | 204,17                          |
| 34,20                 | 60,00         | 0,10               | 3,42           | 2630,27           | 263,03                          |
| 32,80                 | 60,00         | 0,10               | 3,28           | 1905,46           | 190,55                          |
| $\Sigma$              | 600,00        |                    |                |                   | 3886,74                         |
|                       |               |                    |                | Log               | 3,59                            |
|                       |               |                    |                | NPSeq             | 35,90                           |

**ANEXO A-11. Medición de ruido de sonidos graves (Día 4)**

| <b>Ruido grave blanco (parlante)</b> |               |                    |                |                   |                                 |
|--------------------------------------|---------------|--------------------|----------------|-------------------|---------------------------------|
| <b>Leq</b>                           | <b>Pi (s)</b> | <b>Pi Fracción</b> | <b>NPSi/10</b> | <b>10 NPSi/10</b> | <b>Pi Fracción * 10 NPSI/10</b> |
| 67,30                                | 60,00         | 0,10               | 6,73           | 5370317,96        | 537031,80                       |
| 67,30                                | 60,00         | 0,10               | 6,73           | 5370317,96        | 537031,80                       |
| 67,10                                | 60,00         | 0,10               | 6,71           | 5128613,84        | 512861,38                       |
| 67,40                                | 60,00         | 0,10               | 6,74           | 5495408,74        | 549540,87                       |
| 66,60                                | 60,00         | 0,10               | 6,66           | 4570881,90        | 457088,19                       |
| 66,10                                | 60,00         | 0,10               | 6,61           | 4073802,78        | 407380,28                       |
| 65,50                                | 60,00         | 0,10               | 6,55           | 3548133,89        | 354813,39                       |
| 65,90                                | 60,00         | 0,10               | 6,59           | 3890451,45        | 389045,14                       |
| 65,50                                | 60,00         | 0,10               | 6,55           | 3548133,89        | 354813,39                       |
| 65,70                                | 60,00         | 0,10               | 6,57           | 3715352,29        | 371535,23                       |
| Σ                                    | 600,00        |                    |                |                   | 4471141,47                      |
|                                      |               |                    |                | Log               | 6,65                            |
|                                      |               |                    |                | NPSeq             | 66,50                           |

| <b>Ruido grave sin panel insonorizante</b> |               |                    |                |                   |                                 |
|--|---------------|--------------------|----------------|-------------------|---------------------------------|
| <b>Leq</b>                                 | <b>Pi (s)</b> | <b>Pi Fracción</b> | <b>NPSi/10</b> | <b>10 NPSi/10</b> | <b>Pi Fracción * 10 NPSI/10</b> |
| 50,40                                      | 60,00         | 0,10               | 5,04           | 109647,82         | 10964,78                        |
| 50,10                                      | 60,00         | 0,10               | 5,01           | 102329,30         | 10232,93                        |
| 50,20                                      | 60,00         | 0,10               | 5,02           | 104712,85         | 10471,29                        |
| 50,20                                      | 60,00         | 0,10               | 5,02           | 104712,85         | 10471,29                        |
| 50,20                                      | 60,00         | 0,10               | 5,02           | 104712,85         | 10471,29                        |
| 50,40                                      | 60,00         | 0,10               | 5,04           | 109647,82         | 10964,78                        |
| 50,10                                      | 60,00         | 0,10               | 5,01           | 102329,30         | 10232,93                        |
| 50,80                                      | 60,00         | 0,10               | 5,08           | 120226,44         | 12022,64                        |
| 50,60                                      | 60,00         | 0,10               | 5,06           | 114815,36         | 11481,54                        |
| 50,80                                      | 60,00         | 0,10               | 5,08           | 120226,44         | 12022,64                        |
| Σ  | 600,00        |                    |                |                   | 109336,11                       |
|  |               |                    |                | Log               | 5,04                            |
|  |               |                    |                | NPSeq             | 50,39                           |

EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DEL USO DE PAPEL Y CARTÓN RECICLABLE DE HOGARES DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO COMO MÉTODO DE INSONORIZACIÓN DE RUIDO AMBIENTAL A TRAVÉS DE PRUEBAS EXPERIMENTALES

| <b>Ruido grave Panel liso</b> |               |                    |                |                   |                                 |
|-------------------------------|---------------|--------------------|----------------|-------------------|---------------------------------|
| <b>Leq</b>                    | <b>Pi (s)</b> | <b>Pi Fracción</b> | <b>NPSi/10</b> | <b>10 NPSi/10</b> | <b>Pi Fracción * 10 NPSi/10</b> |
| 45,30                         | 60,00         | 0,10               | 4,53           | 33884,42          | 3388,44                         |
| 46,20                         | 60,00         | 0,10               | 4,62           | 41686,94          | 4168,69                         |
| 44,60                         | 60,00         | 0,10               | 4,46           | 28840,32          | 2884,03                         |
| 44,90                         | 60,00         | 0,10               | 4,49           | 30902,95          | 3090,30                         |
| 45,00                         | 60,00         | 0,10               | 4,50           | 31622,78          | 3162,28                         |
| 44,50                         | 60,00         | 0,10               | 4,45           | 28183,83          | 2818,38                         |
| 44,40                         | 60,00         | 0,10               | 4,44           | 27542,29          | 2754,23                         |
| 45,10                         | 60,00         | 0,10               | 4,51           | 32359,37          | 3235,94                         |
| 45,10                         | 60,00         | 0,10               | 4,51           | 32359,37          | 3235,94                         |
| 45,50                         | 60,00         | 0,10               | 4,55           | 35481,34          | 3548,13                         |
| $\Sigma$                      | 600,00        |                    |                |                   | 32286,36                        |
|                               |               |                    |                | Log               | 4,51                            |
|                               |               |                    |                | <b>NPSeq</b>      | <b>45,09</b>                    |

| <b>Ruido grave Panel acordeón</b> |               |                    |                |                   |                                 |
|-----------------------------------|---------------|--------------------|----------------|-------------------|---------------------------------|
| <b>Leq</b>                        | <b>Pi (s)</b> | <b>Pi Fracción</b> | <b>NPSi/10</b> | <b>10 NPSi/10</b> | <b>Pi Fracción * 10 NPSi/10</b> |
| 44,40                             | 60,00         | 0,10               | 4,44           | 27542,29          | 2754,23                         |
| 43,70                             | 60,00         | 0,10               | 4,37           | 23442,29          | 2344,23                         |
| 43,30                             | 60,00         | 0,10               | 4,33           | 21379,62          | 2137,96                         |
| 43,60                             | 60,00         | 0,10               | 4,36           | 22908,68          | 2290,87                         |
| 43,40                             | 60,00         | 0,10               | 4,34           | 21877,62          | 2187,76                         |
| 43,10                             | 60,00         | 0,10               | 4,31           | 20417,38          | 2041,74                         |
| 42,90                             | 60,00         | 0,10               | 4,29           | 19498,45          | 1949,84                         |
| 43,60                             | 60,00         | 0,10               | 4,36           | 22908,68          | 2290,87                         |
| 43,00                             | 60,00         | 0,10               | 4,30           | 19952,62          | 1995,26                         |
| 43,00                             | 60,00         | 0,10               | 4,30           | 19952,62          | 1995,26                         |
| $\Sigma$                          | 600,00        |                    |                |                   | 21988,02                        |
|                                   |               |                    |                | Log               | 4,34                            |
|                                   |               |                    |                | <b>NPSeq</b>      | <b>43,42</b>                    |

EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DEL USO DE PAPEL Y CARTÓN RECICLABLE DE HOGARES DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO COMO MÉTODO DE INSONORIZACIÓN DE RUIDO AMBIENTAL A TRAVÉS DE PRUEBAS EXPERIMENTALES

| <b>Ruido grave Panel acordeón ajedrez</b> |               |                    |                |                   |                                 |
|---|---------------|--------------------|----------------|-------------------|---------------------------------|
| <b>Leq</b>                                | <b>Pi (s)</b> | <b>Pi Fracción</b> | <b>NPSi/10</b> | <b>10 NPSi/10</b> | <b>Pi Fracción * 10 NPSi/10</b> |
| 43,90                                     | 60,00         | 0,10               | 4,39           | 24547,09          | 2454,71                         |
| 43,50                                     | 60,00         | 0,10               | 4,35           | 22387,21          | 2238,72                         |
| 44,00                                     | 60,00         | 0,10               | 4,40           | 25118,86          | 2511,89                         |
| 43,60                                     | 60,00         | 0,10               | 4,36           | 22908,68          | 2290,87                         |
| 43,70                                     | 60,00         | 0,10               | 4,37           | 23442,29          | 2344,23                         |
| 43,20                                     | 60,00         | 0,10               | 4,32           | 20892,96          | 2089,30                         |
| 44,20                                     | 60,00         | 0,10               | 4,42           | 26302,68          | 2630,27                         |
| 43,80                                     | 60,00         | 0,10               | 4,38           | 23988,33          | 2398,83                         |
| 43,70                                     | 60,00         | 0,10               | 4,37           | 23442,29          | 2344,23                         |
| 44,60                                     | 60,00         | 0,10               | 4,46           | 28840,32          | 2884,03                         |
| $\Sigma$                                  | 600,00        |                    |                |                   | 24187,07                        |
|   |               |                    |                | Log               | 4,38                            |
|   |               |                    |                | <b>NPSeq</b>      | <b>43,84</b>                    |

| <b>Ruido grave Panel cubetas de huevo</b> |               |                    |                |                   |                                 |
|---|---------------|--------------------|----------------|-------------------|---------------------------------|
| <b>Leq</b>                                | <b>Pi (s)</b> | <b>Pi Fracción</b> | <b>NPSi/10</b> | <b>10 NPSi/10</b> | <b>Pi Fracción * 10 NPSi/10</b> |
| 47,50                                     | 60,00         | 0,10               | 4,75           | 56234,13          | 5623,41                         |
| 47,70                                     | 60,00         | 0,10               | 4,77           | 58884,37          | 5888,44                         |
| 48,00                                     | 60,00         | 0,10               | 4,80           | 63095,73          | 6309,57                         |
| 47,10                                     | 60,00         | 0,10               | 4,71           | 51286,14          | 5128,61                         |
| 47,30                                     | 60,00         | 0,10               | 4,73           | 53703,18          | 5370,32                         |
| 47,80                                     | 60,00         | 0,10               | 4,78           | 60255,96          | 6025,60                         |
| 47,60                                     | 60,00         | 0,10               | 4,76           | 57543,99          | 5754,40                         |
| 47,50                                     | 60,00         | 0,10               | 4,75           | 56234,13          | 5623,41                         |
| 46,80                                     | 60,00         | 0,10               | 4,68           | 47863,01          | 4786,30                         |
| 46,70                                     | 60,00         | 0,10               | 4,67           | 46773,51          | 4677,35                         |
| $\Sigma$                                  | 600,00        |                    |                |                   | 55187,42                        |
|   |               |                    |                | Log               | 4,74                            |
|   |               |                    |                | <b>NPSeq</b>      | <b>47,42</b>                    |

**ANEXO A-12. Medición de ruido de sonidos agudos (Día 4)**

| <b>Ruido agudo blanco (parlante)</b> |               |                    |                |                   |                                 |
|--------------------------------------|---------------|--------------------|----------------|-------------------|---------------------------------|
| <b>Leq</b>                           | <b>Pi (s)</b> | <b>Pi Fracción</b> | <b>NPSi/10</b> | <b>10 NPSi/10</b> | <b>Pi Fracción * 10 NPSi/10</b> |
| 74,80                                | 60,00         | 0,10               | 7,48           | 30199517,20       | 3019951,72                      |
| 74,70                                | 60,00         | 0,10               | 7,47           | 29512092,27       | 2951209,23                      |
| 74,80                                | 60,00         | 0,10               | 7,48           | 30199517,20       | 3019951,72                      |
| 74,80                                | 60,00         | 0,10               | 7,48           | 30199517,20       | 3019951,72                      |
| 74,80                                | 60,00         | 0,10               | 7,48           | 30199517,20       | 3019951,72                      |
| 74,60                                | 60,00         | 0,10               | 7,46           | 28840315,03       | 2884031,50                      |
| 74,50                                | 60,00         | 0,10               | 7,45           | 28183829,31       | 2818382,93                      |
| 74,80                                | 60,00         | 0,10               | 7,48           | 30199517,20       | 3019951,72                      |
| 74,80                                | 60,00         | 0,10               | 7,48           | 30199517,20       | 3019951,72                      |
| 74,70                                | 60,00         | 0,10               | 7,47           | 29512092,27       | 2951209,23                      |
| Σ                                    | 600,00        |                    |                |                   | 29724543,21                     |
|                                      |               |                    |                | Log               | 7,47                            |
|                                      |               |                    |                | <b>NPSeq</b>      | <b>74,73</b>                    |

| <b>Ruido agudo sin panel insonorizante</b> |               |                    |                |                   |                                 |
|--|---------------|--------------------|----------------|-------------------|---------------------------------|
| <b>Leq</b>                                 | <b>Pi (s)</b> | <b>Pi Fracción</b> | <b>NPSi/10</b> | <b>10 NPSi/10</b> | <b>Pi Fracción * 10 NPSi/10</b> |
| 58,10                                      | 60,00         | 0,10               | 5,81           | 645654,23         | 64565,42                        |
| 58,40                                      | 60,00         | 0,10               | 5,84           | 691830,97         | 69183,10                        |
| 57,80                                      | 60,00         | 0,10               | 5,78           | 602559,59         | 60255,96                        |
| 58,10                                      | 60,00         | 0,10               | 5,81           | 645654,23         | 64565,42                        |
| 58,20                                      | 60,00         | 0,10               | 5,82           | 660693,45         | 66069,34                        |
| 58,10                                      | 60,00         | 0,10               | 5,81           | 645654,23         | 64565,42                        |
| 57,90                                      | 60,00         | 0,10               | 5,79           | 616595,00         | 61659,50                        |
| 58,10                                      | 60,00         | 0,10               | 5,81           | 645654,23         | 64565,42                        |
| 57,90                                      | 60,00         | 0,10               | 5,79           | 616595,00         | 61659,50                        |
| 57,80                                      | 60,00         | 0,10               | 5,78           | 602559,59         | 60255,96                        |
| Σ  | 600,00        |                    |                |                   | 637345,05                       |
|  |               |                    |                | Log               | 5,80                            |
|  |               |                    |                | <b>NPSeq</b>      | <b>58,04</b>                    |

| <b>Ruido agudo Panel liso</b> |               |                    |                |                   |                                 |
|-------------------------------|---------------|--------------------|----------------|-------------------|---------------------------------|
| <b>Leq</b>                    | <b>Pi (s)</b> | <b>Pi Fracción</b> | <b>NPSi/10</b> | <b>10 NPSi/10</b> | <b>Pi Fracción * 10 NPSi/10</b> |
| 49,20                         | 60,00         | 0,10               | 4,92           | 83176,38          | 8317,64                         |
| 49,20                         | 60,00         | 0,10               | 4,92           | 83176,38          | 8317,64                         |
| 49,10                         | 60,00         | 0,10               | 4,91           | 81283,05          | 8128,31                         |
| 49,10                         | 60,00         | 0,10               | 4,91           | 81283,05          | 8128,31                         |
| 48,80                         | 60,00         | 0,10               | 4,88           | 75857,76          | 7585,78                         |
| 48,40                         | 60,00         | 0,10               | 4,84           | 69183,10          | 6918,31                         |
| 48,70                         | 60,00         | 0,10               | 4,87           | 74131,02          | 7413,10                         |
| 49,30                         | 60,00         | 0,10               | 4,93           | 85113,80          | 8511,38                         |
| 49,10                         | 60,00         | 0,10               | 4,91           | 81283,05          | 8128,31                         |
| 49,60                         | 60,00         | 0,10               | 4,96           | 91201,08          | 9120,11                         |
| $\Sigma$                      | 600,00        |                    |                |                   | 80568,87                        |
|                               |               |                    |                | Log               | 4,91                            |
|                               |               |                    |                | <b>NPSeq</b>      | <b>49,06</b>                    |

| <b>Ruido agudo Panel acordeón</b> |               |                    |                |                   |                                 |
|-----------------------------------|---------------|--------------------|----------------|-------------------|---------------------------------|
| <b>Leq</b>                        | <b>Pi (s)</b> | <b>Pi Fracción</b> | <b>NPSi/10</b> | <b>10 NPSi/10</b> | <b>Pi Fracción * 10 NPSi/10</b> |
| 50,10                             | 60,00         | 0,10               | 5,01           | 102329,30         | 10232,93                        |
| 50,20                             | 60,00         | 0,10               | 5,02           | 104712,85         | 10471,29                        |
| 50,30                             | 60,00         | 0,10               | 5,03           | 107151,93         | 10715,19                        |
| 50,50                             | 60,00         | 0,10               | 5,05           | 112201,85         | 11220,18                        |
| 50,50                             | 60,00         | 0,10               | 5,05           | 112201,85         | 11220,18                        |
| 50,20                             | 60,00         | 0,10               | 5,02           | 104712,85         | 10471,29                        |
| 50,20                             | 60,00         | 0,10               | 5,02           | 104712,85         | 10471,29                        |
| 50,00                             | 60,00         | 0,10               | 5,00           | 100000,00         | 10000,00                        |
| 50,30                             | 60,00         | 0,10               | 5,03           | 107151,93         | 10715,19                        |
| 50,50                             | 60,00         | 0,10               | 5,05           | 112201,85         | 11220,18                        |
| $\Sigma$                          | 600,00        |                    |                |                   | 106737,73                       |
|                                   |               |                    |                | Log               | 5,03                            |
|                                   |               |                    |                | <b>NPSeq</b>      | <b>50,28</b>                    |

| <b>Ruido agudo Panel acordeón ajedrez</b> |               |                    |                |                   |                                 |
|---|---------------|--------------------|----------------|-------------------|---------------------------------|
| <b>Leq</b>                                | <b>Pi (s)</b> | <b>Pi Fracción</b> | <b>NPSi/10</b> | <b>10 NPSi/10</b> | <b>Pi Fracción * 10 NPSi/10</b> |
| 48,60                                     | 60,00         | 0,10               | 4,86           | 72443,60          | 7244,36                         |
| 48,70                                     | 60,00         | 0,10               | 4,87           | 74131,02          | 7413,10                         |
| 48,10                                     | 60,00         | 0,10               | 4,81           | 64565,42          | 6456,54                         |
| 48,40                                     | 60,00         | 0,10               | 4,84           | 69183,10          | 6918,31                         |
| 48,50                                     | 60,00         | 0,10               | 4,85           | 70794,58          | 7079,46                         |
| 48,30                                     | 60,00         | 0,10               | 4,83           | 67608,30          | 6760,83                         |
| 48,70                                     | 60,00         | 0,10               | 4,87           | 74131,02          | 7413,10                         |
| 48,20                                     | 60,00         | 0,10               | 4,82           | 66069,34          | 6606,93                         |
| 48,40                                     | 60,00         | 0,10               | 4,84           | 69183,10          | 6918,31                         |
| 48,50                                     | 60,00         | 0,10               | 4,85           | 70794,58          | 7079,46                         |
| $\Sigma$                                  | 600,00        |                    |                |                   | 69890,41                        |
|   |               |                    |                | Log               | 4,84                            |
|   |               |                    |                | <b>NPSeq</b>      | <b>48,44</b>                    |

| <b>Ruido agudo Panel cubetas de huevo</b> |               |                    |                |                   |                                 |
|---|---------------|--------------------|----------------|-------------------|---------------------------------|
| <b>Leq</b>                                | <b>Pi (s)</b> | <b>Pi Fracción</b> | <b>NPSi/10</b> | <b>10 NPSi/10</b> | <b>Pi Fracción * 10 NPSi/10</b> |
| 50,80                                     | 60,00         | 0,10               | 5,08           | 120226,44         | 12022,64                        |
| 50,80                                     | 60,00         | 0,10               | 5,08           | 120226,44         | 12022,64                        |
| 50,50                                     | 60,00         | 0,10               | 5,05           | 112201,85         | 11220,18                        |
| 50,60                                     | 60,00         | 0,10               | 5,06           | 114815,36         | 11481,54                        |
| 50,50                                     | 60,00         | 0,10               | 5,05           | 112201,85         | 11220,18                        |
| 50,90                                     | 60,00         | 0,10               | 5,09           | 123026,88         | 12302,69                        |
| 50,40                                     | 60,00         | 0,10               | 5,04           | 109647,82         | 10964,78                        |
| 50,60                                     | 60,00         | 0,10               | 5,06           | 114815,36         | 11481,54                        |
| 50,60                                     | 60,00         | 0,10               | 5,06           | 114815,36         | 11481,54                        |
| 50,40                                     | 60,00         | 0,10               | 5,04           | 109647,82         | 10964,78                        |
| $\Sigma$                                  | 600,00        |                    |                |                   | 115162,52                       |
|   |               |                    |                | Log               | 5,06                            |
|   |               |                    |                | <b>NPSeq</b>      | <b>50,61</b>                    |

**ANEXO A-13. Medición de ruido de fondo (Día 5)**

| <b>Ruido de fondo</b> |               |                    |                |                   |                                 |
|-----------------------|---------------|--------------------|----------------|-------------------|---------------------------------|
| <b>Leq</b>            | <b>Pi (s)</b> | <b>Pi Fracción</b> | <b>NPSi/10</b> | <b>10 NPSi/10</b> | <b>Pi Fracción * 10 NPSi/10</b> |
| 32,80                 | 60,00         | 0,10               | 3,28           | 1905,46           | 190,55                          |
| 34,60                 | 60,00         | 0,10               | 3,46           | 2884,03           | 288,40                          |
| 34,20                 | 60,00         | 0,10               | 3,42           | 2630,27           | 263,03                          |
| 34,50                 | 60,00         | 0,10               | 3,45           | 2818,38           | 281,84                          |
| 33,40                 | 60,00         | 0,10               | 3,34           | 2187,76           | 218,78                          |
| 37,00                 | 60,00         | 0,10               | 3,70           | 5011,87           | 501,19                          |
| 33,90                 | 60,00         | 0,10               | 3,39           | 2454,71           | 245,47                          |
| 34,20                 | 60,00         | 0,10               | 3,42           | 2630,27           | 263,03                          |
| 33,00                 | 60,00         | 0,10               | 3,30           | 1995,26           | 199,53                          |
| 35,30                 | 60,00         | 0,10               | 3,53           | 3388,44           | 338,84                          |
| $\Sigma$              | 600,00        |                    |                |                   | 2790,65                         |
|                       |               |                    |                | Log               | 3,45                            |
|                       |               |                    |                | <b>NPSeq</b>      | <b>34,46</b>                    |

**ANEXO A-14. Medición de ruido de sonidos graves (Día 5)**

| <b>Ruido grave blanco (parlante)</b> |               |                    |                |                   |                                 |
|--------------------------------------|---------------|--------------------|----------------|-------------------|---------------------------------|
| <b>Leq</b>                           | <b>Pi (s)</b> | <b>Pi Fracción</b> | <b>NPSi/10</b> | <b>10 NPSi/10</b> | <b>Pi Fracción * 10 NPSi/10</b> |
| 65,90                                | 60,00         | 0,10               | 6,59           | 3890451,45        | 389045,14                       |
| 65,70                                | 60,00         | 0,10               | 6,57           | 3715352,29        | 371535,23                       |
| 65,50                                | 60,00         | 0,10               | 6,55           | 3548133,89        | 354813,39                       |
| 65,40                                | 60,00         | 0,10               | 6,54           | 3467368,50        | 346736,85                       |
| 65,50                                | 60,00         | 0,10               | 6,55           | 3548133,89        | 354813,39                       |
| 65,50                                | 60,00         | 0,10               | 6,55           | 3548133,89        | 354813,39                       |
| 65,70                                | 60,00         | 0,10               | 6,57           | 3715352,29        | 371535,23                       |
| 65,20                                | 60,00         | 0,10               | 6,52           | 3311311,21        | 331131,12                       |
| 65,20                                | 60,00         | 0,10               | 6,52           | 3311311,21        | 331131,12                       |
| 65,20                                | 60,00         | 0,10               | 6,52           | 3311311,21        | 331131,12                       |
| $\Sigma$                             | 600,00        |                    |                |                   | 3536685,99                      |
|                                      |               |                    |                | Log               | 6,55                            |
|                                      |               |                    |                | <b>NPSeq</b>      | <b>65,49</b>                    |

EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DEL USO DE PAPEL Y CARTÓN RECICLABLE DE HOGARES DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO COMO MÉTODO DE INSONORIZACIÓN DE RUIDO AMBIENTAL A TRAVÉS DE PRUEBAS EXPERIMENTALES

| <b>Ruido grave sin panel insonorizante</b> |               |                    |                |                   |                                 |
|--|---------------|--------------------|----------------|-------------------|---------------------------------|
| <b>Leq</b>                                 | <b>Pi (s)</b> | <b>Pi Fracción</b> | <b>NPSi/10</b> | <b>10 NPSi/10</b> | <b>Pi Fracción * 10 NPSI/10</b> |
| 50,20                                      | 60,00         | 0,10               | 5,02           | 104712,85         | 10471,29                        |
| 50,30                                      | 60,00         | 0,10               | 5,03           | 107151,93         | 10715,19                        |
| 49,80                                      | 60,00         | 0,10               | 4,98           | 95499,26          | 9549,93                         |
| 49,60                                      | 60,00         | 0,10               | 4,96           | 91201,08          | 9120,11                         |
| 49,90                                      | 60,00         | 0,10               | 4,99           | 97723,72          | 9772,37                         |
| 49,40                                      | 60,00         | 0,10               | 4,94           | 87096,36          | 8709,64                         |
| 49,60                                      | 60,00         | 0,10               | 4,96           | 91201,08          | 9120,11                         |
| 50,00                                      | 60,00         | 0,10               | 5,00           | 100000,00         | 10000,00                        |
| 50,10                                      | 60,00         | 0,10               | 5,01           | 102329,30         | 10232,93                        |
| 49,90                                      | 60,00         | 0,10               | 4,99           | 97723,72          | 9772,37                         |
| $\Sigma$                                   | 600,00        |                    |                |                   | 97463,93                        |
|  |               |                    |                | Log               | 4,99                            |
|  |               |                    |                | <b>NPSeq</b>      | <b>49,89</b>                    |

| <b>Ruido grave Panel liso</b> |               |                    |                |                   |                                 |
|-------------------------------|---------------|--------------------|----------------|-------------------|---------------------------------|
| <b>Leq</b>                    | <b>Pi (s)</b> | <b>Pi Fracción</b> | <b>NPSi/10</b> | <b>10 NPSi/10</b> | <b>Pi Fracción * 10 NPSI/10</b> |
| 44,70                         | 60,00         | 0,10               | 4,47           | 29512,09          | 2951,21                         |
| 44,90                         | 60,00         | 0,10               | 4,49           | 30902,95          | 3090,30                         |
| 43,90                         | 60,00         | 0,10               | 4,39           | 24547,09          | 2454,71                         |
| 44,30                         | 60,00         | 0,10               | 4,43           | 26915,35          | 2691,53                         |
| 44,10                         | 60,00         | 0,10               | 4,41           | 25703,96          | 2570,40                         |
| 44,30                         | 60,00         | 0,10               | 4,43           | 26915,35          | 2691,53                         |
| 44,30                         | 60,00         | 0,10               | 4,43           | 26915,35          | 2691,53                         |
| 44,40                         | 60,00         | 0,10               | 4,44           | 27542,29          | 2754,23                         |
| 44,30                         | 60,00         | 0,10               | 4,43           | 26915,35          | 2691,53                         |
| 43,70                         | 60,00         | 0,10               | 4,37           | 23442,29          | 2344,23                         |
| $\Sigma$                      | 600,00        |                    |                |                   | 26931,21                        |
|                               |               |                    |                | Log               | 4,43                            |
|                               |               |                    |                | <b>NPSeq</b>      | <b>44,30</b>                    |

EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DEL USO DE PAPEL Y CARTÓN RECICLABLE DE HOGARES DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO COMO MÉTODO DE INSONORIZACIÓN DE RUIDO AMBIENTAL A TRAVÉS DE PRUEBAS EXPERIMENTALES

| <b>Ruido grave Panel acordeón</b> |               |                    |                |                   |                                 |
|-----------------------------------|---------------|--------------------|----------------|-------------------|---------------------------------|
| <b>Leq</b>                        | <b>Pi (s)</b> | <b>Pi Fracción</b> | <b>NPSi/10</b> | <b>10 NPSi/10</b> | <b>Pi Fracción * 10 NPSi/10</b> |
| 44,80                             | 60,00         | 0,10               | 4,48           | 30199,52          | 3019,95                         |
| 43,60                             | 60,00         | 0,10               | 4,36           | 22908,68          | 2290,87                         |
| 44,10                             | 60,00         | 0,10               | 4,41           | 25703,96          | 2570,40                         |
| 44,40                             | 60,00         | 0,10               | 4,44           | 27542,29          | 2754,23                         |
| 44,60                             | 60,00         | 0,10               | 4,46           | 28840,32          | 2884,03                         |
| 44,10                             | 60,00         | 0,10               | 4,41           | 25703,96          | 2570,40                         |
| 43,40                             | 60,00         | 0,10               | 4,34           | 21877,62          | 2187,76                         |
| 44,10                             | 60,00         | 0,10               | 4,41           | 25703,96          | 2570,40                         |
| 44,70                             | 60,00         | 0,10               | 4,47           | 29512,09          | 2951,21                         |
| 43,50                             | 60,00         | 0,10               | 4,35           | 22387,21          | 2238,72                         |
| $\Sigma$                          | 600,00        |                    |                |                   | 23018,01                        |
|                                   |               |                    |                | Log               | 4,36                            |
|                                   |               |                    |                | <b>NPSeq</b>      | <b>43,62</b>                    |

| <b>Ruido grave Panel acordeón ajedrez</b> |               |                    |                |                   |                                 |
|---|---------------|--------------------|----------------|-------------------|---------------------------------|
| <b>Leq</b>                                | <b>Pi (s)</b> | <b>Pi Fracción</b> | <b>NPSi/10</b> | <b>10 NPSi/10</b> | <b>Pi Fracción * 10 NPSi/10</b> |
| 44,00                                     | 60,00         | 0,10               | 4,40           | 25118,86          | 2511,89                         |
| 44,00                                     | 60,00         | 0,10               | 4,40           | 25118,86          | 2511,89                         |
| 43,80                                     | 60,00         | 0,10               | 4,38           | 23988,33          | 2398,83                         |
| 43,30                                     | 60,00         | 0,10               | 4,33           | 21379,62          | 2137,96                         |
| 43,50                                     | 60,00         | 0,10               | 4,35           | 22387,21          | 2238,72                         |
| 44,60                                     | 60,00         | 0,10               | 4,46           | 28840,32          | 2884,03                         |
| 45,50                                     | 60,00         | 0,10               | 4,55           | 35481,34          | 3548,13                         |
| 43,80                                     | 60,00         | 0,10               | 4,38           | 23988,33          | 2398,83                         |
| 44,10                                     | 60,00         | 0,10               | 4,41           | 25703,96          | 2570,40                         |
| 43,60                                     | 60,00         | 0,10               | 4,36           | 22908,68          | 2290,87                         |
| $\Sigma$                                  | 600,00        |                    |                |                   | 25491,55                        |
|   |               |                    |                | Log               | 4,41                            |
|   |               |                    |                | <b>NPSeq</b>      | <b>44,06</b>                    |

| <b>Ruido grave Panel cubetas de huevo</b> |               |                    |                |                   |                                 |
|---|---------------|--------------------|----------------|-------------------|---------------------------------|
| <b>Leq</b>                                | <b>Pi (s)</b> | <b>Pi Fracción</b> | <b>NPSi/10</b> | <b>10 NPSi/10</b> | <b>Pi Fracción * 10 NPSi/10</b> |
| 50,20                                     | 60,00         | 0,10               | 5,02           | 104712,85         | 10471,29                        |
| 46,80                                     | 60,00         | 0,10               | 4,68           | 47863,01          | 4786,30                         |
| 46,40                                     | 60,00         | 0,10               | 4,64           | 43651,58          | 4365,16                         |
| 47,00                                     | 60,00         | 0,10               | 4,70           | 50118,72          | 5011,87                         |
| 47,50                                     | 60,00         | 0,10               | 4,75           | 56234,13          | 5623,41                         |
| 48,60                                     | 60,00         | 0,10               | 4,86           | 72443,60          | 7244,36                         |
| 48,40                                     | 60,00         | 0,10               | 4,84           | 69183,10          | 6918,31                         |
| 48,90                                     | 60,00         | 0,10               | 4,89           | 77624,71          | 7762,47                         |
| 49,00                                     | 60,00         | 0,10               | 4,90           | 79432,82          | 7943,28                         |
| 48,90                                     | 60,00         | 0,10               | 4,89           | 77624,71          | 7762,47                         |
| $\Sigma$                                  | 600,00        |                    |                |                   | 67888,92                        |
|   |               |                    |                | Log               | 4,83                            |
|   |               |                    |                | <b>NPSeq</b>      | <b>48,32</b>                    |

**ANEXO A-15. Medición de ruido de sonidos agudos (Día 5)**

| <b>Ruido agudo blanco (parlante)</b> |               |                    |                |                   |                                 |
|--------------------------------------|---------------|--------------------|----------------|-------------------|---------------------------------|
| <b>Leq</b>                           | <b>Pi (s)</b> | <b>Pi Fracción</b> | <b>NPSi/10</b> | <b>10 NPSi/10</b> | <b>Pi Fracción * 10 NPSi/10</b> |
| 75,00                                | 60,00         | 0,10               | 7,50           | 31622776,60       | 3162277,66                      |
| 74,80                                | 60,00         | 0,10               | 7,48           | 30199517,20       | 3019951,72                      |
| 74,80                                | 60,00         | 0,10               | 7,48           | 30199517,20       | 3019951,72                      |
| 74,80                                | 60,00         | 0,10               | 7,48           | 30199517,20       | 3019951,72                      |
| 74,90                                | 60,00         | 0,10               | 7,49           | 30902954,33       | 3090295,43                      |
| 74,90                                | 60,00         | 0,10               | 7,49           | 30902954,33       | 3090295,43                      |
| 74,80                                | 60,00         | 0,10               | 7,48           | 30199517,20       | 3019951,72                      |
| 74,80                                | 60,00         | 0,10               | 7,48           | 30199517,20       | 3019951,72                      |
| 74,80                                | 60,00         | 0,10               | 7,48           | 30199517,20       | 3019951,72                      |
| 74,80                                | 60,00         | 0,10               | 7,48           | 30199517,20       | 3019951,72                      |
| $\Sigma$                             | 600,00        |                    |                |                   | 30482530,57                     |
|                                      |               |                    |                | Log               | 7,48                            |
|                                      |               |                    |                | <b>NPSeq</b>      | <b>74,84</b>                    |

EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DEL USO DE PAPEL Y CARTÓN RECICLABLE DE HOGARES DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO COMO MÉTODO DE INSONORIZACIÓN DE RUIDO AMBIENTAL A TRAVÉS DE PRUEBAS EXPERIMENTALES

| <b>Ruido agudo sin panel insonorizante</b> |               |                    |                |                   |                                 |
|--|---------------|--------------------|----------------|-------------------|---------------------------------|
| <b>Leq</b>                                 | <b>Pi (s)</b> | <b>Pi Fracción</b> | <b>NPSi/10</b> | <b>10 NPSi/10</b> | <b>Pi Fracción * 10 NPSi/10</b> |
| 59,10                                      | 60,00         | 0,10               | 5,91           | 812830,52         | 81283,05                        |
| 59,20                                      | 60,00         | 0,10               | 5,92           | 831763,77         | 83176,38                        |
| 58,90                                      | 60,00         | 0,10               | 5,89           | 776247,12         | 77624,71                        |
| 59,00                                      | 60,00         | 0,10               | 5,90           | 794328,23         | 79432,82                        |
| 59,10                                      | 60,00         | 0,10               | 5,91           | 812830,52         | 81283,05                        |
| 59,00                                      | 60,00         | 0,10               | 5,90           | 794328,23         | 79432,82                        |
| 58,80                                      | 60,00         | 0,10               | 5,88           | 758577,58         | 75857,76                        |
| 58,80                                      | 60,00         | 0,10               | 5,88           | 758577,58         | 75857,76                        |
| 59,00                                      | 60,00         | 0,10               | 5,90           | 794328,23         | 79432,82                        |
| 58,40                                      | 60,00         | 0,10               | 5,84           | 691830,97         | 69183,10                        |
| $\Sigma$                                   | 600,00        |                    |                |                   | 782564,27                       |
|  |               |                    |                | Log               | 5,89                            |
|  |               |                    |                | <b>NPSeq</b>      | <b>58,94</b>                    |

| <b>Ruido agudo Panel liso</b> |               |                    |                |                   |                                 |
|-------------------------------|---------------|--------------------|----------------|-------------------|---------------------------------|
| <b>Leq</b>                    | <b>Pi (s)</b> | <b>Pi Fracción</b> | <b>NPSi/10</b> | <b>10 NPSi/10</b> | <b>Pi Fracción * 10 NPSi/10</b> |
| 48,20                         | 60,00         | 0,10               | 4,82           | 66069,34          | 6606,93                         |
| 48,90                         | 60,00         | 0,10               | 4,89           | 77624,71          | 7762,47                         |
| 48,50                         | 60,00         | 0,10               | 4,85           | 70794,58          | 7079,46                         |
| 48,20                         | 60,00         | 0,10               | 4,82           | 66069,34          | 6606,93                         |
| 48,10                         | 60,00         | 0,10               | 4,81           | 64565,42          | 6456,54                         |
| 48,40                         | 60,00         | 0,10               | 4,84           | 69183,10          | 6918,31                         |
| 49,00                         | 60,00         | 0,10               | 4,90           | 79432,82          | 7943,28                         |
| 48,20                         | 60,00         | 0,10               | 4,82           | 66069,34          | 6606,93                         |
| 49,40                         | 60,00         | 0,10               | 4,94           | 87096,36          | 8709,64                         |
| 48,40                         | 60,00         | 0,10               | 4,84           | 69183,10          | 6918,31                         |
| $\Sigma$                      | 600,00        |                    |                |                   | 71608,81                        |
|                               |               |                    |                | Log               | 4,85                            |
|                               |               |                    |                | <b>NPSeq</b>      | <b>48,55</b>                    |

EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DEL USO DE PAPEL Y CARTÓN RECICLABLE DE HOGARES DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO COMO MÉTODO DE INSONORIZACIÓN DE RUIDO AMBIENTAL A TRAVÉS DE PRUEBAS EXPERIMENTALES

| <b>Ruido agudo Panel acordeón</b> |               |                    |                |                   |                                 |
|-----------------------------------|---------------|--------------------|----------------|-------------------|---------------------------------|
| <b>Leq</b>                        | <b>Pi (s)</b> | <b>Pi Fracción</b> | <b>NPSi/10</b> | <b>10 NPSi/10</b> | <b>Pi Fracción * 10 NPSi/10</b> |
| 51,00                             | 60,00         | 0,10               | 5,10           | 125892,54         | 12589,25                        |
| 50,80                             | 60,00         | 0,10               | 5,08           | 120226,44         | 12022,64                        |
| 51,30                             | 60,00         | 0,10               | 5,13           | 134896,29         | 13489,63                        |
| 50,80                             | 60,00         | 0,10               | 5,08           | 120226,44         | 12022,64                        |
| 51,20                             | 60,00         | 0,10               | 5,12           | 131825,67         | 13182,57                        |
| 50,90                             | 60,00         | 0,10               | 5,09           | 123026,88         | 12302,69                        |
| 52,00                             | 60,00         | 0,10               | 5,20           | 158489,32         | 15848,93                        |
| 51,90                             | 60,00         | 0,10               | 5,19           | 154881,66         | 15488,17                        |
| 51,60                             | 60,00         | 0,10               | 5,16           | 144543,98         | 14454,40                        |
| 52,20                             | 60,00         | 0,10               | 5,22           | 165958,69         | 16595,87                        |
| $\Sigma$                          | 600,00        |                    |                |                   | 137996,79                       |
|                                   |               |                    |                | Log               | 5,14                            |
|                                   |               |                    |                | <b>NPSeq</b>      | <b>51,40</b>                    |

| <b>Ruido agudo Panel acordeón ajedrez</b> |               |                    |                |                   |                                 |
|---|---------------|--------------------|----------------|-------------------|---------------------------------|
| <b>Leq</b>                                | <b>Pi (s)</b> | <b>Pi Fracción</b> | <b>NPSi/10</b> | <b>10 NPSi/10</b> | <b>Pi Fracción * 10 NPSi/10</b> |
| 50,40                                     | 60,00         | 0,10               | 5,04           | 109647,82         | 10964,78                        |
| 50,80                                     | 60,00         | 0,10               | 5,08           | 120226,44         | 12022,64                        |
| 50,40                                     | 60,00         | 0,10               | 5,04           | 109647,82         | 10964,78                        |
| 50,50                                     | 60,00         | 0,10               | 5,05           | 112201,85         | 11220,18                        |
| 50,40                                     | 60,00         | 0,10               | 5,04           | 109647,82         | 10964,78                        |
| 50,70                                     | 60,00         | 0,10               | 5,07           | 117489,76         | 11748,98                        |
| 50,90                                     | 60,00         | 0,10               | 5,09           | 123026,88         | 12302,69                        |
| 50,70                                     | 60,00         | 0,10               | 5,07           | 117489,76         | 11748,98                        |
| 50,40                                     | 60,00         | 0,10               | 5,04           | 109647,82         | 10964,78                        |
| 50,50                                     | 60,00         | 0,10               | 5,05           | 112201,85         | 11220,18                        |
| $\Sigma$                                  | 600,00        |                    |                |                   | 114122,78                       |
|   |               |                    |                | Log               | 5,06                            |
|   |               |                    |                | <b>NPSeq</b>      | <b>50,57</b>                    |

EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DEL USO DE PAPEL Y CARTÓN RECICLABLE DE HOGARES DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO COMO MÉTODO DE INSONORIZACIÓN DE RUIDO AMBIENTAL A TRAVÉS DE PRUEBAS EXPERIMENTALES

| <b>Ruido agudo Panel cubetas de huevo</b> |               |                    |                |                   |                                     |
|---|---------------|--------------------|----------------|-------------------|-------------------------------------|
| <b>Leq</b>                                | <b>Pi (s)</b> | <b>Pi Fracción</b> | <b>NPSi/10</b> | <b>10 NPSi/10</b> | <b>Pi Fracción *<br/>10 NPSi/10</b> |
| 50,70                                     | 60,00         | 0,10               | 5,07           | 117489,76         | 11748,98                            |
| 50,30                                     | 60,00         | 0,10               | 5,03           | 107151,93         | 10715,19                            |
| 51,00                                     | 60,00         | 0,10               | 5,10           | 125892,54         | 12589,25                            |
| 52,20                                     | 60,00         | 0,10               | 5,22           | 165958,69         | 16595,87                            |
| 51,80                                     | 60,00         | 0,10               | 5,18           | 151356,12         | 15135,61                            |
| 51,40                                     | 60,00         | 0,10               | 5,14           | 138038,43         | 13803,84                            |
| 51,90                                     | 60,00         | 0,10               | 5,19           | 154881,66         | 15488,17                            |
| 51,50                                     | 60,00         | 0,10               | 5,15           | 141253,75         | 14125,38                            |
| 51,60                                     | 60,00         | 0,10               | 5,16           | 144543,98         | 14454,40                            |
| 51,40                                     | 60,00         | 0,10               | 5,14           | 138038,43         | 13803,84                            |
| $\Sigma$                                  | 600,00        |                    |                |                   | 138460,53                           |
|   |               |                    |                | Log               | 5,14                                |
|   |               |                    |                | NPSeq             | 51,41                               |